



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ROBSON FURLAN RICARDO

**DETERMINAÇÃO DA ALTURA DO PLANO ELEVADO E  
VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS PREDITORAS DO  
DESEMPENHO EM *DROP JUMPS* BILATERAIS**

---

Londrina  
2017

ROBSON FURLAN RICARDO

**DETERMINAÇÃO DA ALTURA DO PLANO ELEVADO E  
VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS PREDITORAS DO  
DESEMPENHO EM *DROP JUMPS* BILATERAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki

Londrina  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Ricardo, Robson Furlan.

Determinação da altura do plano elevado e variáveis biomecânicas preditoras do desempenho em *drop jumps* bilaterais / Robson Furlan Ricardo. - Londrina, 2017. 133 f.

Orientador: Victor Hugo Alves Okazaki.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Biomecânica - Tese. 2. Pliometria - Tese. 3. Desempenho esportivo - Tese. I. Okazaki, Victor Hugo Alves . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

ROBSON FURLAN RICARDO

**DETERMINAÇÃO DA ALTURA DO PLANO ELEVADO E VARIÁVEIS  
BIOMECÂNICAS PREDITORAS DO DESEMPENHO EM *DROP JUMPS*  
BILATERAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Felipe Arruda Moura  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes  
Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Londrina, 20 de julho de 2017.

## **DEDICO**

A Deus por me permitir chegar até aqui.  
Aos meus pais, por tudo que me ensinaram.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por suprir todas as minhas necessidades e me auxiliar em tudo.

Aos meus amados pais, Izabel e Wanderlei, por todo apoio e incentivo em todos os anos de formação acadêmica. Vocês são meu referencial de esforço e dedicação. Até aqui, tudo o que conquistei, foi pela graça de Deus e pelo suporte de vocês.

A minha futura esposa, Gabi, por todo auxílio na realização desse trabalho e compreensão durante os anos de formação acadêmica. Sem o seu incentivo talvez não teria conseguido concluir esse processo. Você é incrível! Te amo!

Ao Prof. Dr. Victor Okazaki, por me orientar na realização desse trabalho, e por todos os ensinamentos fundamentais para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao Lucas Mizuta (Mizuno), pela amizade e pelo auxílio nas coletas de dados. Acredito que não seria possível concluir essa etapa da pesquisa sozinho, por isso, sou muito grato.

Aos colegas de curso, Leonardo, Tulio, Anderson e Vitor por todo auxílio e amizade durante os anos de formação.

Aos professores Felipe Arruda Moura e Felipe Pivetta Carpes, por participarem da minha banca e pelas contribuições nesse trabalho.

A Oriane, a Cláudia e ao Carlos Nadalim pelo incentivo e pelas contribuições para conclusão desse processo.

Ao sensei Corisco e ao Vitor, pela contribuição em minha formação pessoal que refletiu na melhora da formação acadêmica.

Aos amigos e colegas de treino, Formiga, Paçoca, Batata, Leo, Cuzido, Will, Edinho, Bruno e Tamarana por entenderem minha ausência em treinos e competições e apoiarem as minhas escolhas.

Ao Marcelo, ao Matheus, ao Túlio, a Oriane, ao Bruno e ao Vinícius por indicar e solicitar a participação dos atletas e a todos os atletas que, com boa vontade, participaram voluntariamente desse estudo.

Ao Programa de Educação Tutorial da Educação Física e ao Grupo de estudos em Neurociências motoras. A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e a todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização deste trabalho.

We must all suffer from one of two pains: the pain of discipline or the pain of regret.  
**Jim Rohn**

RICARDO, Robson Furlan. **Determinação da altura do plano elevado e variáveis biomecânicas preditoras do desempenho em *drop jumps* bilaterais**. 2017. 133 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

A técnica e a altura do plano elevado parecem influenciar a magnitude de diversas variáveis biomecânicas assim como a altura de salto em *drop jumps* bilaterais. O estudo do comportamento das variáveis biomecânicas pode fornecer subsídio para que a prescrição do treinamento seja mais específica. Nesse escopo, a presente dissertação, dividida em três estudos, analisou: (a) efeito da altura do plano elevado nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *drop jumps* bilaterais: uma revisão sistemática; (b) determinação da altura do plano elevado para *bounce* e *countermovement drop jumps* por meio da altura relativa de saltos verticais com contra movimento; e, (c) variáveis cinéticas e cinemáticas preditoras da altura de salto em *bounce* e *countermovement drop jumps*. Para o estudo de revisão (a), as bases de dados eletrônicas *PubMed*, *SPORTDiscus*, *SCOPUS – Elsevier* e *Web of Science* foram consultadas. Vinte e três estudos atenderam aos critérios estabelecidos e foram incluídos. As informações disponíveis na literatura a respeito do efeito da altura do PE e da técnica de *drop jumps* foram inconclusivas devido às divergências nos protocolos de estudo e aos resultados inconsistentes entre os estudos analisados. Por exemplo, alguns autores relataram que a altura de salto pode aumentar, outros que ela pode diminuir, não se alterar e outros verificaram a existência de altura ótima de plano elevado a partir da qual se obtém maiores alturas de salto no *drop jump*. Nos estudos experimentais (b e c), 28 indivíduos realizaram *counter* e *bounce drop jumps* a partir de planos elevados com alturas correspondentes a 60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160% da média das alturas obtidas em três saltos verticais com contra movimento para registro das variáveis cinéticas e cinemáticas de interesse. Foi identificada uma altura ótima de desempenho em função do aumento no plano elevado a partir da qual foram obtidos maiores ganhos para altura de salto em ambas as técnicas de *drop jumps*. Os maiores ganhos de altura foram atingidos na condição 140% para o *counter* e 100% para o *bounce drop jump*. De maneira geral, a magnitude das variáveis aumentou com o aumento da altura do plano elevado e foi condicionada pela técnica de *drop jump*. Também foi verificado que variáveis exclusivamente cinemáticas foram capazes de predizer entre 20% e 42% e entre 43% e 63% da variância para altura de salto no *countermovement* e no *bounce drop jump* realizados a partir das seis alturas relativas de plano elevado, respectivamente. A análise conjunta de todos os planos elevados permitiu a identificação de modelos preditivos que explicaram 53% e 47% da variância para a altura de salto no *countermovement* e no *bounce drop jump*, respectivamente. Para essa última análise, variáveis cinéticas e cinemáticas foram incluídas no modelo preditivo do *countermovement drop jump* enquanto variáveis exclusivamente cinemáticas foram combinadas para o *bounce drop jump*. Foi sugerido que a altura de plano elevado pode ser relativizada para garantir que estímulos de intensidades semelhantes estejam sendo fornecidos a diferentes indivíduos. Ainda, a identificação de diferentes parâmetros biomecânicos capazes de explicar a variância para altura obtida entre *countermovement* e *bounce drop jumps* reforçou as afirmações da literatura de que a utilização de cada técnica irá estimular diferentes capacidades neuromusculares. Por fim, recomenda-se que novos estudos sejam realizados para ampliar o conhecimento a respeito do efeito da altura relativizada do plano elevado sobre o desempenho em *drop jumps*.

**Palavras-chave:** *Drop jump*; pliometria; salto vertical; desempenho esportivo; biomecânica.

RICARDO, Robson Furlan. **Drop height determination and biomechanical predictors of performance on bilateral drop jumps**. 2017. 133 p. Dissertation (Master Degree in Physical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## ABSTRACT

The technique and drop height seem to influence the magnitude of several biomechanical variables and jump height in bilateral drop jumps. The study of the behavior of the biomechanical variables may provide support for the training prescription. Within this scope, the present dissertation, divided into three studies, analyzed: (a) effect of the drop height on kinetic, kinematic and jump height in bilateral drop jumps: a systematic review; (b) determination of the drop height for bounce and countermovement drop jumps through the relative height attained in countermovement jumps; and, (c) kinetic and kinematic predictors of jump height in bounce and countermovement drop jumps. For the review study (a), the electronic databases PubMed, SPORTDiscus, SCOPUS - Elsevier and Web of Science were searched. Twenty-three studies met the established criteria and were included. The informations available in the literature on the effects of technique and drop height are not conclusive due to differences in study protocols and inconsistent results between the studies analyzed. For example, some authors have reported that jump height may increase, others that it may decrease, do not change, and others have shown a parabolic performance curve indicating that there is an optimal drop height from which one can attain higher jump heights in drop jump. For the experimental studies (b and c), 28 subjects performed bounce and countermovement drop jumps from drop heights corresponding to 60%, 80%, 100%, 120%, 140%, and 160% of the average heights obtained in the countermovement jumps to the record of the kinematic and kinetic variables of interest. A parabolic performance curve was identified that indicates that there is an optimum drop height from that higher jump heights gains are achieved in both types of drop jumps. Higher jump height gains were achieved from 140% for the counter and 100% for the bounce drop jump. In general, the magnitude of the variables increased with increasing drop height and was conditioned by the drop jump technique. It was also verified that exclusively kinematic variables were able to predict between 20% and 42% and between 43% and 63% of the variance for jump height in the countermovement and in the bounce drop jump performed from the six relative drop heights, respectively. The analysis of all the drop heights allowed the identification of predictive models that explained 53% and 47% of the variance for jump height in countermovement and bounce drop jump, respectively. For this last analysis, kinetic and kinematic variables were included in the predictive model of the countermovement drop jump while exclusively kinematic variables were combined for the bounce drop jump. It was suggested that the drop height can be relativized to ensure that similar stimulus intensities are being provided to different individuals. Furthermore, the identification of different biomechanical parameters capable of explain the variance for height obtained in countermovement and bounce drop jumps reinforced the literature statements that the use of each technique will stimulate different neuromuscular capacities. Finally, further studies are recommended to increase the knowledge about the effect of the relativized drop height on the performance in drop jumps.

**Key words:** Drop jump. Plyometrics. Vertical jump. Sports performance. Biomechanics.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 2.1</b> – Fluxograma PRISMA da estratégia de busca .....   | 29 |
| <b>Figura 3.1</b> – Posicionamento dos marcadores no modelo <i>Plug-in-Gait</i> .....  | 59 |
| <b>Figura 3.2</b> – Desenho do estudo .....  | 61 |
| <b>Figura 3.3</b> – Representação esquemática do local de coleta de dados, em vista superior (Painel da esquerda) e foto do plano elevado em vista lateral (Painel da direita) ..... | 62 |
| <b>Figura 3.4</b> – Série temporal da força de reação do solo no sentido vertical para o <i>counter</i> (a) e <i>bounce drop jump</i> (b) .....                                      | 63 |
| <b>Figura 3.5</b> – Representação dos ângulos de interesse com valores convertidos .....   | 64 |
| <b>Figura 3.6</b> – Relação entre ganho de altura e altura do plano elevado para o CDJ. ....   | 69 |
| <b>Figura 3.7</b> – Relação entre ganho de altura e altura do plano elevado para o BDJ. ....   | 69 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabela 2.1</b> – Características dos estudos observacionais incluídos .....  | 30  |
| <b>Tabela 2.2</b> – Características dos estudos experimentais incluídos .....   | 39  |
| <b>Tabela 2.3</b> – Principais efeitos da instrução/demonstração sobre as variáveis cinéticas, cinemáticas e/ou altura de salto no drop jump.....       | 48  |
| <b>Tabela 3.1</b> – Variáveis cinemáticas para as diferentes fases de salto no <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> .....  | 64  |
| <b>Tabela 3.2</b> – Variáveis cinéticas para as diferentes fases de salto no <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> .....  | 67  |
| <b>Tabela 3.3</b> – Valores de média, mínimos e máximos para as alturas de PE utilizados para <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> .....                             | 68  |
| <b>Tabela 3.4</b> – Quantidade de indivíduos com maiores ganhos de altura considerando as diferentes alturas de PE e técnicas de <i>DJ</i> (n=28) ..... | 70  |
| <b>Tabela 3.5</b> – Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis espaço-temporais do <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> ..... | 74  |
| <b>Tabela 3.6</b> – Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis angulares do <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> .....        | 76  |
| <b>Tabela 3.7</b> – Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis cinéticas do <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i> .....        | 83  |
| <b>Tabela 4.1</b> – Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no <i>CDJ</i> para cada altura de PE.....  | 102 |
| <b>Tabela 4.2</b> – Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no <i>BDJ</i> para cada altura de PE.....  | 103 |
| <b>Tabela 4.3</b> – Variáveis com maior correlação com a altura de salto para os <i>DJ</i> .....  | 104 |
| <b>Tabela 4.4</b> – Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no <i>CDJ</i> e no <i>BDJ</i> independentemente da altura do PE.....               | 105 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| SVCM       | Salto vertical com contra movimento                 | 18 |
| <i>DJ</i>  | <i>Drop Jump</i>                                    | 18 |
| PE         | Plano elevado                                       | 18 |
| <i>CDJ</i> | <i>Countermovement Drop Jump</i>                    | 19 |
| <i>BDJ</i> | <i>Bounce Drop Jump</i>                             | 19 |
| CAE        | Ciclo alongamento-encurtamento                      | 24 |
| TC         | Tempo de contato                                    | 38 |
| TFexc      | Taxa de força excêntrica                            | 38 |
| MC         | Massa corporal                                      | 38 |
| TR         | Treinamento resistido                               | 38 |
| Fexc       | Fase excêntrica                                     | 38 |
| Fcon       | Fase concêntrica                                    | 38 |
| PFRVS      | Pico de força de reação vertical do solo            | 38 |
| FRVS       | Força de reação vertical do solo                    | 38 |
| RSI        | Índice de força reativa                             | 38 |
| WBV        | Vibração corporal                                   | 38 |
| MMSS       | Membros superiores                                  | 38 |
| TDF        | Taxa de desenvolvimento de força                    | 38 |
| TDFexc     | Taxa de desenvolvimento de força na fase excêntrica | 38 |
| CM         | Centro de massa do corpo                            | 38 |
| GT         | Grupo treinado                                      | 38 |
| GDT        | Grupo destreinado                                   | 38 |
| <i>GAS</i> | Grupo alto <i>stiffness</i>                         | 38 |
| <i>GBS</i> | Grupo baixo <i>stiffness</i>                        | 38 |
| MMII       | Membros inferiores                                  | 38 |
| GE         | Grupo experimental                                  | 43 |
| GC         | Grupo controle                                      | 43 |
| G7s        | Grupo 7 sessões                                     | 43 |
| G14s       | Grupo 14 sessões                                    | 43 |
| G28s       | Grupo 28 sessões                                    | 43 |
| GTW        | Grupo treinamento com pesos                         | 43 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| GOL   | Grupo levantamento olímpico  | 43 |
| OL    | Levantamento olímpico  | 43 |
| 1RM   | Uma repetição máxima   | 43 |
| GADJ  | Grupo treinamento de <i>drop jumps</i> com auxílio de <i>theraband</i> | 43 |
| GTDJ  | Grupo treinamento de <i>drop jumps</i> tradicional                     | 43 |
| ADJ   | <i>Drop jump</i> com auxílio de <i>theraband</i>                       | 43 |
| TDJ   | <i>Drop jump</i> tradicional   | 43 |
| TPL   | Treinamento pliométrico  | 43 |
| AS    | Alongamento estático   | 43 |
| FNP   | Facilitação neuromuscular proprioceptiva                               | 43 |
| NA    | Não se aplica  | 48 |
| AM    | Amplitude de movimento   | 48 |
| CSVCM | Salto vertical com contra movimento do tipo counter                    | 58 |
| BSVCM | Salto vertical com contra movimento do tipo bounce                     | 58 |
| LFHD  | Porção frontal esquerda da cabeça                                      | 59 |
| RFHD  | Porção frontal direita da cabeça                                       | 59 |
| LBHD  | Porção esquerda de trás da cabeça                                      | 59 |
| LRHD  | Porção direita de trás da cabeça                                       | 59 |
| C7    | Processo espinhoso da 7 <sup>a</sup> vértebra cervical                 | 59 |
| T10   | Processo espinhoso da 10 <sup>a</sup> vértebra torácica                | 59 |
| CLAV  | Incisura jugular   | 59 |
| STRN  | Processo xifoide   | 59 |
| RBAK  | Centro da escápula direita   | 59 |
| LSHO  | Articulação acromio-clavicular esquerda                                | 59 |
| RSHO  | Articulação acromio-clavicular direita                                 | 59 |
| LELB  | Epicôndilo lateral do cotovelo esquerdo                                | 59 |
| RELB  | Epicôndilo lateral do cotovelo direito                                 | 59 |
| LWRA  | Processo estiloide do radio esquerdo                                   | 59 |
| RWRA  | Processo estiloide do radio direito                                    | 59 |
| LWRB  | Processo estiloide da ulna esquerda                                    | 59 |
| RWRB  | Processo estiloide da ulna direita                                     | 59 |
| LFIN  | Base do 2 <sup>o</sup> metacarpo esquerdo                              | 59 |
| RFIN  | Base do 2 <sup>o</sup> metacarpo direito                               | 59 |

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| LASI          | Espinha ilíaca ântero-superior esquerda                 | 59 |
| RASI          | Espinha ilíaca ântero-superior direita                  | 59 |
| LPSI          | Espinha ilíaca pósterio-superior esquerda               | 59 |
| RPSI          | Espinha ilíaca pósterio-superior direita                | 59 |
| LTHI          | Porção lateral da coxa esquerda                         | 59 |
| RTHI          | Porção lateral da coxa direita                          | 59 |
| LKNE          | Epicôndilo lateral do fêmur esquerdo                    | 59 |
| RKNE          | Epicôndilo lateral do fêmur direito                     | 59 |
| LTIB          | Porção lateral da perna esquerda                        | 59 |
| RTIB          | Porção lateral da perna direita                         | 59 |
| LANK          | Maléolo lateral esquerdo                                | 59 |
| RANK          | Maléolo lateral direito                                 | 59 |
| LTOE          | Base do 2º metatarso esquerdo                           | 59 |
| RTOE          | Base do 2º metatarso direito                            | 59 |
| LHEE          | Base do calcâneo esquerdo                               | 59 |
| RHEE          | Base do calcâneo direito                                | 59 |
| CE            | Condições experimentais                                 | 60 |
| PSE           | Escala de Percepção subjetiva de esforço                | 60 |
| <i>VSA</i>    | <i>Visual Scale Analog</i>                              | 61 |
| FI            | Fase de contato inicial                                 | 62 |
| $\theta_t$    | Ângulo absoluto do tronco convertido                    | 63 |
| $\theta_q$    | Ângulo relativo do quadril convertido                   | 63 |
| $\theta_j$    | Ângulo relativo do quadril convertido                   | 63 |
| $\theta_{tz}$ | Ângulo relativo do tornozelo convertido                 | 63 |
| $\beta_t$     | Ângulo do tronco fornecido pelo sistema <i>Vicon</i>    | 63 |
| $\beta_j$     | Ângulo do quadril fornecido pelo sistema <i>Vicon</i>   | 63 |
| $\beta_q$     | Ângulo do joelho fornecido pelo sistema <i>Vicon</i>    | 63 |
| $\beta_{tz}$  | Ângulo do tornozelo fornecido pelo sistema <i>Vicon</i> | 63 |
| GEE           | Equações estimativas generalizadas                      | 66 |
| VIF           | Fator de inflação da variância                          | 97 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|               |  |       |    |
|---------------|--|-------|----|
| Equação 3.1 – | $\theta_t = \sqrt{(\beta_t)^2 - 180}$      | ..... | 63 |
| Equação 3.2 – | $\theta_q = \sqrt{(\beta_q)^2 - 180}$      | ..... | 63 |
| Equação 3.3 – | $\theta_f = \sqrt{(\beta_f)^2 - 180}$      | ..... | 63 |
| Equação 3.4 – | $\theta_{tz} = \sqrt{(\beta_{tz})^2 + 90}$ | ..... | 63 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 1:</b> Introdução geral.....   | 18 |
| <b>CAPÍTULO 2</b> Estudo 1: Efeito da altura do plano elevado nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em drop jumps bilaterais: uma revisão sistemática .....           | 23 |
| RESUMO .....   | 23 |
| 2.1 INTRODUÇÃO.....  | 24 |
| 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....   | 26 |
| 2.2.1 Estratégia de busca .....  | 26 |
| 2.2.2 Critérios de inclusão/exclusão.....  | 27 |
| 2.2.3 Extração e análise dos dados.....  | 27 |
| 2.3 RESULTADOS.....  | 28 |
| 2.4 DISCUSSÃO.....   | 49 |
| 2.5 CONCLUSÃO.....   | 53 |
| <b>CAPÍTULO 3</b> Estudo 2: Determinação da altura do plano elevado para bounce e countermovement drop jumps por meio da altura relativa de saltos verticais com contra movimento..... | 54 |
| RESUMO .....   | 54 |
| 3.1 INTRODUÇÃO .....   | 55 |
| 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....  | 57 |
| 3.2.1 Abordagem experimental ao problema.....  | 57 |
| 3.2.2 Participantes .....  | 58 |
| 3.2.3 Coleta de dados.....   | 58 |
| 3.2.4 Processamento e análise dos dados .....  | 62 |
| 3.2.5 Análise estatística.....   | 67 |
| 3.3 RESULTADOS.....  | 67 |
| 3.4 DISCUSSÃO.....   | 84 |
| 3.4.1 Altura ideal do plano elevado.....   | 84 |
| 3.4.2 Efeito da altura do plano elevado no desempenho de CDJ e BDJ.....  | 87 |
| 3.4.3 Efeito da técnica no desempenho de DJ .....  | 91 |
| 3.5 CONCLUSÃO .....  | 93 |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| <b>CAPÍTULO 4</b> | <b>Estudo 3: Variáveis cinéticas e cinemáticas predictoras à altura de alto em bounce e countermovement drop jumps</b> | 95  |
| RESUMO            |  | 96  |
| 4.1               | INTRODUÇÃO   | 96  |
| 4.2               | MATERIAIS E MÉTODOS  | 98  |
| 4.2.1             | Abordagem experimental ao problema   | 98  |
| 4.2.2             | Análise estatística  | 98  |
| 4.3               | RESULTADOS   | 99  |
| 4.4               | DISCUSSÃO  | 106 |
| 4.4.1             | Regressão parcial: CDJ x BDJ nas diferentes alturas relativas de PE  | 106 |
| 4.4.2             | Regressão geral: CDJ x BDJ   | 113 |
| 4.5               | CONCLUSÃO  | 117 |
| <b>CAPÍTULO 5</b> | <b>Discussão e conclusão gerais</b>  | 118 |
| 5.1               | DISCUSSÃO GERAL  | 118 |
| 5.2               | CONCLUSÃO GERAL  | 121 |
| Referências       |  | 123 |
| APÊNDICES         |  | 130 |
| APÊNDICE A        | – Cálculo amostral   | 131 |
| APÊNDICE B        | – Termo de consentimento livre e esclarecido   | 132 |

## CAPÍTULO 1

### Introdução Geral

A altura obtida em saltos verticais com contra movimento (SVCМ) incide diretamente no desempenho de diversas modalidades esportivas. Assim, na tentativa de otimizar o desempenho nessa habilidade, pesquisadores avaliaram o efeito de diversos métodos de treinamento (PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013). Um dos métodos mais conhecidos e utilizados para otimizar o desempenho na habilidade de saltar é o treinamento pliométrico (DE VILLARREAL et al., 2009; MARKOVIC, 2007; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013). Sua eficiência está bem evidenciada na literatura (ALKJAER et al., 2013a; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBBERT, 1990; BYRNE et al., 2010a; DE VILLARREAL et al., 2009; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; DIGIMINIANI; PETRICOLA, 2015; KANNAS; KELLIS; AMIRIDIS, 2012; MALISOUX et al., 2006; MARSHALL; MORAN, 2013; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SANKEY; JONES; BAMPOURAS, 2008). Um dos exercícios mais populares e utilizados durante rotinas de treinamento pliométrico é o *drop jump* (*DJ*) (BOBBERT, 1990).

O *DJ* consiste na realização de um salto máximo após o toque dos pés no solo que sucede a saída de um plano elevado (PE) (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; KOMI; BOSCO, 1978). Por ser um exercício de alta intensidade, a recomendação é que o *DJ* seja utilizado em rotinas de treinamento pliométrico de atletas que possuam experiência em atividades que envolvam saltos (BOBBERT, 1990; DE VILLARREAL et al., 2009; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a). Contudo, indivíduos destreinados também podem obter adaptações positivas no desempenho ao realizar o treinamento pliométrico (DE VILLARREAL et al., 2009). Além da experiência com salto, outros fatores também parecem influenciar as adaptações ao treinamento. Dentre esses fatores, destacam-se a técnica de *DJ* e a altura do PE utilizada (BOBBERT, 1990; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a, 1987d; BYRNE et al., 2010a; MARSHALL; MORAN, 2013; TAUBE et al., 2012a; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999).

Em estudo de revisão de literatura, Bobbert (1990) verificou que a melhora na altura do SVCМ, resultado de estudos que avaliaram as adaptações ao treinamento por meio de *DJ*, variou entre 1,8–10,2 cm, mas não encontrou evidências suficientes para atribuir a melhora às diferenças nas características dos participantes, na intensidade, frequência ou no volume do treinamento. Ao contrário, o autor sugeriu que as inconsistências nos resultados provavelmente ocorreram devidas às diferenças na técnica de *DJ* utilizada nos protocolos de

treinamento. De fato, diversos pesquisadores concordam que diferentes técnicas resultam em diferenças nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto no *DJ*. Bobbert e colaboradores (1986), apontaram que o *DJ* poderia ser realizado de duas maneiras distintas, a saber: *counter movement drop jump (CDJ)* ou *drop jump* com contra movimento mais longo e o *bouce drop jump (BDJ)* ou *drop jump* com contra movimento mais curto.

O *CDJ* foi caracterizado, principalmente, pela flexão mais acentuada das articulações dos membros inferiores e maior tempo de contato dos pés com o solo antes da realização do salto. Por outro lado, no *BDJ* o tempo de contato dos pés com o solo antes do salto e a flexão das articulações, de forma geral, são menores. Esses autores também relataram que os parâmetros biomecânicos do *CDJ* se assemelhavam aos parâmetros do *SVCM*. Nesse sentido, se o objetivo for otimizar a altura em *SVCM*, os autores especularam que o treinamento deveria ser composto, principalmente, por *CDJ*, pois esse exercício poderia melhorar a coordenação e estimular o sistema neuromuscular de maneira mais específica, resultando na melhora da altura obtida no *SVCM*.

Poucos estudos foram conduzidos para testar a hipótese de que o *CDJ* estimularia o sistema neuromuscular de maneira mais específica e, por isso, seria mais eficiente na melhora da altura do *SVCM* comparado ao *BDJ*. Em um estudo com indivíduos fisicamente ativos com experiência em atividades que envolviam saltos, tanto o treinamento por meio de *CDJ* ou *BDJ* foram incapazes melhorar a altura obtida no *SVCM* (YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). No entanto, o grupo que treinou com *BDJ* melhorou a força reativa. Essa melhora parece indicar que as técnicas, de fato, estimulam o sistema neuromuscular de maneiras distintas e resultam em adaptações específicas. Nesse estudo, o fracasso em melhorar a altura de salto foi atribuído ao volume, intensidade e curto período de treinamento. Por outro lado, Marshall e Moran (2013) verificaram que, de fato, o *CDJ* é mais eficiente que o *BDJ* na melhora da altura do *SVCM*. O grupo que treinou com *CDJ* aumentou a altura no *SVCM* em 6%. Os autores ainda observaram que a magnitude da melhora não foi maior, possivelmente em função da manutenção da altura do PE, que indica que a intensidade não foi ajustada durante as 8 semanas de treino. A altura do PE é o segundo fator que parece influenciar os resultados das análises biomecânicas (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011) e de protocolos de treinamento (TAUBE et al., 2012a).

Diversos autores relataram alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e na altura de salto resultantes da realização de *DJ* a partir de diferentes alturas de PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; CHEN et al., 2016; DI GIMINIANI;

PETRICOLA, 2015; PAIN, 2014; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Contudo, outros estudos não encontraram diferenças entre as variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto na realização dos *DJ* (WANG; PENG, 2014; YOON; TAUCHI; TAKAMATSU, 2007). Considerando a divergência de informações, um estudo de revisão poderia auxiliar no entendimento sobre as alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *DJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE. As inconsistências nos estudos supracitados são, provavelmente, resultado da falta de controle dos pesquisadores sobre a técnica utilizada pelos avaliados durante a realização do *DJ* (BOBBERT, 1990; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). A utilização de alturas de PE absolutas também pode comprometer as comparações (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011).

Em estudos observacionais, alturas absolutas de PE, prescritas de forma arbitrária, são comumente utilizadas para analisar aspectos cinéticos, cinemáticos e a altura de salto no *DJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a, 1987d; CHEN et al., 2016; FORD et al., 2005; HORITA et al., 1996; PENG, 2011; WANG; PENG, 2014), assim como em estudos que analisam o efeito do treinamento pliométrico sobre o desempenho em habilidades como o SVCM (DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; MAKARUK et al., 2014; MARSHALL; MORAN, 2013; TAUBE et al., 2012a). Ao utilizar alturas absolutas, o sistema neuromuscular de diferentes indivíduos provavelmente será estimulado em diferentes intensidades (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Além disso, estimular o sistema neuromuscular de diferentes indivíduos de maneira distinta pode, em parte, explicar as divergências relatadas quanto ao comportamento das variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *DJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE. Utilizar alturas relativas de PE pode ser uma alternativa para diminuir as inconsistências encontradas nas análises biomecânicas e para proporcionar uma comparação mais real entre os estudos. Contudo, a utilização de alturas relativas de PE não tem sido foco de estudo. Ainda, não há consenso a respeito do melhor método para obtenção da altura ideal do PE para obter melhores adaptações ao treinamento.

Entre as diferentes propostas, destacam-se as definições de altura ideal do PE que possibilitaria: (a) maior altura de salto após o contato dos pés com o solo que sucede a saída do PE (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a; FORD et al., 2005; HAKKINEN; KOMI, 1983; KOMI; BOSCO, 1978; KYROLAINEN; KOMI, 1995;

READ; CISAR, 2001; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999); (b) menor tempo de contato com o solo antes do salto (YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999); (c) maior índice de força reativa (RSI- altura de salto/tempo de contato) (BOBER et al., 2006; BYRNE et al., 2010a); (d) maior relação potência/altura do PE (DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; MATIC et al., 2015); e (e) velocidade de 2,5 m/s no instante de contato dos pés com o solo após a saída do PE (ALKJAER et al., 2013a). Para prescrever a altura ótima do PE nos estudos supracitados, os indivíduos tiveram que realizar diversos *DJ* a partir de diferentes alturas de PE selecionadas de forma arbitrária (alturas absolutas). Sabendo que a mesma altura pode resultar em estímulos de diferentes intensidades (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011), solicitar que um indivíduo realize um *DJ* a partir de uma altura de PE que para ele represente um estímulo de alta intensidade, pode expor o mesmo à uma condição de risco de lesão. Por isso, é necessário que estudos sejam conduzidos a fim de identificar como estabelecer a altura ótima do PE sem submeter os indivíduos a situações com potencial lesivo.

Uma possível alternativa para a determinação da altura do PE poderia ser realizada por meio da altura obtida em SVCM. Alturas de PE relativas a altura máxima obtida em SVCM tem sido utilizadas em outros estudos (FELDMANN et al., 2012; MCCAULLEY et al., 2007), porém, parece que nenhum estudo se preocupou em avaliar diferentes percentuais para identificar se existe um percentual ótimo a partir do qual os indivíduos obtêm maior altura de salto no *DJ*. A semelhança na realização de ambos os tipos de salto (SVCM e *DJ*) também favorece essa forma de determinação, uma vez que caracteriza especificidade e a possibilidade de normalização da altura do PE para cada indivíduo, ao passo que proporcionaria uma prescrição mais personalizada do treinamento.

A identificação de variáveis relacionadas ao desempenho no *DJ* também pode ser útil para prescrever o treino de maneira correta. Enquanto alguns estudos identificaram diferentes variáveis biomecânicas relacionadas ao desempenho no *DJ* (COH; MACKALA, 2013; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), outros autores não identificaram relação entre variáveis cinéticas e cinemáticas e a altura de salto nessa habilidade motora (FELDMANN et al., 2012). Nesse sentido, pode-se afirmar que também há divergência de informações e que mais estudos são necessários a fim de melhorar o entendimento sobre as variáveis relacionadas ao desempenho para otimizar a prescrição do treinamento pliométrico por meio de *DJ*. Identificar alterações nas variáveis cinéticas e cinemáticas, resultado da realização de *DJ* a partir de diferentes alturas de PE, também pode auxiliar na melhora da compreensão a respeito dessa habilidade.

Em face do exposto, a presente dissertação foi dividida em três estudos. O estudo 1 terá como objetivo revisar a literatura a fim de identificar as alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e na altura de salto de *DJ* bilaterais realizados a partir de diferentes alturas de PE. O estudo 2 irá estabelecer a altura relativa do PE, a partir da média das alturas obtidas em SVCM, para *BDJ* e *CDJ* e descrever as alterações nas variáveis cinéticas e cinemáticas dos *DJ* realizados a partir de diferentes alturas de planos elevados. Por fim, o estudo 3 será conduzido para identificar as variáveis cinéticas e cinemáticas relacionadas ao desempenho em *BDJ* e *CDJ*. Esse trabalho tem potencial para auxiliar na padronização dos protocolos de teste, a fim de possibilitar comparações entre estudos. Além disso, estudar o comportamento das variáveis biomecânicas na realização de *drop jumps* a partir de alturas relativas de planos elevados também auxiliará na individualização e prescrição mais específica do treinamento.

## CAPÍTULO 2

### Estudo 1

# Efeito da altura do plano elevado nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *drop jumps* bilaterais: uma revisão sistemática

## RESUMO

*Drop jumps* têm sido utilizados em treinamentos para melhorar o desempenho no salto vertical e aumentar a potência de membros inferiores. Diversos pesquisadores consideram 40 cm como a altura ideal de plano elevado para realização de *drop jumps*. Entretanto, a prescrição adequada das alturas de planos elevados demanda o conhecimento das alterações dos parâmetros biomecânicos durante a realização desse exercício. Logo, uma revisão sistemática da literatura foi conduzida para identificar os estudos que analisaram o efeito da altura do plano elevado nas variáveis cinéticas, cinemáticas e na altura de salto nos *drop jumps*. Foram selecionados estudos com homens (idade entre 18 e 35 anos), que realizaram *drop jumps* bilaterais, que forneceram valores referentes à cinética e/ou cinemática e à altura de salto, publicados em inglês e disponíveis nas bases de dados eletrônicas *PubMed*, *SPORTDiscus*, *SCOPUS – Elsevier* e *Web of Science*. Vinte e três estudos atenderam aos critérios de inclusão/exclusão. A magnitude das variáveis cinéticas e cinemáticas tenderam a aumentar com o acréscimo na altura do plano elevado. Tais resultados foram explicados pelo maior tempo em queda livre nas maiores alturas de planos elevados. Especula-se que a altura de salto aumenta com o aumento da altura do plano elevado. Contudo, a partir de alturas muito elevadas, em geral acima de 80cm, mecanismos inibidores começam a agir, comprometendo o desempenho. Assim, existe uma altura ótima de plano elevado a partir da qual a maior altura de salto é obtida. Entretanto, tais resultados precisam ser interpretados com cautela devido à heterogeneidade verificada entre indivíduos, protocolos, alturas dos planos elevados e instruções, nos estudos analisados.

**Palavras-chave:** *Drop jump*. Biomecânica. Treinamento esportivo.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A realização de uma ação muscular excêntrica seguida imediatamente por uma ação muscular concêntrica, caracteriza o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (KOMI; BOSCO, 1978). Em movimentos que envolvem o CAE, a ação concêntrica é otimizada, comparado a movimentos com ações musculares isoladas. Essa melhora no desempenho é explicada pela reutilização da energia elástica (BOSCO; KOMI; ITO, 1981; BOSCO; KOMI, 1979; KOMI; BOSCO, 1978; MCBRIDE; SNYDER, 2012), pela potencialização das unidades contráteis via estimulação reflexa (BOSCO; KOMI; ITO, 1981; BOSCO; KOMI, 1979; KOMI, 2000) e pela maior ativação e força da musculatura agonista antes do início da ação concêntrica (BOBBERT et al., 1996). Na locomoção humana, o ato de caminhar ou correr (KOMI, 2000), e nos esportes, habilidades motoras como saltar para bloquear ou atacar no voleibol, realizar um *sprint* ou saltar em altura/distância no atletismo (BOBBERT et al., 1996), representam atividades do CAE.

Para otimizar o desempenho em habilidades esportivas como saltos e *sprints*, a pliometria, nome atribuído a realização sistemática de exercícios que envolvem o CAE, tem sido utilizada como método de treinamento. A eficiência da pliometria em melhorar o desempenho nessas habilidades está bem documentada na literatura (ALKJAER et al., 2013a; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBBERT, 1990; BYRNE et al., 2010a; DE VILLARREAL et al., 2009; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; KANNAS; KELLIS; AMIRIDIS, 2012; MALISOUX et al., 2006; MARSHALL; MORAN, 2013; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SANKEY; JONES; BAMPOURAS, 2008). Um exercício bastante popular e utilizado em rotinas de treinamento pliométrico é o *drop jump (DJ)* (BOBBERT, 1990; DE VILLARREAL et al., 2009; MARKOVIC, 2007; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013). O *DJ* consiste em descer de um plano elevado (PE) e, após tocar os pés no solo, realizar imediatamente um salto vertical máximo. A altura do PE parece influenciar as adaptações ao treinamento (TAUBE et al., 2012a). Contudo, resultados inconsistentes são encontrados na literatura sobre o efeito do treinamento pliométrico, a partir de diferentes alturas de PE, no desempenho em habilidades como o salto vertical com contra movimento (SVCN) (BOBBERT, 1990).

Bobbert (1990), ao conduzir uma revisão de literatura, sugeriu que apesar do treinamento por meio de *DJ* maximizar o desempenho no SVCN, não é possível atribuir as diferenças nas magnitudes das adaptações entre os estudos às características dos participantes,

à altura do PE, frequência ou volume do treinamento. O autor sugeriu que a técnica de salto, não controlada na maioria dos estudos, provavelmente desencadeou as diferentes adaptações. Ao conduzir uma meta análise, De Villarreal e colaboradores (2009) relataram que a altura do PE parece não influenciar as adaptações, sendo as últimas explicadas pela duração e pelo volume do protocolo de treinamento. Ainda, em um estudo com indivíduos praticantes de modalidades esportivas que envolviam saltos (voleibol, basquetebol, atletismo), verificou-se que o grupo que treinou com diferentes alturas de PE (30, 50 e 75 cm) obteve um maior aumento na altura de salto comparado ao grupo que treinou exclusivamente a partir de um PE de 30cm (TAUBE et al., 2012a). Estudos que comparam as adaptações do treinamento, por meio de diferentes alturas de PE, são escassos. Por isso, até a presente data, os resultados são inconclusivos.

As alturas de PE utilizadas durante as rotinas de treinamento pliométrico são, principalmente, prescritas a partir de indicadores de desempenho no *DJ*, tais como: altura de salto e diferentes parâmetros cinéticos e/ou cinemáticos do *DJ* (ALKJAER et al., 2013a; BOBER et al., 2006; BYRNE et al., 2010; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; MATIC et al., 2015; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). A altura de salto no *DJ* parece ser sexo (DE VILLARREAL et al., 2009; KOMI; BOSCO, 1978; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010) idade (LAZARIDIS et al., 2013a), estado de treinamento (BEDI et al., 1987; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998), tipo de treinamento (PAIN, 2014) técnica (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a), demonstração (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a), instrução e altura do PE-dependente (ASMUSSEN; BONDE-PETERSEN, 1974; KOMI; BOSCO, 1978; LEES; FAHMI, 1994; WALSH; WILSON, 1997). Diversos autores concordam que a altura do PE que permite maior altura de salto no *DJ* é indicativo de um estímulo ótimo ao sistema neuromuscular que permite a potencialização mecânica, elástica e reflexa apropriada do CAE (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a; FORD et al., 2005; HAKKINEN; KOMI, 1983; KOMI; BOSCO, 1978; KYROLAINEN; KOMI, 1995; READ; CISAR, 2001; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). De fato, adaptações positivas foram documentadas em estudos experimentais nos quais a altura do PE foi prescrita de acordo com a altura máxima de salto obtida no *DJ* (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a).

Alguns estudos relataram que a altura de salto no *DJ* aumenta com o aumento do PE alcançando um ponto ótimo a partir do qual observa-se quedas no desempenho (ASMUSSEN; BONDE-PETERSEN, 1974; BEDI et al., 1987; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; HAKKINEN; KOMI, 1983; KOMI; BOSCO, 1978; WALSH; WILSON, 1997). Por outro

lado, há relatos de que a altura de salto tende a diminuir com o aumento da altura do PE (LEES; FAHMI, 1994). Lees e Fahmi reportaram que a menor altura de PE estudada (12cm) rendeu maiores alturas de salto no *DJ*. Na literatura, alturas de PE de 12cm são consideradas como muito baixas e, por isso, são pouco estudadas. Ainda, alguns autores sugeriram que a altura de salto obtida no *DJ* não se altera com o aumento da altura do PE desde que a técnica seja mantida (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). Ao contrário, o aumento da altura do PE pode alterar parâmetros cinéticos e cinemáticos a ponto de sobrecarregar o sistema neuromuscular e, além de não ser considerado benéfico para o desempenho, ser um estímulo lesivo (BOBBERT; HUIJING ; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). Divergências em diversos parâmetros cinéticos e cinemáticos também são observados entre os estudos supracitados. Nesse sentido, parece que o efeito da altura do PE na altura de salto e nas variáveis cinéticas e cinemáticas na realização de *DJ* ainda não é completamente compreendido.

O objetivo desse trabalho foi revisar a literatura para analisar o comportamento das variáveis cinéticas, cinemáticas e da altura de salto em *DJ* bilaterais realizados por adultos saudáveis, do sexo masculino, a partir de diferentes alturas de planos elevados. Estudar o comportamento das variáveis cinéticas, cinemáticas e da altura de salto em *DJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE pode fornecer subsídio teórico para auxiliar na prescrição da altura do PE a ser utilizada durante as rotinas de treinamento. Foi levantada a hipótese ( $H_1$ ) de que as diferenças nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto dos *drop jumps* serão dependentes da altura do plano elevado e da técnica/instrução utilizada.

## 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.2.1 Estratégia de Busca

Para identificar os estudos relevantes, foram realizadas buscas nas seguintes bases de dados eletrônicas: *PubMed* (1978 – 26/02/2016), *SPORTDiscus with Full Text – EBSCO* (1980 - 26/02/2016), *SCOPUS – Elsevier* (1920 - 26/02/2016) e *Web of Science* (1945 - 26/02/2016). Na base de dados que também possuía literatura não acadêmica (*SPORTDiscus*), foram utilizados filtros de tipo de publicação para limitar os resultados à literatura acadêmica. As buscas foram realizadas por um único pesquisador no dia 26 de fevereiro de 2016. A estratégia de busca foi formulada combinando as palavras-chave da seguinte forma: (*drop jump\* OR drop vertical jump\* OR depth jump\* OR plyometric\* OR pliometric\**) AND

(*biomechanics OR biomechanical OR kinects OR kinematics OR motion analysis*). Os termos de busca foram truncados por meio do símbolo \* para que todos os termos que iniciavam com uma palavra específica fossem encontrados. As palavras-chave foram combinadas utilizando o operador Booleano “OR” e as categorias foram associadas por meio do operador “AND”.

A recomendação PRISMA (MOHER et al., 2009) para relato transparente de informações em revisões sistemáticas foi utilizada.

### 2.2.2 Critérios de Inclusão/Exclusão

A triagem dos artigos encontrados foi realizada por meio da leitura dos títulos e resumos por um único pesquisador. Não houve restrição de data, tipo de estudo e/ou status de publicação para inclusão de trabalhos nessa revisão. Foram incluídos artigos originais, revisados por pares, publicados em inglês. Além disso, os estudos deveriam apresentar: (1) amostra composta por indivíduos saudáveis do sexo masculino, com idade entre 18-35 anos; (2) duas ou mais alturas de PE; (3) valores referentes à altura de salto em *drop jumps* bilaterais; e (4) dados cinéticos e/ou cinemáticos dos *drop jumps*. Foram excluídos artigos com enfoque em reabilitação, sobre o efeito da fadiga, de validação de instrumentos/métodos de medida e estudos de caso.

Os estudos potenciais (de acordo com os critérios de inclusão/exclusão) foram obtidos na íntegra para avaliação. As listas de referências dos estudos selecionados foram consultadas a fim de identificar estudos relevantes adicionais. Todas as referências encontradas foram importadas e gerenciadas nos softwares *EndNote (EndNote X7.1 by Thomson Reuters)* e *Mendeley Desktop (v. 1.16.3)*

### 2.2.3 Extração e Análise dos Dados

A extração dos dados foi conduzida entre julho e outubro de 2016 por um único pesquisador. Os dados extraídos consistiram basicamente em: (1) características dos participantes (idade, nível de treinamento, etc); (2) altura dos planos elevados; (3) altura de salto obtida nos *drop jumps* bilaterais e; (4) dados cinéticos e cinemáticos registrados durante a realização dos *drop jumps*. As informações foram armazenadas no software *Microsoft Excel 2010*.

### 2.3 RESULTADOS

A busca inicial nas bases de dados eletrônicas identificou um total de 1609 artigos. O fluxograma ilustrando os processos de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão está representado na figura 2.1. O total de 23 estudos (18 observacionais e 5 experimentais) atenderam aos critérios de inclusão. As tabelas 2.1 e 2.2 apresentam um resumo das características dos estudos observacionais e experimentais incluídos, respectivamente. O número total de indivíduos foi de 285 e 175, para os estudos observacionais e experimentais, respectivamente. O tamanho da amostra nos estudos observacionais e experimentais variou entre 6 – 30 (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; LEES; FAHMI, 1994) e 24 – 50 (HAKKINEN; KOMI, 1983; HUNTER; MARSHALL, 2002) indivíduos, respectivamente. O nível de condicionamento físico entre os estudos variou entre indivíduos destreinados sem participação sistemática em qualquer esporte nos últimos dois anos (LAZARIDIS et al., 2013a) e atletas de nível internacional (PAIN, 2014).

Em 7 estudos o efeito da altura do PE no pico da força de reação vertical do solo (PFRVS) foi analisado (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; CHEN et al., 2016; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; MCCAULLEY et al., 2007; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998; WANG; PENG, 2014). A magnitude do PFRVS aumentou em 5 estudos (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; CHEN et al., 2016; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e não apresentou efeito nos outros 2 estudos (MCCAULLEY et al., 2007; WANG; PENG, 2014). Para a potência total, 2 estudos relataram aumento (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011) e 2 não reportaram efeito da altura do PE (MCCAULLEY et al., 2007; WANG; PENG, 2014).

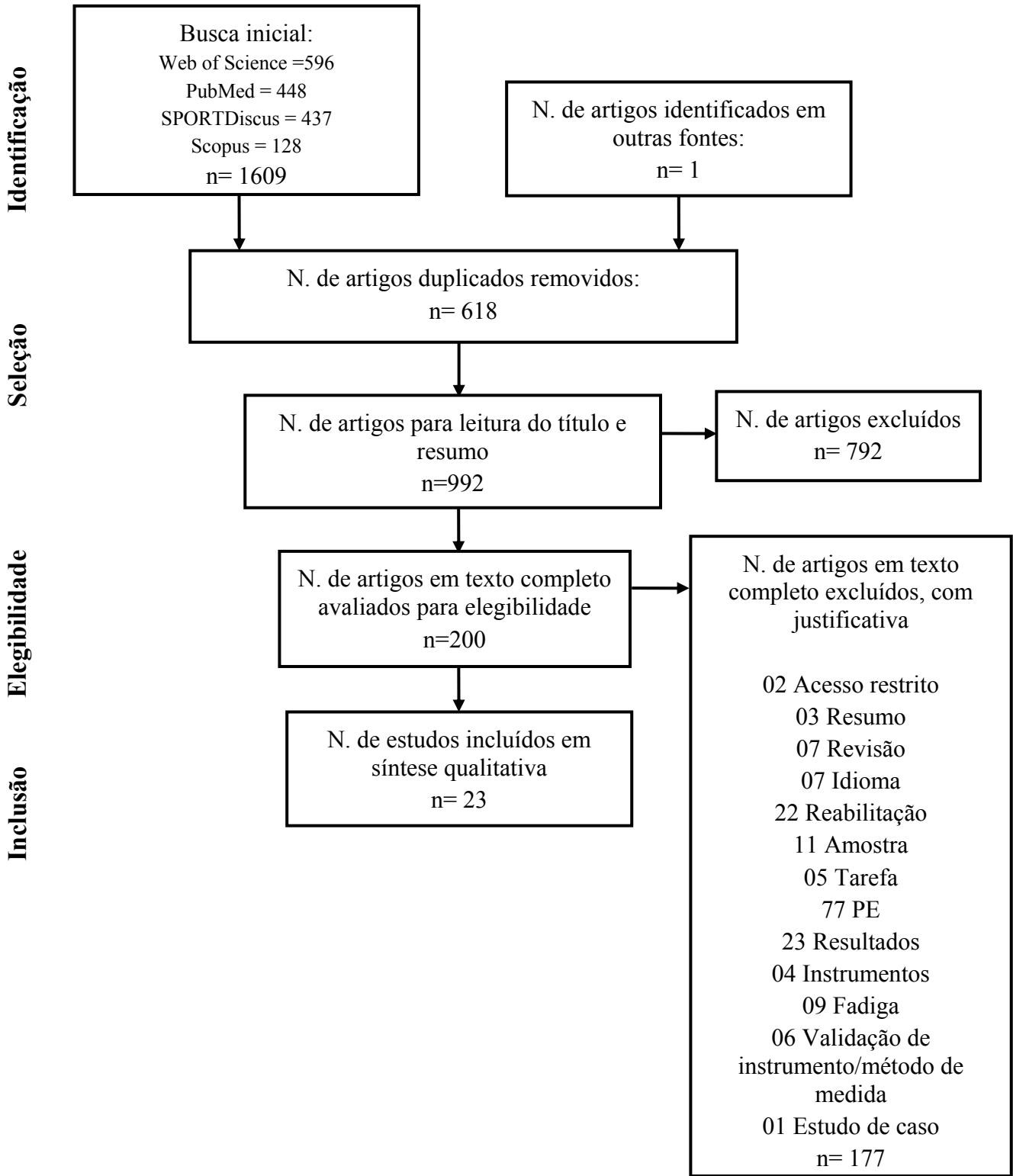


Figura 2.1. Fluxograma PRISMA da estratégia de busca.

**Tabela 2.1.** Características dos estudos observacionais incluídos

| Estudo                                      | Amostra   | Altura do PE | Protocolo de DJ   | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais  |   |
|---|---|--------------|---|---|--|---|
| (BEDI et al., 1987)                         | 12 atletas de voleibol (nível universitário competitivo A/B)            | Absoluta     | Instrução: realizar o maior esforço para saltar verticalmente imediatamente após a aterrissagem | **Atletas: $DJ25cm=38cm$ ;<br>$DJ35cm=37cm$ ; $DJ45cm=36,8cm$ ; $DJ55cm=37,4$ ;<br>$DJ65cm=36,8cm$ ;<br>$DJ75cm=37cm$ ; $DJ85cm=37,3cm$ | Atletas saltaram mais que estudantes em todas as alturas de PE; não foi verificado diferença na altura de salto com o aumento da altura do PE; houve uma tendência de aumento da altura de salto com o aumento da altura do PE até 55cm para os estudantes; para os atletas nenhum padrão foi identificada para altura de salto com o aumento da altura do PE; nenhuma diferença foi encontrada para impulso total, impulso na Fcon, TC total, TC na Fcon entre as alturas de PE   |   |
|   | 20 estudantes bem condicionados não envolvidos em atividades com saltos |              |   | $DJ25, 35, 45, 55, 65, 75$ e $85cm$   |  | **Estudantes: $DJ25cm=30,5cm$ ; $DJ35cm=30,6cm$ ;<br>$DJ45cm=32cm$ ; $DJ55cm=32,2cm$ ; $DJ65cm=31,1cm$ ;<br>$DJ75cm=31,4$ ; $DJ85cm=31,2cm$ |
|   | 19-26 anos  |              |   | Mãos nos quadris  |  |   |
|   | Sem experiência em DJ   |              |   |   |  |   |
| (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987) | 6 homens  | Absoluta     | <i>BDJ</i><br>Instrução: saltar o mais alto possível  | $DJ20cm = 0,38 \pm 0,05m$   | Altura real de saída do PE foi de 20, 31 e 49 para o $DJ20$ , 40 e 60cm, respectivamente; Trabalho, potência, impulso e velocidade angular do joelho e tornozelo na Fexc: $DJ60>DJ40>DJ20$ ; momento do joelho ( $DJ40>DJ20$ ) e tornozelo ( $DJ60>DJ20$ ) na Fexc; pico de potência do quadril na Fexc: $DJ60>DJ20$ e $DJ40$ ( $DJ20=DJ40$ ); pico do momento e da potência para o tornozelo na Fcon: $DJ40>DJ60$ ; PFRVS $DJ60>DJ40>DJ20$ ; PFRVS no $DJ60$ alcançado após 52 ms da aterrissagem; ângulo do joelho no início da Fcon: $DJ40>DJ60$ ; não houve diferença na duração da Fexc; tempo da Fcon $DJ60>DJ40$ ; altura do CM no início da Fcon: $DJ40<DJ20=DJ60$ |   |
|   | Fisicamente ativos  |              | Mãos nos quadris  | $DJ40cm = 0,38 \pm 0,04m$   |  |   |
|   | Com experiência em DJ   |              | Descalços   | $DJ60cm = 0,38 \pm 0,05m$   |  |   |
|   | $25 \pm 4$ anos   |              |   |   |  |   |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                                | Amostra  | Altura do PE  | Protocolo de DJ   | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais  |
|---------------------------------------|--|---|---|--|--|
| (LEES;<br>FAHMI, 1994)                | 30 homens  |   |   | <i>DJ</i> 12cm dia1/dia2=<br>0,416 ± 0,12m/0,369<br>± 0,09m  | A altura de salto e o pico da potência diminuíram, enquanto o deslocamento do CM na Fexc aumentou com o aumento da altura do PE; foi verificado correlação negativa entre o deslocamento do CM na Fexc e a altura de salto nos <i>DJ</i> ; houve correlação positiva entre velocidade máxima e pico de potência e a altura obtida nos <i>DJ</i>  |
|                                       | Atletas de diferentes esportes (equipe e raquete)            |   | Instrução: alcançar a maior altura  | <i>DJ</i> 24cm dia1/dia2=<br>0,344 ± 0,08m/0,334<br>± 0,1m   |  |
|                                       | Nenhum indivíduo estava envolvido em treinamento pliométrico | Absoluta<br><i>DJ</i> 12, 24,<br>36, 46, 58 e<br>68cm | Mãos nos quadris  | <i>DJ</i> 36cm dia1/dia2=<br>0,314 ± 0,09m/0,314<br>± 0,11m  |  |
|                                       | Com experiência em <i>DJ</i>                                 |   | Todos os testes realizados em dois dias distintos com no mínimo uma semana de intervalo | <i>DJ</i> 46cm dia1/dia2=<br>0,305 ± 0,06m/0,355<br>± 0,11m  |  |
|                                       | $\bar{X}$ = 20,6 anos  |   |   | <i>DJ</i> 58cm dia1/dia2=<br>0,287 ± 0,07m/0,33 ±<br>0,1m  |  |
| (YOUNG;<br>PRYOR;<br>WILSON,<br>1995) | 17 homens  |   | <i>DJ</i> -H - Instrução: saltar para maior altura                                      | <i>DJ</i> -H: <i>DJ</i> 30= 40,2 ±<br>7,7cm ; <i>DJ</i> 45= 39,8<br>± 7,9cm; <i>DJ</i> 60= 39,6<br>± 7,8cm | Efeito da altura do PE foi observado para: altura de salto ( <i>DJ</i> 30> <i>DJ</i> 45> <i>DJ</i> 60), TC ( <i>DJ</i> 30< <i>DJ</i> 45< <i>DJ</i> 60) e razão altura/TC ( <i>DJ</i> 30> <i>DJ</i> 45> <i>DJ</i> 60) em todas as técnicas de <i>DJ</i> ; efeito da instrução foi observado para: altura de salto ( <i>DJ</i> -H> <i>DJ</i> -H/t> <i>DJ</i> -t), TC ( <i>DJ</i> -H> <i>DJ</i> -H/t> <i>DJ</i> -t), altura de salto/TC ( <i>DJ</i> -H/t> <i>DJ</i> -H/t> <i>DJ</i> -t) em todas as alturas de PE |
|                                       | Experiência em atividades que envolvem saltos                | Absoluta<br><i>DJ</i> 30, 45 e<br>60cm                | <i>DJ</i> -H/t - Instrução: saltar para maior altura e menor tempo de contato           | <i>DJ</i> -H/t: <i>DJ</i> 30= 33,1 ±<br>5cm ; <i>DJ</i> 45= 32,3 ±<br>5,6cm; <i>DJ</i> 60= 31,3 ±<br>5,8cm |  |
|                                       | $\bar{X}$ = 23,6 ± 4,4 anos                                  |   | <i>DJ</i> -t - Instrução: saltar para o menor tempo de contato                          | <i>DJ</i> -t: <i>DJ</i> 30= 12,5 ±<br>6,5cm ; <i>DJ</i> 45= 10,3<br>± 6,1cm; <i>DJ</i> 60= 9,3 ±<br>6,2cm  |  |
|                                       |  |   | Mãos nos quadris  |  |  |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo   | Amostra   | Altura do PE                            | Protocolo de <i>DJ</i>  | Altura <i>DJ</i> ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais  |  |
|--|---|---|---|---|--|--|
| (VIITASALO; Com experiência em SALO; LAHTINEN, 1998) | 7 atletas de salto triplo (nível nacional)                          | Absoluta<br><i>DJ</i> 40 e 80cm         | Instrução: saltar imediatamente o mais alto possível após a saída do PE | Atletas de salto triplo<br><i>DJ</i> 40= $0,47 \pm 0,07$ cm<br><i>DJ</i> 80= $0,47 \pm 0,07$ cm | A altura de salto e o TC não se alteraram; os atletas saltaram 32 e 34% mais que os estudantes para o <i>DJ</i> 40 e 80cm respectivamente; a altura real de PE (sem diferença estatística: -6,7% e -5,4% para <i>DJ</i> 40 e 80cm, respectivamente), o tempo da Fexc e o TC (atletas<estudantes), o pico e a média da FRVS na Fexc ( <i>DJ</i> 80> <i>DJ</i> 40, atletas>estudantes) e na Fcon (atletas>estudantes; apenas para estudantes: <i>DJ</i> 80< <i>DJ</i> 40), o ângulo do joelho no instante de contato ( <i>DJ</i> 80> <i>DJ</i> 40) e o deslocamento angular (apenas estudantes: <i>DJ</i> 80> <i>DJ</i> 40 para todas as articulações) apresentaram diferenças |  |
|  | 11 estudantes fisicamente ativos<br>$\bar{X}$ = $20,6 \pm 2,6$ anos |   | Mãos nos quadris  | Estudantes<br><i>DJ</i> 40= $0,35 \pm 0,04$ cm<br><i>DJ</i> 80= $0,35 \pm 0,05$ cm              |  |  |
| (BOBER et al., 2006)                                 | 11 homens   | Absoluta<br><i>DJ</i> 15, 30, 45 e 76cm | Instrução: alcançar a maior altura no salto                             | <i>DJ</i> 15cm = $0,44 \pm 0,08$ m<br><i>DJ</i> 30cm = $0,43 \pm 0,076$ m                       |  | Não houve alteração para a altura de salto, TC e RSI com o aumento da altura do PE |
|  | Atletas de basquetebol da terceira divisão                          |   | Posicionamento dos MMSS não reportado                                   | <i>DJ</i> 45cm = $0,43 \pm 0,089$ m<br><i>DJ</i> 76cm = $0,41 \pm 0,085$ m                      |  |  |
|  | Experiência em <i>DJ</i> não reportada                              |   |   |   |  |  |
|  | $\bar{X}$ = $20,8 \pm 0,76$ anos                                    |   |   |   |  |  |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                              | Amostra  | Altura do PE   | Protocolo de DJ   | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais   |
|-------------------------------------|--|--|---|--|---|
| (LAFFAYE;<br>BARDY; TAIAR,<br>2006) | 8 atletas de voleibol da terceira divisão<br>$\bar{X} = 23,2 \pm 5,4$ anos | Absoluta<br><i>DJ30</i> e 60cm                                 | Instrução: salte o mais alto que puder                            | Atletas de voleibol - Protocolo 1:<br><i>DJ30cm</i> = $41,8 \pm 4,2$ cm<br><i>DJ60cm</i> = $44,3 \pm 7,5$ cm<br>Protocolo 2:<br><i>DJ30cm</i> = $47,7 \pm 5,7$ cm<br><i>DJ60cm</i> = $53,5 \pm 5,9$ cm | A altura de salto aumentou (4cm, +8,5%) para os atletas e diminuiu (-2cm, -6%) para os não habilitados com o aumento do PE (sem diferença estatística); a altura de salto nos DJ foi maior para os atletas em ambas as alturas de PE; o uso dos braços aumentou em 15 e 12% a altura obtida no DJ para os atletas e não habilitados, respectivamente; TC ( <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ), impulso ( <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ; atletas>não habilitados), TDF (+43% - <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> , não habilitados>atletas), PFRVS na Fcon (+13% atletas>não habilitados), PFRVS na Fexc (+27,7% <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ), potência relativa a MC (+33% <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ; atletas>não habilitados), momento positivo (+35% <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ; +21,5% atletas>não habilitados; protocolo 1>protocolo 2), momento negativo ( <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> ; 21,7% atletas>não habilitados) e stiffness (+40% atletas>não habilitados) apresentaram diferenças |
|                                     | 8 homens não habilitados<br>$\bar{X} = 22,6 \pm 4,6$ anos                  |  | Protocolo 1: Com restrição de MMSS (mãos nos quadris)             | Não habilitados - Protocolo 1:<br><i>DJ30cm</i> = $38,5 \pm 6,8$ cm<br><i>DJ60cm</i> = $36 \pm 7,6$ cm   |   |
|                                     | Experiência em DJ não reportada  |  | Protocolo 2: Sem restrição de MMSS                                | Protocolo 2:<br><i>DJ30cm</i> = $44,8 \pm 6,47$ cm<br><i>DJ60cm</i> = $44,6 \pm 6,4$ cm  |   |
| (MCCAULLEY et al., 2007)            | 8 homens   | Relativa<br><i>DJ75</i> e 125% da altura máxima obtida em SVCM | Instrução: realizar o maior esforço e saltar o mais alto possível | <i>DJ75%</i> = $0,46 \pm 0,03$ m<br><i>DJ125%</i> = $0,50 \pm 0,03$ m  | Efeito da altura do PE foi observado para: altura de salto e velocidade na Fcon ( <i>DJ125</i> > <i>DJ75%</i> ); não houve efeito da altura do PE para o PFRVS e a potência   |
|                                     | Atletas universitários de voleibol ou atletismo da 1º divisão              |  | Posicionamento dos MMSS não reportado                             |  |   |
|                                     | Experiência em DJ não reportada<br>$\bar{X} = 21,7 \pm 2,2$                |  |   |  |   |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                                     | Amostra   | Altura do PE                    | Protocolo de DJ  | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais  |
|--|---|---------------------------------|--|--|--|
| (YOON; TAUCHI; TAKAMATSU, 2007)            | 9 homens<br>Indivíduos saudáveis<br>Experiência em DJ não reportada<br>$\bar{X} = 24 \pm 3$ anos  | Absoluta<br>DJ30 e 50cm         | Instrução: saltar o mais alto e rápido possível<br>Demonstração feita pelo pesquisador<br>Mãos nos quadris | DJ30= $30,3 \pm 2,3$ cm<br>DJ50= $28,7 \pm 2$ cm   | Não foi verificado efeito da altura do PE para nenhuma das variáveis analisadas (altura de salto, TC, stiffness do tornozelo)  |
| *(LAFFAYE; CHOUKOU, 2010)                  | 9 homens: atletas de voleibol de 3º divisão<br>$\bar{X} = 21,8 \pm 3$ anos<br>9 mulheres: atletas de voleibol de 3º divisão<br>$\bar{X} = 22,6 \pm 3,6$ anos<br>Experiência em DJ não reportada       | Absoluta<br>DJ30 e 60cm         | Instrução: salte o mais alto que puder<br>Mãos nos quadris   | Homens<br>DJ30= $46,7 \pm 7,2$<br>DJ60= $46,5 \pm 7,8$   | Para os homens: não houve efeito da altura do PE para a altura de salto e o stiffness; foi verificado efeito da altura do PE para o pico da FRVS e a TDF ( $DJ60 > DJ30$ ) e para o tempo para atingir o pico da FRVS ( $DJ60 < DJ30$ )  |
| (PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011) | 17 universitários do sexo masculino<br>Praticantes (4-15 anos) de football, voleibol, basquetebol, atletismo, natação ou esgrima<br>Experiência em DJ não reportada<br>$\bar{X} = 23,5 \pm 1,12$ anos | Absoluta<br>DJ15, 30, 45 e 60cm | Instrução: não reportado<br>Sem restrição de MMSS  | DJ15cm= $0,40 \pm 0,06$ m<br>DJ30cm= $0,42 \pm 0,06$ m<br>DJ45cm= $0,43 \pm 0,06$ m<br>DJ60cm= $0,38 \pm 0,05$ m | Apenas dados descritivos (média e desvio padrão) foram reportados. A altura de salto, o TC e o valor médio da potência relativa a MC parecem aumentar com o aumento da altura do PE (maior valor registrada para o DJ45cm); a potência relativa a MC varia de indivíduo para indivíduo |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                            | Amostra  | Altura do PE       | Protocolo de DJ  | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais   |
|-----------------------------------|--|--------------------|--|---|---|
| (MCBRIDE;<br>SNYDER,<br>2012)     | 9 homens: saltadores treinados da 1ª divisão em salto vertical e/ou horizontal do atletismo (GT) | Absoluta           | Instrução: saltar o mais alto possível                           | GT  | Efeito da altura do PE para altura de salto (GT: $DJ80 > DJ60$ e 40cm; GDT: $DJ80 > DJ60 > DJ40$ ); GT alcançou maior altura de salto que o GDT; maior trabalho (relativo ao tempo gasto na Fexc) e força na Fexc registrados para o GT |
|                                   | $\bar{X} = 20,7 \pm 3,2$ anos  |                    |  | $DJ40\text{cm} = 0,59 \pm 0,11\text{m}$<br>$DJ60\text{cm} = 0,55 \pm 0,10\text{m}$<br>$DJ80\text{cm} = 0,64 \pm 0,15\text{m}$ |   |
|                                   | 7 homens: saltadores destreinados (GDT)  | $DJ40$ , 60 e 80cm | Posicionamento dos MMSS não reportado                            | GDT   |   |
|                                   | $\bar{X} = 21,43 \pm 2,37$ anos  |                    |  | $DJ40\text{cm} = 0,33 \pm 0,05\text{m}$<br>$DJ60\text{cm} = 0,37 \pm 0,06\text{m}$<br>$DJ80\text{cm} = 0,39 \pm 0,08\text{m}$ |   |
|                                   | Experiência em DJ não reportada  |                    |  |   |   |
| (ARAI;<br>ISHIKAWA;<br>ITO, 2013) | 7 homens   | Absoluta           | Instrução: não realizar contramovimento com os braços ou joelhos | $DJ20\text{cm}$ objetivo 1: $0,24 \pm 0,03\text{m}$   | Efeito da altura do PE para altura de salto (objetivo 1: $DJ40 > DJ20$ ) e stiffness do tornozelo (objetivo 1 e 2: $DJ40 < DJ20$ )  |
|                                   | Bem treinados -110m barreiras  |                    | Objetivo 1: saltar para máxima altura                            | $DJ20\text{cm}$ objetivo 2: $0,13 \pm 0,02\text{m}$   |   |
|                                   | Com experiência em DJ  |                    | Objetivo 2: saltar 50% do esforço máximo                         | $DJ40\text{cm}$ objetivo 1: $0,29 \pm 0,03$<br>$DJ40\text{cm}$ objetivo 2: $0,14 \pm 0,03$                                    |   |
|                                   | $\bar{X} = 20,2 \pm 1,4$ anos  |                    | Braços cruzados no peito com a mão no ombro contralateral        |   |   |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                    | Amostra  | Altura do PE                        | Protocolo de DJ  | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais  |
|---------------------------|--|-------------------------------------|--|---|--|
| *(LAZARIDIS et al., 2013) | 12 adultos<br>$\bar{X} = 25,5 \pm 2,7$ anos  | Absoluta<br><i>DJ20</i> e 40cm      | Instrução: salte o mais alto possível  | Adultos<br><i>DJ20</i> = $33,8 \pm 4,2$<br><i>DJ40</i> = $36,5 \pm 1,9$   | Para os adultos: efeito da altura do PE para o TC, velocidade angular do joelho na fase excêntrica, extensão do joelho 100ms antes do toque dos pés no solo e no instante do toque ( <i>DJ40</i> > <i>DJ20</i> ); o PFRVS na Fexc, a altura de salto, o tempo da Fexc e da Fcon e a velocidade angular do joelho na Fcon tenderam a aumentar com o aumento da altura do PE (sem significância estatística)   |
|                           | Mãos nos quadris   |                                     | 12 crianças<br>$\bar{X} = 9,8 \pm 0,6$ anos<br>Todos os participantes destreinados sem participação sistemática em qualquer esporte nos últimos 2 anos<br>Sem déficits neurológicos e histórico de lesão na coluna ou nos MMII |   |  |
| (PAIN, 2014)              | 7 atletas de potência<br>7 atletas de resistência<br>Ambos os grupos de atletas possuíam nível nacional ou internacional<br>Experiência em DJ não reportada<br>Idade não reportada | Absoluta<br><i>DJ15</i> , 30 e 60cm | <i>BDJ</i><br>Instrução: minimizar o TC<br>Mãos nos quadris  | Atletas de potência<br><i>DJ15cm</i> = $31,9 \pm 6,8$<br><i>DJ30cm</i> = $31,5 \pm 5,7$<br><i>DJ60cm</i> = $32,7 \pm 6,9$<br>Atletas de resistência<br><i>DJ15cm</i> = $22,8 \pm 7,8$<br><i>DJ30cm</i> = $24,2 \pm 7,6$<br><i>DJ60cm</i> = $24,6 \pm 9,8$ | Efeito da altura do PE para altura de salto (atletas de potência: <i>DJ15</i> > <i>DJ30</i> e <i>DJ60</i> > <i>DJ15</i> e <i>DJ30</i> ; atletas de resistência <i>DJ60</i> > <i>DJ30</i> > <i>DJ15</i> ), TC (ambos os grupos de atletas: <i>DJ15</i> > <i>DJ30</i> e <i>DJ60</i> > <i>DJ15</i> e <i>DJ30</i> , sendo os valores para atletas de potência < atletas de resistência); atletas de potência alcançaram alturas 35 a 50% maiores que os atletas de resistência |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo                   | Amostra   | Altura do PE                              | Protocolo de DJ   | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais   |
|--------------------------|---|---|---|---|---|
| (ABOODARDA et al., 2014) | 15 homens   |   |   | <i>DJ</i> 20cm livre= 0,42 ± 0,07m  |   |
|                          | Atletas de Crossfit ou Rugby (altamente treinados em TR)        | Absoluta                                  |   | <i>DJ</i> 20cm + 20% MC = 0,42 ± 0,07m<br><i>DJ</i> 20cm + 30% MC= 0,41 ± 0,07m | Não houve diferença para a altura de salto no <i>DJ</i> entre as condições; impulso excêntrico 13 a 46% maior na condição + 30% MC comparado aos <i>DJ</i> livres; impulso excêntrico no <i>DJ</i> 50cm>35cm>20cm para todas as condições; tempo para o pico do impulso excêntrico <i>DJ</i> 20cm + 30% MC< <i>DJ</i> 20cm + 20% MC e <i>DJ</i> livres; magnitude da TFexc <i>DJ</i> 50cm >35cm>20cm para todas as condições; magnitude da TFexc 30%>20%> <i>DJ</i> livres; duração da Fexc no <i>DJ</i> +30% e +20% < <i>DJ</i> livres; para os <i>DJ</i> livres e +20% da MC, impulso concêntrico diminuiu com o aumento da altura do PE; duração da Fcon foi maior para os <i>DJ</i> +20% da MC comparado aos <i>DJ</i> livres |
|                          | Capazes de agachar com mais de 2x a MC                          | <i>DJ</i> 20, 35 e 50cm livre (apenas MC) | Instrução: encorajados verbalmente a alcançar a máxima altura | <i>DJ</i> 35cm livre= 0,40 ± 0,07m<br><i>DJ</i> 35cm + 20% MC = 0,41 ± 0,07m    |   |
|                          | Com experiência em pliometria                                   | <i>DJ</i> 20, 35 e 50cm + 20% MC na Fexc  | Mãos nos quadris  | <i>DJ</i> 35cm + 30% MC= 0,41 ± 0,07m   |   |
|                          | Sem histórico de lesões musculoesqueléticas ou metabólicas      | <i>DJ</i> 20, 35 e 50cm + 30% MC na Fexc  |   | <i>DJ</i> 50cm livre= 0,39 ± 0,07m<br><i>DJ</i> 50cm + 20% MC = 0,40 ± 0,07m    |   |
|                          |   |   |   | <i>DJ</i> 50cm + 30% MC= 0,40 ± 0,07m   |   |
|                          | $\bar{X}$ = 24,7 ± 5,7 anos                                     |   |   |   |   |
| (WANG; PENG, 2014)       | 12 universitários   |   |   |   |   |
|                          | Praticantes regulares (mínimo 6h/semana) de diferentes esportes | Absoluta                                  | Instrução: saltar com o máximo esforço                        | <i>DJ</i> 20= 31,83 ± 6,06cm  | Não foi verificado efeito da altura do PE em nenhuma das variáveis analisadas (altura de salto, TC, RSI, PFRVS, PFRVS na Fexc, potência e stiffness do quadril, joelho e tornozelo, stiffness total, TDFexc)  |
|                          | Com experiência em <i>DJ</i>                                    | <i>DJ</i> 20 e 40cm                       | Mãos nos quadris  | <i>DJ</i> 40= 33,34 ± 5,53 cm   |   |
|                          | $\bar{X}$ = 20,3 ± 0,5 anos                                     |   |   |   |   |

**Tabela 2.1.** Continuação

| Estudo              | Amostra   | Altura do PE             | Protocolo de DJ  | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )          | Resultados principais   |
|---------------------|---|--------------------------|--|---|---|
| (CHEN et al., 2016) | 15 homens   |                          |  |   | Não foi verificado efeito da altura do PE ou momento de teste para altura de salto no DJ; o PFRVS foi menor para a condição DJ30 pré (DJ40=DJ50) e pós (DJ30<DJ40<DJ50) e diminuiu após WBV apenas para o DJ40 e DJ50cm; o tempo para o PFRVS foi maior para a condição DJ30 (DJ40=DJ50); deslocamento angular do tornozelo aumentou com o aumento da altura do PE; deslocamento angular do joelho aumentou após WBV; a carga vertical foi menor na condição DJ30 pré e pós (DJ40=DJ50) e diminuiu após WBV apenas para o DJ40 e DJ50cm |
|                     | Universitários fisicamente ativos                               |                          | Instrução: salte o mais rápido e alto possível         | DJ30 pré/pós= 0,19 ± 0,04m/0,19 ± 0,04m |   |
|                     | Sem lesão ou histórico de cirurgia nos MMII nos últimos 6 meses | Absoluta DJ30, 40 e 50cm | Mãos nos quadris                                       | DJ40 pré/pós= 0,19 ± 0,03m/0,19 ± 0,03m |   |
|                     | Experiência em DJ não reportada                                 |                          | Protocolo: realizar o DJ antes e após 4 minutos de WBV | DJ50 pré/pós= 0,19 ± 0,03m/0,18 ± 0,04m |   |
|                     | $\bar{X}$ = 19,3 ± 0,6 anos                                     |                          |  |   |   |

Legenda: DJ= drop jump; TC= tempo de contato; TFexc= taxa de força excêntrica; MC= massa corporal; TR= treinamento resistido; BDJ= bounce drop jump; Fexc= fase excêntrica; Fcon= fase concêntrica; PFRVS= pico da força de reação vertical do solo; FRVS=força de reação vertical do solo; RSI= índice de força reativa (altura de salto/tempo de contato); WBV = vibração corporal; MMSS= membros superiores; TDF= taxa de desenvolvimento de força; TDFexc= taxa de desenvolvimento de força excêntrica; CM= centro de massa; GT= grupo treinado; GDT= grupo destreinado; SVCM= salto vertical com contra movimento; GAS= grupo alto stiffness; GBS= grupo baixo stiffness; CDJ= counter drop jump; MMII= membros inferiores.

\*Somente resultados do grupo composto por homens adultos foi relatado para estudos que avaliaram homens e mulheres, adultos e crianças; \*\* valores estimados a partir de gráficos

**Tabela 2.2.** Características dos estudos experimentais incluídos

| Estudo                    | Amostra                                    | Intervenção  | Protocolo DJ                | Altura do PE                                    | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais  |
|---------------------------|--|--|-----------------------------|---|---|--|
| (HAKKINEN;<br>KOMI, 1983) | 14 homens com<br>experiência em TR<br>(GE) | 3x/semana - 16semanas  |                             |   | GE pré/pós/destreino:<br><i>DJ</i> 20cm= 29 ± 6/30 ± 4,5/<br>29,2 ± 4cm; <i>DJ</i> 40cm=29,7<br>± 5,6/29,9 ± 4,5/29 ±<br>4,2cm; <i>DJ</i> 60cm= 28,3 ±<br>5/29,4 ± 4,8/28,8 ± 4,4cm;<br><i>DJ</i> 80cm= 27,1 ± 4,9/29,6<br>± 5,1/27,6 ± 4,9cm;<br><i>DJ</i> 100cm= 26,9 ± 4,3/28,3<br>± 4,3/27,7 ± 3,2cm; | <i>DJ</i> 40cm rendeu maior altura de salto<br>pré/pós para ambos os grupos GE e GC;<br>altura obtida tende a diminuir com o<br>aumento da altura do PE após 40cm;<br>para o GE a altura obtida aumentou para<br>todos os PE, porém, somente o aumento<br>para o PE de 80 e 100cm obtiveram<br>significância estatística; força e potência<br>média aumentaram apenas para a Fcon<br>para todos os PE com exceção de 60cm;<br>no destreino, nenhum dos parâmetros se<br>alteraram exceto a potência média que<br>diminuiu para o PE 80cm |
|                           | 10 homens<br>fisicamente ativos<br>(GC)    | Exercício: agachamento<br>16-22rep/sessão (80-<br>100% 1RM) + 2-6rep<br>excêntricas apenas<br>(100-120% 1RM) | Instrução: não<br>reportado | Absoluta<br><i>DJ</i> 20, 40, 60,<br>80 e 100cm | Mãos nos quadris  |  |
|                           | $\bar{X}$ = 26,4 ± 2,1 anos                |  |                             |   |   |  |
|                           | Experiência em <i>DJ</i><br>não reportada  | Medidas pré/pós e<br>destreino (8 semanas)<br>para o GE e pré/pós<br>para o GC                               |                             |   |   |  |

**Tabela 2.2.** Continuação

| Estudo                         | Amostra   | Intervenção                                     | Protocolo <i>DJ</i>                         | Altura do PE            | Altura <i>DJ</i> ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais   |
|--------------------------------|---|---|---|-------------------------|---|---|
| (HUNTER;<br>MARSHALL,<br>2002) | 60 homens (50 ao término do estudo)                                       |   |   |                         | GPOTré/pós:<br><i>DJ</i> 30cm= 34,6 ± 4,7/38,3 ± 5,1cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 34,5 ± 4,9/38 ± 4,8cm; <i>DJ</i> 90cm= 34,4 ± 4,8/36,7 ± 4,2cm |   |
|                                | Experiência em esportes como basquetebol e voleibol                       | 10 semanas                                      | Instrução: alcançar a maior altura de salto | Absoluta                | GPOTré/pós:<br><i>DJ</i> 30cm= 38,7 ± 5,2/42,2 ± 4,9cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 38,5 ± 4,7/42 ± 5cm; <i>DJ</i> 90cm= 38,5 ± 5/41,9 ± 5,5cm     | Efeito do treinamento para TC (pós>pré), stiffness excêntrico (pós<pré), deslocamento do CM na fase de contato (pós>pré) apenas para GPOT e GPOTnS; as mudanças nas variáveis citadas foram referidas como mudanças na técnica de <i>DJ</i> que resultaram e aumento da altura de salto para todas as alturas de PE para o GPOT e GPOTnS após o treinamento |
|                                | GPOT= 11;<br>GPOTnS= 14;<br>GS= 11; GC=14;<br><br>$\bar{X}$ = 24 ± 4 anos | GS: AS e FNP 4x/semana<br><br>GPOTnS: GS + GPOT | Mãos nos quadris                            | <i>DJ</i> 30, 60 e 90cm | GS pré/pós:<br><i>DJ</i> 30cm= 34,6 ± 4,3/35,7 ± 5cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 35 ± 4,7/34,9 ± 4,7cm; <i>DJ</i> 90cm= 33,6 ± 5,1/34 ± 5,1cm     |   |
|                                | Experiência em <i>DJ</i> não reportada                                    |   |   |                         | Gc pré/pós:<br><i>DJ</i> 30cm= 35,2 ± 6,1/35,8 ± 6,3cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 35 ± 6,3/35,9 ± 6,3cm; <i>DJ</i> 90cm= 34,5 ± 6,4/34,9 ± 5,8cm |   |

**Tabela 2.2.** Continuação

| Estudo   | Amostra  | Intervenção   | Protocolo <i>DJ</i>  | Altura do PE                               | Altura <i>DJ</i> ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais   |
|--|--|---|--|--|--|---|
| (DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008) | 42 homens<br><br>Estudantes ativos<br>GC= 10; G7s= 10;<br>G14s= 12;<br>G28s=10;<br><br>GC: $\bar{X}= 23,6 \pm 2,7$<br>anos; G7s: $\bar{X}= 22,4 \pm 1,1$<br>anos; G14s:<br>$\bar{X}= 23,1 \pm 3,1$ anos;<br>G28s: $\bar{X}= 21,8 \pm 1,3$<br>anos<br><br>Sem experiência em<br><i>DJ</i> | 1, 2 ou 4x/sem (G7s,<br>G14s e G28s,<br>respectivamente) - 7<br>semanas<br><br>2x10 <i>DJ</i> 20 + 2x10<br><i>DJ</i> 40 + 2x10 <i>DJ</i> 60 (60<br><i>DJ</i> /sessão)<br><br>Medidas pré/pós e<br>destreino (7 semanas)<br>para todos os grupos | Instrução: a) salte o<br>mais alto que você<br>puder e b) salte alto<br>um pouco mais<br>rápido (menor<br>tempo de contato)<br>que sua tentativa<br>anterior<br><br>Instrução para<br>deixar a plataforma<br>e retornar após o <i>DJ</i><br>com joelhos e<br>tornozelos<br>completamente<br>estendidos<br>Mãos nos quadris | Absoluta<br><br><i>DJ</i> 20, 40 e<br>60cm | G7s pré/pós/destreino:<br><br><i>DJ</i> 20cm= 38/39/40cm;<br><i>DJ</i> 40cm=40/41/39cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 40/42/40cm<br><br>G14s pré/pós/destreino:<br><br><i>DJ</i> 20cm= 38/42/37cm;<br><i>DJ</i> 40cm= 37/42/36cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 38/42/39cm<br><br>G28s pré/pós/destreino:<br><br><i>DJ</i> 20cm= 37/43/40cm;<br><i>DJ</i> 40cm= 36/43/38cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 38/45/43cm<br><br>GC pré/pós/destreino:<br><br><i>DJ</i> 20, 40 e 60cm=<br>35/36/35cm | A altura de salto no <i>DJ</i> aumentou e o<br>TC diminuiu após o treinamento no<br>G14s e G28s para todas as alturas de<br>PE; TC diminuiu após o treinamento<br>para todas as alturas de PE no G7s;<br>volume moderado de saltos ( <i>DJ</i> ) em<br>treinos pliométricos é mais eficiente<br>que altos volumes |

**Tabela 2.2.** Continuação

| Estudo                         | Amostra  | Intervenção  | Protocolo <i>DJ</i>   | Altura do PE                        | Altura <i>DJ</i> ( $\bar{X} \pm DP$ )   | Resultados principais  |
|--------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|---|--|
| (ARABATZI;<br>KELLIS,<br>2012) | 26 homens  |  |   |                                     | GOL pré/pós:<br><i>DJ</i> 20cm= 34,85 ±<br>7,47/40,98 ± 6,3cm;<br><i>DJ</i> 40cm= 35,96 ±<br>6,07/40,23 ± 6,86cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 32,98 ±<br>7,28/39,31 ± 7,8cm  | GOL aumentou a altura de salto em todos os <i>DJ</i> (20, 40 e 60cm) e GTW aumentou apenas no <i>DJ</i> 60cm; GOL aumentou a potência na Fexc para o <i>DJ</i> 60cm e a potência na Fcon nos <i>DJ</i> 40 e 60cm; ângulo do quadril aumentou para o GTW e do quadril e joelho diminuíram no GOL no <i>DJ</i> 20cm; ângulo do quadril diminuiu no GTW para o <i>DJ</i> 60cm |
|                                | 1 ano de experiência em TR e experiência em esportes que envolvem saltos | 3x/semana - 8 semanas<br>4-6rep x 4-6séries<br>75 a 90% de 1RM | <i>BDJ</i><br>Instrução: salte imediatamente o mais alto possível | Absoluta<br><i>DJ</i> 20, 40 e 60cm | GTW pré/pós:<br><i>DJ</i> 20cm= 30,563 ±<br>3,4/30,967 ± 3,21cm;<br><i>DJ</i> 40cm= 28,05 ±<br>3,96/29,85 ± 3,127cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 26,11 ±<br>3,54/29,86 ± 6cm |  |
|                                | GTW (n=9); GOL (n=9); GC (n=8)<br>$\bar{X}$ = 20,3 ± 2 anos              | GTW: 5 exercícios de TR<br>GOL: 5 exercícios de OL             | Mãos nos quadris  |                                     | GC pré/pós:<br><i>DJ</i> 20cm= 32,68 ±<br>4,5/33,75 ± 3,15cm;<br><i>DJ</i> 40cm= 32,98 ±<br>6,47/33,66 ± 7,37cm;<br><i>DJ</i> 60cm= 29,86 ± 6/31,26<br>± 5,58cm     |  |

**Tabela 2.2.** Continuação

| Estudo                 | Amostra  | Intervenção  | Protocolo DJ   | Altura do PE                | Altura DJ ( $\bar{X} \pm DP$ )  | Resultados principais  |
|------------------------|--|--|--|-----------------------------|---|--|
|                        | 33 homens  |  |  |                             |   |  |
| (MAKARUK et al., 2014) | Atletas universitários de basquetebol (n=14), voleibol (n=5) e atletismo ( <i>sprint</i> : n=6; salto: n=8)<br><br>GADJ= 11; GTDJ= 11; GC= 11;<br><br>GADJ: $\bar{X}$ = 21,3 ± 1,9 anos; GTDJ: $\bar{X}$ = 21,7 ± 2,2 anos; GC: $\bar{X}$ = 20,9 ± 1,8 anos<br><br>Com experiência em pliometria | 3x/semana - 5 semanas<br><br>Exercício: TDJ ou ADJ<br>Semana 1: 30-30cm<br>Semana 2: 30-45cm<br>Semana 3: 45-45cm<br>Semana 4: 45-60cm<br>Semana 5: 60-60cm<br><br>7x6rep/sessão | Instrução: desça do PE e salte imediatamente o mais alto que você puder<br><br>Sem restrição de MMSS | Absoluta<br><br>DJ30 e 60cm | GADJ pré/pós:<br>DJ30cm= 37,9 ± 4,7/41,1 ± 4,1cm; DJ60cm= 39,6 ± 4/43 ± 3,8cm<br><br>GTDJ pré/pós:<br>DJ30cm= 39,1 ± 4,5/42,6 ± 3,6cm; DJ60cm= 41 ± 3,8/43,5 ± 3,4cm<br><br>GC pré/pós:<br>DJ30cm= 37,5 ± 3,8/37,8 ± 4,1cm; DJ60cm= 38,4 ± 3,6/38,2 ± 3,4cm | DJ30cm: efeito do treinamento para altura de salto (pós>pré), RSI (pós>pré) e TC (pós<pré) para ambos os grupos; DJ60cm; efeito do treinamento para altura de salto (pós>pré) e RSI (pós>pré, GADJ>GTDJ) para ambos os grupos e para o TC (GADJ <GC) e PFRVS (GADJ<GTDJ e GC) apenas para o GADJ |

Legenda: TR= treinamento resistido; GE= grupo experimental; GC= grupo controle; G7s= grupo 7 sessões; G14s= grupo 7 sessões; G28s= grupo 28 sessões; GTW= grupo treinamento com pesos; GOL= grupo levantamento olímpico; OL= levantamento olímpico; 1RM= uma repetição máxima; GADJ= grupo treinamento de DJ com auxílio de *Theraband*; GTDJ= grupo treinamento de DJ tradicional; ADJ= DJ com auxílio de *Theraband*; TDJ= DJ tradicional; TC= tempo de contato; RSI= índice de força reativa (altura de salto/TC); PFRVS = pico da força de reação vertical do solo; TPL= treinamento pliométrico; AS= alongamento estático; FNP= facilitação neuromuscular proprioceptiva.

Em relação às variáveis cinemáticas, o deslocamento do CM (LEES; FAHMI, 1994) e o deslocamento angular do quadril, joelho e tornozelo tendem a aumentar com o aumento da altura do PE (CHEN et al., 2016; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Para o tempo de contato, 3 estudos reportaram aumento (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAZARIDIS et al., 2010; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) e 6 estudos não verificaram efeito da altura do PE (ABOODARDA et al., 2014; BOBER et al., 2006; LAZARIDIS et al., 2013a; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998; WANG; PENG, 2014; YOON; TAUCHI; TAKAMATSU, 2007).

Foi verificado efeito da altura do PE na altura de salto em 6 estudos (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; LEES; FAHMI, 1994; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PAIN, 2014; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Quatro estudos relataram aumento (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PAIN, 2014) enquanto os outros dois estudos relataram diminuição da altura de salto com o aumento da altura do PE (LEES; FAHMI, 1994; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Dois estudos sugeriram que existe uma altura ótima de PE a partir da qual a maior altura de salto é obtida (BEDI et al., 1987; HAKKINEN; KOMI, 1983). No estudo de Bedi et al. (1987), verificou-se um padrão de aumento da altura de salto até a altura do PE de 55cm para estudantes bem condicionados não envolvidos em atividades com saltos, enquanto que para atletas de voleibol de nível universitário competitivo, não foi relatado nenhum padrão. No outro estudo, ao analisar o desempenho de indivíduos com experiência em treinamento com pesos na realização de *DJ* (PE de 20, 40, 60, 80 e 100cm), verificou-se que, em média, a altura do PE de 40cm rendeu maiores alturas de salto no *DJ*. Por outro lado, nos 15 artigos restantes, o aumento da altura do PE não teve efeito sobre a altura de salto no *DJ*.

A altura do PE em estudos observacionais e experimentais variou entre 12 – 85cm (BEDI et al., 1987; LEES; FAHMI, 1994) e 20 – 100cm (ARABATZI; KELLIS, 2012; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; HAKKINEN; KOMI, 1983), respectivamente. Considerando os artigos observacionais e experimentais, 3 artigos analisaram o desempenho do *DJ* apenas a partir de planos elevados com altura  $\leq 40$  cm (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; LAZARIDIS et al., 2013a; WANG; PENG, 2014) e 7 estudos utilizaram alturas maiores que 60cm (BEDI et al., 1987; BOBER et al., 2006; HAKKINEN; KOMI, 1983; HUNTER; MARSHALL, 2002; LEES; FAHMI, 1994; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Apenas 1 estudo observacional utilizou alturas relativas de PE (MCCAULLEY et al., 2007). A altura utilizada nesse estudo correspondeu a 75 e 125% da máxima altura obtida em SVCM. Relativizar a

altura de saída para realização do DJ pode garantir que a intensidade do exercício está sendo controlada entre os indivíduos (ISHIKAWA; KOMI, 2004). Todos os outros estudos observacionais e experimentais utilizaram alturas absolutas de PE, prescritas de forma arbitrária. Ainda, somente 3 estudos se preocuparam em analisar a altura de saída do PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; PAIN, 2014; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Diferenças de até 12cm entre altura prescrita e a altura de saída foram relatadas (PAIN, 2014), indicando que a instrução a respeito do posicionamento das articulações dos membros inferiores no instante de saída do PE é fundamental para diminuir ou mesmo eliminar tais diferenças.

O número de condições/alturas de PE analisadas entre os estudos variou entre 2 e 7. Nove estudos analisaram o desempenho no *DJ* em 2 condições/alturas de PE (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; LAZARIDIS et al., 2013a; MAKARUK et al., 2014; MCCAULLEY et al., 2007; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998; WANG; PENG, 2014; YOON; TAUCHI; TAKAMATSU, 2007), outros nove estudos em 3 (ABOODARDA et al., 2014; ARABATZI; KELLIS, 2012; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; CHEN et al., 2016; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; HUNTER; MARSHALL, 2002; MCBRIDE; SNYDER, 2012; PAIN, 2014; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995), dois em 4 (BOBER et al., 2006; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011), um em 5 (HAKKINEN; KOMI, 1983), um em 6 (LEES; FAHMI, 1994) e um dos estudos analisou 7 condições/alturas de PE (BEDI et al., 1987).

De forma geral, atletas saltam mais que não-atletas (BEDI et al., 1987; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e a especificidade do treinamento (atletas de potência x atletas de resistência) também pode resultar em desempenho superior (favorecendo atletas de potência) no *DJ* (PAIN, 2014). Dos 13 estudos que analisaram atletas, em 10 estudos (ABOODARDA et al., 2014; BOBER et al., 2006; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; LEES; FAHMI, 1994; MAKARUK et al., 2014; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) os indivíduos saltaram mais que 40cm a partir de pelo menos uma altura de PE, enquanto nos outros 3 estudos (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; BEDI et al., 1987; PAIN, 2014) a altura alcançada foi inferior à 40cm.

Entre os estudos observacionais, em 5 foi relatado que os participantes tinham experiência em *DJ* (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN

SCHENAU, 1987d; LEES; FAHMI, 1994; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998; WANG; PENG, 2014), 1 estudo relatou que os participantes não tinham experiência em *DJ* (BEDI et al., 1987), 2 estudos relataram que os indivíduos tinham experiência em atividades que envolviam saltos ou pliometria (ABOODARDA et al., 2014; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) e nos outros 10 a experiência em *DJ* não foi reportada. Em 2 dos estudos experimentais a experiência em *DJ* não foi reportada (HAKKINEN; KOMI, 1983; HUNTER; MARSHALL, 2002), enquanto 1 estudo relatou que os participantes não tinham experiência em *DJ* (DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008) e nos outros 2 estudos foi relatado experiência em atividades que envolviam saltos ou pliometria (ARABATZI; KELLIS, 2012; MAKARUK et al., 2014).

Em 3 dos estudos observacionais, o posicionamento dos MMSS não foi reportado (BOBER et al., 2006; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007), 1 estudo analisou o *DJ* sem restrição de MMSS (PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011), 1 estudo comparou o desempenho em *DJ* realizados com ou sem restrição de MMSS (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a), em 1 estudo os braços deveriam estar cruzados no peito com as mãos posicionadas no ombro contralateral (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013) enquanto nos outros 12 o *DJ* foi realizado com as mãos nos quadris. Em apenas 1 dos estudos experimentais o posicionamento dos MMSS não foi reportado (MAKARUK et al., 2014) sendo que nos outros 4 estudos, as mãos deveriam estar em contato com os quadris para realização do *DJ*. De forma geral, a utilização dos braços proporciona o alcance de maiores alturas de salto no *DJ* e não tende a alterar parâmetros cinéticos e cinemáticos de saltadores experientes e novatos (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a). Protocolos não convencionais de *DJ* como saltar com carga adicional na fase excêntrica (ABOODARDA et al., 2014) e saltar realizando 50% do esforço máximo (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013) também foram estudados. Outro fator que caracterizou diferentes protocolos de *drop jump* foi a instrução fornecida aos avaliados no instante de realização do exercício.

Dos 23 artigos incluídos, o *DJ* foi realizado sob a instrução de saltar o mais alto possível em 12 estudos (ABOODARDA et al., 2014; ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; BOBER et al., 2006; HUNTER; MARSHALL, 2002; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; LAZARIDIS et al., 2013a; LEES; FAHMI, 1994; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; WANG; PENG, 2014), o mais alto e rápido possível em 7 (ARABATZI; KELLIS, 2012; BEDI et al., 1987; CHEN et al., 2016; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; MAKARUK et al., 2014; VIITASALO;

SALO; LAHTINEN, 1998; YOON; TAUCHI; TAKAMATSU, 2007) e o mais rápido possível em 1 estudo (PAIN, 2014). Um estudo comparou as três instruções (YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) e nos outros 2 estudos os autores não reportaram a instrução fornecida para realização do *DJ* (HAKKINEN; KOMI, 1983; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Na tabela 2.3 encontra-se um resumo de pesquisas (somente o estudo de YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995 foi incluído nessa revisão) que compararam diferentes instruções sobre o comportamento das variáveis cinéticas, cinemáticas e/ou altura de salto no *DJ*. De maneira geral, os resultados desses estudos indicam que, de fato, a altura de salto no *DJ*, assim como, diversos parâmetros cinéticos e cinemáticos, foram condicionados à instrução fornecida ao avaliado no momento da realização do *DJ*.

Instruídos a saltar o mais alto possível, a maior e menor média registrada para altura de salto no *DJ* foi de 64cm (MCBRIDE; SNYDER, 2012) e 23,1cm (LEES; FAHMI, 1994) para saltadores treinados em salto vertical e/ou horizontal do atletismo, da 1ª divisão, a partir de um PE de 80cm e para atletas de diferentes esportes, com experiência em *DJ*, a partir de um PE de 68cm, respectivamente. Contudo, o posicionamento dos braços não foi relatado no estudo de McBride e Snyder (2012). Considerando que a altura de salto foi  $\leq 50$ cm em todos os outros estudos, independente da altura do PE, é provável que o exercício tenha sido realizado sem restrição dos MMSS nesse estudo. Quando a instrução foi saltar o mais alto e rápido possível a maior e menor média registrada foi: 47cm para atletas de salto triplo de nível nacional com experiência em *DJ*, sendo que o exercício foi realizado com mãos nos quadris a partir de um PE de 40 ou 80cm (mesma média para ambos os PE) (VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e, 19cm para universitários fisicamente ativos, no *DJ* realizado com mãos nos quadris a partir de PE com altura de 30, 40 ou 50cm (mesma média para os PE) (CHEN et al., 2016). Por fim, para a instrução “salte o mais rápido possível”, a maior altura de salto (32,7cm) foi obtida a partir de um PE de 60cm por atletas de potência de nível nacional ou internacional, no *DJ* realizado com restrição de MMSS (PAIN, 2014), enquanto a menor altura de salto (9,3cm) foi registrada para indivíduos com experiência em atividades que envolviam saltos, no *DJ* realizado com mãos nos quadris, também a partir de um PE de 60cm (YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995).

Foi verificado heterogeneidade no nível de condicionamento e experiência dos indivíduos, nos procedimentos metodológicos (altura do PE, instrução, utilização dos MMSS) e conseqüentemente, nos resultados entre os estudos incluídos. Assim, uma síntese quantitativa (meta-análise) foi considerada como não apropriada.

**Tabela 2.3.** Principais efeitos da instrução/demonstração sobre as variáveis cinéticas, cinemáticas e/ou altura de salto no *drop jump*

| <b>Estudo</b>                                  | <b>Protocolo DJ</b>  | <b>Principais efeitos</b>  |
|--|--|--|
| (BOBBERT et al., 1986)                         | Instrução: saltar o mais alto possível   | Instrução resultou em diferentes técnicas (escolhidas de forma arbitrária) entre os avaliados. Avaliados foram divididos em 2 grupos: <i>BDJ</i> - tempo da Fcon <200ms e <i>CDJ</i> - tempo da Fcon >260ms; efeito da técnica foi observado, principalmente, para: deslocamento do CM e duração da Fcon ( <i>BDJ</i> < <i>SVCM</i> ) e FRVS no início da Fcon e média da FRVS na Fcon ( <i>BDJ</i> > <i>SVCM</i> ). A maioria dos parâmetros no <i>CDJ</i> se assemelharam aos do <i>SVCM</i>   |
| (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a)   | Demonstração: <i>CDJ</i> e <i>BDJ</i>  | Efeito da técnica para: deslocamento do CM, tempo da Fcon e Fexc ( <i>BDJ</i> < <i>CDJ</i> < <i>SVCM</i> ), velocidade vertical do CM no <i>takeoff</i> , altura de salto e momento do quadril ( <i>BDJ</i> < <i>CDJ</i> = <i>SVCM</i> ), FRVS na Fcon, altura do CM no início da Fcon, momento do joelho e tornozelo ( <i>BDJ</i> > <i>CDJ</i> > <i>SVCM</i> )  |
| (YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995)                   | <i>DJ-H</i> - Instrução: saltar para maior altura<br><i>DJ-H/t</i> - Instrução: saltar para maior altura e menor tempo de contato<br><i>DJ-t</i> - Instrução: saltar para o menor tempo de contato   | Efeito da instrução foi observado para: altura de salto ( <i>DJ-H</i> > <i>DJ-H/t</i> > <i>DJ-t</i> ), TC ( <i>DJ-H</i> > <i>DJ-H/t</i> > <i>DJ-t</i> ), altura de salto/TC ( <i>DJ-H/t</i> > <i>DJ-H</i> > <i>DJ-t</i> )  |
| (JIDOVTSSEFF et al., 2014)                     | <i>S-DJ</i> : ao tocar o solo, salte o mais alto possível com o mínimo TC e pouquíssima flexão de joelhos<br><i>D-DJ</i> : ao tocar o solo, salte o mais alto possível com longo TC e flexão de joelhos profunda   | Efeito da instrução para: deslocamento máximo (reflete a altura de salto) e mínimo do CM, pico da velocidade na Fcon, tempo da Fcon e Fexc e impulso total na Fcon e Fexc ( <i>S-DJ</i> < <i>D-DJ</i> ); pico da FRVS, pico da potência na Fcon e Fexc e stiffness ( <i>S-DJ</i> > <i>D-DJ</i> ). Ainda, o pico da FRVS na Fexc é maior que o pico da FRVS na Fcon no <i>S-DJ</i>  |
| (STEVEN KHUU, LINDSAY L. MUSALEM et al., 2015) | Instrução para realizar o maior esforço entre as condições<br>HT: foque em saltar o mais alto que você puder<br>CT: foque em sair do solo o mais rápido que você puder após aterrissagem<br>EX: foque em estender simultaneamente seus quadris, joelhos e tornozelos ao saltar | Não houve diferença entre as os parâmetros biomecânicos entre HT e EX indicando que a instrução para minimizar o TC é responsável pelas diferenças encontradas. Efeito da instrução para: altura de salto, TC, tempo da Fcon e Fexc, impulso total, inclinação do tronco, AM dos quadris, joelhos e tornozelos, flexão dos quadris e joelhos - no instante de pico da FRVS, no instante de menor altura do CM e pico global - e angulo valgo do joelho - no instante de pico da FRVS e pico global - ( <i>CT</i> < <i>HT</i> e <i>EX</i> ); RSI, pico da FRVS, TDF, stiffness e potência total ( <i>CT</i> > <i>HT</i> e <i>EX</i> ) |
| (LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015)               | <i>DJH</i> : salte o mais alto possível<br><i>DJT</i> : salte o mais rápido possível   | Efeito da instrução foi observado para: FRVS máxima, aceleração média e potência máxima na Fcon ( <i>DJT</i> > <i>DJH</i> ), TC e impulso na Fcon ( <i>DJT</i> < <i>DJH</i> )  |

Legenda: NA= não se aplica; TC= tempo de contato; *BDJ*= *bounce drop jump*; *CDJ*= *countermovement drop jump*; CM= centro de massa; Fcon= fase concêntrica; Fexc= fase excêntrica; FRVS= força de reação vertical do solo; *SVCM*= salto verticla com contra movimento; AM= amplitude de movimento; RSI= índice de força reativa (altura de salto/tempo de contato); TDF= taxa de desenvolvimento de força.

## 2.4 DISCUSSÃO

Uma revisão sistemática da literatura sobre o efeito da altura do plano elevado nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *drop jumps* bilaterais foi realizada. Constatou-se que os resultados a respeito do efeito da altura do PE nas variáveis supracitadas são divergentes. Para as variáveis cinéticas, alguns estudos reportaram diferenças principalmente para o PFRVS, o pico de potência, o momento angular, o stiffness e o impulso (ABOODARDA et al., 2014; ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006; LEES; FAHMI, 1994; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). A maioria das diferenças foi reportada para a Fexc do *DJ*. Em um dos estudos foi sugerido que o aumento da altura do PE não é benéfico pois aumenta demasiadamente o PFRVS e diminui o tempo para atingir esse pico, caracterizando uma situação com potencial lesivo (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). Contudo, o PFRVS agudo verificado nesse estudo pode ter sido causado pela realização do exercício descalço. Entre os estudos incluídos nessa revisão, somente nesse o *DJ* foi realizado descalço, o que indica que esse protocolo é incomum em pesquisas e provavelmente também o é na prática.

É razoável afirmar que a magnitude das variáveis cinéticas aumenta com o aumento da altura do PE devido ao maior tempo do indivíduo em queda livre. Contudo, nos estudos em que diferenças nas variáveis cinéticas (principalmente na Fexc) não foram reportadas (MCCAULLEY et al., 2007; WANG; PENG, 2014), é provável que os pesquisadores não se preocuparam em instruir os indivíduos a respeito do posicionamento dos membros inferiores durante a descida do PE. Há relatos de que a altura de saída pode ser diferente da altura do PE prescrita (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; KIBELE, 1999; PAIN, 2014; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Pain (2014) relatou que durante um estudo piloto os indivíduos apresentavam uma diferença média de 12cm entre a altura do PE e a altura de saída. Essa diferença foi reduzida à 2,6cm após a realização de *DJ* sob instruções específicas. Ainda, os estudos que não relataram diferenças para as variáveis cinéticas, compararam apenas duas alturas de PE com diferença  $\leq 20$ cm enquanto nos estudos que encontraram diferenças, duas ou mais condições foram analisadas sendo a diferença entre as alturas de PE  $\geq 30$ cm.

Entre os artigos incluídos, uma quantidade reduzida de estudos analisou o efeito da altura do PE no deslocamento do CM e na amplitude de movimento articular. Tanto o deslocamento do CM quanto a amplitude de movimento articular parecem aumentar com o

aumento da altura do PE (CHEN et al., 2016; LEES; FAHMI, 1994; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). O aumento na magnitude dessas variáveis pode resultar em aumento do TC (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). Assim, é provável que nos estudos que reportaram aumento no TC com aumento da altura do PE, o deslocamento do CM e a amplitude de movimento articular também tenham aumentado (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAZARIDIS et al., 2013a; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995).

O efeito da altura do PE na altura de salto no *DJ* também apresentou resultados inconsistentes. A altura de salto aumentou com o aumento do PE em 4 estudos (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PAIN, 2014), diminuiu em 2 estudos (LEES; FAHMI, 1994; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) e não se alterou nos 15 artigos restantes. Entretanto, tem sido sugerida a existência de altura ótima de PE a partir da qual a maior altura de salto é obtida (BEDI et al., 1987; HAKKINEN; KOMI, 1983). Para destacar ainda mais as divergências, a maior altura obtida no *DJ* foi de 64cm a partir de um PE de 80cm entre os estudos incluídos (MCBRIDE; SNYDER, 2012), enquanto um dos estudos reportou maior altura de salto a partir de um PE de 12cm (41,6cm) (LEES; FAHMI, 1994). Por um lado, espera-se que a altura de salto aumente com o aumento da altura do PE. O maior armazenamento e provável utilização da energia elástica e potencialização reflexa, resultado da maior velocidade na  $F_{exc}$  em função do maior tempo em queda livre, justificaria, em parte, o aumento na altura de salto a partir de maiores alturas de PE (BOSCO et al., 1982; BOSCO; KOMI; ITO, 1981; ISHIKAWA; KOMI, 2004). Contudo, parece existir um limite para o sistema neuromuscular a partir do qual reflexos inibidores (órgão tendinoso de Golgi) começam a agir, diminuindo o desempenho na fase concêntrica do exercício e, com isso, a altura de salto (ABOODARDA et al., 2014; PAIN, 2014; PENG, 2011). O aumento da altura de salto com o aumento da altura do PE também parece ser nível de condicionamento-dependente (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a). No estudo de Laffaye, Bardy e Taiar (2006), atletas conseguem melhores alturas de salto no *DJ* com o aumento da altura do PE em comparação aos indivíduos pouco treinados, que possuem seu desempenho prejudicado principalmente em grandes alturas de PE.

De forma geral, a utilização de alturas absolutas também pode ser utilizada para explicar as inconsistências nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto observada nos estudos revisados. A intensidade do estímulo proporcionado por uma determinada altura de PE pode variar entre os indivíduos (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Assim, a comparação dentro e entre estudos que analisaram alturas de PE absolutas parece estar comprometida. Apenas um

estudo incluído na revisão analisou o desempenho no *DJ* a partir de alturas relativas de PE (MCCAULLEY et al., 2007). Os indivíduos desse estudo, realizaram o *DJ* a partir de um PE com altura correspondente a 75 e 125% da altura obtida em SVCM. Os autores não reportaram diferenças para as variáveis cinéticas, porém, a velocidade na Fcon e a altura de salto foram maiores para o PE 125%. Nesse sentido, parece que a altura do PE forneceu um estímulo semelhante entre os indivíduos e proporcionou uma condição ótima para utilização do CAE a partir da altura de 125%. Ao utilizar alturas de PE relativas a análise e comparação do efeito da altura do PE nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto entre diferentes estudos seria facilitada e, provavelmente, não seria comprometida pelas variações individuais de desempenho em alturas absolutas. A semelhança na realização de ambos os tipos de salto (SVCM e *DJ*) (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a) e a forte correlação entre ambos (SHEPPARD et al., 2008) favorece essa forma de prescrição da altura do PE, sendo que caracteriza especificidade e a possibilidade de normalização da altura do PE para cada indivíduo.

Verificou-se também que, atletas alcançam maior altura de salto no *DJ* comparados à não-atletas (BEDI et al., 1987; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e que o tipo de treinamento também influencia o desempenho no *DJ* (PAIN, 2014). O melhor desempenho no *DJ* obtido por atletas é atribuído, principalmente, à aspectos temporais de ativação muscular, à maior ativação muscular, à distribuição/tipo e maior volume das fibras musculares (VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998), à aspectos coordenativos, ao melhor funcionamento do CAE (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998), ao maior *stiffness* da unidade músculo-tendínea (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; MCBRIDE; SNYDER, 2012) e à maior produção de potência (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a).

Considerando a utilização ou não dos membros superiores, um estudo comparou ambas as condições na realização de *DJ* (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a). Foi verificado que, com a utilização de movimentos dos braços, a altura de salto aumentou em função do aumento da posição vertical do centro de massa (+4,8cm) e da velocidade vertical do centro de massa no *takeoff* (+7%), do pico de força de reação vertical do solo na fase concêntrica (+5,5%) e do pico de potência relativo (+33%). Além disso, o estudo apontou que a utilização dos braços difere entre os indivíduos. Especificamente, os atletas movimentaram os braços de maneira distinta, o que resultou em maior aumento na altura de salto comparado ao grupo de não-atletas, independente da amplitude de movimento articular dos membros

inferiores (sem diferença entre os grupos). É provável que mesmo entre atletas ou não-atletas, diferentes indivíduos apresentem estratégias distintas de movimentação dos braços, podendo influenciar a coordenação e o desempenho no *DJ*. Nesse sentido, restringir o movimento dos membros superiores durante a realização do *DJ* permite padronização para melhores comparações entre os avaliados em um estudo ainda que essa restrição comprometa em partes a similaridade com o gesto esportivo. Padronizar as instruções relacionadas à realização dos *drop jumps* também é importante pois parece condicionar os resultados obtidos.

Entre os trabalhos incluídos na revisão, a maior altura de salto no *DJ* (64cm – PE de 80cm) foi obtida sob a instrução de saltar o mais alto possível (MCBRIDE; SNYDER, 2012), enquanto que a instrução para saltar o mais rápido possível resultou em alturas tão baixas de salto quanto 9,3cm (PE de 60cm) (YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Acredita-se que, alturas de salto no *DJ* menores que 40cm obtidas por atletas em alguns estudos são, provavelmente, resultado do protocolo de *DJ* utilizado. Por exemplo, em um dos estudos, os atletas foram instruídos a não realizar contra movimento com auxílio de movimentos dos braços ou dos joelhos (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013) e em outro, os atletas deveriam minimizar o tempo de contato durante o *DJ* (PAIN, 2014). Tais restrições podem comprometer o armazenamento e reutilização da energia potencial elástica, a potencialização das unidades contráteis via estimulação reflexa e a produção e aplicação de força na fase concêntrica. No outro estudo, em que alturas de salto no *DJ* menores que 40cm foram reportadas para atletas (BEDI et al., 1987), a falta de experiência em *DJ* foi utilizada para explicar tais resultados. Os resultados dos estudos apresentados na tabela 2.3 indicam que os parâmetros biomecânicos e a altura de salto são instrução-dependentes. A diferença nos aspectos cinéticos e cinemáticos caracterizam diferentes técnicas de *DJ*. Existem autores que acreditam que a altura de salto no *DJ* é exclusivamente técnica-dependente e não se altera com o aumento do PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a, 1987d). No entanto, os resultados das pesquisas incluídas nessa revisão não permitem tecer tais conclusões.

Os estudos sobre o comportamento da variáveis cinéticas, cinemáticas e da altura de salto nos *DJ*, desempenhados a partir de diferentes alturas de PE e sob diferentes instruções, são realizados na tentativa de encontrar o estímulo ótimo que permita reutilização da energia elástica (BOSCO; KOMI; ITO, 1981; BOSCO; KOMI, 1979; KOMI; BOSCO, 1978; MCBRIDE; SNYDER, 2012), potencialização das unidades contráteis via estimulação reflexa (BOSCO; KOMI; ITO, 1981; BOSCO; KOMI, 1979; KOMI, 2000) e maior ativação e força da musculatura agonista antes do início da ação concêntrica (BOBBERT et al., 1996).

Esse estímulo, quando sistematizado em rotinas de treinamento pliométrico, pode resultar nas adaptações desejadas (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a). Estudos biomecânicos podem fornecer informações relevantes para prescrição do treinamento. Nesse sentido, considerando o número reduzido de alturas de PE e de variáveis biomecânicas analisadas em um único estudo, o número reduzido de estudos que utilizaram alturas de PE relativas e as inconsistências a respeito do efeito da altura do PE e da instrução nas variáveis cinéticas, cinemáticas e na altura de salto no *DJ*, sugere-se a realização de novas pesquisas para que as lacunas destacadas sejam preenchidas.

## 2.5 CONCLUSÃO

De maneira geral, a magnitude das variáveis cinéticas e cinemáticas tendem a aumentar com o aumento da altura do PE. Alguns estudos também evidenciaram a existência de uma altura ótima de PE a partir da qual maior altura de salto é obtida e, considerando as observações a respeito dos mecanismos do ciclo alongamento-encurtamento, é razoável afirmar tal altura de fato exista. Contudo, tais afirmações devem ser interpretadas com cautela, uma vez que não houve padronização entre os estudos acerca das diferenças no nível de condicionamento dos avaliados, dos protocolos de *DJ*, das alturas absolutas de PE e das instruções fornecidas para os participantes. Ao testar diferentes alturas de planos elevados, é necessário controlar a instrução a respeito do objetivo a ser alcançado (maior altura, menor tempo de contato) e do posicionamento dos membros inferiores para saída do plano elevado. A restrição dos membros superiores e a utilização de alturas relativas de plano elevado também são recomendados. Utilizar alturas relativas de plano elevado pode impedir que as diferenças individuais comprometam as comparações dentro e entre estudos. Em suma, o efeito da altura do PE e da instrução nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto no *DJ* ainda precisa ser elucidado.

### CAPÍTULO 3

#### Estudo 2

## Determinação da altura do plano elevado para *bounce* e *countermovement drop jumps* por meio da altura relativa de saltos verticais com contra movimento

### RESUMO

Não há consenso na literatura sobre como se estabelece a altura ideal do plano elevado para treinamento pliométrico por meio de *drop jumps*. Nesse sentido, esse trabalho identificou a altura do plano elevado relativa à média das alturas obtidas em saltos verticais com contra movimento, na qual maiores ganhos de altura de salto são obtidos em *bounce* e *countermovement drop jumps* e descreveu as diferenças cinéticas e cinemáticas desencadeadas pelas alturas de PE testadas. Participaram desse estudo, 28 homens com experiência em atividades que envolvem saltos com idade entre 18 e 35 anos. Os dados cinéticos e cinemáticos foram obtidos por meio de uma plataforma de força e 7 câmeras do sistema *Vicon*, respectivamente. Foram realizados três *drop jumps* a partir de planos elevados com altura correspondente a 60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160% da média das alturas obtidas em três saltos verticais com contra movimento. Foi confirmada a existência de uma altura ótima de plano elevado a partir da qual se obtém maiores alturas de salto no *drop jump*. As condições 140% e 100% renderam maiores ganhos para o *countermovement* e *bounce drop jump*, respectivamente. Ainda, de maneira geral, a magnitude das variáveis cinemáticas é maior para o *countermovement drop jump* e aumenta com o incremento da altura do plano elevado para ambas as técnicas de *drop jump*. Por outro lado, a magnitude das variáveis cinéticas foi maior para o *bounce drop jump* e aumentou com o acréscimo da altura do plano elevado para ambas as técnicas de *drop jump*. Foi sugerido que a relativização da altura do plano elevado a partir da altura obtida em saltos verticais com contra movimento auxilia a estimular o sistema neuromuscular de diferentes indivíduos de maneira semelhante diminuindo a variabilidade dos dados imposta pela utilização de alturas absolutas de planos elevados. Uma vez que diferenças na força e no *stiffness* muscular também podem acrescentar variabilidade aos dados, considerou-se necessário controlar essas variáveis em estudos futuros nos quais o efeito da manipulação da altura do PE no desempenho de *drop jumps* e nas adaptações ao treinamento pliométrico por meio do *drop jump* serão testados.

**Palavras-chave:** *Drop jump*. Desempenho esportivo. Biomecânica.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Habilidades motoras como saltos verticais com contra movimento (SVCM) e *sprints* estão presentes em uma ampla variedade de modalidades esportivas. Melhorar o desempenho nessas habilidades comumente reflete na melhora do desempenho atlético. O treinamento pliométrico tem se destacado como um meio de treino eficiente para otimizar o desempenho em habilidades como os saltos e *sprints* (ALKJAER et al., 2013b; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBBERT, 1990; BYRNE et al., 2010a; DE VILLARREAL et al., 2009; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; KANNAS; KELLIS; AMIRIDIS, 2012; MALISOUX et al., 2006; MARSHALL; MORAN, 2013; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SANKEY; JONES; BAMPOURAS, 2008). Particularmente, o *drop jump (DJ)* tem sido o exercício pliométrico mais utilizado durante as rotinas de treinamento. Realizar um salto máximo após o toque dos pés no solo que sucede a saída de um plano elevado (PE), caracteriza esse exercício.

Para prescrever a altura do PE a ser utilizada durante o treinamento, diferentes indicadores são utilizados (ALKJAER et al., 2013b; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBER et al., 2006; BYRNE et al., 2010a; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; MATIC et al., 2015; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). A altura de salto obtida no *DJ* é o indicador mais comum entre os estudos (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a; FORD et al., 2005; HAKKINEN; KOMI, 1983; KOMI; BOSCO, 1978; KYROLAINEN; KOMI, 1995; READ; CISAR, 2001; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Acredita-se que a altura do PE que permite a maior altura de salto no *DJ* seja a altura ideal para proporcionar as melhores adaptações ao treinamento. Estudos experimentais comprovaram a eficiência desse método na melhora do desempenho do SVCM (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a).

Nos estudos supracitados, a prescrição da altura ótima do PE foi estabelecida após os indivíduos realizarem o exercício a partir de diferentes alturas de PE. Normalmente, as alturas de PE a partir das quais os *DJ* são realizados, são selecionadas de forma arbitrária (alturas absolutas). Alturas absolutas representam estímulos de diferentes intensidades entre indivíduos diferentes (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Assim, se para alguns indivíduos alturas de PE acima de 40cm permitem maior altura de salto no *DJ* (KOMI; BOSCO, 1978; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; MCBRIDE; SNYDER, 2012; PAIN, 2014; PIETRASZEWSKI;

RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011), para outros indivíduos o estímulo pode ser lesivo (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). Nesse sentido, sugere-se que novos estudos sejam realizados para tentar estabelecer a altura ótima do PE sem expor os participantes à risco de lesão.

Estabelecer a altura do PE a partir da altura obtida em SVCM pode ser uma alternativa. Análises fisiológicas e biomecânicas de *DJ* realizados a partir de alturas de PE relativas a altura máxima obtida em SVCM estão documentadas na literatura (FELDMANN et al., 2012; MCCAULLEY et al., 2007). Entretanto, parece que nenhum estudo avaliou diferentes percentuais na tentativa de verificar se existe um percentual ótimo a partir do qual diferentes indivíduos obtêm maior altura de salto no *DJ*. Entre os fatores que favorecem essa forma de determinação, destacam-se a semelhança na realização de ambos os tipos de salto (SVCM e *DJ*), que indica especificidade, e a praticidade, acompanhados pela garantia de um treinamento individualizado. Além disso, quando um atleta melhora seu desempenho (altura obtida) no SVCM, a carga/altura do PE poderia ser facilmente reajustada para otimizar a progressão do treinamento pliométrico.

Nas rotinas de treinamento pliométrico com *DJ*, a técnica de salto também pode influenciar as adaptações (BOBBERT, 1990; BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a, 1987d; MARSHALL; MORAN, 2013; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Em um estudo de revisão foi observado que o aumento na altura do SVCM variou entre 1,8–10,2 cm após treinamento por meio de *DJ* (BOBBERT, 1990). Contudo, não foi possível explicar as diferenças nos resultados por meio das diferenças nas características dos indivíduos, da altura do PE, da frequência ou do volume dos protocolos de treinamento. O autor sugeriu que as diferentes adaptações foram desencadeadas, provavelmente, pelas diferentes técnicas utilizadas nos estudos.

Diferenças nos parâmetros cinemáticos são utilizados para caracterizar as diferentes técnicas de *DJ* (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). De forma geral, o *DJ* realizado com maiores amplitudes angulares e maior tempo de contato (TC) dos pés com o solo caracteriza o *countermovement drop jump* (*CDJ*) (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). Já no *bounce drop jump* (*BDJ*), menores amplitudes angulares e menor TC são observados (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). Para indicar qual técnica o indivíduo deverá utilizar para realizar o *DJ*, os pesquisadores tem utilizado diferentes instruções (JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; WALSH et al., 2004; WALSH; WATERS;

KERSTING, 2007; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Esses estudos indicam que diferentes instruções fornecidas no momento de realização do salto podem resultar em alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e, logo, na técnica de salto. Além disso, a altura de salto obtida no *DJ* também parece ser técnica-dependente. Contudo, parece que as alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *DJ* realizados sob diferentes instruções a partir de alturas relativas de PE ainda não tem sido foco de estudo.

Em face do exposto, controlar a altura do PE e a técnica de salto tanto em estudos observacionais quanto experimentais parece ser de fundamental importância. Ainda, identificar a altura relativa do PE que permite maior altura de salto no *DJ* e compreender as mudanças nos parâmetros cinéticos, cinemáticos e altura de salto de diferentes técnicas de *DJ* com o aumento da altura do PE pode dar subsídio para melhorar a prescrição do treinamento pliométrico. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi estabelecer a altura relativa do plano elevado a partir da qual se obtém maior altura de salto para *BDJ* e *CDJ* por meio da altura relativa de *SVCM* e descrever as alterações nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto com o aumento da altura do PE. Acredita-se que ( $H_2$ ) será identificada uma altura relativa ótima de PE a partir da qual maior altura de salto será obtida. Além disso, ( $H_3$ ) a força de reação vertical do solo na fase excêntrica e a amplitude de movimento angular aumentarão com o acréscimo na altura do PE para ambas as técnicas de *DJ* e ( $H_4$ ) a altura de salto e a amplitude de movimento angular serão maiores para o *CDJ* enquanto a magnitude da força de reação vertical do solo na fase excêntrica será maior para o *BDJ*.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 Abordagem Experimental ao Problema

O desempenho de atletas de diferentes modalidades, em *BDJ* e *CDJ*, foi analisado a partir de seis alturas de PE, a saber: 60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160% da média das alturas obtidas em três *SVCM*. A altura do plano elevado considerada ideal foi aquela na qual o indivíduo alcançou maior altura de salto para as diferentes técnicas de *DJ*. Para descrever as alterações nas variáveis cinemáticas (hemisfério corporal direito) e cinéticas, os deslocamentos, as velocidades lineares e angulares e a curva de força de reação vertical do solo, foram analisadas em cada tipo de *DJ* a partir das diferentes alturas de PE.

### 3.2.2 Participantes

A priori, estimou-se 28 indivíduos pelo software G\*Power 3.1.9.2, considerando um poder de 80% ( $\beta=0,20$ ), com significância bicaudal ( $\alpha$ ) de 0,05 e assumindo um tamanho de efeito de Cohen (1988) grande igual a 0,7. Os cálculos seguiram as recomendações de Beck (2013) e Faul et al. (2007). Os cálculos estão detalhados no apêndice A.

Participaram desse estudo, 28 homens (M=23,9, DP=0,3 anos; M= 76,4, DP=10,3 kg; M=1,78, DP=0,07 m) praticantes de diferentes modalidades esportivas, a saber: Crossfit (n= 11), Voleibol (n= 9), Basquetebol (n= 3), Atletismo (n= 3) e Handebol (n= 2), selecionados por conveniência. Nenhum participante apresentou histórico de lesões nos membros inferiores e/ou coluna nos últimos seis meses ou qualquer limitação que impedisse a realização dos testes. O número de sessões de prática por semana variou entre 1 e 7 sessões (M=4,1, DP=1,7 sessões/semana; M=1,8, DP=0,5 horas/sessão). Todos os indivíduos possuíam experiência em atividades que envolviam saltos e 10 relataram ter experiência em *DJ*. Os indivíduos foram orientados sobre os objetivos e procedimentos de coleta e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido concordando em participar voluntariamente do estudo. As normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res. 466/12) para pesquisas envolvendo seres humanos foram respeitadas. Os procedimentos experimentais do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (processo nº: 61110716.8.0000.5231).

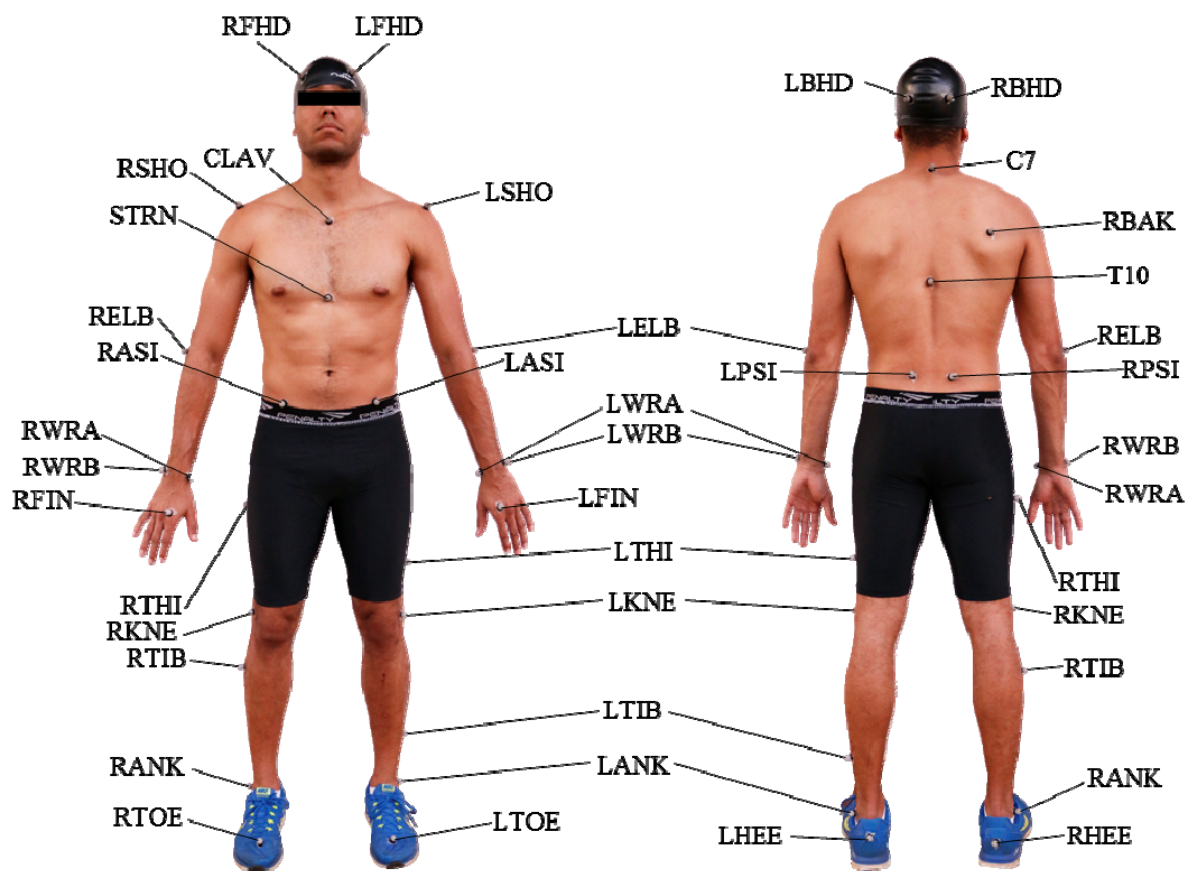
### 3.2.3 Coleta de Dados

Trinta e cinco marcadores reflexivos em formato de esfera (14mm de diâmetro) foram fixados à pele, bermuda térmica e tênis (sempre o mesmo) de cada participante por meio de uma fita adesiva dupla face (B.H.S *GOLD*) em pontos anatômicos específicos de acordo com o modelo *plug-in gait full body* (figura 3.1). As coordenadas 3D desses marcadores foram registradas por 7 câmeras (*MX-T-Series*) do sistema *Vicon* (*Vicon Motion System, Oxford, UK*), um adaptador analógico-digital (*Interface Unit*) e o software *Vicon Nexus* (v.1.8.5) durante a realização das tarefas. Uma plataforma de força *AMTI* (modelo *OR6-7-2000, mini-amp MSA-6*) registrou a força de reação vertical do solo (FRVS). O aparelho *MX Giganet* (*MX System*) sincronizou e integrou automaticamente os dados cinemáticos e cinéticos, ambos amostrados à uma frequência de 250Hz.

A cinética e cinemática de dois tipos de salto (SVCM e *DJ*) foram registradas. Cada tipo de salto foi realizado de acordo com duas instruções distintas e demonstrações específicas

(totalizando quatro saltos diferentes). Para o SVCVM do tipo *counter* (CSVCM) e para o CDJ, a instrução foi: “salte o mais alto que você puder”. Para o SVCVM do tipo *bounce* (BSVCM) e para o BDJ, a instrução foi: “salte o mais rápido que você puder”. As instruções apareceram e foram narradas no início de vídeos demonstrativos desenvolvidos com a participação de um indivíduo realizando cada habilidade motora (em cada condição experimental descrita a seguir).

**Figura 3.1.** Posicionamento dos marcadores no modelo Plug-in-Gait.



Legenda: Cabeça - LFHD & RFHD: porção frontal da cabeça; LBHD & RBHD: porção de trás da cabeça (alinhados horizontalmente com marcadores da porção frontal); Tronco - C7: processo espinhoso da 7ª vértebra cervical; T10: processo espinhoso da 10ª vértebra torácica; CLAV: incisura jugular; STRN: processo xifoide; RBAK: centro da escápula direita; Braços - LSHO & RSHO: articulação acromio-clavicular; LELB & RELB: epicôndilo lateral do cotovelo; LWRA & RWRA: processo estiloide do rádio; LWRB & RWRB: processo estiloide da ulna; LFIN & RFIN: base do 2º metacarpo; Pelve - LASI & RASI: espinha ilíaca ântero-superior; LPSI & RPSI: espinha ilíaca pósterio-superior; Pernas - LTHI & RTHI: porção lateral da coxa; LKNE & RKNE: epicôndilo lateral do fêmur; LTIB & RTIB: porção lateral da perna; LANK & RANK: maléolo lateral; Pés - LTOE & RTOE: base do 2º metatarso; LHEE & RHEE: base do calcâneo.

Cada avaliado assistiu, em um *tablet* de 10.5 polegadas, o vídeo com a instrução seguida pela demonstração (KELLER et al., 2014), três vezes antes de cada condição

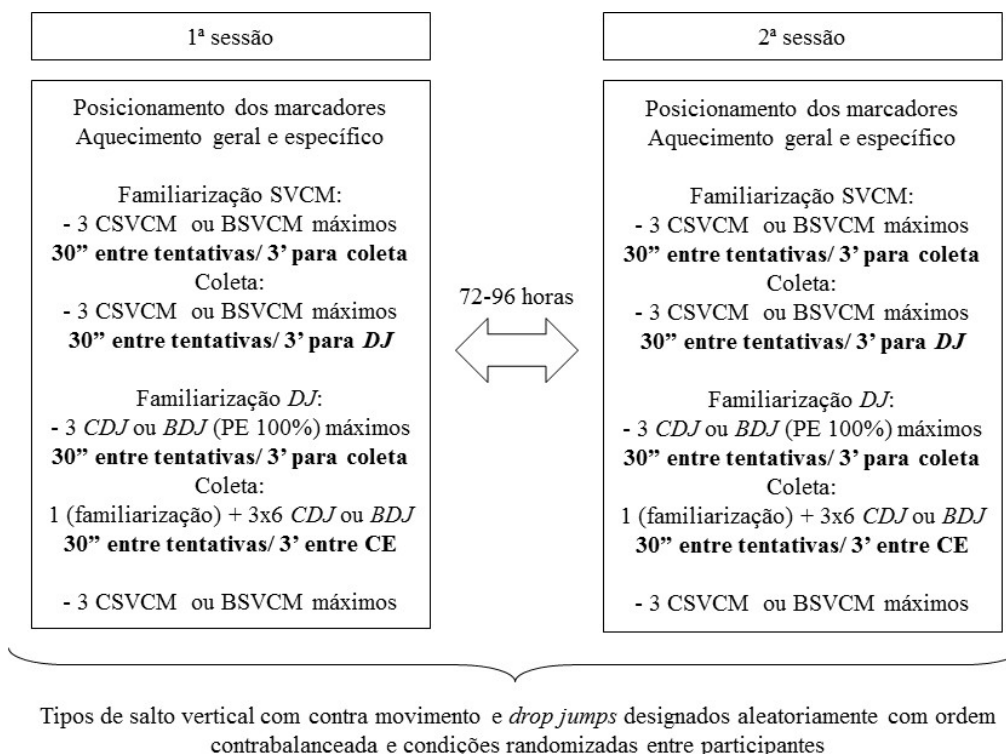
experimental e uma vez entre cada tentativa, de acordo com a técnica para cada tipo de salto. Para as diferentes técnicas de *DJ*, os indivíduos também foram instruídos a utilizar a perna preferida (definida após a realização de uma tentativa de *DJ* com cada perna) para realizar um passo para descer do PE, aterrissar com ambos os pés sobre a plataforma de força e, então, saltar verticalmente e aterrissar novamente sobre a plataforma de força. Foi solicitado aos atletas manter estendidas as articulações do membro inferior de apoio durante a saída do PE para garantir que a altura em queda livre correspondesse, de fato, a altura do PE prescrita (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; KIBELE, 1999; PAIN, 2014; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Ainda, os participantes foram instruídos a manter as mãos em contato com a cintura (durante toda a realização da tarefa), os joelhos estendidos durante a fase de voo e realizar o maior esforço para saltar em todos os tipos de salto.

Foram realizadas duas sessões de testes com intervalo entre 72 e 96 horas entre cada. Foi solicitado aos atletas que não ingerissem bebidas alcoólicas e/ou estimulantes e/ou praticassem atividades físicas intensas 24 horas antes de cada sessão. Os indivíduos realizaram os dois tipos de salto (SVCM e *DJ*) com a mesma instrução em cada sessão, ou seja, em uma sessão realizaram os CSVCM e *CDJ* e na outra sessão os BSVCM e *BDJ*. A ordem das sessões foi contrabalanceada entre os avaliados. Ambas as sessões foram iniciadas pelo posicionamento dos marcadores no corpo dos atletas, seguido pela realização do aquecimento geral: cinco minutos de corrida em intensidade moderada (Escala de Percepção Subjetiva de Esforço - PSE - BORG, 1982), exercícios coordenativos durante dois minutos e, específico: duas séries de 5 SVCM submáximos contínuos com intervalo de um minuto entre séries.

Em seguida, após receber as instruções gerais e assistir ao vídeo com a instrução e demonstração (específicos para cada salto), cada participante realizou três CSVCM/BSVCM máximos sobre a plataforma de força para familiarização. Posteriormente, foram realizados três CSVCM/BSVCM máximos, para o registro dos dados cinéticos e cinemáticos e cálculo da altura do PE a ser utilizado para realização do tipo de *DJ* da sessão. Então, o avaliado realizou três tentativas de *CDJ* ou *BDJ* (de acordo com a técnica de salto da sessão), a partir do PE 100% (descrito a seguir), para familiarização. Posteriormente os indivíduos passaram por seis condições experimentais (CE) para o tipo de *DJ* da sessão. O design de randomização de *Williams* (WILLIAMS, 1949) foi utilizado para as diferentes CE em cada sessão.

As CE consistiram em realizar três *CDJ* ou *BDJ* a partir de um PE com altura correspondente a 60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160%, da média das alturas obtidas nos três SVCM (CSVCM/BSVCM). Foram utilizadas gavetas de plinto de 2, 3, 5 e 9 cm de altura

e mais uma placa de borracha de 1cm de espessura para manipulação das alturas de PE. Também foi permitido uma tentativa de familiarização para cada altura de PE. As alturas do PE não foram consideradas como elevadas, visto que a altura alcançada em SVCM por atletas de diferentes modalidades esportivas com restrição de movimentos de membros superiores (MMSS) tem variado entre 33 e 65 cm (COH; MACKALA, 2013; RODACKI; FOWLER; BENNETT, 2002) e as alturas de PE utilizadas para análises biomecânicas e/ou treinamento variam de 12 a 114 cm (ADAMS et al., 1992; LEES; FAHMI, 1994). Foi adotado um intervalo de 30s entre cada tentativa e de três minutos (READ; CISAR, 2001) entre cada tipo de salto (SVCM/DJ)/CE. No final de cada sessão, também foram realizados mais três SVCM de acordo com o tipo de salto da sessão. Ainda, entre cada CE e ao final da sessão, cada indivíduo relatou o esforço relativo à toda sessão até o respectivo momento por meio da PSE (BORG, 1982). Quando um avaliado relatava esforço superior a moderado (número 3 na escala), dois minutos de intervalo adicionais foram permitidos entre as CE. No início da segunda sessão e ao final da primeira e segunda sessões, os avaliados também relataram a dor muscular por meio da *Visual Scale Analog - VSA* (MATTACOLA et al., 1997). Os indivíduos foram familiarizados com a PSE e *VAS* no início da primeira sessão. Quando os indivíduos aterrissavam fora da plataforma de força, um ou mais marcadores perdiam a aderência com o ponto anatômico de interesse ou não realizavam o salto de acordo com todas as instruções (inspeção visual) em qualquer salto realizado para aquisição de dados, uma nova tentativa era realizada. O desenho do estudo está representado na figura 3.2. O *set up* da coleta e o PE utilizado estão representados na figura 3.3.



### Figura 3.2. Desenho do estudo.

Legenda: SVCVM= salto vertical com contra movimento; CSVCM= salto vertical do tipo *counter*; BSVCM= salto vertical do tipo *bounce*; BDJ= *bounce drop jump*; CDJ= *countermovement drop jump*; PE= plano elevado; CE= condições experimentais.

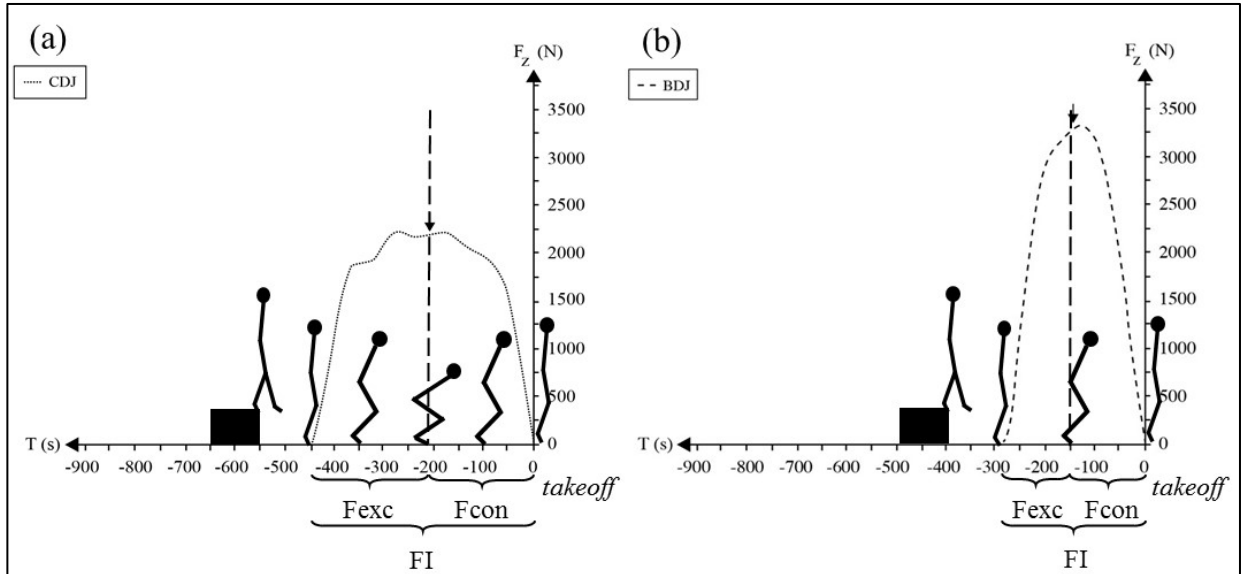


**Figura 3.3.** Representação esquemática do local de coleta de dados, em vista superior (Painel da esquerda) e foto do plano elevado em vista lateral (Painel da direita).

#### 3.2.4 Processamento e Análise dos Dados

O processamento e análise dos dados para ambas as técnicas de *DJ* foram realizados para a fase de contato inicial (FI): período entre o instante do contato dos pés com a plataforma de força após a saída do PE (instante em que a FRVS é  $> 5$  desvios padrão da linha basal) e o instante de perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (instante em que a FRVS retorna à valores basais). A FI foi dividida em: fase excêntrica (Fexc), fase concêntrica (Fcon) e *takeoff*. A Fexc correspondeu a fase entre o instante imediatamente após o contato dos pés com a plataforma de força após a saída do PE (instante em que a FRVS é  $> 5$  desvios padrão da linha basal) e o instante de maior flexão da articulação do joelho. A Fcon consistiu no período entre o instante em que há a maior flexão da articulação do joelho e o instante imediatamente antes da perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais após o contato inicial dos pés com a plataforma de força). O *takeoff* correspondeu ao instante final da Fcon (último frame da Fcon). A figura 3.4 ilustra as fases de salto.

Para reduzir o efeito dos ruídos, os sinais capturados pela plataforma de força e sistema *Vicon* (fase de contato inicial para ambas as técnicas de *DJ*) foram filtrados com um filtro *Butterworth* digital do tipo recursivo passa-baixa de 4ª ordem. Após análise residual e espectral dos sinais, foi determinada a frequência de corte de 30 e 20 Hz para os dados cinéticos e cinemáticos, respectivamente (WINTER, 2009). Os dados cinéticos e cinemáticos foram processados em uma rotina no *MATLAB* (R2016a, *The MathWorks, Inc., MA, USA*).



**Figura 3.4.** Série temporal da força de reação do solo no sentido vertical para o *counter* (a) e *bounce drop jump* (b). O tempo é expresso de acordo com o instante de perda de contato dos pés com a plataforma de força após o contato inicial ( $T=0$ ). A linha tracejada divide a fase de contato inicial (FI) em fase excêntrica (Fexc) e concêntrica (Fcon). Fonte: adaptado de Bobbert, Huijing e Schenau (1987a).

Os parâmetros cinemáticos quantificaram a habilidade de saltar descrevendo as relações espaço-temporais dos movimentos realizados ao redor das articulações dos tornozelos, joelhos, quadris e tronco. Foram analisados os ângulos do modelo *Plug-in-Gait* fornecidos pelo software *Vicon Nexus* (v.1.8.5) do sistema *Vicon* das articulações apenas para o hemisfério corporal direito. Posteriormente, os ângulos fornecidos pelo sistema *Vicon* foram convertidos de acordo com as equações 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4:

$$\theta_t = \sqrt{(\beta_t)^2} - 180 \quad \text{Equação 3.1}$$

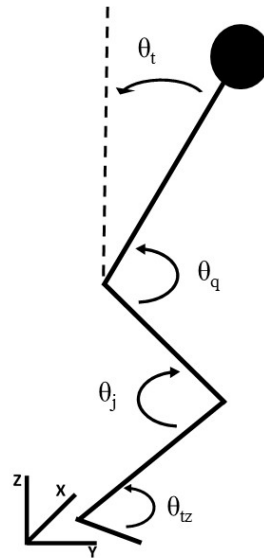
$$\theta_q = \sqrt{(\beta_q)^2} - 180 \quad \text{Equação 3.2}$$

$$\theta_j = \sqrt{(\beta_j)^2} - 180 \quad \text{Equação 3.3}$$

$$\theta_{tz} = \sqrt{(\beta_{tz})^2} + 90 \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde:  $\theta_t$ ,  $\theta_q$ ,  $\theta_j$  e  $\theta_{tz}$  representam os valores para os ângulos relativos convertidos das articulações do tronco, quadril, joelho e tornozelo e  $\beta_t$ ,  $\beta_q$ ,  $\beta_j$  e  $\beta_{tz}$ , se referem aos valores dos ângulos das respectivas articulações fornecidos pelo sistema *Vicon*.

Para auxiliar na interpretação dos dados cinemáticos, ângulos articulares menores indicam que a articulação está mais flexionada e ângulos articulares maiores indicam que a articulação está mais estendida (figura 3.5).



**Figura 3.5.** Representação dos ângulos de interesse com valores convertidos.  $\theta_t$ = ângulo absoluto do tronco;  $\theta_q$ = ângulo relativo do quadril;  $\theta_j$ = ângulo relativo do joelho;  $\theta_{tz}$ = ângulo relativo do tornozelo.

A altura de salto nos *DJ*, definida como a diferença entre o maior valor alcançado pelo centro de massa do corpo (CM) e o valor do CM no *takeoff* (KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015), foi expressa em valores absolutos (m) e normalizados pela média das alturas dos SVCM (%). As demais variáveis cinemáticas e cinéticas de interesse estão descritas nas tabelas 3.1 e 3.2, respectivamente.

**Tabela 3.1.** Variáveis cinemáticas para as diferentes fases de salto no *CDJ* e *BDJ*.

| Fase de contato inicial              | Definição operacional  |
|--------------------------------------|--|
| Ganho de altura                      | Diferença entre a menor altura de salto obtida no <i>CDJ</i> ou <i>BDJ</i> entre as diferentes alturas de PE e a altura de salto obtida para cada uma das alturas de PE  |
| Tempo da fase de contato inicial (s) | Intervalo de tempo entre o instante de contato dos pés com a plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS é >5 desvios padrão da linha basal) e o instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais) |
| Tempo da fase excêntrica (s)         | Intervalo de tempo entre o instante de contato dos pés com a plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS >5 desvios padrão da linha basal) e o instante de maior flexão dos joelhos  |
| Duração da fase excêntrica (%)       | Percentual da tentativa correspondente ao tempo da fase excêntrica   |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Tempo da fase concêntrica (s)   | Intervalo de tempo entre o instante de maior flexão dos joelhos e o instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais) |
| Duração da fase concêntrica (%) | Percentual da tentativa correspondente ao tempo da fase concêntrica   |

---

**Tabela 3.1.** Continuação.

| <b>Fase de contato inicial</b>   | <b>Definição operacional</b>  |
|--|---|
| Menor altura do CM (m)   | Menor altura alcançada pelo CM durante a fase de contato inicial  |
| Altura do CM no <i>takeoff</i> (m)   | Altura do CM no instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais)   |
| Velocidade máxima do CM (m/s)  | Velocidade máxima alcançada pelo CM na fase de contato inicial  |
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima do CM ocorreu (%)               | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima do CM ocorreu durante a fase de contato inicial  |
| Índice de força reativa total  | Altura de salto/tempo de contato  |
| Índice de força reativa excêntrico   | Altura de salto/ tempo da fase excêntrica   |
| Índice de força reativa concêntrico  | Altura de salto/tempo da fase concêntrica   |
| <b>Ângulos articulares (tronco, quadril, joelho e tornozelo)</b>                   | <b>Definição operacional</b>  |
| Ângulo articular no início da fase de contato inicial (graus)                      | Ângulo articular no instante de contato dos pés com plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS é >5 desvios padrão da linha basal)   |
| Ângulo articular no <i>takeoff</i> (graus)   | Ângulo articular no instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais)   |
| Menor ângulo articular (graus)   | Menor ângulo articular registrado na fase de contato inicial  |
| Percentual da tentativa em que o menor ângulo ocorreu (%)                          | Percentual da tentativa em que o menor ângulo articular ocorreu durante a fase de contato inicial   |
| Maior ângulo articular (graus)   | Maior ângulo articular registrado entre o instante de contato dos pés com a plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS é >5 desvios padrão da linha basal) e o instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais) |
| Percentual da tentativa em que o maior ângulo ocorreu (%)                          | Percentual da tentativa em que o maior ângulo articular ocorreu durante a fase de contato inicial   |
| Deslocamento angular na fase excêntrica (graus)                                    | Diferença entre o maior e menor ângulo articular entre o instante de contato dos pés com a plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS é >5 desvios padrão da linha basal) e o instante de maior flexão dos joelhos   |
| Deslocamento angular na fase concêntrica (graus)                                   | Diferença entre o maior e menor ângulo articular entre o instante de maior flexão de joelhos e o instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais)  |
| Velocidade angular no início da fase de contato inicial (m)                        | Velocidade articular no instante de toque dos pés na plataforma após a saída do PE (FRVS>5 desvios padrão da linha basal)   |
| Velocidade máxima de flexão angular (graus/s)                                      | Velocidade máxima de flexão angular na fase de contato inicial  |
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular ocorreu (%)   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular ocorreu durante a fase de contato inicial  |
| Velocidade máxima de extensão angular (graus/s)                                    | Velocidade máxima de extensão angular na fase de contato inicial  |
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular ocorreu (%) | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular ocorreu durante a fase de contato inicial  |
| Velocidade articular no <i>takeoff</i> (m/s)                                       | Velocidade articular no instante que antecede a perda do contato dos pés com a plataforma para realização do salto (um frame antes da FRVS retornar aos valores basais)   |

**Tabela 3.2.** Variáveis cinéticas para as diferentes fases de salto no *CDJ* e *BDJ*

| Variável  | Definição operacional   |
|---|---|
| Pico da FRVS da fase excêntrica normalizado pelo peso corporal (U.m)          | Razão entre o pico da FRVS na fase excêntrica e o peso do avaliado  |
| Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu (%)  | Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu  |
| Pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal (U.m)         | Razão entre o pico da FRVS na fase concêntrica e o peso do avaliado   |
| Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica ocorreu (%) | Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica ocorreu   |
| Tempo para o pico da FRVS na fase excêntrica (s)                              | Intervalo de tempo entre o instante do contato dos pés com a plataforma após a saída do PE (instante em que a FRVS é >5 desvios padrão da linha basal) e o instante em que o pico da FRVS é alcançado |
| Tempo para o pico da FRVS da fase concêntrica (s)                             | Intervalo de tempo entre o instante de maior flexão dos joelhos e o instante em que o pico da FRVS é alcançado  |
| Stiffness excêntrico (kN/m)   | Razão entre a taxa de mudança na magnitude da FRVS e do deslocamento vertical do CM na fase excêntrica  |

### 3.2.5 Análise Estatística

Os dados foram descritos por meio de mediana e 1º e 3º quartis. Para identificar a equação matemática que melhor prediz o comportamento dos dados, foram testadas diferentes funções não lineares (exponencial, logarítmica, quadrática, cúbica e polinomial). Foi utilizado o modelo de Equações Estimativas Generalizadas (GEE) com matriz de trabalho não estruturada, função de ligação e distribuição apropriadas (BALLINGER, 2004) para analisar o efeito da técnica de *DJ*, da altura do plano elevado e da interação entre a técnica de *DJ* para a mesma altura de plano elevado, com post hoc de *Bonferroni* para múltiplas comparações (sintaxe específica). A seleção do modelo para cada variável foi baseada na qualidade do ajuste por meio do *Quasi Likelihood under Independence Model Criterion (QIC)* (CUI, 2007). A significância adotada foi de  $P \leq 0,05$  (5%). Os dados foram tabulados no Microsoft Excel 2016 e analisados no software *SPSS* (v.22).

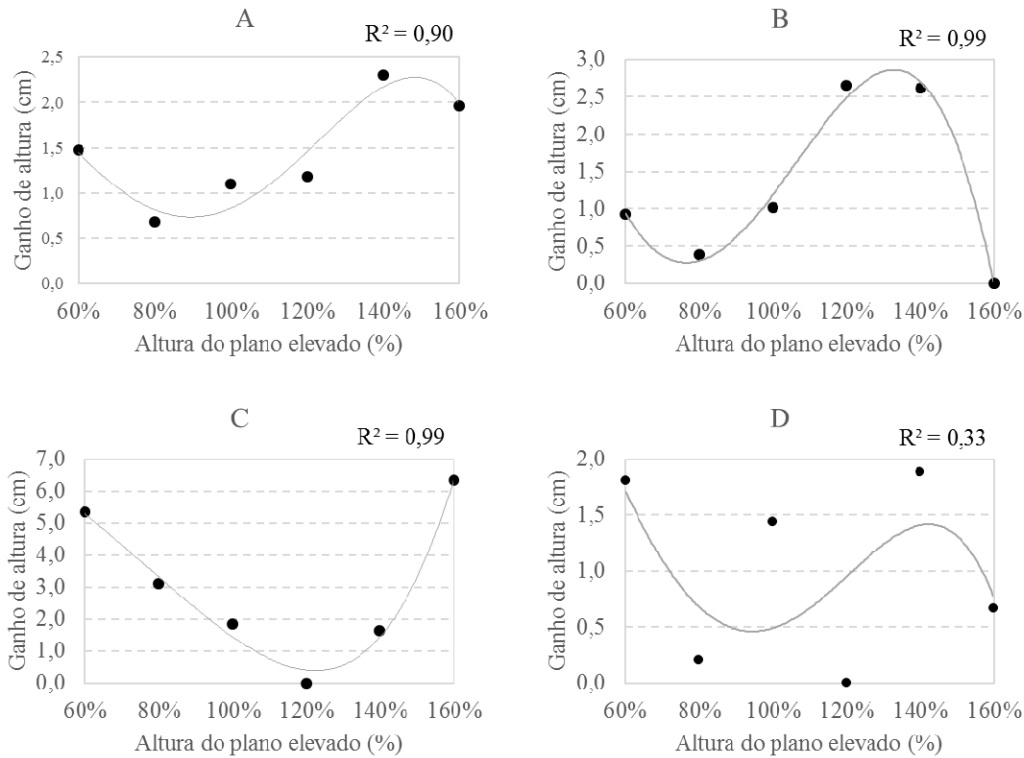
### 3.3 RESULTADOS

Os valores de mediana, 1º e 3º quartis para altura do PE para realização dos *DJ* encontram-se na tabela 3.3. A altura do PE para realização do *CDJ* foi 7,7% maior que a altura do PE para realização do *BDJ*.

**Tabela 3.3.** Valores de mediana, 1º e 3º quartis para as alturas de PE utilizados para *CDJ* e *BDJ*.

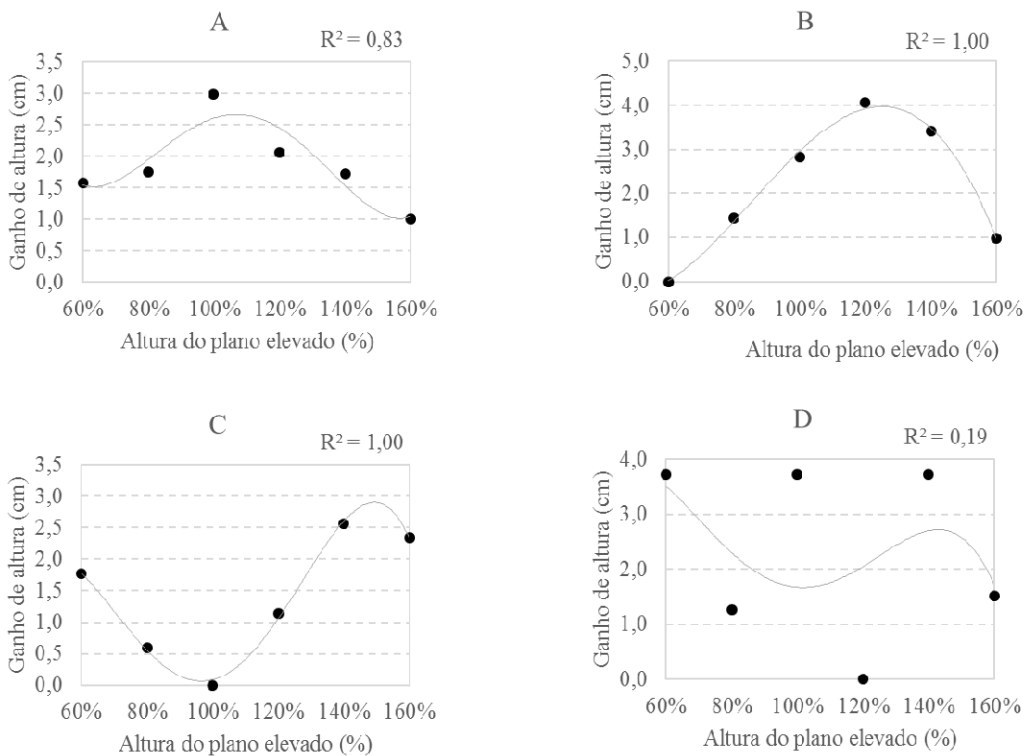
| <b>DJ</b>  | <b>60%</b>            | <b>80%</b>            | <b>100%</b>          | <b>120%</b>           | <b>140%</b>           | <b>160%</b>           |
|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>CDJ</i> | 23,59<br>(21,6; 25,1) | 31,46<br>(28,8; 33,4) | 39,32<br>(36; 41,8)  | 47,19<br>(43,2; 50,1) | 55,05<br>(50,4; 58,5) | 62,91<br>(57,6; 66,8) |
| <i>BDJ</i> | 21,8<br>(19; 23,5)    | 29,0<br>(25,3; 31,3)  | 36,3<br>(31,6; 39,1) | 43,5<br>(38; 46,9)    | 50,8<br>(44,3; 54,7)  | 58,1<br>(50,6; 62,6)  |

Foram testadas diferentes equações de ajustes não lineares (exponencial, logarítmica, quadrática e cúbica) para os valores da mediana do ganho de altura a partir das diferentes alturas de PE para cada tipo de *DJ*. Verificou-se que a equação polinomial de 4ª ordem apresentou o melhor ajuste tanto para o *CDJ* ( $R^2 = 0,9$ ;  $y = 12,46x^4 + 44,13x^3 - 49,49x^2 + 18,27x + 0,38$ ) quanto para o *BDJ* ( $R^2 = 0,83$ ;  $y = 29,30x^4 - 127,64x^3 + 195,77x^2 - 124,16x + 29,34$ ). Foi verificada uma tendência para alcançar maiores ganhos de altura a partir do PE140% para o *CDJ* e a partir do PE100% para o *BDJ* (painel A das figuras 3.6 e 3.7, respectivamente). Contudo, após análise individual dos dados, verificou-se que alguns indivíduos apresentaram um perfil de curva para o ganho de altura diferente do perfil representado pela tendência central dos dados dos atletas. No painel B das figuras 3.6 e 3.7 o perfil de curva esperado para o ganho de altura está representado. No painel C de ambas as figuras, é possível visualizar um perfil diferente do esperado, com os maiores ganhos de altura nas condições experimentais extremas (PE60% e PE160%). Por fim, outro perfil de série temporal particular foi encontrado entre os indivíduos, no qual o ganho de altura diminuiu e aumentou alternadamente com o aumento da altura do PE. Tal perfil pode ser visualizado nos painéis D das figuras 3.6 e 3.7. O número de indivíduos que apresentaram maiores ganhos de altura a partir de cada altura de PE para ambas as técnicas de *DJ* analisadas, estão descritos na tabela 3.4.



**Figura 3.6.** Relação entre ganho de altura e altura do plano elevado para o *CDJ*.

Legenda: A) dados medianos referentes ao *CDJ* para análise do grupo; B) dados medianos do participante LC; C) dados medianos do participante NC; D) dados medianos do participante VA.



**Figura 3.7.** Relação entre ganho de altura e altura do plano elevado para o *BDJ*.

Legenda: A) dados medianos referentes ao *BDJ* para análise do grupo; B) dados medianos do participante LF; C) dados medianos do participante RB; D) dados medianos do participante BG.

**Tabela 3.4.** Quantidade de indivíduos com maiores ganhos de altura considerando as diferentes alturas de PE e técnicas de *DJ* (n=28).

| <i>DJ</i>  | 60% | 80% | 100% | 120% | 140% | 160% |
|------------|-----|-----|------|------|------|------|
| <i>CDJ</i> | 5   | 1   | 5    | 4    | 8    | 5    |
| <i>BDJ</i> | 2   | 6   | 7    | 2    | 6    | 5    |

Os valores referentes à mediana, 1º e 3º quartis, assim como os efeitos principais do tipo de *DJ* e da altura do PE e as interações entre as técnicas de *DJ* para a mesma altura de PE para as variáveis cinemáticas, para os ângulos articulares e para as variáveis cinéticas, estão descritos nas tabelas 3.4, 3.5 e 3.6, respectivamente.

Conforme a tabela 3.5, foi verificado efeito principal do tipo de *DJ* (*CDJ* vs *BDJ*) para as variáveis: altura de salto ( $W=44,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,053$ ;  $IC_{95\%}$  [0,039; 0,068]), altura de salto normalizada pela altura do SVCN ( $W=6,1$ ;  $gl=1$ ;  $P=0,014$ ;  $B=0,077$ ;  $IC_{95\%}$  [0,025; 0,129]), tempo da fase de contato inicial ( $W=217,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,190$ ;  $IC_{95\%}$  [0,162; 0,217]), tempo da fase excêntrica ( $W=246,3$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,93$ ;  $IC_{95\%}$  [0,08; 0,11]), tempo da fase concêntrica ( $W=179,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,98$ ;  $IC_{95\%}$  [0,08; 0,11]), menor altura do CM ( $W=175,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,16$ ;  $IC_{95\%}$  [-0,19; -0,14]), velocidade máxima do CM ( $W=53,8$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,073$ ;  $IC_{95\%}$  [0,53; 0,93]), percentual da tentativa em que a velocidade máxima do CM ocorreu ( $W=114,1$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,039$ ;  $IC_{95\%}$  [0,30; 0,047]), índice de força reativa total ( $W=68,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,34$ ;  $IC_{95\%}$  [-0,44; -0,25]), índice de força reativa excêntrica ( $W=73,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,39$ ;  $IC_{95\%}$  [-0,51; -0,28]), índice de força reativa concêntrica ( $W=57,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,31$ ;  $IC_{95\%}$  [-0,41; -0,22]), independentemente da altura do PE utilizada.

O efeito principal da altura do PE foi diagnosticado para as variáveis: tempo da fase de contato inicial ( $W=25,8$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), tempo da fase concêntrica ( $W=49,5$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), duração da fase excêntrica ( $W=23,5$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), tempo da fase concêntrica ( $W=43,3$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), duração da fase concêntrica ( $W=19,02$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,002$ ), menor altura do CM ( $W=38,4$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), índice de força reativa total ( $W=21,03$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,001$ ), índice de força reativa excêntrica ( $W=12,6$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,028$ ), índice de força reativa concêntrica ( $W=37,5$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), independentemente do tipo de *DJ* realizado. A interação entre as técnicas de *DJ* para a mesma altura de PE foi encontrada para as variáveis: altura de salto ( $W=15,7$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,008$ ), ganho de altura ( $W=13,3$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,021$ ), tempo da fase de contato inicial ( $W=13,1$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,022$ ), tempo da fase excêntrica ( $W=14,1$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,015$ ),

duração da fase excêntrica ( $W=12,8$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,025$ ), tempo da fase excêntrica ( $W=13,4$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,02$ ), duração da fase concêntrica ( $W=29,5$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), índice de força reativa total ( $W=15,7$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,008$ ), índice de força reativa excêntrico ( $W=19,98$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,001$ ), índice de força reativa concêntrico ( $W=18,76$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,002$ ).

De acordo com a tabela 3.6, o efeito principal do tipo de *DJ* (*CDJ* vs *BDJ*) foi encontrado para as variáveis: menor ângulo articular do tronco ( $W=130,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,136$ ;  $IC_{95\%} [-0,159; -0,113]$ ), do quadril ( $W=124,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,222$ ;  $IC_{95\%} [-0,265; -0,178]$ ), do joelho ( $W=176,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,302$ ;  $IC_{95\%} [-0,351; -0,253]$ ) e do tornozelo ( $W=12,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,005$ ;  $IC_{95\%} [-0,008; -0,003]$ ), percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tronco ( $W=79,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,136$ ;  $IC_{95\%} [0,071; 0,201]$ ) e do quadril ( $W=52,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,136$ ;  $IC_{95\%} [0,077; 0,194]$ ) ocorreram, maior ângulo articular do tronco ( $W=30,5$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,021$ ;  $IC_{95\%} [-0,032; -0,010]$ ) e do tornozelo ( $W=26,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,036$ ;  $IC_{95\%} [0,023; 0,048]$ ), percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do tronco ( $W=18,8$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,063$ ;  $IC_{95\%} [0,027; 0,099]$ ) e do tornozelo ( $W=22,4$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,043$ ;  $IC_{95\%} [0,032; 0,054]$ ) ocorreram, deslocamento angular do tronco ( $W=128,1$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=17,7$ ;  $IC_{95\%} [14,5; 21]$ ), do quadril ( $W=179,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=22,5$ ;  $IC_{95\%} [18,2; 26,8]$ ), do joelho ( $W=95,6$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,35$ ;  $IC_{95\%} [0,26; 0,43]$ ) e do tornozelo ( $W=11,8$ ;  $gl=1$ ;  $P=0,001$ ;  $B=5,2$ ;  $IC_{95\%} [2,6; 7,8]$ ) na fase excêntrica, deslocamento angular do tronco ( $W=94,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=17,7$ ;  $IC_{95\%} [13,3; 22]$ ), do quadril ( $W=108,9$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,34$ ;  $IC_{95\%} [0,26; 0,41]$ ), do joelho ( $W=160,3$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,27$ ;  $IC_{95\%} [0,22; 0,32]$ ) e do tornozelo ( $W=7,5$ ;  $gl=1$ ;  $P=0,006$ ;  $B=5,9$ ;  $IC_{95\%} [2,7; 9,2]$ ) na fase concêntrica, velocidade angular do tronco no início da fase de contato inicial ( $W=33,01$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-54,5$ ;  $IC_{95\%} [-74,7; -34,3]$ ), velocidade máxima de flexão angular do tronco ( $W=65,3$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-66,4$ ;  $IC_{95\%} [-89,3; -43,5]$ ), do quadril ( $W=40,96$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-110,3$ ;  $IC_{95\%} [-162,1; -58,5]$ ) e do joelho ( $W=22,3$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-99,8$ ;  $IC_{95\%} [-141,2; -58,5]$ ), percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do tronco ( $W=14,97$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,36$ ;  $IC_{95\%} [-0,46; -0,26]$ ), do quadril ( $W=77,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,43$ ;  $IC_{95\%} [-0,54; -0,32]$ ) e do joelho ( $W=28,5$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,49$ ;  $IC_{95\%} [-0,68; -0,29]$ ) ocorreram, velocidade máxima de extensão angular do tronco ( $W=34,5$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,22$ ;  $IC_{95\%} [0,15; 0,28]$ ), do quadril ( $W=34,6$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,16$ ;  $IC_{95\%} [0,11; 0,22]$ ) e do joelho ( $W=19,2$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,11$ ;  $IC_{95\%} [0,066; 0,16]$ ), percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tronco ( $W=38,4$ ;

$gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,14$ ;  $IC_{95\%}$  [0,09; 0,199]), do quadril ( $W=87,8$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,095$ ;  $IC_{95\%}$  [0,075; 0,12]), do joelho ( $W=104,6$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,049$ ;  $IC_{95\%}$  [0,034; 0,064]) e do tornozelo ( $W=68,3$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,026$ ;  $IC_{95\%}$  [0,017; 0,034]) ocorreram e velocidade articular do tronco ( $W=113,8$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,71$ ;  $IC_{95\%}$  [0,52; 0,9]) e do quadril ( $W=51,1$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=0,58$ ;  $IC_{95\%}$  [0,43; 0,74]) no *takeoff*, independentemente da altura do PE utilizada.

O efeito principal da altura do PE foi encontrado para as variáveis: ângulo articular do tronco ( $W=35,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do quadril ( $W=105,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do joelho ( $W=41,3$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e do tornozelo ( $W=43,1$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) no início da fase de contato inicial, menor ângulo articular do tronco ( $W=12,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,029$ ), do quadril ( $W=15,4$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,009$ ), do joelho ( $W=52,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do tornozelo ( $W=28,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tronco ( $W=31,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), joelho ( $W=28,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e tornozelo ( $W=20,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,001$ ) ocorreram, maior ângulo articular do tornozelo ( $W=39,1$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do tornozelo ocorreu ( $W=20,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,001$ ), deslocamento angular do tronco ( $W=129,99$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do quadril ( $W=372,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do joelho ( $W=111,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e do tornozelo ( $W=50,1$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) na fase excêntrica, deslocamento angular do quadril ( $W=17,03$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,004$ ), do joelho ( $W=66,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e do tornozelo ( $W=25,4$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) na fase concêntrica, velocidade angular do joelho ( $W=106,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e do tornozelo ( $W=51,4$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) no início da fase de contato inicial, velocidade máxima de flexão angular do tronco ( $W=229,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do quadril ( $W=229,004$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), do joelho ( $W=214,7$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e do tornozelo ( $W=69,996$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do quadril ( $W=14,4$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,014$ ) e do tornozelo ( $W=24,1$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) ocorreram, percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tronco ( $W=13,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,019$ ) e do tornozelo ( $W=11,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,043$ ) ocorreram e velocidade articular do tronco no *takeoff* ( $W=40,4$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), independentemente do tipo de *DJ* realizado.

A interação entre as técnicas de *DJ* para a mesma altura de PE foi encontrada para as variáveis: ângulo do joelho no início da fase de contato inicial ( $W=11,7$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,04$ ), ângulo articular do tronco no *takeoff* ( $W=22,8$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tronco ( $W=30,9$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), quadril ( $W=11,9$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,036$ ), joelho ( $W=22,8$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e tornozelo ( $W=19,4$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,002$ ) ocorreram,

maior ângulo articular do tronco ( $W=20,1$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,001$ ), deslocamento angular do joelho na fase excêntrica ( $W=29,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), deslocamento angular do joelho na fase concêntrica ( $W=11,8$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,038$ ), velocidade máxima de flexão angular do tronco ( $W=12,2$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,032$ ), percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do tronco ( $W=12,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,028$ ) e do tornozelo ( $W=11,1$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,049$ ) ocorreram, velocidade máxima de extensão angular do joelho ( $W=14,5$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,013$ ) e percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu ( $W=13,2$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,022$ ).

Na tabela 3.7, foi evidenciado efeito principal do tipo de *DJ* (*CDJ* vs *BDJ*) para as variáveis cinéticas: pico da FRVS da fase excêntrica normalizado pelo peso corporal ( $W=43,5$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,22$ ;  $IC_{95\%} [-0,29; -0,14]$ ), percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu ( $W=29,7$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,44$ ;  $IC_{95\%} [-0,599; -0,29]$ ), pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ( $W=102,8$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,37$ ;  $IC_{95\%} [-0,45; -0,28]$ ) e stiffness excêntrico ( $W=114,02$ ;  $gl=1$ ;  $P<0,001$ ;  $B=-0,995$ ;  $IC_{95\%} [-1,2; -0,799]$ ), independentemente da altura do PE utilizada.

As variáveis cinéticas que demonstraram efeito principal da altura do PE foram: pico da FRVS da fase excêntrica normalizado pelo peso corporal ( $W=434,95$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu ( $W=434,95$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ) e stiffness excêntrico ( $W=224,2$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), independentemente do tipo de *DJ* realizado. Por fim, a interação entre as técnicas de *DJ* para a mesma altura de PE foi verificada para as variáveis: pico da FRVS da fase excêntrica normalizado pelo peso corporal ( $W=93,4$ ;  $gl=5$ ;  $P<0,001$ ), percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu ( $W=11,69$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,039$ ), pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ( $W=16,3$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,006$ ), percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica ocorreu e stiffness excêntrico ( $W=16,7$ ;  $gl=5$ ;  $P=0,005$ ). As demais variáveis não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ).

**Tabela 3.5.** Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis espaço-temporais do *CDJ* e *BDJ*.

| Variável  | Salto      | 60%                                       | 80%                                      | 100%                                  | 120%                                    | 140%                                    | 160%                                   |
|---|------------|---|--|---------------------------------------|---|---|--|
| Altura de salto (m)*  | <i>CDJ</i> | 0,37†<br>(0,35; 0,39)                     | 0,35†<br>(0,33; 0,39)                    | 0,36†<br>(0,34; 0,38)                 | 0,36†<br>(0,34; 0,4)                    | 0,37†<br>(0,35; 0,4)                    | 0,37†<br>(0,35; 0,39)                  |
|   | <i>BDJ</i> | 0,33†<br>(0,29; 0,36)                     | 0,33†<br>(0,3; 0,36)                     | 0,32†<br>(0,29; 0,36)                 | 0,32†<br>(0,3; 0,35)                    | 0,33†<br>(0,3; 0,35)                    | 0,32†<br>(0,29; 0,35)                  |
| Altura de salto normalizada pela altura obtida no SVCN (%)* | <i>CDJ</i> | 100,08<br>(97,28; 101,2)                  | 96,24<br>(93,22; 102,79)                 | 99,56<br>(94,85; 101,84)              | 99,32<br>(94,56; 102,05)                | 100,19<br>(97,38; 104,81)               | 99,73<br>(96,9; 103,81)                |
|   | <i>BDJ</i> | 93,03<br>(86,9; 96,8)                     | 94,64<br>(89,61; 100,89)                 | 96,18<br>(89,15; 100,22)              | 94,39<br>(87,44; 97,54)                 | 94,5<br>(85,2; 99,72)                   | 93,15<br>(86,09; 96,98)                |
| Ganho de altura (cm)  | <i>CDJ</i> | 1,47<br>(0,82; 2,78)                      | 0,68†<br>(0; 1,68)                       | 1,1†<br>(0,15; 1,81)                  | 1,18<br>(0,29; 2,56)                    | 2,31<br>(0,99; 2,55)                    | 1,96<br>(0,76; 2,42)                   |
|   | <i>BDJ</i> | 1,58<br>(0,36; 3,07)                      | 1,76†<br>(0,78; 4,04)                    | 2,99†<br>(1,59; 3,57)                 | 2,07<br>(0,9; 3,12)                     | 1,72<br>(0,41; 3,49)                    | 1,01<br>(0,42; 2,31)                   |
| Tempo da fase de contato inicial (s)*                       | <i>CDJ</i> | 0,48†<br>(0,43; 0,53)                     | 0,49†<br>(0,43; 0,53)                    | 0,49†<br>(0,45; 0,52)                 | 0,5†<br>(0,46; 0,53)                    | 0,49†<br>(0,46; 0,52)                   | 0,51†<br>(0,45; 0,55)                  |
|   | <i>BDJ</i> | 0,29 <sup>ef</sup> †<br>(0,24; 0,38)      | 0,29 <sup>ef</sup> †<br>(0,25; 0,33)     | 0,31 <sup>ef</sup> †<br>(0,25; 0,34)  | 0,31 <sup>ef</sup> †<br>(0,24; 0,36)    | 0,32 <sup>abcd</sup> †<br>(0,25; 0,38)  | 0,3 <sup>b</sup> †<br>(0,25; 0,36)     |
| Tempo da fase excêntrica (s)*                               | <i>CDJ</i> | 0,23†<br>(0,21; 0,27)                     | 0,24†<br>(0,22; 0,27)                    | 0,24†<br>(0,22; 0,25)                 | 0,24†<br>(0,21; 0,25)                   | 0,24†<br>(0,22; 0,25)                   | 0,24†<br>(0,21; 0,25)                  |
|   | <i>BDJ</i> | 0,13†<br>(0,11; 0,17)                     | 0,14†<br>(0,11; 0,16)                    | 0,14†<br>(0,12; 0,17)                 | 0,14†<br>(0,11; 0,17)                   | 0,15†<br>(0,12; 0,17)                   | 0,14†<br>(0,11 0,17)                   |
| Duração da fase excêntrica (%)                              | <i>CDJ</i> | 49,61 <sup>def</sup> †<br>(47,7; 52,17)   | 49,58 <sup>def</sup> †<br>(47,22; 50,67) | 49,1 <sup>f</sup><br>(46,9; 50,2)     | 47,83 <sup>ab</sup> †<br>(46,74; 48,58) | 47,67 <sup>ab</sup> †<br>(46,64; 48,56) | 46,67 <sup>abc</sup><br>(45,28; 48,84) |
|   | <i>BDJ</i> | 46,32†<br>(45,26; 48,69)                  | 46,55†<br>(44,83; 48,53)                 | 47,4 <sup>f</sup><br>(43,73; 50)      | 46,31†<br>(44,58; 48,31)                | 46,92†<br>(44,98; 48,04)                | 45,59 <sup>c</sup><br>(42,44; 47,8)    |
| Tempo da fase concêntrica (s)*                              | <i>CDJ</i> | 0,24 <sup>cdef</sup> †<br>(0,21; 0,26)    | 0,25 <sup>f</sup> †<br>(0,21; 0,28)      | 0,25 <sup>a</sup> †<br>(0,23; 0,28)   | 0,26 <sup>a</sup> †<br>(0,23; 0,28)     | 0,26 <sup>a</sup> †<br>(0,24; 0,28)     | 0,27 <sup>ab</sup> †<br>(0,24; 0,29)   |
|   | <i>BDJ</i> | 0,15 <sup>ef</sup> †<br>(0,13; 0,19)      | 0,15 <sup>ef</sup> †<br>(0,14; 0,18)     | 0,16 <sup>ef</sup> †<br>(0,13; 0,18)  | 0,15 <sup>e</sup> †<br>(0,13; 0,19)     | 0,17 <sup>abcd</sup> †<br>(0,13; 0,21)  | 0,16 <sup>abc</sup> †<br>(0,14; 0,2)   |
| Duração da fase concêntrica (%)                             | <i>CDJ</i> | 50,21 <sup>cdef</sup> †<br>(47,93; 52,09) | 50,45 <sup>def</sup> †<br>(49,31; 51,73) | 50,92 <sup>a</sup> †<br>(49,8; 53,17) | 52,4 <sup>ab</sup><br>(51,2; 53,43)     | 52,59 <sup>ab</sup><br>(51,72; 53,5)    | 53,14 <sup>ab</sup><br>(51,83; 54,23)  |
|   | <i>BDJ</i> | 52,96†<br>(51,22; 54,88)                  | 53,66†<br>(52,38; 55,39)                 | 52,81†<br>(50,46; 54,89)              | 53,09<br>(51,78; 55,14)                 | 52,93<br>(51,65; 54,63)                 | 54,52<br>(52,04; 57,02)                |
| Menor altura do CM (m)*                                     | <i>CDJ</i> | 0,73 <sup>def</sup><br>(0,7; 0,76)        | 0,72 <sup>ef</sup><br>(0,65; 0,77)       | 0,71<br>(0,67; 0,75)                  | 0,7 <sup>a</sup><br>(0,67; 0,75)        | 0,7 <sup>ab</sup><br>(0,65; 0,74)       | 0,68 <sup>ab</sup><br>(0,65; 0,75)     |
|   | <i>BDJ</i> | 0,88 <sup>e</sup><br>(0,81; 0,93)         | 0,85<br>(0,81; 0,93)                     | 0,84<br>(0,81; 0,91)                  | 0,86<br>(0,81; 0,9)                     | 0,84 <sup>a</sup><br>(0,8; 0,9)         | 0,83<br>(0,81; 0,91)                   |

Tabela 3.5. Continuação.

| Variável  | Salto | 60%                                  | 80%                                | 100%                               | 120%                               | 140%                                  | 160%                                  |
|---|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Altura do CM no <i>takeoff</i> (m)                                    | CDJ   | 1,17<br>(1,12; 1,2)                  | 1,17<br>(1,12; 1,19)               | 1,18<br>(1,13; 1,19)               | 1,17<br>(1,11; 1,2)                | 1,17<br>(1,12; 1,2)                   | 1,17<br>(1,12; 1,2)                   |
|   | BDJ   | 1,17<br>(1,12; 1,2)                  | 1,17<br>(1,12; 1,2)                | 1,17<br>(1,12; 1,2)                | 1,17<br>(1,12; 1,2)                | 1,17<br>(1,12; 1,2)                   | 1,17<br>(1,12; 1,21)                  |
| Velocidade máxima do CM (m/s)*  | CDJ   | 2,95<br>(2,86; 3,02)                 | 2,93<br>(2,87; 3,03)               | 2,93<br>(2,87; 3,02)               | 2,92<br>(2,88; 3,01)               | 2,96<br>(2,87; 3,02)                  | 2,97<br>(2,93; 3,03)                  |
|   | BDJ   | 2,8<br>(2,7; 2,85)                   | 2,81<br>(2,66; 2,91)               | 2,77<br>(2,67; 2,88)               | 2,78<br>(2,68; 2,84)               | 2,79<br>(2,74; 2,9)                   | 2,77<br>(2,64; 2,92)                  |
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima do CM ocorreu (%)* | CDJ   | 95,12<br>(94,42; 95,59)              | 95,07<br>(94,63; 95,54)            | 95,16<br>(94,59; 95,72)            | 95,16<br>(94,37; 95,44)            | 95,29<br>(94,69; 95,94)               | 95,27<br>(94,98; 95,85)               |
|   | BDJ   | 90,82<br>(90,12; 92,63)              | 91,61<br>(90,62; 92,82)            | 91,78<br>(90,94; 93,01)            | 91,46<br>(90,37; 92,83)            | 91,71<br>(91; 93,2)                   | 91,79<br>(90,65; 93,49)               |
| Índice de força reativa total (m/s)*                                  | CDJ   | 0,78 <sup>c†</sup><br>(0,67; 0,87)   | 0,74 <sup>†</sup><br>(0,64; 0,89)  | 0,75 <sup>a†</sup><br>(0,64; 0,82) | 0,76 <sup>†</sup><br>(0,62; 0,84)  | 0,75 <sup>†</sup><br>(0,67; 0,83)     | 0,74 <sup>†</sup><br>(0,66; 0,84)     |
|   | BDJ   | 1,06 <sup>ef†</sup><br>(0,92; 1,26)  | 1,12 <sup>f†</sup><br>(0,96; 1,28) | 1,07 <sup>†</sup><br>(0,93; 1,3)   | 1,04 <sup>†</sup><br>(0,93; 1,29)  | 1,02 <sup>a†</sup><br>(0,84; 1,22)    | 0,98 <sup>ab†</sup><br>(0,87; 1,23)   |
| Índice de força reativa excêntrico (m/s)*                             | CDJ   | 1,58 <sup>†</sup><br>(1,3; 1,73)     | 1,51 <sup>†</sup><br>(1,3; 1,76)   | 1,57 <sup>†</sup><br>(1,29; 1,71)  | 1,59 <sup>†</sup><br>(1,32; 1,72)  | 1,6 <sup>†</sup><br>(1,39; 1,71)      | 1,59 <sup>†</sup><br>(1,45; 1,78)     |
|   | BDJ   | 2,39 <sup>f†</sup><br>(2,02; 3,11)   | 2,4 <sup>f†</sup><br>(2,1; 2,89)   | 2,25 <sup>f†</sup><br>(1,95; 2,76) | 2,23 <sup>f†</sup><br>(1,96; 3,02) | 2,09 <sup>abcd†</sup><br>(1,77; 2,68) | 2,18 <sup>†</sup><br>(1,8; 2,72)      |
| Índice de força reativa concêntrico (m/s)*                            | CDJ   | 1,53 <sup>cdf†</sup><br>(1,39; 1,77) | 1,43 <sup>†</sup><br>(1,23; 1,75)  | 1,41 <sup>a†</sup><br>(1,29; 1,65) | 1,43 <sup>a†</sup><br>(1,21; 1,68) | 1,43 <sup>†</sup><br>(1,31; 1,63)     | 1,4 <sup>a†</sup><br>(1,2; 1,61)      |
|   | BDJ   | 1,9 <sup>f†</sup><br>(1,74; 2,28)    | 2,02 <sup>f†</sup><br>(1,78; 2,41) | 1,99 <sup>f†</sup><br>(1,75; 2,49) | 2,02 <sup>f†</sup><br>(1,79; 2,43) | 1,95 <sup>†</sup><br>(1,58; 2,31)     | 1,81 <sup>abcd†</sup><br>(1,65; 2,21) |

Legenda: \*Diferença entre as técnicas de *drop jump* independentemente da altura do plano elevado ( $P<0,05$ ). Diferença entre alturas de plano elevado para a mesma técnica de *drop jump* ( $P<0,05$ ): <sup>a</sup>condição 60%; <sup>b</sup>condição 80%; <sup>c</sup>condição 100%; <sup>d</sup>condição 120%; <sup>e</sup>condição 140%; <sup>f</sup>condição 160%. † Diferença entre as técnicas de *drop jump* para a mesma altura de plano elevado ( $P<0,05$ ). CDJ= *countermovement drop jump*; BDJ= *bounce drop jump*; SVC= salto vertical com contramovimento; CM= centro de massa.

**Tabela 3.6.** Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis angulares do *CDJ* e *BDJ*.

| Variável                                      | Articulação                                | Salto      | 60%   | 80%  | 100%                                       | 120%                                       | 140%                                       | 160%                                       |                            |
|---|--|------------|---|--|--|--|--|--|----------------------------|
| Ângulo articular no início do contato (graus) | Tronco                                     | <i>CDJ</i> | 159,65 <sup>cdf</sup><br>(153,06; 164,94)   | 159,89 <sup>f</sup><br>(155,6; 164,05)     | 161,1 <sup>a</sup><br>(155,79; 164,09)     | 162,19 <sup>a</sup><br>(158,2; 165,1)      | 162,12<br>(158,31; 165,26)                 | 162,58 <sup>ab</sup><br>(159,14; 165,88)   |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 160,47 <sup>ef</sup><br>(155,61; 163,61)    | 161,07 <sup>ef</sup><br>(159; 166,35)      | 162,45 <sup>ef</sup><br>(158,6; 166,35)    | 163,99<br>(159,96; 168,85)                 | 164,31 <sup>abc</sup><br>(159,54; 167,44)  | 165,74 <sup>abc</sup><br>(161,81; 168,77)  |                            |
|   | Quadril                                    | <i>CDJ</i> | 131,98 <sup>bcdef</sup><br>(123,19; 135,63) | 133 <sup>aef</sup><br>(126,36; 138,89)     | 134,96 <sup>aef</sup><br>(126,84; 140,67)  | 132,76 <sup>a</sup><br>(129,42; 140,63)    | 136,39 <sup>abc</sup><br>(130,07; 143,31)  | 138,76 <sup>abc</sup><br>(131,04; 142,41)  |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 127,59 <sup>bcdef</sup><br>(123,01; 134,94) | 129,47 <sup>adef</sup><br>(126,13; 138,15) | 131,83 <sup>adef</sup><br>(128,08; 138,16) | 135,84 <sup>abcf</sup><br>(131,68; 142,76) | 136,09 <sup>abc</sup><br>(133; 142,03)     | 139,31 <sup>abcd</sup><br>(133,59; 142,87) |                            |
|   | Joelho                                     | <i>CDJ</i> | 152,19 <sup>cde</sup><br>(144,85; 156,09)   | 154,08 <sup>†</sup><br>(147,67; 157,6)     | 154,21 <sup>a</sup><br>(149,06; 159,65)    | 153,68 <sup>a</sup><br>(149,02; 159,53)    | 154,11 <sup>a</sup><br>(151,38; 161,22)    | 155,11<br>(150,13; 159,52)                 |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 145,83 <sup>cdef</sup><br>(140,05; 154,87)  | 150,62 <sup>def,†</sup><br>(143,77; 156,8) | 150,25 <sup>aef</sup><br>(145,4; 158,71)   | 153,78 <sup>ab</sup><br>(148,55; 157,36)   | 154,62 <sup>abc</sup><br>(150,7; 158,06)   | 155,33 <sup>abc</sup><br>(150,72; 160,01)  |                            |
|   | Tornozelo                                  | <i>CDJ</i> | 103,78 <sup>def</sup><br>(96,65; 108,11)    | 104,25 <sup>ef</sup><br>(98,56; 111,3)     | 105,9<br>(100,61; 113,08)                  | 107,46 <sup>a</sup><br>(100,76; 114,54)    | 109,46 <sup>ab</sup><br>(103,23; 113,5)    | 111,13 <sup>ab</sup><br>(107,06; 114,23)   |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 99,88 <sup>cdef</sup><br>(95,72; 106,64)    | 103,56 <sup>def</sup><br>(96,27; 110,77)   | 103,28 <sup>aef</sup><br>(98,07; 111,81)   | 104,72 <sup>abef</sup><br>(101,28; 112,98) | 106,87 <sup>abcd</sup><br>(104,08; 112,64) | 109,51 <sup>abcd</sup><br>(106,36; 116,03) |                            |
|   | Ângulo articular no <i>takeoff</i> (graus) | Tronco     | <i>CDJ</i>                                  | 174,48<br>(171,51; 176,68)                 | 172,66<br>(168,13; 177,37)                 | 172,98<br>(169,93; 175,52)                 | 173,09 <sup>†</sup><br>(167,62; 175,11)    | 170,38 <sup>†</sup><br>(167,08; 172,85)    | 172,07<br>(169,03; 176,03) |
|   |  |            | <i>BDJ</i>                                  | 173,33<br>(169,37; 175,58)                 | 173,83<br>(170,86; 176,93)                 | 174,06<br>(170,62; 176,13)                 | 175,01 <sup>†</sup><br>(170,68; 177,55)    | 174,42 <sup>†</sup><br>(172,07; 176,42)    | 174,14<br>(171,32; 176,93) |
|   |  | Quadril    | <i>CDJ</i>                                  | 164,48<br>(160,7; 169,03)                  | 163,56<br>(160,27; 167,96)                 | 164,72<br>(160,64; 168,15)                 | 162,97<br>(159,96; 169,38)                 | 162,39<br>(159,27; 167,97)                 | 163,17<br>(158,79; 168,76) |
|   |  |            | <i>BDJ</i>                                  | 165,61<br>(160,12; 169,13)                 | 164,14<br>(161,25; 169,73)                 | 164,95<br>(160,65; 170,06)                 | 165,09<br>(160,2; 169,44)                  | 165,47<br>(160,27; 169,45)                 | 164,66<br>(159,91; 169,54) |
| Joelho  |  | <i>CDJ</i> | 174,67<br>(173,63; 175,34)                  | 174,58<br>(173,44; 175,54)                 | 174,17<br>(172,98; 175,33)                 | 174,26<br>(173,19; 175,27)                 | 174,98<br>(173,07; 175,67)                 | 174,47<br>(172,63; 175,03)                 |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 175,22<br>(173; 176,2)                      | 175,45<br>(173,2; 176,22)                  | 174,95<br>(173,04; 176,05)                 | 174,86<br>(173,98; 175,38)                 | 175,34<br>(173,59; 176,11)                 | 175,17<br>(174,14; 175,96)                 |                            |
| Tornozelo                                     |  | <i>CDJ</i> | 117,53<br>(114,99; 122,07)                  | 118<br>(115,44; 120,96)                    | 117,13<br>(114,02; 121,42)                 | 117,23<br>(115,25; 122,38)                 | 117,32<br>(115,82; 122,51)                 | 118,95<br>(114,96; 121,88)                 |                            |
|   |  | <i>BDJ</i> | 119,2<br>(114,19; 123,05)                   | 118,49<br>(115,27; 122,7)                  | 119,44<br>(114,77; 121,67)                 | 119,47<br>(114,99; 121,53)                 | 117,85<br>(116,17; 122,23)                 | 119,28<br>(115,5; 122,47)                  |                            |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável                       | Articulação   | Salto    | 60%                                      | 80%                                     | 100%                                    | 120%                                   | 140%                                   | 160%                                     |   |
|--------------------------------|---|----------|--|---|---|--|--|--|---|
| Menor ângulo articular (graus) | Tronco*   | CDJ      | 139,42 <sup>f</sup><br>(132,25; 145,15)  | 139,33 <sup>f</sup><br>(131,3; 148,3)   | 135,44<br>(130,94; 144,24)              | 135,51<br>(131,06; 144,01)             | 134,27<br>(129,11; 145,23)             | 134,08 <sup>ab</sup><br>(128,74; 143,62) |   |
|                                |   | BDJ      | 157,4<br>(151,19; 161,44)                | 156,14<br>(151,43; 161,68)              | 156,94<br>(152,98; 160,25)              | 158,28<br>(152,51; 163,87)             | 158,28<br>(149,68; 160,65)             | 156,12<br>(150,57; 161,93)               |   |
|                                | Quadril*  | CDJ      | 91,54 <sup>f</sup><br>(82,55; 95,79)     | 87,64<br>(80,43; 97,31)                 | 86,61<br>(81,86; 94,33)                 | 84,97<br>(80,6; 93,7)                  | 85,01<br>(80,68; 92,32)                | 86,05 <sup>a</sup><br>(79,44; 95,93)     |   |
|                                |   | BDJ      | 114,22<br>(99,14; 118,1)                 | 111,65<br>(101,99; 121,12)              | 110,46<br>(100,99; 118,77)              | 112<br>(103; 120,62)                   | 111,94<br>(98,21; 119,15)              | 109,19<br>(99,5; 117,4)                  |   |
|                                | Joelho*   | CDJ      | 79,11 <sup>def</sup><br>(72,41; 84,72)   | 74,2 <sup>f</sup><br>(70,85; 82,26)     | 75,93<br>(67,94; 81,28)                 | 72,29 <sup>a</sup><br>(68,17; 81,51)   | 73,98 <sup>a</sup><br>(68,12; 79,8)    | 71,53 <sup>ab</sup><br>(65,31; 78,28)    |   |
|                                |   | BDJ      | 101,7 <sup>ef</sup><br>(93,86; 107,37)   | 98,76 <sup>ef</sup><br>(94,58; 106,04)  | 97,15 <sup>ef</sup><br>(93,69; 110,11)  | 98,33<br>(92,16; 106,25)               | 96,3 <sup>abc</sup><br>(86,54; 103,19) | 94,28 <sup>abc</sup><br>(90,07; 104,43)  |   |
|                                | Tornozelo*  | CDJ      | 93,11 <sup>e</sup><br>(92,39; 94,16)     | 93,55<br>(92,6; 94,27)                  | 93,26<br>(92,42; 94,39)                 | 93,5<br>(92,95; 94,42)                 | 93,83 <sup>a</sup><br>(92,77; 94,54)   | 93,68<br>(92,76; 94,35)                  |   |
|                                |   | BDJ      | 93,61 <sup>ef</sup><br>(92,73; 94,14)    | 93,78 <sup>e</sup><br>(92,79; 94,34)    | 93,85 <sup>e</sup><br>(93,14; 94,73)    | 93,99<br>(93,49; 94,6)                 | 94,29 <sup>abc</sup><br>(93,78; 94,73) | 94,3 <sup>a</sup><br>(93,27; 94,54)      |   |
|                                | Percentual da tentativa em que o menor ângulo ocorreu (%) | Tronco*  | CDJ                                      | 47,31 <sup>c†</sup><br>(41,03; 49,12)   | 47,79 <sup>†</sup><br>(43,86; 50,15)    | 47,23 <sup>a†</sup><br>(43,14; 52,26)  | 47,81 <sup>†</sup><br>(43,98; 50,71)   | 47,45 <sup>†</sup><br>(42,93; 51,03)     | 47,37 <sup>†</sup><br>(45,33; 50,26)    |
|                                |   |          | BDJ                                      | 36,42 <sup>def†</sup><br>(34,54; 40,22) | 36,89 <sup>def†</sup><br>(35,32; 39,04) | 36,46 <sup>ef†</sup><br>(32,84; 42,57) | 40,08 <sup>ab†</sup><br>(37,12; 42,89) | 41,23 <sup>abc†</sup><br>(37,67; 46,92)  | 42,94 <sup>abc†</sup><br>(39,68; 45,64) |
|                                |   | Quadril* | CDJ                                      | 45,85 <sup>†</sup><br>(43,67; 48,51)    | 45,43 <sup>†</sup><br>(43,27; 47,84)    | 46 <sup>†</sup><br>(43,85; 47,91)      | 46,44 <sup>†</sup><br>(43,49; 47,8)    | 46,26 <sup>†</sup><br>(42,88; 47,58)     | 45,08 <sup>†</sup><br>(42,86; 46,32)    |
|                                |   |          | BDJ                                      | 37,01 <sup>†</sup><br>(32,81; 40,33)    | 37,05 <sup>†</sup><br>(34,29; 42,34)    | 39,01 <sup>†</sup><br>(34,08; 42,55)   | 40,27 <sup>†</sup><br>(34,1; 42,86)    | 40,38 <sup>†</sup><br>(34,29; 45,18)     | 39,45 <sup>†</sup><br>(35,38; 43,27)    |
| Joelho                         |   | CDJ      | 49,63 <sup>cdef†</sup><br>(47,97; 51,65) | 49,28 <sup>def†</sup><br>(47,85; 50,11) | 49,08 <sup>adef†</sup><br>(47,66; 49,7) | 47,33 <sup>abc</sup><br>(46,55; 48,02) | 47,54 <sup>abc</sup><br>(46,42; 48,64) | 46,69 <sup>abc</sup><br>(45,96; 47,53)   |   |
|                                |   | BDJ      | 45,89 <sup>†</sup><br>(44,57; 48,28)     | 46,84 <sup>†</sup><br>(44,66; 48,04)    | 47,4 <sup>f†</sup><br>(44,98; 48,99)    | 46,8<br>(45,7; 47,94)                  | 47,78<br>(45,73; 48,66)                | 45,49 <sup>c</sup><br>(43,52; 47,16)     |   |
| Tornozelo*                     |   | CDJ      | 61,51<br>(55,19; 65,09)                  | 58,75 <sup>f</sup><br>(55,14; 61,46)    | 57,09<br>(52,86; 60,5)                  | 58,55<br>(51,51; 62,17)                | 56 <sup>f</sup><br>(53,43; 59,61)      | 51,95 <sup>be</sup><br>(45; 56,51)       |   |
|                                |   | BDJ      | 57,1 <sup>de</sup><br>(52,01; 100)       | 55,31<br>(50,51; 72,07)                 | 54,87<br>(50,58; 72,16)                 | 53,81 <sup>a</sup><br>(47,54; 58,3)    | 51,69 <sup>a</sup><br>(49,83; 56,07)   | 54,6<br>(46,23; 100)                     |   |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável                       | Articulação   | Salto   | 60%  | 80%                                     | 100%                                  | 120%                                   | 140%                                    | 160%                                    |                       |
|--------------------------------|---|---------|--|---|---------------------------------------|--|---|---|-----------------------|
| Maior ângulo articular (graus) | Tronco*   | CDJ     | 175,5†<br>(172,01; 178,95)                 | 175,76†<br>(169,73; 178,25)             | 173,88†<br>(169,93; 178,69)           | 173,56†<br>(167,62; 176,99)            | 170,38†<br>(167,37; 177,05)             | 172,07†<br>(169,03; 178,27)             |                       |
|                                |   | BDJ     | 178,86†<br>(175,64; 179,1)                 | 178,78†<br>(176,4; 179,05)              | 178,78†<br>(176,32; 179,11)           | 178,83†<br>(176,34; 179,04)            | 178,71†<br>(172,66; 179,12)             | 178,85†<br>(174,08; 179,08)             |                       |
|                                | Quadril   | CDJ     | 164,48<br>(160,7; 169,03)                  | 163,56<br>(160,27; 167,96)              | 164,72<br>(160,64; 168,15)            | 163,14<br>(159,96; 169,38)             | 162,39<br>(159,27; 168,65)              | 163,17<br>(158,46; 168,76)              |                       |
|                                |   | BDJ     | 165,61<br>(160,12; 169,13)                 | 164,14<br>(161,25; 169,73)              | 164,95<br>(160,65; 170,06)            | 165,09<br>(160,2; 169,44)              | 165,47<br>(160,27; 169,45)              | 164,66<br>(159,91; 169,54)              |                       |
|                                | Joelho  | CDJ     | 174,7<br>(173,63; 175,38)                  | 174,66<br>(173,9; 175,5)                | 174,39<br>(173,66; 175,33)            | 174,54<br>(173,92; 175,27)             | 174,98<br>(173,38; 175,67)              | 174,22<br>(172,63; 175,03)              |                       |
|                                |   | BDJ     | 175,35<br>(173; 176,25)                    | 175,45<br>(173,2; 176,22)               | 174,97<br>(173,04; 176,05)            | 174,86<br>(173,98; 175,86)             | 175,34<br>(173,59; 176,11)              | 175,31<br>(174,14; 175,96)              |                       |
|                                | Tornozelo*  | CDJ     | 129,65 <sup>bdef</sup><br>(126,66; 134,04) | 131,19 <sup>a</sup><br>(127,51; 134,38) | 130,3<br>(128,1; 133,84)              | 131,07 <sup>a</sup><br>(127,09; 135,6) | 131,21 <sup>a</sup><br>(128,59; 135,24) | 130,63 <sup>a</sup><br>(128,82; 134,52) |                       |
|                                |   | BDJ     | 124,72 <sup>e</sup><br>(123,15; 128,52)    | 124,93<br>(123,33; 129,62)              | 126,23<br>(124,2; 128,85)             | 125,13<br>(123,44; 129,49)             | 126,15 <sup>a</sup><br>(124,29; 129,54) | 127,02<br>(124,31; 129,88)              |                       |
|                                | Percentual da tentativa em que o maior ângulo ocorreu (%) | Tronco* | CDJ  | 100<br>(99,77; 100)                     | 100<br>(100; 100)                     | 100<br>(100; 100)                      | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)     |
|                                |   |         | BDJ  | 91,72<br>(83,05; 100)                   | 97,33<br>(85,7; 100)                  | 96,19<br>(86,04; 100)                  | 100<br>(83,15; 100)                     | 97,88<br>(91,34; 100)                   | 98,44<br>(89,83; 100) |
|                                |   | Quadril | CDJ  | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                     | 100<br>(100; 100)                      | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)     |
|                                |   |         | BDJ  | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                     | 100<br>(100; 100)                      | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)     |
| Joelho                         |   | CDJ     | 100<br>(100; 100)                          | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                     | 100<br>(100; 100)                      | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                       |                       |
|                                |   | BDJ     | 100<br>(100; 100)                          | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                     | 100<br>(100; 100)                      | 100<br>(100; 100)                       | 100<br>(100; 100)                       |                       |
| Tornozelo                      |   | CDJ     | 93,15 <sup>c†</sup><br>(92,17; 94,07)      | 93,61†<br>(92,82; 94,08)                | 93,9 <sup>a†</sup><br>(93,17; 94,55)  | 94<br>(91,91; 94,51)                   | 93,89†<br>(92,61; 94,19)                | 93,36†<br>(92,2; 94,26)                 |                       |
|                                |   | BDJ     | 87,58†<br>(86,35; 89,98)                   | 89,11 <sup>e†</sup><br>(86,36; 90,38)   | 89,35 <sup>c†</sup><br>(86,65; 91,72) | 88,47<br>(86,18; 92,27)                | 89,48 <sup>bc†</sup><br>(88,12; 92,1)   | 89,59†<br>(87,08; 91,46)                |                       |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável  | Articulação  | Salto   | 60%  | 80%                                       | 100%                                      | 120%                                     | 140%                                     | 160%                                      |                         |
|---|--|---------|--|---|---|--|--|---|-------------------------|
| Deslocamento articular na fase excêntrica (graus) | Tronco*  | CDJ     | 16,28 <sup>cdef</sup><br>(9,88; 24,07)     | 18,56 <sup>cdef</sup><br>(14,85; 24,86)   | 21,24 <sup>abf</sup><br>(16,93; 28,15)    | 22,76 <sup>ab</sup><br>(17,04; 27,78)    | 25,36 <sup>ab</sup><br>(20,17; 27,96)    | 25,77 <sup>abc</sup><br>(20,87; 30,11)    |                         |
|   |  | BDJ     | -0,88 <sup>bcdef</sup><br>(-4,94; 6,89)    | 3,32 <sup>adef</sup><br>(-2,63; 8,33)     | 2,06 <sup>aef</sup><br>(-1,26; 10,39)     | 3,64 <sup>abef</sup><br>(-0,2; 12,23)    | 8,03 <sup>abcd</sup><br>(1,5; 12,61)     | 9,15 <sup>abcd</sup><br>(0,51; 12,99)     |                         |
|   | Quadril*   | CDJ     | 39,16 <sup>bcdef</sup><br>(31,75; 44,41)   | 41,44 <sup>adef</sup><br>(36; 47,96)      | 45,09 <sup>aef</sup><br>(40,85; 48,24)    | 47,22 <sup>ab</sup><br>(42,73; 51,99)    | 48,19 <sup>abc</sup><br>(43,25; 53,78)   | 49,5 <sup>abc</sup><br>(43,24; 54,79)     |                         |
|   |  | BDJ     | 14,82 <sup>bcdef</sup><br>(6,8; 21,91)     | 16,88 <sup>adef</sup><br>(13,44; 23,88)   | 19,1 <sup>aef</sup><br>(14,62; 28,12)     | 22,69 <sup>abef</sup><br>(17,46; 29,12)  | 27,5 <sup>abcd</sup><br>(18,45; 33,62)   | 26,81 <sup>abcd</sup><br>(17,95; 34,96)   |                         |
|   | Joelho*  | CDJ     | 71,66 <sup>bcdef,†</sup><br>(63,94; 80,87) | 76,51 <sup>adef,†</sup><br>(67,1; 84,53)  | 77,92 <sup>af,†</sup><br>(71,13; 85,16)   | 82,83 <sup>abf,†</sup><br>(71,03; 88,29) | 81,87 <sup>ab,†</sup><br>(73,71; 88,88)  | 83,8 <sup>abcd,†</sup><br>(76,97; 93,9)   |                         |
|   |  | BDJ     | 46,43 <sup>cdef,†</sup><br>(34,17; 58,3)   | 52,39 <sup>cdef,†</sup><br>(42,59; 59,25) | 54,67 <sup>abef,†</sup><br>(46,22; 61,02) | 55,44 <sup>abf,†</sup><br>(47,13; 64,52) | 60,23 <sup>abc,†</sup><br>(51,33; 69,94) | 61,1 <sup>abcd,†</sup><br>(51,3; 69,78)   |                         |
|   | Tornozelo*   | CDJ     | 10,72 <sup>cde</sup><br>(4,01; 14,71)      | 11,43<br>(6,24; 16,27)                    | 11,59 <sup>a</sup><br>(5,12; 16,64)       | 11,78 <sup>a</sup><br>(5,09; 16,68)      | 12,29 <sup>a</sup><br>(6,47; 17,2)       | 12,05<br>(7,01; 16,07)                    |                         |
|   |  | BDJ     | 3,95 <sup>e</sup><br>(4,17; 13,22)         | 7,27<br>(2,53; 10,96)                     | 6,96<br>(1,32; 12,89)                     | 4,43<br>(1,66; 11,7)                     | 6,39 <sup>a</sup><br>(1,49; 12,66)       | 6,19<br>(1,37; 12,66)                     |                         |
|   | Deslocamento articular na fase concêntrica (graus) | Tronco* | CDJ  | 32,32<br>(28,94; 39,61)                   | 34,01<br>(25,66; 37,4)                    | 33,4<br>(28,34; 40,68)                   | 33,64<br>(27,54; 40,38)                  | 33,66<br>(28,65; 39,26)                   | 34,63<br>(29,32; 38,73) |
|   |  |         | BDJ  | 13,52<br>(7,73; 21,21)                    | 16,94<br>(9,47; 20,92)                    | 16,78<br>(6,7; 21,77)                    | 15,45<br>(9,01; 22,53)                   | 16,08<br>(11,19; 24,22)                   | 16,41<br>(9,71; 23,01)  |
| Quadril*  |  | CDJ     | 73,06<br>(66,65; 80,69)                    | 75,07<br>(66,01; 81,89)                   | 76,56<br>(67,61; 83,28)                   | 77,51<br>(70,15; 82,69)                  | 76,81<br>(67,15; 82,14)                  | 77,18<br>(67,97; 84,01)                   |                         |
|   |  | BDJ     | 48,74<br>(42,76; 62,6)                     | 51,12<br>(42,79; 62,29)                   | 51,1<br>(42,44; 61,16)                    | 52,34<br>(42,82; 60,46)                  | 52,31<br>(45,18; 63,16)                  | 54,25<br>(41,95; 61,8)                    |                         |
| Joelho*   |  | CDJ     | 96,56 <sup>def,†</sup><br>(89,5; 101,51)   | 99,9 <sup>f,†</sup><br>(90,49; 104,13)    | 98,98 <sup>f,†</sup><br>(91,75; 106,89)   | 102,62 <sup>a,†</sup><br>(92,54; 106,2)  | 100,53 <sup>a,†</sup><br>(93,95; 105,84) | 102,2 <sup>abc,†</sup><br>(96,22; 109,03) |                         |
|   |  | BDJ     | 72,15 <sup>cdef,†</sup><br>(62,63; 81,45)  | 75,55 <sup>ef,†</sup><br>(66,84; 80,92)   | 78,1 <sup>aef,†</sup><br>(65,03; 82,18)   | 76,45 <sup>a,†</sup><br>(70,14; 84,96)   | 79,78 <sup>abc,†</sup><br>(69,81; 86,5)  | 80,55 <sup>abc,†</sup><br>(68,47; 83,94)  |                         |
| Tornozelo*  |  | CDJ     | 26,39 <sup>ef</sup><br>(21,4; 31,27)       | 25,14<br>(20,07; 31,19)                   | 23,67<br>(19,54; 27,48)                   | 24,23<br>(16,57; 29,36)                  | 22,99 <sup>a</sup><br>(15,54; 28,26)     | 21,3 <sup>a</sup><br>(15,14; 26,58)       |                         |
|   |  | BDJ     | 21,19 <sup>ef</sup><br>(14,02; 28,15)      | 22,34 <sup>ef</sup><br>(14,58; 28,76)     | 21,27 <sup>ef</sup><br>(13,68; 29,71)     | 19,29 <sup>f</sup><br>(10,57; 24,73)     | 17,51 <sup>abc</sup><br>(11,8; 22,53)    | 13,54 <sup>abcd</sup><br>(10,74; 18,97)   |                         |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável  | Articulação                                   | Salto    | 60%  | 80%   | 100%  | 120%  | 140%  | 160%  |   |
|---|---|----------|--|---|---|---|---|---|---|
| Velocidade angular no início da fase de contato inicial (graus/s) | Tronco*                                       | CDJ      | -80,67<br>(-97,03; -64,95)                     | -80,57<br>(-92,13; -68,15)                      | -81,29<br>(-94,63; -59,97)                      | -75,38<br>(-90,81; -55,43)                      | -67,72<br>(-89,62; -57,03)                      | -76,7<br>(-87,94; -47,06)                       |   |
|   |   | BDJ      | -24,29<br>(-68,56; 37,87)                      | -39,04<br>(-78,47; 30,69)                       | -38,67<br>(-65,05; 12,49)                       | -34,9<br>(-65,54; 25,4)                         | -42,63<br>(-59,81; 1,66)                        | -36,55<br>(-52,42; 31,33)                       |   |
|   | Quadril                                       | CDJ      | -156,25<br>(-184,65; -131,87)                  | -159,33<br>(-176,97; -125,97)                   | -137,9<br>(-169,65; -117,39)                    | -144,41<br>(-171,93; -120,09)                   | -141,88<br>(-185,06; -95,83)                    | -154,18<br>(-179,17; -98,31)                    |   |
|   |   | BDJ      | -94,19<br>(-132,57; -24,88)                    | -114,02<br>(-154,6; -38,07)                     | -119,2<br>(-144,84; -67,29)                     | -86,71<br>(-135,56; -55,97)                     | -102,06<br>(-151,95; -57,93)                    | -100,62<br>(-136,3; -60,72)                     |   |
|   | Joelho  | CDJ      | -337,33 <sup>bcdef</sup><br>(-395,75; -241,11) | -374,34 <sup>acdef</sup><br>(-467,47; -289,53)  | -434,66 <sup>abef</sup><br>(-525,15; -376,65)   | -469,47 <sup>ab</sup><br>(-548,2; -415,92)      | -499,01 <sup>abc</sup><br>(-565,55; -368,86)    | -506,57 <sup>abc</sup><br>(-602,32; -419,08)    |   |
|   |   | BDJ      | -353,09 <sup>bcdef</sup><br>(-411,95; -298,11) | -418,83 <sup>af</sup><br>(-503,48; -338,51)     | -458,67 <sup>aef</sup><br>(-540,68; -322,4)     | -472,16 <sup>af</sup><br>(-539,71; -400,29)     | -504 <sup>ac</sup><br>(-590,47; -400,85)        | -525,54 <sup>abcd</sup><br>(-602,63; -483)      |   |
|   | Tornozelo                                     | CDJ      | -565,83 <sup>cde</sup><br>(-728,94; -86,76)    | -553,8<br>(-856,86; -252,56)                    | -788,59 <sup>a</sup><br>(-999,4; -193,45)       | -804,34 <sup>a</sup><br>(-1133,1; -379,2)       | -908,63 <sup>a</sup><br>(-1099,75; -476,69)     | -1025,57<br>(-1283,25; -756,87)                 |   |
|   |   | BDJ      | -394,48 <sup>cdef</sup><br>(-700,8; 41,38)     | -510,05 <sup>def</sup><br>(-880,07; 77,35)      | -590,23 <sup>aef</sup><br>(-976,44; -225,91)    | -632,07 <sup>abef</sup><br>(-1071,1; -190,07)   | -741,45 <sup>abcd</sup><br>(-1072,07; -409,79)  | -947,42 <sup>abcd</sup><br>(-1154,56; -585,63)  |   |
|   | Velocidade máxima de flexão angular (graus/s) | Tronco*  | CDJ  | -135,73 <sup>cdef</sup> †<br>(-157,15; -113,45) | -150,58 <sup>cdef</sup> †<br>(-166,11; -122,52) | -164,15 <sup>abdef</sup> †<br>(-190,2; -128,68) | -173,48 <sup>abcf</sup> †<br>(-188,07; -145,38) | -184,26 <sup>abc</sup> †<br>(-213,71; -168,07)  | -197,27 <sup>abcd</sup> †<br>(-218,36; -178,61) |
|   |   |          | BDJ  | -30,91 <sup>bcdef</sup> †<br>(-102,09; 0,99)    | -74,35 <sup>acdef</sup> †<br>(-126,03; -22,89)  | -86,21 <sup>abef</sup> †<br>(-137,14; -34,11)   | -96,41 <sup>abef</sup> †<br>(-142,8; -55,56)    | -136,09 <sup>abcd</sup> †<br>(-155,75; -81,34)  | -127,03 <sup>abcd</sup> †<br>(-178,24; -84,28)  |
|   |   | Quadril* | CDJ  | -466,46 <sup>bcdef</sup><br>(-583,17; -395,41)  | -523,93 <sup>acdef</sup><br>(-612,04; -413,83)  | -587,83 <sup>abdef</sup><br>(-692,24; -452,31)  | -608,84 <sup>abcf</sup><br>(-726,72; -519,66)   | -688,23 <sup>abcd</sup><br>(-770,06; -541,12)   | -718,61 <sup>abcd</sup><br>(-826,75; -564,38)   |
|   |   |          | BDJ  | -287,24 <sup>bcdef</sup><br>(-458,04; -236,69)  | -371,72 <sup>acdef</sup><br>(-466,36; -295,21)  | -455,25 <sup>abdef</sup><br>(-560,84; -351,26)  | -511,06 <sup>abcf</sup><br>(-621,96; -360,44)   | -466,79 <sup>abcf</sup><br>(-676,93; -404,05)   | -535,51 <sup>abcde</sup><br>(-749,99; -429,72)  |
| Joelho*   |   | CDJ      | -728,89 <sup>bcdef</sup><br>(-862,54; -649,59) | -771,87 <sup>acdef</sup><br>(-882,95; -700,95)  | -826,17 <sup>abef</sup><br>(-938,62; -760,91)   | -851,77 <sup>abef</sup><br>(-979,31; -793,06)   | -931,25 <sup>abcdf</sup><br>(-995,4; -828,46)   | -953,06 <sup>abcde</sup><br>(-1048,55; -906,28) |   |
|   |   | BDJ      | -629,02 <sup>cdef</sup><br>(-718,64; -548,88)  | -684,21 <sup>def</sup><br>(-785,54; -596,74)    | -724,36 <sup>adef</sup><br>(-796,86; -666,08)   | -790,55 <sup>abcf</sup><br>(-881,69; -715,72)   | -823,65 <sup>abcf</sup><br>(-915,52; -743,58)   | -880,24 <sup>abcde</sup><br>(-960,59; -807,05)  |   |
| Tornozelo   |   | CDJ      | -565,83 <sup>cdef</sup><br>(-798,38; -116,57)  | -653,3 <sup>cdef</sup><br>(-873,2; -252,56)     | -788,59 <sup>abf</sup><br>(-1015,44; -193,45)   | -804,34 <sup>ab</sup><br>(-1136,83; -379,2)     | -908,63 <sup>ab</sup><br>(-1144,04; -476,69)    | -1079,96 <sup>abc</sup><br>(-1283,25; -756,87)  |   |
|   |   | BDJ      | -394,48 <sup>bcdef</sup><br>(-804,71; -59,97)  | -575,7 <sup>aef</sup><br>(-918,58; -70,84)      | -590,23 <sup>aef</sup><br>(-976,44; -225,91)    | -699,01 <sup>af</sup><br>(-1080,02; -210,23)    | -804,27 <sup>abc</sup><br>(-1082,82; -531,85)   | -956,02 <sup>abcd</sup><br>(-1154,56; -585,63)  |   |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável   | Articulação                                     | Salto    | 60%                                 | 80%                                  | 100%                                 | 120%                                 | 140%                               | 160%                               |                            |
|--|---|----------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular ocorreu (%) | Tronco*   | CDJ      | 14,23<br>(12,14; 18,17)             | 15,02<br>(11,8; 17,52)               | 13,98†<br>(12,53; 16,12)             | 13,96†<br>(13,01; 16,5)              | 13,79†<br>(12,17; 16,85)           | 13,55†<br>(12,41; 15,77)           |                            |
|  |   | BDJ      | 16,56<br>(2,31; 22,85)              | 17,89<br>(13,4; 22,66)               | 18,97†<br>(16,61; 24,87)             | 19,98†<br>(16,86; 25,46)             | 19,85†<br>(16,46; 23,18)           | 19,67†<br>(16,83; 24,39)           |                            |
|  | Quadril*  | CDJ      | 12,5<br>(9,83; 14,24)               | 12,74 <sup>f</sup><br>(10,13; 14,14) | 11,46<br>(10,01; 13,81)              | 12,02<br>(10,1; 13,49)               | 11,79<br>(9,36; 13,14)             | 11,06 <sup>b</sup><br>(8,56; 12,8) |                            |
|  |   | BDJ      | 18,17<br>(14,86; 23,36)             | 19,42<br>(14,86; 21,96)              | 17,42 <sup>df</sup><br>(14,45; 22,6) | 16,79 <sup>c</sup><br>(13,63; 20,07) | 15,75<br>(13,86; 20,36)            | 18 <sup>c</sup><br>(12,87; 20)     |                            |
|  | Joelho*   | CDJ      | 8,78<br>(5,73; 11,71)               | 8,92<br>(6,37; 11,88)                | 8,14<br>(6,18; 11,1)                 | 7,7<br>(5,57; 11,52)                 | 8,91<br>(6,26; 12,04)              | 7,21<br>(5,78; 11,36)              |                            |
|  |   | BDJ      | 10,99<br>(9,18; 19,65)              | 12,78<br>(8,63; 17,4)                | 9,94<br>(7,98; 16,73)                | 12,69<br>(7,38; 17,29)               | 11,74<br>(7,85; 16,22)             | 11,97<br>(7,18; 19,43)             |                            |
|  | Tornozelo                                       | CDJ      | 0,98†<br>(0,81; 1,62)               | 0,9†<br>(0,81; 1,13)                 | 0,84<br>(0,8; 0,96)                  | 0,8<br>(0,77; 1,06)                  | 0,84<br>(0,78; 0,99)               | 0,83<br>(0,75; 1,05)               |                            |
|  |   | BDJ      | 1,72 <sup>e†</sup><br>(1,34; 11,99) | 1,62 <sup>ef†</sup><br>(1,37; 21,82) | 1,48<br>(1,22; 2,44)                 | 1,63<br>(1,22; 2,82)                 | 1,33 <sup>ab</sup><br>(1,14; 1,84) | 1,45 <sup>b</sup><br>(1,16; 1,89)  |                            |
|  | Velocidade máxima de extensão angular (graus/s) | Tronco*  | CDJ                                 | 223,51<br>(191,38; 253,98)           | 229,3<br>(196,32; 263,4)             | 214,73<br>(192,78; 266,86)           | 226,67<br>(190,14; 269,42)         | 221,71<br>(193,3; 260,76)          | 234,86<br>(206,2; 256,56)  |
|  |   |          | BDJ                                 | 190,47<br>(154,15; 243,56)           | 192,48<br>(159,42; 220,18)           | 193,85<br>(167,84; 236,28)           | 191,93<br>(148,39; 212,46)         | 192,09<br>(157,84; 250,52)         | 195,07<br>(166,63; 216,51) |
|  |   | Quadril* | CDJ                                 | 627,94<br>(568,48; 683,86)           | 631,07<br>(594,41; 688,79)           | 619,07<br>(552,65; 685,59)           | 613,81<br>(575,12; 677,62)         | 629,39<br>(577,93; 668,05)         | 636,45<br>(582,61; 689,12) |
|  |   |          | BDJ                                 | 548,02<br>(468,83; 633,05)           | 548,38<br>(487,66; 636,22)           | 553,75<br>(465,75; 610,13)           | 541,64<br>(461,23; 613,47)         | 550,87<br>(486,86; 591,19)         | 528,72<br>(447,52; 606,16) |
| Joelho*  |   | CDJ      | 1080,47†<br>(1030,27; 1139,32)      | 1091,43†<br>(1018,48; 1134)          | 1071,45†<br>(1010; 1138,92)          | 1087,07†<br>(1012,21; 1111,69)       | 1082,36†<br>(1030,62; 1148,68)     | 1085,4†<br>(1004,01; 1155,59)      |                            |
|  |   | BDJ      | 993,81†<br>(860,18; 1084,58)        | 1010,63†<br>(854,48; 1072,59)        | 1005,67†<br>(815,62; 1073,09)        | 999,44†<br>(893,17; 1069,32)         | 982,5†<br>(846,3; 1069,08)         | 967,54†<br>(849,26; 1071,01)       |                            |
| Tornozelo  |   | CDJ      | 1073,42<br>(979,17; 1205,8)         | 1079,37<br>(1003,93; 1165,4)         | 1071,32<br>(997,67; 1152,67)         | 1084,51<br>(965,66; 1165,24)         | 1097,91<br>(1024,19; 1153,21)      | 1077,4<br>(990,13; 1188,67)        |                            |
|  |   | BDJ      | 1099,15<br>(1017,85; 1190,15)       | 1093,14<br>(989,48; 1202,28)         | 1113,36<br>(1047,14; 1171,17)        | 1103,4<br>(1045,37; 1208,57)         | 1086,22<br>(982,07; 1166,44)       | 1095,14<br>(997,14; 1167,84)       |                            |

Tabela 3.6. Continuação.

| Variável   | Articulação                           | Salto   | 60%                        | 80%                                    | 100%                                 | 120%                                  | 140%                                    | 160%                                      |                            |
|--|---------------------------------------|---------|----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---|---|----------------------------|
| Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular ocorreu (%) | Tronco*                               | CDJ     | 87,35<br>(83,31; 93,19)    | 86,77<br>(83,63; 93,38)                | 87,53<br>(84,1; 92,88)               | 88,21<br>(82,45; 94,1)                | 89,28<br>(86,04; 94,22)                 | 89,24<br>(85,19; 93,53)                   |                            |
|  |                                       | BDJ     | 78,18<br>(70,6; 82,04)     | 77,15<br>(72,51; 81,63)                | 78,56<br>(73,74; 83,58)              | 76,69<br>(67,38; 82,69)               | 80,39<br>(72,68; 85,37)                 | 79,42<br>(74,47; 82,92)                   |                            |
|  | Quadril*                              | CDJ     | 95,45†<br>(93,61; 96,15)   | 95,05†<br>(94,19; 95,88)               | 95,16†<br>(94,29; 96,17)             | 95,35†<br>(94,33; 96,25)              | 95,33†<br>(93,46; 96,03)                | 95,33†<br>(94,42; 96,12)                  |                            |
|  |                                       | BDJ     | 88,5†<br>(82,7; 91,67)     | 88,54†<br>(84,04; 90,43)               | 88,07†<br>(85,32; 91,72)             | 86,53†<br>(83,86; 90,15)              | 89,3†<br>(84,72; 92,77)                 | 86,91†<br>(83,44; 89,27)                  |                            |
|  | Joelho*                               | CDJ     | 94,65<br>(94,06; 95,94)    | 94,62<br>(94,19; 95,48)                | 95,04<br>(93,63; 95,86)              | 95,12<br>(93,86; 95,81)               | 94,91<br>(94,24; 95,26)                 | 94,83<br>(93,96; 95,78)                   |                            |
|  |                                       | BDJ     | 89,42<br>(88,24; 92,29)    | 90,24<br>(88,03; 91,97)                | 90,41<br>(88,49; 92,23)              | 90,39<br>(88,36; 92,95)               | 89,87<br>(88,57; 92,46)                 | 90,6<br>(89,66; 93,53)                    |                            |
|  | Tornozelo*                            | CDJ     | 96,61<br>(96,13; 97,06)    | 96,58<br>(96,07; 96,89)                | 96,87<br>(96,31; 97,4)               | 96,73<br>(95,94; 97,13)               | 96,68<br>(96,13; 97,04)                 | 96,73<br>(96,38; 96,99)                   |                            |
|  |                                       | BDJ     | 94,14<br>(92,4; 95)        | 94,54<br>(92,82; 95,15)                | 94,41<br>(92,97; 95,41)              | 94,05<br>(93,19; 95,75)               | 94,37<br>(93,33; 95,51)                 | 94,72<br>(93,31; 95,65)                   |                            |
|  | Velocidade articular no takeoff (m/s) | Tronco* | CDJ                        | 133,94 <sup>e</sup><br>(90,98; 168,79) | 141,21<br>(104,42; 169,78)           | 131,77 <sup>e</sup><br>(88,6; 182,15) | 143,87 <sup>e</sup><br>(106,82; 172,54) | 161,36 <sup>acd</sup><br>(122,11; 205,68) | 164,94<br>(101,79; 191,71) |
|  |                                       |         | BDJ                        | 49,29 <sup>e</sup><br>(47,67; 49,29)   | 59,95 <sup>e</sup><br>(49,76; 60,57) | 75,18<br>(55,75; 76,5)                | 71,51 <sup>e</sup><br>(52,53; 76,18)    | 97,18 <sup>abd</sup><br>(74,36; 108,02)   | 80,05<br>(56,7; 83,63)     |
| Quadril*   |                                       | CDJ     | 309,76<br>(254,87; 407,43) | 313,21<br>(243,73; 407,76)             | 333,81<br>(271,23; 416)              | 283,82<br>(212,51; 403,8)             | 333,37<br>(268,87; 438,55)              | 354,07<br>(306,99; 419,89)                |                            |
|  |                                       | BDJ     | 187,95<br>(116,33; 292,65) | 184,75<br>(103,3; 266,66)              | 198,9<br>(127,34; 296,01)            | 206,75<br>(141,01; 261,82)            | 195,02<br>(114,76; 275,57)              | 207,92<br>(111,94; 270,8)                 |                            |
| Joelho   |                                       | CDJ     | 314,69<br>(196,66; 429,04) | 370,3<br>(276,78; 473,93)              | 364,24<br>(315,02; 453,91)           | 314,9<br>(180,12; 452,86)             | 312,51<br>(169,89; 450,67)              | 333,48<br>(189,91; 480,48)                |                            |
|  |                                       | BDJ     | 315,29<br>(216,57; 409,17) | 294,5<br>(199,4; 415,88)               | 319,43<br>(161,64; 395,72)           | 330,8<br>(273,72; 419,01)             | 302,05<br>(136,19; 367,26)              | 341,19<br>(195,16; 469,28)                |                            |
| Tornozelo  |                                       | CDJ     | 338,19<br>(177,18; 421,72) | 326,33<br>(216,81; 402,71)             | 364,73<br>(310,44; 428,46)           | 310,33<br>(183,28; 463,58)            | 281,07<br>(223,93; 358,6)               | 328,35<br>(239,09; 443,88)                |                            |
|  |                                       | BDJ     | 296,68<br>(213,1; 403,91)  | 272,69<br>(201,29; 335,38)             | 282,42<br>(181,29; 372,54)           | 310,23<br>(251,13; 439,84)            | 340,47<br>(222,63; 421,7)               | 299,71<br>(212,87; 425,34)                |                            |

Legenda: \*Diferença entre as técnicas de *drop jump* independentemente da altura do plano elevado ( $P < 0,05$ ). Diferença entre alturas de plano elevado para a mesma técnica de *drop jump* salto ( $P < 0,05$ ): <sup>a</sup>condição 60%; <sup>b</sup>condição 80%; <sup>c</sup>condição 100%; <sup>d</sup>condição 120%; <sup>e</sup>condição 140%; <sup>f</sup>condição 160%. † Diferença entre as técnicas de *drop jump* para a mesma altura de plano elevado ( $P < 0,05$ ). CDJ= *countermovement drop jump*; BDJ= *bounce drop jump*.

**Tabela 3.7.** Valores de mediana, 1º e 3º quartil e diferença entre condições para as variáveis cinéticas do *CDJ* e *BDJ*.

| Variável  | Salto      | 60%  | 80%                                       | 100%                                     | 120%                                     | 140%                                    | 160%                                     |
|---|------------|--|---|--|--|---|--|
| Pico da FRVS da fase excêntrica normalizado pelo peso corporal (%)*           | <i>CDJ</i> | 273 <sup>cdef,†</sup><br>(2,56; 3,2)       | 290 <sup>cdef,†</sup><br>(2,67; 3,09)     | 338 <sup>abdef,†</sup><br>(3,03; 3,67)   | 366 <sup>abcef,†</sup><br>(3,39; 3,93)   | 419 <sup>abcdf,†</sup><br>(3,74; 4,56)  | 467 <sup>abcde,†</sup><br>(4,12; 5,11)   |
|   | <i>BDJ</i> | 388 <sup>cdef,†</sup><br>(3,15; 4,82)      | 393 <sup>def,†</sup><br>(3,41; 4,64)      | 415 <sup>adef,†</sup><br>(3,49; 4,84)    | 462 <sup>abcef,†</sup><br>(4,05; 5,79)   | 505 <sup>abcdf,†</sup><br>(4,09; 5,76)  | 520 <sup>abcde,†</sup><br>(4,83; 6,62)   |
| Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase excêntrica ocorreu (%)* | <i>CDJ</i> | 30,51 <sup>cdef</sup><br>(11,09; 45,76)    | 13,97 <sup>def,†</sup><br>(8,08; 30,6)    | 11,24 <sup>a,†</sup><br>(8,61; 13,75)    | 10,95 <sup>ab,†</sup><br>(9,06; 13,29)   | 10,98 <sup>ab,†</sup><br>(8,93; 12,74)  | 10,57 <sup>ab,†</sup><br>(8,37; 11,76)   |
|   | <i>BDJ</i> | 36,24 <sup>def</sup><br>(23,47; 45,21)     | 26,57 <sup>†def</sup><br>(19,16; 40,81)   | 21,62 <sup>†f</sup><br>(16,01; 37,35)    | 18,4 <sup>†</sup><br>(15,23; 23,22)      | 17,17 <sup>†f</sup><br>(14,01; 22,36)   | 17,21 <sup>†abce</sup><br>(14,08; 20,38) |
| Pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal (%)*          | <i>CDJ</i> | 261 <sup>†</sup><br>(2,46; 2,88)           | 260 <sup>†</sup><br>(2,37; 2,83)          | 259 <sup>†</sup><br>(2,47; 2,78)         | 251 <sup>†</sup><br>(2,44; 2,74)         | 259 <sup>†</sup><br>(2,41; 2,79)        | 254 <sup>†</sup><br>(2,47; 2,81)         |
|   | <i>BDJ</i> | 400 <sup>†</sup><br>(3,03; 4,5)            | 391 <sup>†</sup><br>(3,29; 4,33)          | 365 <sup>†</sup><br>(3,17; 4,67)         | 384 <sup>†</sup><br>(3,25; 4,67)         | 359 <sup>†</sup><br>(3,04; 4,58)        | 371 <sup>†</sup><br>(3,13; 4,36)         |
| Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica ocorreu (%) | <i>CDJ</i> | 52,96 <sup>†</sup><br>(49,53; 69,69)       | 53,03 <sup>†</sup><br>(49,4; 62,07)       | 52,49 <sup>†</sup><br>(49,07; 59,78)     | 50,78 <sup>†</sup><br>(47,89; 58,18)     | 50<br>(48,02; 52,73)                    | 49,82<br>(48,17; 51,94)                  |
|   | <i>BDJ</i> | 51,31 <sup>†</sup><br>(48,25; 57,1)        | 51,42 <sup>†</sup><br>(47,57; 56,03)      | 50 <sup>†</sup><br>(48,24; 53,41)        | 50,68 <sup>†</sup><br>(47,39; 55,6)      | 51,71<br>(49,81; 56,93)                 | 51,01<br>(48,34; 54,68)                  |
| Stiffness excêntrico (kN/m)*  | <i>CDJ</i> | 6,07 <sup>bcdef,†</sup><br>(4,76; 7,19)    | 5,19 <sup>abef,†</sup><br>(4,52; 6,11)    | 5,13 <sup>abf,†</sup><br>(4,13; 5,9)     | 4,82 <sup>a,†</sup><br>(3,99; 5,53)      | 4,6 <sup>ab,†</sup><br>(3,88; 5,26)     | 4,37 <sup>abc,†</sup><br>(3,65; 4,94)    |
|   | <i>BDJ</i> | 16,64 <sup>bcdef,†</sup><br>(10,74; 25,55) | 14,26 <sup>acdef,†</sup><br>(10,1; 20,33) | 13,09 <sup>abef,†</sup><br>(9,29; 18,71) | 11,75 <sup>abef,†</sup><br>(9,08; 20,41) | 9,87 <sup>abcd,†</sup><br>(7,47; 15,99) | 10,3 <sup>abcd,†</sup><br>(7,62; 16,78)  |

Legenda: \*Diferença entre as técnicas de *drop jump* independentemente da altura do plano elevado ( $P < 0,05$ ). Diferença entre alturas de plano elevado para a mesma técnica de *drop jump* ( $P < 0,05$ ): <sup>a</sup>condição 60%; <sup>b</sup>condição 80%; <sup>c</sup>condição 100%; <sup>d</sup>condição 120%; <sup>e</sup>condição 140%; <sup>f</sup>condição 160%. † Diferença entre as técnicas de *drop jump* para a mesma altura de plano elevado ( $P < 0,05$ ). *CDJ*= *countermovement drop jump*; *BDJ*= *bounce drop jump*; FRVS= força de reação vertical do solo.

### 3.4 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi identificar, entre seis alturas relativas de PE prescritas a partir da altura obtida em SVCM, aquela que permite maior altura de salto em *CDJ* e *BDJ* e analisar o desempenho nas duas técnicas de *DJ* realizadas a partir das diferentes alturas de PE. Nos tópicos a seguir serão apresentadas as explicações para os resultados de: a) altura ideal do plano elevado, b) efeito da altura do plano elevado no desempenho de *CDJ* e *BDJ* e c) efeito da técnica no desempenho de *DJ*.

#### 3.4.1 Altura Ideal do Plano Elevado

A análise do ganho de altura de salto conduzida para as diferentes alturas de PE demonstrou uma tendência para os indivíduos alcançarem maiores ganhos a partir do PE 140% para o *CDJ* e a partir do PE 100% para o *BDJ*, confirmando parcialmente a hipótese ( $H_2$ ) de estudo. A ausência de significância estatística para os ganhos de altura entre as diferentes alturas de PE foi explicada pelas variações individuais de desempenho. Além do perfil com níveis intermediários ótimos diagnosticado por meio da medida de tendência central do grupo, foram identificados perfis nos quais os maiores ganhos de altura foram obtidos a partir das alturas extremas (PE60% e PE160% - painel C das figuras 3.6 e 3.7) e também perfis nos quais o ganho de altura aumentou e diminuiu alternadamente com o aumento da altura do PE (painel D das figuras 3.6 e 3.7). Nesse último perfil, a equação polinomial de 4ª ordem não conseguiu representar propriamente a distribuição dos dados em função da variabilidade apresentada pelo indivíduo entre as alturas de PE.

A falta de experiência da maioria dos indivíduos com a tarefa (BEDI et al., 1987) e diferenças no estado (BEDI et al., 1987; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e tipo de treinamento (PAIN, 2014) dos mesmos podem ser utilizados para explicar esses resultados. As diferenças no estado e tipo de treinamento dos indivíduos que participaram do presente estudo provavelmente refletem diferenças na capacidade neuromuscular dos mesmos. Especificamente, diferenças na força muscular entre os indivíduos podem ter contribuído para maior variação de desempenho a partir das diferentes alturas de PE, uma vez que atletas que apresentam maior força muscular podem tolerar maiores cargas de alongamento (HAKKINEN; KOMI, 1983; MATIC et al., 2015; SHEPPARD et al., 2008) e, por isso, apresentar maior desempenho a partir de alturas mais elevadas de PE. Ainda, há indícios de que indivíduos com maior *stiffness* muscular

apresentam menor tolerância as cargas de alongamento alcançando maiores alturas de salto no *DJ* a partir de menores alturas de PE (WALSHE; WILSON, 1997). A contribuição do efeito de ordem e de fadiga para a variabilidade dos dados foi descartada após inspeção dos dados individuais de randomização das condições.

A altura média do PE ideal para o *CDJ* no presente estudo (55,05cm) se assemelha às alturas de 55cm (BEDI et al., 1987) e 51,4cm (HAKKINEN; KOMI, 1983) encontradas em estudos que também identificaram curvas de desempenho com níveis intermediários ótimos. Por outro lado, apenas um estudo foi identificado no qual o efeito da altura do PE foi encontrado para a realização de *BDJ* (PAIN, 2014). Porém, a curva de desempenho não apresentou níveis intermediários ótimos, sendo que as maiores alturas de salto foram obtidas a partir da maior altura de PE analisada (60cm). Apesar de tal altura de PE ser quase duas vezes maior que a altura média identificada como ótima no presente estudo (36,3cm), em valores percentuais as mesmas podem ser equivalentes. Embora o autor não tenha analisado o desempenho dos indivíduos em SVCM (isso permitiria relativizar a altura do PE), alturas de SVCM de aproximadamente 65cm foram reportadas em outro estudo para indivíduos com características semelhantes (ČOH; ŽVAN; BURNIK, 2012).

Os maiores ganhos de altura a partir de alturas mais elevadas de PE no *CDJ* foram, provavelmente, obtidos em função da biomecânica desse tipo de *DJ*. Em função das maiores amplitudes angulares e, conseqüentemente, do maior tempo de contato, a carga de alongamento nas maiores alturas de PE foi suportada e isso resultou em condições mais favoráveis para produção de força e aproveitamento dos mecanismos de otimização do desempenho do CAE na fase concêntrica (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). O contrário é verdadeiro para o *BDJ*. A restrição de tempo imposta ao sistema neuromuscular para realização dos *BDJ* permitiu menores amplitudes angulares e, provavelmente, comprometeu a capacidade dos indivíduos de suportar as altas cargas de alongamento e de utilizar o CAE de maneira apropriada nas maiores alturas de PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Além disso, reflexos inibidores (órgão tendinoso de Golgi) (ABOODARDA et al., 2014; PAIN, 2014; PENG, 2011) e a diminuição da excitabilidade de reflexos que potencializam o desempenho (LEUKEL et al., 2008) podem ter contribuído para a queda no desempenho a partir das maiores alturas de PE tanto no *BDJ* quanto no *CDJ*.

A intensidade dos treinamentos pliométricos é comumente atribuída à altura do PE utilizado (MAKARUK; SACEWICZ, 2011; MARSHALL; MORAN, 2013; TAUBE et al., 2012). Por isso, prescrever corretamente a altura do PE pode desencadear as adaptações

desejadas (ALKJAER et al., 2013; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; TAUBE et al., 2012; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Ao longo dos anos, diferentes estratégias foram utilizadas para estabelecer a altura ideal do PE para o treinamento. Foram testados PE que permitiam: (a) maior altura de salto após o contato dos pés com o solo que sucede a saída do PE (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999); (b) menor tempo de contato com o solo antes do salto (YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999); (c) maior índice de força reativa (RSI - altura de salto/tempo de contato) (BYRNE et al., 2010a); (d) maior relação potência/altura do PE (DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015); e, (e) velocidade de 2,5 m/s no instante de contato dos pés com o solo após a saída do PE (ALKJAER et al., 2013a). Em todos esses estudos, os indivíduos obtiveram ganhos nas variáveis de desempenho de interesse após o treinamento. Contudo, para identificar a altura ideal do PE de acordo com tais parâmetros, foi necessário expor os indivíduos a realização de *DJ* a partir de diversas alturas absolutas de PE.

A realização de *DJ* a partir de alturas absolutas de PE pode representar um estímulo de intensidade diferente entre indivíduos com capacidades neuromusculares distintas (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Assim, alturas de PE mais elevadas podem representar estímulos lesivos para determinados indivíduos (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d). Por esse motivo, novos métodos de prescrição da altura do PE precisam ser descobertos para reduzir os riscos supracitados. A utilização de alturas de PE relativas a altura obtida em SVCM foi o método proposto por esse estudo. Apesar de outros estudos terem realizado análises fisiológicas e biomecânicas do *DJ* utilizando alturas de PE relativas a altura obtida em SVCM (FELDMANN et al., 2012; MCCAULLEY et al., 2007), parece que esse é o primeiro estudo que tentou identificar o percentual ótimo, a partir do qual se obtém maior altura de salto no *DJ*. Como mencionado anteriormente, prescrever para o treinamento um PE que permite maior altura de salto no *DJ* garante que adaptações positivas sejam obtidas. Por meio da estratégia proposta no presente estudo, além da prescrição individualizada, simplicidade, aplicabilidade prática e do ajuste de carga facilitado durante o período de treinamento, o problema da exposição do indivíduo a condições de risco de lesão no processo de identificação da altura ótima do PE seria resolvido.

### 3.4.2 Efeito da Altura do Plano Elevado no Desempenho de *Cdj* E *Bdj*

Os resultados do presente estudo demonstraram que a manipulação da altura do PE não altera a altura de salto obtida em *CDJ* e *BDJ*. Contudo, resultados conflitantes a respeito do efeito da altura do PE na altura de salto em *DJ* bilaterais estão reportados na literatura Corroborando os resultados desse estudo, diversas pesquisas demonstraram que a manipulação da altura do PE não tem efeito na altura de salto obtida no *CDJ* (ABOODARDA et al., 2014; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987; BOBER et al., 2006; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; LAZARIDIS et al., 2013a) ou no *BDJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b). Bobbert e colaboradores (1987b) afirmaram que a altura de salto não se altera com o aumento da altura do PE caso a técnica de salto seja mantida. Contudo, há indícios de que a altura de salto pode aumentar (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PAIN, 2014), diminuir (LEES; FAHMI, 1994; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) ou apresentar níveis intermediários ótimos, indicando que existe uma altura ótima de PE a partir da qual a maior altura de salto é obtida (BEDI et al., 1987; HAKKINEN; KOMI, 1983). Apesar da ausência de significância para os valores de altura de salto obtidos a partir das diferentes alturas de PE no presente estudo, foram identificados níveis intermediários ótimos com o pico da curva para o *CDJ* ocorrendo no PE140% e para o *BDJ* ocorrendo no PE100%.

O aumento da altura de salto com o aumento da altura do PE baseia-se no maior armazenamento e provável utilização da energia elástica e potencialização reflexa ambos desencadeados pela maior velocidade angular na fase excêntrica devido ao maior tempo em queda livre (BOSCO et al., 1982; BOSCO; KOMI; ITO, 1981; ISHIKAWA; KOMI, 2004). Além disso, parece que a obtenção de maiores alturas de salto a partir de maiores alturas de PE é dependente do nível de força (HAKKINEN; KOMI, 1983; MATIC et al., 2015; SHEPPARD et al., 2008) e do *stiffness* muscular (WALSHE; WILSON, 1997) dos indivíduos. Quanto maior a força (HAKKINEN; KOMI, 1983; MATIC et al., 2015; SHEPPARD et al., 2008) ou quanto menor o *stiffness* muscular (WALSHE; WILSON, 1997), maior a capacidade de tolerar altas cargas de alongamento e, assim, obter maiores alturas de salto a partir das maiores alturas de PE. Por outro lado, a diminuição da altura de salto com o aumento da altura do PE pode ser resultado da ação de reflexos inibidores (ABOODARDA et al., 2014; PAIN, 2014; PENG, 2011) e da diminuição da ação de reflexos que potencializam o

desempenho (LEUKEL et al., 2008). Nesse sentido, é razoável afirmar que existe uma altura ótima de desempenho em função do aumento no PE para os saltos de *DJ*.

Foi verificado efeito da manipulação da altura do PE em diversos parâmetros cinemáticos e cinéticos, confirmando os resultados de pesquisas anteriores. Especificamente, menores alturas do CM foram registradas a partir das maiores alturas de PE (LEES; FAHMI, 1994), principalmente para o *CDJ*. Esses resultados foram explicados pelos maiores valores de flexão angular verificados a partir de maiores alturas de PE, principalmente para a articulação do joelho em ambas as técnicas de *DJ*. Ainda que maiores ângulos de flexão articular (principalmente do joelho) tenham sido diagnosticados para o *BDJ* com o aumento da altura do PE, apenas uma tendência para diminuição da altura do CM na fase de contato inicial foi identificada. O aumento da flexão articular foi, provavelmente, uma estratégia adotada pelos indivíduos para suportar as altas cargas de alongamento impostas ao sistema neuromuscular em função do maior tempo em queda livre nas maiores alturas de PE. Os maiores ângulos articulares no início do contato também podem ter contribuído na utilização dessa estratégia, uma vez que tocar os pés no solo com as articulações mais estendidas permite maior deslocamento angular para atenuação da magnitude da FRVS. A manutenção dos ângulos articulares com o aumento da altura do PE pode aumentar substancialmente o pico da FRVS na fase excêntrica e contribuir para que esse pico aconteça antes nessa fase, caracterizando uma situação com potencial lesivo (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b).

Como esperado, os maiores ângulos de flexão articular acarretaram maiores deslocamentos articulares na fase excêntrica para ambas as técnicas de *DJ* com o aumento da altura do PE (CHEN et al., 2016; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). Todavia, o maior deslocamento articular na fase concêntrica foi significativo apenas para as articulações do tornozelo (para algumas alturas de PE) e joelho. O aumento no deslocamento angular refletiu em aumentos significantes no tempo de contato apenas para o *BDJ*. Apesar de alguns estudos não terem quantificado a amplitude de movimento articular durante a realização de *DJ* (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAZARIDIS et al., 2010; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995), é provável que o aumento do tempo de contato registrado nesses estudos tenha ocorrido em função de maiores amplitudes articulares.

Os aumentos no tempo da fase concêntrica foram responsáveis pelos acréscimos no tempo de contato total na realização do *BDJ*. O tempo de contato no *CDJ* não aumentou, provavelmente, em função da diminuição do tempo da fase excêntrica. É provável que o

aumento da duração da fase concêntrica no *CDJ* tenha sido resultado da diminuição da duração da fase excêntrica. O aumento da velocidade angular no início da fase de contato inicial verificado principalmente para as articulações do joelho e tornozelo combinado com o aumento na velocidade máxima de flexão angular em todas as articulações para ambas as técnicas de *DJ*, ajudou a explicar a diminuição na duração da fase excêntrica verificada, principalmente, no *CDJ*. Embora o tempo da fase concêntrica tenha aumentado no *CDJ* com o aumento na altura do PE, a magnitude do acréscimo não foi capaz de aumentar substancialmente o tempo de contato total. Tais variações no tempo de contato refletiram na diminuição no índice de força reativa total (YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) e concêntrico para ambas as técnicas de *DJ* e também no índice de força reativa excêntrico para o *BDJ*. O aumento na altura do PE também acarretou tendências para a velocidade máxima de flexão angular (principalmente do quadril e tornozelo) e para os ângulos máximos de flexão acontecerem antes na tentativa para ambos o *CDJ* e o *BDJ* provavelmente em função do maior tempo em queda livre e, logo, maior velocidade no instante de contato com o solo. Para a fase concêntrica, apenas a velocidade articular do tronco no *takeoff* aumentou com o acréscimo na altura de PE. O maior deslocamento dessa articulação na fase excêntrica também auxilia a explicar esse resultado.

O efeito da altura do PE também foi verificado para algumas das variáveis cinéticas estudadas. As diferenças na magnitude dessas variáveis foram diagnosticadas, exclusivamente, para a fase excêntrica em ambas as técnicas de *DJ*. O aumento da altura do PE desencadeou aumentos no pico de FRVS normalizado da fase excêntrica para ambos os tipos de salto, corroborando os resultados de estudos anteriores (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987d; CHEN et al., 2016; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). O aumento da velocidade de contato com o solo em função do maior tempo em queda livre nas maiores alturas de PE, explicam tais resultados. Esse pico de FRVS normalizado na fase excêntrica aconteceu antes na tentativa com o aumento da altura do PE tanto para o *BDJ* quanto para o *CDJ*. A diminuição do *stiffness* verificada no presente estudo, ocorreu em função das maiores amplitudes de movimento articular com o aumento da altura do PE.

Em face do exposto, o aumento da força de reação vertical do solo na fase excêntrica e da amplitude de movimento angular registrados com o acréscimo da altura do PE para ambas as técnicas de *DJ* confirmaram a hipótese ( $H_3$ ) de estudo. Os estudos que analisaram o efeito da altura do PE no desempenho e na magnitude das variáveis biomecânicas em *DJ* utilizaram,

predominantemente, alturas absolutas de PE. Em geral, a utilização de alturas absolutas também pode ajudar na explicação das inconsistências sobre o efeito da manipulação da altura do PE no desempenho e nas variáveis cinéticas e cinemáticas na realização de *DJ*. Sabe-se que a intensidade do estímulo proporcionado por determinada altura de PE pode variar em função das diferentes capacidades neuromusculares presentes em indivíduos distintos (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Nesse sentido, comparar o desempenho em *DJ* realizados a partir de alturas absolutas de PE por diferentes indivíduos dentro e entre estudos parece arriscado. Por esse motivo, as comparações entre os resultados desse estudo e os resultados reportados na literatura foi limitada. Utilizar alturas relativas de PE para realização do *DJ* pode garantir que a intensidade do exercício está sendo controlada entre os indivíduos (ISHIKAWA; KOMI, 2004).

Somente um estudo foi identificado no qual alturas de PE relativas a altura obtida em SVCM foram utilizadas para analisar o desempenho em *CDJ* (MCCAULLEY et al., 2007). Nesse estudo, não foram encontradas diferenças entre as variáveis cinéticas analisadas, porém, a velocidade do CM na fase concêntrica e, logo, a altura de salto foram maiores para o PE 125%. Embora o maior desempenho tenha sido obtido a partir da maior altura de PE, a utilização de apenas duas alturas não permite que sejam feitas inferências a respeito do perfil da curva de desempenho. No presente estudo, houve uma tendência de obtenção de maiores ganhos de altura de salto no *CDJ* a partir do PE 140%. Dessa forma, pode ser que, ao analisar alturas relativas de PE mais elevadas, os autores encontrariam um perfil de curva de desempenho com níveis intermediários ótimos. Além de permitir condições adequadas para testar a capacidade neuromuscular de diferentes indivíduos, essa estratégia poderia também ser adotada durante a prescrição do treinamento pliométrico, garantindo a individualização e possibilitado um ajuste de carga facilitado durante o período de treinamento.

Os resultados de estudos experimentais a respeito da importância da altura do PE nas adaptações do treinamento pliométrico por meio de *DJ* são inconclusivos (BOBBERT, 1990; DE VILLARREAL et al., 2009). Há indícios de que a magnitude das adaptações parece não ser dependente da altura do PE, mas sim da duração e volume do protocolo de treinamento (DE VILLARREAL et al., 2009). Além disso, a técnica de *DJ* também parece ser um fator determinante (BOBBERT, 1990). De fato, foi verificado que o *CDJ* é mais eficiente que o *BDJ* na melhora da altura do SVCM (BYRNE et al., 2010a; MARSHALL; MORAN, 2013). Contudo, Marshall e Moran (2013) relataram que a magnitude das adaptações não foi ainda

maior para o grupo *CDJ* em função da manutenção da altura do PE, ou seja, em função da manutenção da intensidade durante o período de treinamento. Um outro estudo relatou que altura do PE está relacionada à intensidade do treinamento e que a manipulação correta dessa variável pode otimizar as adaptações (TAUBE et al., 2012a).

Em síntese, a altura do PE parece ser uma variável importante a ser controlada tanto em estudos observacionais quanto em estudos experimentais pois pode modular o desempenho e a magnitude de diversas variáveis biomecânicas. Ainda, parece que além do controle da altura do PE também é necessário controlar a técnica de *DJ* utilizada. No próximo tópico o efeito da técnica no desempenho e na magnitude das variáveis cinéticas e cinemáticas será discutido.

#### 3.4.3 Efeito da Técnica no Desempenho de *Dj*

A altura de salto e a magnitude de diferentes variáveis cinéticas e cinemáticas foram condicionadas pela técnica de *DJ* no presente estudo. Esses resultados confirmam os relatos de estudos anteriores de que o desempenho em *DJ* é técnica-dependente (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Especificamente, a altura de salto no *CDJ* foi superior ao *BDJ*, como apontado na literatura (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). As maiores alturas de salto foram obtidas no *CDJ* em função da maior velocidade e do instante em que se alcançou a velocidade máxima do CM (mais próximo do *takeoff* quando comparado ao *BDJ*). As maiores velocidades de extensão angular do quadril e joelho e o fato de que a velocidade máxima de extensão angular do tronco, quadril, joelho e tornozelo aconteceram depois no *CDJ* provavelmente contribuíram para a maior velocidade e o instante em que se alcançou a velocidade máxima do CM, respectivamente. A maior velocidade de extensão angular da articulação do joelho e o alcance da velocidade máxima de extensão angular do quadril mais próximo do *takeoff* para todas as alturas de PE (interação verificada para todas as alturas de PE), podem indicar maior contribuição dessas articulações para a obtenção das maiores alturas de salto. Além disso, a velocidade articular do tronco e do quadril no *takeoff* também foram maiores para o *CDJ*.

As diferenças entre as magnitudes das velocidades de extensão angular e entre os instantes em que as velocidades máximas das articulações ocorreram podem ser explicadas pelas diferenças na amplitude de movimento angular entre as técnicas de *DJ*. Foi verificado maior flexão das articulações do quadril e joelho e, por isso, maior deslocamento angular dessas articulações tanto na fase excêntrica quanto na concêntrica, na realização dos *CDJ*. Tal comportamento resultou em diferenças de aproximadamente 15cm (tabela 3.6) para a altura do CM na fase de contato inicial, sendo que as menores alturas do CM foram atingidas durante a realização do *CDJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). Ainda, maior flexão e, logo, maior deslocamento das articulações do tronco e tornozelo também foram identificadas para o *CDJ*.

Maiores amplitudes angulares também podem proporcionar uma condição mais favorável para aplicação de força e utilização dos mecanismos de otimização do desempenho do CAE na fase concêntrica, otimizando assim o desempenho no *DJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Além disso, o pico da FRVS na fase excêntrica pode ser atenuado pelas maiores amplitudes angulares, reduzindo o risco de lesão durante a realização desse exercício (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). De fato, a magnitude da FRVS foi menor em ambas as fases excêntrica e concêntrica no *CDJ* para todas as alturas de PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015). A restrição de tempo para realização do *BDJ* impediu a utilização de maiores amplitudes angulares e, por isso, a magnitude da FRVS foi maior nesse tipo de *DJ*. As mesmas restrições também contribuíram para que o pico de FRVS da fase concêntrica acontecesse antes no *BDJ* a partir de todas as alturas de PE analisadas (interação para todas as alturas de PE).

Com maiores amplitudes articulares, já era de se esperar que o tempo das fases excêntrica e concêntrica seria maior para o *CDJ*. Foram verificadas diferenças de aproximadamente 200 milissegundos para o tempo de contato total, sendo que o tempo da fase excêntrica, concêntrica e total foram maiores para o *CDJ* a partir de todas as alturas de PE (interação para todas as alturas de PE) (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Por isso, apesar da altura de salto ter sido maior no *CDJ*, as diferenças no tempo de contato resultaram em menores índices de força reativa total, excêntrico e concêntrico para o *CDJ* (KHUU; MUSALEM;

BEACH, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Isso indica que a diminuição no tempo de contato não resultou em perdas demasiadas na altura de salto no *BDJ*. Por fim, maiores valores de *stiffness* foram verificados para o *BDJ* para todas as alturas de PE (interação para todas as alturas de PE). Apesar do *stiffness* ser determinante para o desempenho em tarefas de potência (BRET et al., 2002; CHELLY; DENIS, 2001), maiores desempenhos não são registrados para os saltos com maior *stiffness* (JIDOVTSSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015). As maiores amplitudes angulares nos saltos em que maiores alturas são alcançadas explicam os menores valores para o *stiffness* nessas tarefas. Nesse sentido, a hipótese ( $H_4$ ) de que a altura de salto e a amplitude de movimento angular seriam maiores para o *CDJ* enquanto a magnitude da força de reação vertical do solo na fase excêntrica seria maior para o *BDJ* foi confirmada.

Em suma, as diferenças na magnitude das variáveis cinéticas (pico da FRVS) e cinemáticas (amplitude de movimento angular) analisadas indicam que as capacidades neuromusculares necessárias para obter melhor desempenho diferem entre as técnicas de *DJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Assim, a utilização de *CDJ* e *BDJ* em rotinas de treinamento pliométrico devem se adequar aos objetivos a serem alcançados (BOBBERT, 1990; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVTSSEFF et al., 2014). Há indícios de que adaptações do treinamento pliométrico por meio de *CDJ* e *BDJ* são, de fato, diferentes (BYRNE et al., 2010a; MARSHALL; MORAN, 2013; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Nesse sentido, a importância do controle da técnica de *DJ* tanto em estudos observacionais quanto experimentais foi confirmada. Tal controle pode ser realizado por meio das instruções fornecidas no instante da realização do exercício.

### 3.5 CONCLUSÃO

O desempenho em *DJ* demonstrou-se ser técnica-dependente. Maiores alturas de salto foram obtidas para o *CDJ*. Foram observados maiores ganhos de altura para o PE 140% e 100% para o *CDJ* e *BDJ*, respectivamente. Nesse sentido, a curva de desempenho na realização de *DJ* apresenta perfil com níveis intermediários ótimos com maiores ganhos de alturas para os saltos. A magnitude de diversas variáveis cinemáticas e cinéticas também foram condicionadas pela técnica e pela altura de PE, sendo que as diferenças foram observadas, predominantemente, para a fase excêntrica desses exercícios. De forma geral, a

magnitude dos parâmetros cinemáticos foi maior para o *CDJ* e aumentou com o aumento da altura do PE para ambas as técnicas de *DJ*. Por outro lado, a magnitude dos parâmetros cinéticos foi maior para o *BDJ* e aumentou com o aumento do PE para ambas as técnicas de *DJ*. A relativização da altura do PE pareceu contribuir para a padronização da intensidade do estímulo entre os indivíduos para as diferentes técnicas de *DJ*. Por isso, acredita-se que relativizar a altura do PE por meio da altura obtida em SVCM impede que variações individuais de desempenho comprometam as comparações dentro e entre estudos. Contudo, parece que o nível de força muscular e o *stiffness* também podem influenciar o desempenho na realização de *DJ*. Deste modo, além de relativizar a altura do PE, recomenda-se homogeneizar a amostra em estudos observacionais e experimentais por meio das capacidades neuromusculares de força e *stiffness* dos indivíduos.

## CAPÍTULO 4

### Estudo 3

# Variáveis cinéticas e cinemáticas preditoras da altura de salto em *bounce e countermovement drop jumps*

## RESUMO

Identificar variáveis biomecânicas relacionadas ao desempenho em *drop jumps* pode otimizar a prescrição do treinamento para que adaptações específicas sejam alcançadas. Por isso, esse estudo identificou as variáveis cinéticas e cinemáticas preditoras da altura de salto em *bounce e countermovement drop jumps*. Homens com experiência em atividades que envolvem saltos, com idade entre 18 e 35 anos realizaram três *drop jumps* a partir de planos elevados com altura correspondente a 60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160% da média das alturas obtidas em três saltos verticais com contra movimento. Uma plataforma de força AMTI (modelo OR6-7-2000) e 7 câmeras (*MX-T-Series*) do sistema *Vicon (Vicon Motion System, Oxford, UK)*, foram utilizadas para aquisição de dados cinéticos e cinemáticos, respectivamente. O conjunto de variáveis capaz de prever a variância para altura de salto no *bounce* e no *countermovement drop jump* foi identificado por meio da regressão linear múltipla do tipo *stepwise* para cada altura de plano elevado e para as alturas de plano elevado analisadas em conjunto. A variância para a altura de salto explicada pelos modelos de predição variou entre 43,1% e 62,7% para o *bounce* e 20% e 43% para o *countermovement drop jump* para análise individual dos planos elevados. Nessa análise, as variáveis presentes nos modelos de ambas as técnicas de *DJ* foram, exclusivamente, cinemáticas. A velocidade máxima de extensão angular do joelho e do quadril estavam presentes na maioria dos modelos de predição entre as alturas de plano elevado. Interessantemente, a altura de PE que permitiu maiores ganhos para altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* (140% e 100%, respectivamente) no estudo anterior, foram as alturas a partir das quais maior número de modelos foram gerados pela regressão e, logo, maior variância para altura de salto foi explicada. A análise dos planos elevados em conjunto permitiu a identificação de um conjunto de variáveis cinéticas e cinemáticas para explicar 53,3% da variância para altura de salto no *countermovement drop jump*. Por outro lado, 46,7% da variância foi explicada por um conjunto de variáveis exclusivamente cinemáticas no *bounce drop jump*. Apesar das variáveis comuns entre os tipos de salto para ambas as análises, nenhum modelo de predição foi idêntico entre as alturas de plano elevado/técnica de salto. Nesse sentido, constatou-se que a altura do PE e a técnica de *drop jump* utilizadas, condicionam os preditores da altura nesse exercício. Sugere-se a realização de estudos futuros para confirmar se o aumento da altura de salto resulta no aumento da magnitude das variáveis identificadas como preditoras do desempenho no *drop jump*.

**Palavras-chave:** *Drop jump*. Cinética. Cinemática. Treinamento pliométrico.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Em diferentes esportes, a altura máxima obtida em um salto vertical pode ser determinante para o desempenho ótimo de um atleta. Para melhorar a altura de salto, há consenso de que o treinamento pliométrico por meio de *drop jumps* (*DJ*) é eficiente (ALKJAER et al., 2013b; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBBERT, 1990; BYRNE et al., 2010a; DE VILLARREAL et al., 2009; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; KANNAS; KELLIS; AMIRIDIS, 2012; MALISOUX et al., 2006; MARSHALL; MORAN, 2013; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SANKEY; JONES; BAMPOURAS, 2008). De forma geral, para realizar um *DJ*, um indivíduo, em pé sobre um plano elevado (PE), desce do PE e, ao tocar os pés no solo, esforça-se para saltar verticalmente tentando atingir a maior altura possível. Diferentes técnicas de *DJ* são reportadas na literatura. As técnicas de *DJ* mais comuns são: *bounce drop jump* (*BDJ*) e *countermovement drop jump* (*CDJ*) (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a). A magnitude das adaptações ao treinamento (MARSHALL; MORAN, 2013; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999) e das variáveis biomecânicas (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) são técnica-dependente.

Estudar as variáveis biomecânicas do *DJ* pode fornecer informações relevantes para a prescrição do treinamento. Especificamente, descrever quais variáveis cinéticas e cinemáticas estão relacionadas ao desempenho facilita a identificação de preditores da altura de salto que podem ser estimulados pelo treinamento. A altura obtida em saltos verticais com contramovimento (SVC) e *DJ* é multifatorial (ARAGÓN-VARGAS; GROSS, 1997; COH; MACKALA, 2013; DOWLING; VAMOS, 1993; FERREIRA et al., 2010; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b; MEYLAN et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). No SVC, diversos autores concordam que a potência total está relacionada com a altura obtida (ARAGÓN-VARGAS; GROSS, 1997; DOWLING; VAMOS, 1993; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b; MEYLAN et al., 2010). Contudo, variáveis biomecânicas relacionadas ao desempenho em *DJ* são pouco estudadas.

Em um estudo envolvendo homens e mulheres praticantes de treinamento resistido, o pico de potência no SVC com 30% da carga de uma repetição máxima (1RM) do exercício de agachamento e a massa corporal dos indivíduos foram combinados em uma equação de predição que explicou 83% da variância na altura obtida no *DJ* (FERREIRA et al., 2010). Em

outro estudo, a combinação do pico de força de reação vertical do solo e o percentual da tentativa em que a velocidade máxima do quadril ocorreu, explicou 37,1% da variância na altura do *DJ* (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Ao comparar corredores de elite com corredores sub-elite, foi verificado uma diferença de 8,7 cm na altura do *DJ* e diferenças na velocidade do centro de massa (CM) na fase excêntrica e no *takeoff* (instante de perda de contato dos pés com o solo para realização do salto), favorecendo os atletas de elite e indicando que essas últimas (velocidade do CM na fase excêntrica e *takeoff*) podem ser consideradas variáveis importantes para desempenho no *DJ* (COH; MACKALA, 2013). Por outro lado, Feldmann e colaboradores (2012) não encontraram relação entre a altura de salto no *DJ* e o tempo de contato (TC), índice de força reativa (RSI – altura de salto/TC) e taxa de utilização excêntrica.

Na maioria dos estudos citados acima (COH; MACKALA, 2013; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), alturas absolutas de PE foram utilizadas. A utilização de alturas absolutas pode confundir os resultados nesses estudos, pois o sistema neuromuscular dos indivíduos é, provavelmente, estimulado em diferentes intensidades (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). A análise de diferentes variáveis biomecânicas entre os estudos também compromete as comparações entre eles. Ainda, parece que somente a técnica *bounce* (de acordo com a informação fornecida aos indivíduos para realizar o exercício) foi estudada. Tanto a técnica *bounce* quanto a *countermovement* de *DJ* precisam ser estudadas, pois em estudos experimentais, os protocolos com diferentes técnicas resultam em adaptações específicas (MARSHALL; MORAN, 2013; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999). Apesar de algumas variáveis apresentarem relação com a altura de salto no *DJ*, preditores definitivos do desempenho ainda não foram identificados. Ao contrário do SVC, no *DJ* nenhuma variável biomecânica isolada apresentou forte correlação com a altura de salto nesse exercício. Portanto, mais estudos precisam ser realizados para que as lacunas identificadas sejam preenchidas.

O objetivo desse estudo foi identificar as variáveis determinantes da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para cada altura relativa de PE (regressão parcial) e para as alturas de PE analisadas em conjunto (regressão geral). Espera-se que (H<sub>5</sub>) a velocidade máxima de extensão angular das articulações e o deslocamento angular estejam entre as variáveis que irão prever a altura de salto nas diferentes técnicas de *DJ*. Além disso, para o *CDJ*, espera-se que (H<sub>6</sub>) o tempo da fase concêntrica e o pico da FRVS na fase concêntrica estejam entre as variáveis que irão prever a altura de salto nesse *DJ*. Por outro lado, espera-se que (H<sub>7</sub>) as

velocidades de flexão angular estejam presentes nos modelos de predição da altura de salto obtida no *BDJ*. Identificar as variáveis preditoras da altura de salto em ambas as técnicas pode auxiliar na condução de intervenções mais precisas para que objetivos específicos sejam alcançados.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As subseções Participantes, Coleta de dados e Processamento e análise dos dados são idênticas a seção Materiais e métodos do capítulo 3.

### 4.2.1 Abordagem Experimental ao Problema

Dados cinéticos e cinemáticos foram obtidos durante a realização de *CDJ* e *BDJ* a partir de seis alturas relativas de PE (60%, 80%, 100%, 120%, 140% e 160% da média das alturas obtidas em três SVCM). Para identificar os determinantes da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para cada altura de PE (regressão parcial) e independentemente da altura do PE (regressão geral), as amplitudes, os deslocamentos e as velocidades lineares e angulares (hemisfério corporal direito) assim como a força de reação vertical do solo foram as variáveis independentes analisadas para obtenção da equação de regressão. Tais variáveis foram estudadas por outros pesquisadores na tentativa de encontrar os possíveis determinantes cinéticos e cinemáticos da altura de salto em *DJ* (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Para aumentar a variabilidade na magnitude da variável dependente e das variáveis independentes (FERREIRA et al., 2010), praticantes de diferentes modalidades esportivas com tempo de prática variado, participaram desse estudo.

### 4.2.2 Análise Estatística

Para identificar as variáveis determinantes da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ*, foi utilizada uma análise de regressão múltipla do tipo *stepwise*. A identificação do conjunto de variáveis capaz de explicar a maior parte da variância para altura de salto nas regressões foi condicionada à independência das variáveis presentes nos modelos, ou seja, ausência de multicolinearidade entre elas ( $VIF < 3$ ). Assim, para cada altura de PE (regressão parcial), todas as variáveis cinéticas e cinemáticas analisadas foram inseridas no modelo de regressão linear múltipla do tipo *stepwise*. Por outro lado, para identificar as variáveis determinantes da

altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para as alturas de PE analisadas em conjunto, inicialmente, a correlação entre as variáveis cinéticas e cinemáticas e a altura de salto nos *DJ* foi testada. Entre todas as variáveis cinéticas e cinemáticas, as 15 variáveis para cada tipo de *DJ* que apresentaram coeficientes de correlação mais fortes ( $P \leq 0,05$ ) (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015) com a altura de salto para o teste de correlação momento-produto de *Pearson*, foram inseridas no modelo de regressão linear múltipla do tipo *stepwise* para que as variáveis cinéticas e cinemáticas relacionadas à altura de salto em *CDJ* e *BDJ* fossem identificadas. Em ambas as análises (regressão parcial e regressão geral), entre as variáveis presentes nos modelos, aquelas que apresentaram significância ( $P \leq 0,05$ ) foram consideradas como possíveis preditores da altura de salto (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Os dados foram tabulados no Microsoft Excel 2016 e analisados no *software SPSS* (v.22).

#### 4.3 RESULTADOS

Os valores de mediana e 1º e 3º quartis para as variáveis espaço-temporais, angulares e cinéticas podem ser visualizadas nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 do capítulo 3, respectivamente.

Inicialmente, a regressão linear do tipo *stepwise* foi utilizada para analisar os preditores da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ*, para cada altura de PE (tabelas 4.1 e 4.2). Nessa análise, todas as variáveis foram inseridas na regressão. Para o *CDJ*, apenas a variável ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial entrou no modelo que explicou 22,6% da variância para a altura de salto obtida a partir do PE 60%. Para o PE 80%, também foi identificado um modelo com apenas uma variável (velocidade máxima de extensão angular do joelho) para explicar 20,8% da variância para a altura de salto. As variáveis velocidade máxima de extensão angular do quadril e velocidade máxima de flexão angular do quadril combinadas, explicaram 40,8% da variância para altura de salto para o *CDJ* realizado a partir do PE 100%. Semelhantemente, as variáveis velocidade máxima de extensão angular do quadril e ângulo articular do tronco no *takeoff* explicaram 30,9% da variância para o PE 120%. Ainda no *CDJ*, o modelo com o maior número de variáveis (velocidade máxima de extensão angular do quadril, percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu e percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do joelho ocorreu) foi identificado para explicar 41,7% da variância para altura de salto a partir do PE 140%. Por fim, apenas a velocidade máxima de extensão angular do tornozelo compôs o modelo que explicou 19,7% da variância para altura de salto a partir do PE 160%.

Para o *BDJ*, a velocidade máxima de extensão angular do joelho e a altura do CM no *takeoff* foram combinadas para explicar 55,8% da variância para a altura de salto obtida a partir do PE 60%. Para o PE 80%, a velocidade máxima de extensão angular do joelho, o percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu e o percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu combinados explicaram 59,95% da variância para a altura de salto nessa condição. Como no *CDJ*, no *BDJ* também foi identificado um modelo com maior número de variáveis para explicar a variância para altura de salto a partir de um determinado PE. No *BDJ*, 62,7% da variância para a altura de salto obtida a partir do PE 100% foi explicada pelo modelo com maior número de variáveis (velocidade máxima de extensão angular do joelho, velocidade máxima de extensão angular do tornozelo, velocidade angular do joelho no *takeoff* e velocidade máxima de extensão angular do tronco). A velocidade máxima de extensão angular do quadril e a altura do CM no *takeoff* explicaram 43,4% da variância para altura de salto para o PE 120%. Apenas a velocidade máxima de extensão angular do quadril compôs o modelo que explicou 25,4% da variância para altura de salto obtida a partir do PE 140%. Finalmente, 43,1% da variância para altura de salto no PE 160% foi explicada pela combinação das variáveis percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu e menor altura do CM.

O conjunto de variáveis que melhor explicou a variância para altura de salto no *CDJ* e no *BDJ*, considerando as alturas de PE analisadas em conjunto, foi apresentado na tabela 4.4. Foi observado que 6 entre as 15 variáveis eram comuns entre as técnicas de *DJ*, como destacado na tabela 4.3. Em seguida, a regressão linear do tipo *stepwise* determinou que 53,3% da variância para a altura de salto no *CDJ* foi explicada por um modelo originado da combinação de 9 variáveis (velocidade máxima de extensão angular do quadril, velocidade máxima de extensão angular do tornozelo, pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal, percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ocorreu, percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tronco ocorreu, velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial, velocidade articular do joelho no início da fase de contato inicial, ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial, tempo da fase concêntrica). Por outro lado, a combinação de 6 variáveis resultou em um modelo capaz de explicar 46,7% da variância para a altura de salto no *BDJ* (velocidade máxima de extensão angular do quadril, velocidade máxima de extensão angular do tornozelo, ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial, velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial,

maior ângulo articular do tronco, percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do joelho ocorreu), independentemente da altura do PE.

**Tabela 4.1** Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no *CDJ* para cada altura de PE.

| Tipo de <i>DJ</i>                 | Altura do PE | Variável   | <i>R</i> | <i>R</i> <sup>2</sup> ajustado | <i>F</i> | df1 | df2 | $\beta$ padronizado | <i>P</i> | <i>VIF</i> |
|-----------------------------------|--------------|--|----------|--------------------------------|----------|-----|-----|---------------------|----------|------------|
| <i>Counter movement drop jump</i> | 60%          | Ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial              | 0,51     | 0,23                           | 8,59     | 1   | 25  | -0,51               | 0,007    | 1,00       |
|                                   | 80%          | Velocidade máxima de extensão angular do joelho*                             | 0,49     | 0,21                           | 8,09     | 1   | 26  | 0,49                | 0,009    | 1,00       |
|                                   | 100%         | Velocidade máxima de extensão angular do quadril                             | 0,67     | 0,41                           | 10,32    | 1   | 25  | 0,67                | 0,000    | 1,06       |
|                                   |              | Velocidade máxima de flexão angular do quadril                               |          |                                |          |     |     | 0,32                | 0,046    | 1,06       |
|                                   | 120%         | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*                            | 0,60     | 0,31                           | 7,03     | 1   | 25  | 0,53                | 0,003    | 1,02       |
|                                   |              | Ângulo articular do tronco no <i>takeoff</i>                                 |          |                                |          |     |     | 0,36                | 0,037    | 1,02       |
|                                   | 140%         | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*                            | 0,70     | 0,42                           | 7,20     | 1   | 23  | 0,51                | 0,005    | 1,21       |
|                                   |              | Percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu |          |                                |          |     |     | -0,33               | 0,047    | 1,11       |
|                                   |              | Percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do joelho ocorreu    |          |                                |          |     |     | 0,33                | 0,050    | 1,14       |
|                                   |              | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo                           |          |                                |          |     |     | 0,48                | 0,20     | 7,64       |

Legenda: *DJ*= *drop jump*; *VIF*= fator de inflação da variância.

\* Indica que a variável também está presente no conjunto de variáveis que explicou a variância para a altura de salto no *BDJ* na mesma altura de PE.

**Tabela 4.2** Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no *BDJ* para cada altura de PE.

| Tipo de <i>DJ</i>       | Altura do PE | Variável  | <i>R</i> | <i>R</i> <sup>2</sup> ajustado | <i>F</i> | df1 | df2 | $\beta$ padronizado | <i>P</i> | <i>VIF</i> |
|-------------------------|--------------|---|----------|--------------------------------|----------|-----|-----|---------------------|----------|------------|
| <i>Bounce drop jump</i> | 60%          | Velocidade máxima de extensão angular do joelho   | 0,77     | 0,56                           | 18,04    | 1   | 25  | 0,75                | 0,000    | 1,03       |
|                         |              | Altura do CM no <i>takeoff</i>  |          |                                |          |     |     | 0,33                | 0,018    | 1,03       |
|                         | 80%          | Velocidade máxima de extensão angular do joelho*  | 0,80     | 0,60                           | 14,48    | 1   | 24  | 0,34                | 0,026    | 1,40       |
|                         |              | Percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu              |          |                                |          |     |     | -0,41               | 0,014    | 1,65       |
|                         |              | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu |          |                                |          |     |     | 0,67                | 0,001    | 1,98       |
|                         |              | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo  |          |                                |          |     |     | 0,6                 | 0,000    | 1,15       |
|                         | 100%         | Velocidade angular do joelho no <i>takeoff</i>  | 0,82     | 0,63                           | 16,11    | 1   | 23  | 0,57                | 0,000    | 1,20       |
|                         |              | Velocidade máxima de extensão angular do tronco   |          |                                |          |     |     | 0,5                 | 0,000    | 1,12       |
|                         | 120%         | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*   | 0,69     | 0,43                           | 11,36    | 1   | 25  | 0,71                | 0,000    | 1,10       |
|                         |              | Altura do CM no <i>takeoff</i>  |          |                                |          |     |     | 0,35                | 0,029    | 1,10       |
|                         | 140%         | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*   | 0,53     | 0,25                           | 10,21    | 1   | 26  | 0,53                | 0,004    | 1,00       |
|                         | 160%         | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu | 0,69     | 0,43                           | 11,24    | 1   | 25  | 0,84                | 0,000    | 1,53       |
|                         |              | Menor altura do CM  |          |                                |          |     |     | 0,41                | 0,033    | 1,53       |

Legenda: *DJ*= *drop jump*; CM= centro de massa; *VIF*= fator de inflação da variância.

\* Indica que a variável também está presente no conjunto de variáveis que explicou a variância para a altura de salto no *CDJ* na mesma altura de PE.

**Tabela 4.3.** Variáveis com maior correlação com a altura de salto para os *DJ*.

| Tipo de <i>DJ</i>                 | Variável   | <i>r</i> | <i>P</i> |
|-----------------------------------|--|----------|----------|
| <i>Counter movement drop jump</i> | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*  | 0,48     | ,000     |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do joelho*   | 0,47     | ,000     |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo*  | 0,43     | ,000     |
|                                   | Pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal  | 0,31     | ,000     |
|                                   | Velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial                                     | -0,30    | ,000     |
|                                   | Velocidade articular do joelho no início da fase de contato inicial                                      | -0,27    | ,000     |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do joelho ocorreu*                | -0,26    | ,000     |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tronco ocorreu                 | 0,25     | ,001     |
|                                   | Tempo da fase excêntrica   | -0,25    | ,001     |
|                                   | Tempo da fase de contato inicial   | -0,24    | ,001     |
|                                   | Ângulo articular do tornozelo no takeoff*  | 0,22     | ,002     |
|                                   | Ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial*   | -0,21    | ,003     |
|                                   | Tempo da fase concêntrica  | -0,21    | ,003     |
|                                   | Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ocorreu | -0,20    | ,005     |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tornozelo ocorreu              | -0,19    | ,006     |
| <i>Bounce drop jump</i>           | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*  | 0,60     | ,000     |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do joelho*   | 0,59     | ,000     |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo*  | 0,44     | ,000     |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do tronco  | 0,38     | ,000     |
|                                   | Ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial*   | -0,33    | ,000     |
|                                   | Deslocamento angular do quadril na fase concêntrica  | 0,29     | ,000     |
|                                   | Ângulo articular do quadril no início da fase de contato inicial   | -0,29    | ,000     |
|                                   | Ângulo articular do tornozelo no takeoff*  | 0,28     | ,000     |
|                                   | Ângulo articular do joelho no takeoff  | 0,27     | ,000     |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do joelho ocorreu                   | -0,27    | ,000     |
|                                   | Maior ângulo articular do joelho   | 0,27     | ,000     |
|                                   | Deslocamento angular do joelho na fase concêntrica   | 0,26     | ,000     |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do joelho ocorreu*                | 0,25     | ,001     |
|                                   | Velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial                                      | -0,25    | ,001     |
|                                   | Maior ângulo articular do tronco   | 0,24     | ,001     |

Legenda: *DJ*= *drop jump*; FRVS= força de reação vertical do solo.

\* Indica que a variável também está presente no conjunto das 15 variáveis que apresentaram maior correlação com a altura de salto no *BDJ/CDJ*.

**Tabela 4.4.** Variáveis do modelo preditivo da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* independentemente da altura do PE.

| Tipo de <i>DJ</i>                 | Variável   | <i>R</i> | <i>R</i> <sup>2</sup> ajustado | <i>F</i> | df1 | df2 | $\beta$<br>padronizado | <i>P</i> | <i>VIF</i> |
|-----------------------------------|--|----------|--------------------------------|----------|-----|-----|------------------------|----------|------------|
| <i>Counter movement drop jump</i> | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*  |          |                                |          |     |     | 0,21                   | 0,008    | 2,22       |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo*  |          |                                |          |     |     | 0,42                   | 0,000    | 1,43       |
|                                   | Pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal  |          |                                |          |     |     | 0,198                  | 0,019    | 2,495      |
|                                   | Percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ocorreu |          |                                |          |     |     | 0,29                   | 0,000    | 1,76       |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do tronco ocorreu                 | 0,747    | 0,53                           | 22,2     | 1   | 158 | 0,29                   | 0,000    | 1,496      |
|                                   | Velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial                                     |          |                                |          |     |     | -0,16                  | 0,008    | 1,28       |
|                                   | Velocidade articular do joelho no início da fase de contato inicial                                      |          |                                |          |     |     | -0,24                  | 0,001    | 1,62       |
|                                   | Ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial*   |          |                                |          |     |     | -0,20                  | 0,001    | 1,34       |
|                                   | Tempo da fase concêntrica  |          |                                |          |     |     | -0,21                  | 0,012    | 2,35       |
| <i>Bounce drop jump</i>           | Velocidade máxima de extensão angular do quadril*  |          |                                |          |     |     | 0,26                   | 0,002    | 1,98       |
|                                   | Velocidade máxima de extensão angular do tornozelo*  |          |                                |          |     |     | 0,28                   | 0,000    | 1,36       |
|                                   | Ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial*   |          |                                |          |     |     | -0,19                  | 0,003    | 1,24       |
|                                   | Velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial                                      | 0,70     | 0,47                           | 25,4     | 1   | 161 | -0,27                  | 0,000    | 1,46       |
|                                   | Maior ângulo articular do tronco   |          |                                |          |     |     | 0,19                   | 0,006    | 1,40       |
|                                   | Percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do joelho ocorreu                   |          |                                |          |     |     | -0,14                  | 0,030    | 1,26       |

Legenda: *DJ*= *drop jump*; FRVS= força de reação vertical do solo; *VIF*= fator de inflação da variância.

\* Indica que a variável também está presente no conjunto de variáveis que explicou a variância para a altura de salto no *BDJ*

#### 4.4 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi identificar a combinação de variáveis cinéticas e/ou cinemáticas capazes de predizer a altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para cada altura relativa de PE (regressão parcial) e para todas as alturas de PE analisadas em conjunto (regressão geral). Nesse sentido, explicações e comparações referentes aos modelos de regressão parcial e geral entre as técnicas de *DJ* foram apresentadas nos tópicos a seguir.

##### 4.4.1 Regressão Parcial do *CDJ* e do *BDJ* nas Diferentes alturas Relativas de PE

A identificação dos preditores da altura de salto em *DJ* foi realizada em outros estudos (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997; EARP et al., 2010; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), contudo parece que esse foi o primeiro estudo que analisou e comparou os preditores da altura de salto em *CDJ* e *BDJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE. Foram identificados conjuntos de variáveis capazes de explicar entre 20% e 42% da variância para altura de salto obtida no *CDJ*. Para o PE60%, apenas o ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial compôs o modelo que explicou 23% da variância para altura de salto no *CDJ*. Pode ser que, ao tocar o solo com a articulação do joelho mais flexionada (se comparado às maiores alturas de PE), uma condição mais favorável para armazenar e utilizar energia elástica tenha ocorrido, contribuindo para a explicação do potencial preditivo dessa variável para altura de salto obtida nessa condição.

Novamente, apenas uma variável foi identificada pela regressão para explicar 21% da variância para altura de salto obtida a partir do PE80%. De maneira geral, a soma das velocidades angulares resulta na velocidade do CM no *takeoff* que, por sua vez, determina a altura de salto (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988). O deslocamento angular mais acentuado da articulação do joelho na fase excêntrica nas condições mais baixas de PE, comparado ao deslocamento das outras articulações (ver tabela 3.6 – capítulo 3), provavelmente resultou na maior velocidade de extensão angular do joelho e caracterizou maior contribuição dessa variável para a velocidade do CM no *takeoff*. A partir do PE100%, a combinação da velocidade máxima de extensão angular do quadril e da velocidade máxima de flexão angular do quadril explicaram 41% da variância para altura de salto nessa condição. Semelhante a contribuição da articulação do joelho em menores alturas de PE (80%), acredita-se que o deslocamento angular do quadril na fase excêntrica, que aumentou com o aumento do PE, tenha refletido no acréscimo da contribuição da velocidade de extensão

angular do quadril para a velocidade do CM no *takeoff*. Adicionalmente, a velocidade máxima de flexão angular do quadril resultou no alcance de maior velocidade de alongamento na fase excêntrica, condição que contribui para o aumento do armazenamento e provável utilização da energia elástica e para a potencialização reflexa que, conjuntamente, colaboram para o alcance de maiores alturas de salto (BOSCO et al., 1982; BOSCO; KOMI; ITO, 1981; ISHIKAWA; KOMI, 2004). Além disso, o pico de potência total na fase excêntrica também depende da velocidade das articulações nessa fase e, quando combinado com outras variáveis, é caracterizado como um bom preditor da altura obtida em saltos verticais (DOWLING; VAMOS, 1993; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b).

Para explicar 31% da variância para altura de salto obtida a partir do PE120%, a velocidade máxima de extensão angular do quadril e o ângulo articular do tronco no *takeoff* foram combinados. O ângulo do tronco no *takeoff* pode indicar que a posição e a velocidade do CM nesse instante está direcionada verticalmente, uma vez que o posicionamento e a velocidade horizontal (para frente ou para trás) do CM no *takeoff* pode resultar no alcance de alturas de salto submáximas (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988; BOBBERT; VAN ZANDWIJK, 1999). Além disso, a posição mais vertical do tronco no *takeoff* pode indicar que a coordenação do salto foi próximo-distal, pois, há indícios de que se as articulações do joelho e/ou tornozelo iniciam o movimento, uma rotação para trás do CM ocorre resultando em um posicionamento indesejado do CM no *takeoff* e reduzindo a altura obtida no salto (BOBBERT; VAN ZANDWIJK, 1999). Entre as alturas de PE analisadas, maior variância (42%) para altura de salto foi explicada para o PE140% por um modelo originado da combinação das variáveis: velocidade máxima de extensão angular do quadril, percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu e percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do joelho ocorreu. Com o aumento da altura do PE, os menores ângulos articulares são alcançados antes na tentativa devido a maior velocidade de contato com o solo proporcionada pelo maior tempo em queda livre (tabela 3.6 – capítulo 3). O aumento do PE também proporciona aumento da pré-ativação da musculatura agonista (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013) que, por sua vez, favorece o acúmulo de energia elástica durante a fase excêntrica (KOMI; BOSCO, 1978). Nesse sentido, é provável que o fato do tornozelo ter alcançado menor ângulo articular antes na tentativa pode ter proporcionado pré-ativação ainda maior dos extensores plantares que favoreceu o armazenamento de energia elástica na fase excêntrica e permitiu maior produção de potência durante a fase concêntrica, contribuindo para o alcance de maiores alturas de salto. Por sua vez, o percentual da tentativa

em que o maior ângulo articular do joelho ocorreu provavelmente contribuiu para orientação vertical do CM no *takeoff*.

É importante destacar que, além do maior número de modelos ter sido gerado pela regressão e, logo, maior variância para altura de salto ter sido explicada, na condição PE140% também foram registrados os maiores ganhos de altura de salto (ver estudo 2, capítulo 3). O fato de a velocidade máxima de extensão angular do tornozelo ter sido ligeiramente maior para condição PE140% em relação a todas as outras condições (sem significância – tabela 3.6, capítulo 3), sugere que os mecanismos de otimização do desempenho do CAE podem ter sido utilizados de maneira mais eficiente nessa condição. Essa afirmação pode ser explicada pela participação exclusiva da variável percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu, no modelo de predição do *CDJ* realizado a partir do PE140%. Não foi possível identificar nenhum outro padrão entre os parâmetros biomecânicos analisados que diferenciasse o *CDJ* realizado a partir do PE140% do mesmo exercício realizado a partir das demais condições. O modelo preditivo que explicou 20% da variância para altura de salto a partir do PE160% foi composto apenas pela velocidade máxima de extensão angular do tornozelo. Considerando que a velocidade máxima de extensão angular do tornozelo ocorre depois na tentativa se comparado a velocidade máxima de extensão das outras articulações (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988), pode ser que a proporção de contribuição da velocidade do tornozelo para a velocidade do CM no *takeoff* tenha sido superior nessa condição.

Ohnston e colaboradores (2015), analisaram um conjunto semelhante de variáveis e verificaram que a combinação do pico da FRVS e do percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu foram capazes de explicar 37,1% da variância para altura de salto no *CDJ*. É razoável afirmar que o potencial preditivo do modelo que explicou a maior parte da variância para altura de salto no *CDJ* no presente estudo foi maior (42% - PE140%) em função do maior número de variáveis combinadas para formar o respectivo modelo. Contudo, 41% da variância para altura de salto no PE100% foi explicada pela combinação de apenas duas variáveis: velocidade máxima de extensão angular do quadril e da velocidade máxima de flexão angular do quadril. Essas duas variáveis foram analisadas no estudo citado, porém as diferenças no protocolo de realização do *CDJ* podem auxiliar a explicar os resultados divergentes. Ohnston e colaboradores (2015), analisaram o desempenho no *CDJ* realizado sem restrição de MMSS a partir de um PE de 12 polegadas (aproximadamente 30cm). Sabe-se que a utilização de MMSS altera o desempenho no *DJ*

(LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a) e há indícios de que a mesma altura de PE pode estimular o sistema neuromuscular de diferentes indivíduos de maneira distinta (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Por isso, as comparações dentro e entre estudos que analisaram o desempenho no *DJ* a partir de alturas absolutas de PE devem ser interpretadas com cautela, uma vez que fornecer o mesmo estímulo à indivíduos com capacidades neuromusculares distintas pode contribuir para o aumento da variabilidade dos dados. No presente estudo, a altura do PE foi normalizada pela altura obtida em SVCM. Estudos anteriores relataram que o desempenho no SVCM está fortemente correlacionado com o desempenho no *DJ* (FERREIRA et al., 2010; SHEPPARD et al., 2008), fato que pode garantir que o estímulo está sendo fornecido de acordo com as capacidades neuromusculares dos indivíduos (ISHIKAWA; KOMI, 2004).

No *BDJ*, a variância explicada pelos modelos de predição variou entre 43% e 62%. De forma geral, maior influência da velocidade máxima de extensão angular do joelho também foi verificada nos modelos preditivos das menores alturas de PE no *BDJ* (60% e 80%), enquanto em alturas mais elevadas (120% e 140%), a velocidade máxima de extensão angular do quadril exerceu maior influência. Explicações para as variáveis que compuseram os modelos preditivos para as condições 120% e 140% foram fornecidas anteriormente. Entre os modelos de predição da altura de salto obtida no *BDJ* nas diferentes alturas de PE, foram identificadas 5 variáveis que não participaram dos modelos preditivos no *CDJ* e, por isso, as possíveis explicações referentes a contribuição apenas dessas variáveis serão apresentadas.

A velocidade máxima de extensão angular do joelho foi combinada com a altura do CM no *takeoff* para explicar 56% da variância para altura de salto a partir do PE60%. A altura do CM no *takeoff* pode estar relacionada ao posicionamento mais vertical do CM nesse instante e, por isso, pode auxiliar a explicar a altura de salto obtida no *DJ*. Um modelo originado da combinação da velocidade máxima de extensão angular do joelho, do percentual da tentativa em que o menor ângulo articular do tornozelo ocorreu e do percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu, explicou 60% da variância para altura de salto no PE80%. A velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu ligeiramente depois nessa condição em relação as outras alturas de PE. Esse é um indicativo de que alcançar a velocidade máxima do quadril mais próximo do *takeoff* pode contribuir para o alcance da velocidade máxima do CM nesse instante, caracterizando a contribuição dessa variável para o modelo de predição. Semelhantemente ao *CDJ*, o modelo com maior potencial preditivo também foi identificado para o PE a partir do qual maiores ganhos de altura foram obtidos no *BDJ* (100% - ver estudo 2, capítulo 3). A velocidade

máxima de extensão angular do tornozelo, a velocidade angular do joelho no *takeoff* e a velocidade máxima de extensão angular do tronco combinadas, explicaram 63% da variância para altura de salto no PE100%. Tais variáveis não foram inseridas em nenhum outro modelo que explicou a variância entre as diferentes alturas de PE. Isso indica que o exercício está sendo realizado de maneira diferente entre as condições e, por isso, as variáveis são específicas para essa altura de PE. A variável que provavelmente determinou o melhor desempenho para essa altura de PE foi a velocidade máxima de extensão angular do tornozelo.

A magnitude da velocidade máxima de extensão do tornozelo foi ligeiramente maior especialmente na condição PE100% (sem significância – tabela 3.6, capítulo 3). Nesse sentido, pode-se afirmar que a proporção da contribuição dessa variável para a velocidade do CM no *takeoff* nesta condição, foi superior. Adicionalmente, a participação da velocidade angular do joelho no *takeoff* é um indicativo de que a velocidade máxima de extensão angular do joelho teve maior contribuição nessa condição para a velocidade máxima do CM no *takeoff*. Caracterizar a contribuição da velocidade angular do joelho no *takeoff* sem considerar a velocidade máxima de extensão angular dessa articulação pode não ser adequado, uma vez que as velocidades de extensão angular das articulações alcançam os valores máximos 30ms antes do *takeoff* e tendem a diminuir até o instante de perda de contato dos pés com o solo para realização do salto (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988). Ainda, a participação da velocidade máxima de extensão angular do tronco no modelo de predição pode indicar maior contribuição dessa variável para a velocidade total do CM no *takeoff*. Por fim, a variância para altura de salto no PE160% foi explicada pela combinação do percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu e a menor altura do CM. A menor altura do CM é resultado do maior deslocamento angular na fase excêntrica (tabela 3.6 – estudo 3) adotado, geralmente, como uma estratégia de prevenção do sistema neuromuscular contra as altas cargas de alongamento fornecidas por alturas mais elevadas de PE (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b). Isso resulta em maior deslocamento angular na fase concêntrica (tabela 3.6 – estudo 3) e, logo, maior tempo da fase concêntrica (tabela 3.5 – estudo 3), permitindo maior tempo para aplicação de força, fato que contribui para o alcance de maiores alturas de salto (ABOODARDA et al., 2013; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Tal explicação justifica a seleção dessa variável para o modelo de predição da altura de salto obtida a partir da maior altura de PE.

Ferreira e colaboradores (2010) também estudaram os preditores da altura de salto no *BDJ*. Os autores, ao analisarem variáveis estruturais e funcionais como possíveis predictoras da altura de salto no *BDJ* realizado por homens e mulheres a partir de um PE de 40cm, identificaram um modelo composto por duas variáveis (pico de potência no SVCM com 30% da carga de uma 1RM do exercício de agachamento e massa corporal) capaz de explicar 83% da variância para altura de salto. Sabe-se que a altura obtida em *DJ* é sexo-dependente (DE VILLARREAL et al., 2009; KOMI; BOSCO, 1978; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010) e que alturas absolutas de PE podem fornecer estímulos de diferentes intensidades entre os indivíduos (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Além disso, o protocolo de *DJ* utilizado por Ferreira e colaboradores (2010) foi incomum. Muitos estudos analisaram o desempenho em *DJ* realizados com as mãos na cintura (ABOODARDA et al., 2014; PAIN, 2014; WANG; PENG, 2014) ou então sem restrição de MMSS (LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006a; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Contudo, no estudo supracitado, os indivíduos realizaram o *DJ* segurando um cano de PVC sobre os ombros. Tais fatores limitaram as comparações pois, possivelmente, as restrições metodológicas ressaltadas acrescentaram variabilidade aos dados. Ainda, o presente estudo evidenciou que os preditores da altura de salto podem variar com a manipulação da altura do PE e, assim, as comparações com estudos que analisaram uma única altura de PE devem ser interpretadas cautelosamente. Finalmente, o conjunto de variáveis analisadas no estudo citado foi completamente diferente do conjunto de variáveis analisadas no presente estudo, limitando ainda mais as comparações.

Outros dois estudos analisaram os preditores da altura de salto em *DJ* (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997; EARP et al., 2010). Contudo, a escassez de informações a respeito do protocolo de teste, dificultou a identificação da técnica de *DJ* utilizada, limitando as comparações com os resultados do presente trabalho. A falta de instruções específicas para realização de *DJ* pode permitir variações da técnica entre os indivíduos estudados (BOBBERT et al., 1986), acrescentando variabilidade aos dados e comprometendo as análises. Por outro lado, o fornecimento de instruções específicas aos avaliados garante que técnicas de *DJ* bem definidas sejam utilizadas (JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). De qualquer forma, o conjunto de variáveis analisadas como predictoras nesses trabalhos prévios foi diferente do conjunto de variáveis analisadas no presente estudo, limitando as comparações. Um dos estudos analisou variáveis de estrutura muscular e

identificou que o ângulo de penação do gastrocnêmio lateral explicou 26,3% da variância para altura de salto no *DJ* (EARP et al., 2010). No outro estudo, o desempenho de homens e mulheres no *DJ* realizado sem restrição de movimentos dos membros superiores, a partir de uma altura absoluta de PE (50cm), foi analisado (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997). Os autores relataram que 23% da variância para altura de salto no *DJ* foi explicada pela razão entre o pico do torque concêntrico do joelho (isocinético) e a massa corporal dos indivíduos. Embora a estrutura muscular e as medidas de força isocinética terem contribuído para explicar a variância na altura de salto no *DJ*, tais resultados devem ser interpretados com cautela uma vez que limitações metodológicas, como o estudo de apenas uma altura absoluta de PE e a análise de homens e mulheres em conjunto, foram identificadas nesses trabalhos. Por isso, outras pesquisas devem ser realizadas para que o potencial preditivo dessas variáveis seja melhor caracterizado.

Os conjuntos de variáveis que explicaram a variância para a altura obtida em ambas as técnicas de *DJ*, entre as diferentes alturas de PE, apresentaram semelhanças. Para ambas as técnicas de *DJ*, as variáveis preditoras foram exclusivamente cinemáticas, sendo que as velocidades de extensão angular (predominantemente do quadril e do joelho) estavam presentes na maioria dos modelos. A importância dessas variáveis foi explicada pela contribuição das mesmas na velocidade do CM no *takeoff* que determina a altura de salto. Nas condições 80%, 120% e 140%, foram identificadas variáveis preditoras comuns entre o *CDJ* e o *BDJ* (ver tabela 4.1 e 4.2). Contudo, os modelos não foram idênticos entre as técnicas de *DJ* em nenhuma das alturas de PE analisadas provavelmente em função das diferenças biomecânicas entre as técnicas. Desse modo, os resultados do presente estudo indicam que, além de serem específicos para cada tipo de salto (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), os preditores de desempenho parecem ser técnica e altura de PE-dependentes, ou seja, para o mesmo exercício, a variação da técnica e/ou da altura do PE parecem influenciar os preditores do desempenho. Por isso, foi sugerido que o diagnóstico de um conjunto definitivo de variáveis biomecânicas preditoras da altura de salto em *DJ* é inviável, quando uma única técnica ou altura de PE é analisada. A análise de diferentes alturas de PE em conjunto para as diferentes técnicas de *DJ* pode resultar na identificação de um conjunto de preditores cinéticos e/ou cinemáticos mais consistente. Na próxima seção, o conjunto de variáveis preditoras da altura de salto em *CDJ* e *BDJ* identificados a partir da análise conjunta de 6 alturas relativas de PE será apresentado e discutido.

#### 4.4.2 Regressão Geral: *CDJ* e *BDJ*

No presente estudo, além de analisar várias alturas de PE individualmente, a análise dos preditores da altura de salto para todos os PE em conjunto (para cada tipo de *DJ*), permitiu a identificação de um modelo mais robusto se comparado à identificação dos preditores da altura de salto para apenas uma altura de PE realizada em estudos anteriores (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997; EARP et al., 2010; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Um conjunto de 9 variáveis foi identificado para explicar 53,3% da variância para a altura de salto no *CDJ*. Esse conjunto originou-se da combinação de variáveis cinéticas (pico da FRVS normalizado) e cinemáticas (velocidades angulares, ângulos articulares e tempo das fases). Entre as 9 variáveis, 4 delas foram exclusivas para o modelo de predição do *CDJ* para análise dos PE em conjunto, a saber: pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal, percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ocorreu, velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial e tempo da fase concêntrica. Essas variáveis também não estavam presentes nos modelos preditivos identificados para as alturas de PE analisadas individualmente.

O pico da FRVS na fase concêntrica contribui para o acréscimo da potência total e pode resultar no aumento da altura obtida em saltos verticais (ABOODARDA et al., 2013; BOSCO; KOMI; ITO, 1981). A inclusão da variável de percentual da tentativa em que o pico da FRVS da fase concêntrica normalizado pelo peso corporal ocorreu, no modelo de predição, pode indicar que quando mais próximo do *takeoff* esse pico é alcançado, maior a sua contribuição para a potência e desempenho no *CDJ*. A importância da potência para a obtenção de maiores alturas de salto está documentada na literatura (DOWLING; VAMOS, 1993b; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b). A participação da velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial no modelo de predição pode ser um indício de que essa variável contribui para o alcance de maiores velocidades de alongamento. A relação entre velocidade de alongamento e o desempenho em saltos verticais também foi relatada em estudos prévios (DOWLING; VAMOS, 1993b; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b). Maior tempo da fase concêntrica foi identificado para o *CDJ* (tabela 3.5 – capítulo 3). Acredita-se que essa variável foi incluída no modelo de predição do *CDJ* pois, quanto maior o tempo da fase concêntrica, maior tempo haverá para aplicação de força, contribuindo para o alcance de alturas de salto mais elevadas (ABOODARDA et al., 2013; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987b; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995).

Poucos estudos analisaram os preditores da altura de salto em *DJ* tornando a comparação entre os estudos limitada (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997; EARP et al., 2010; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Ohnston e colaboradores (2015), ao analisarem mais de 50 variáveis biomecânicas, relataram que apenas 37,1% da variância para altura de salto no *CDJ* foi explicada por um modelo que resultou da combinação de duas variáveis, a saber: o pico da FRVS e o percentual da tentativa em que a velocidade máxima de extensão angular do quadril ocorreu. Ambas as variáveis foram analisadas no presente estudo, porém apenas o pico da FRVS estava no conjunto de variáveis que explicou a maior parte da variância para altura de salto no *CDJ*.

As diferenças entre os resultados podem ser explicadas, principalmente, pelas diferenças nos protocolos de testes para realização do *DJ* mencionadas anteriormente (ver seção 4.4.1). Além disso, a análise dos preditores da altura de salto no presente estudo foi realizada a partir de 6 alturas de PE em conjunto. Esse fator contribuiu para a identificação de um modelo mais robusto para predição da altura de salto no *CDJ*, uma vez que os preditores da altura de salto podem diferir entre alturas de PE distintas (ver seção 4.4.1). Ainda, apesar do conjunto completo de variáveis ter sido semelhante, entre as 10 variáveis mais correlacionadas com a altura de salto no estudo de Ohnston e colaboradores (2015), apenas 2 foram analisadas no presente estudo e apenas o pico da FRVS fez parte do conjunto de 15 variáveis mais correlacionadas com a altura de salto no *CDJ*, que foi inserido no modelo de regressão para identificação do conjunto de variáveis capaz de explicar a maior parte da variância para altura de salto nesse exercício. A outra variável é o percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do quadril ocorreu. Sugere-se que outra variável tenha representado o potencial preditivo do percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do quadril ocorreu (talvez a velocidade articular do quadril no início da fase de contato inicial) no presente estudo, uma vez que manter 2 variáveis que contribuam de maneira semelhante para o modelo de predição pode ser redundante e até mesmo violar um pressuposto matemático do método estatístico (discutido a seguir).

Um conjunto de 6 variáveis exclusivamente cinemáticas (velocidades angulares e ângulos articulares) foi identificado para explicar 46,7% da variância para a altura de salto no *BDJ*, independentemente da altura do PE. Nesse conjunto de variáveis, foram identificadas 3 variáveis exclusivas do modelo de predição do *BDJ*, são elas: velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial, maior ângulo articular do tronco e percentual da tentativa em que a velocidade máxima de flexão angular do joelho ocorreu. Justifica-se a inclusão da velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial pelo potencial dessa variável

em aumentar a velocidade de alongamento, indicador relacionado a altura de salto obtida (DOWLING; VAMOS, 1993b; GONZALEZ-BADILLO; MARQUES, 2010b). O maior ângulo articular do tronco pode indicar que o CM está posicionado mais verticalmente. Tal fato também é determinante para a obtenção de maiores alturas de salto (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988; BOBBERT; VAN ZANDWIJK, 1999). A velocidade de flexão angular do joelho é determinante para velocidade de alongamento da fase excêntrica e, por isso, contribui para o aumento do armazenamento de energia elástica que pode ser utilizada na fase concêntrica resultando na obtenção de maiores alturas de salto (BOSCO et al., 1982; BOSCO; KOMI; ITO, 1981; ISHIKAWA; KOMI, 2004). É importante que o tempo entre a fase excêntrica e concêntrica seja curto para que a energia armazenada não seja dissipada (BOSCO; KOMI; ITO, 1981). Nesse sentido, atingir a velocidade máxima de flexão angular do joelho mais próximo do início da fase **concêntrica** pode garantir que a energia armazenada seja utilizada potencializando o desempenho no salto e justificando a inclusão dessa variável no modelo de predição. Na literatura, somente um estudo foi identificado no qual a análise dos determinantes da altura de salto no *BDJ* foi realizada (FERREIRA et al., 2010). No estudo referido, o desempenho de homens e mulheres foi analisado a partir de uma única altura absoluta de PE (40cm). As limitações metodológicas que comprometeram as comparações com o presente estudo foram discutidas na seção anterior.

Em suma, um conjunto de 9 variáveis foi identificado para explicar 53,3% da variância para altura de salto no *CDJ* enquanto 46,7% da variância para altura de salto no *BDJ* foi explicada por meio da combinação de 6 variáveis. É razoável afirmar que maior variância foi explicada para o *CDJ* em função do maior número de variáveis agrupadas pela regressão múltipla para a equação de predição nessa técnica de *DJ*. A velocidade máxima de extensão angular do quadril apresentou-se como o melhor preditor da altura de salto, explicando isoladamente 23% e 35% da variância no *CDJ* e no *BDJ*, respectivamente. Contudo, o deslocamento angular de nenhuma das articulações analisadas fez parte dos modelos preditivos (o deslocamento angular também não está presente nos modelos de regressão parcial), confirmando parcialmente a hipótese ( $H_5$ ) de estudo. O deslocamento angular do quadril e do joelho na fase concêntrica estavam entre as 15 variáveis mais correlacionadas com a altura de salto no *BDJ*. Porém, a regressão não identificou tais variáveis como potenciais preditores da altura de salto nesse exercício. Em estudos anteriores, relatou-se que maiores amplitudes de movimento articular podem contribuir para maior aplicação de força e utilização dos mecanismos de otimização do desempenho do CAE na fase concêntrica, contribuindo para o alcance de maiores alturas de salto (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN

SCHENAU, 1987b; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Ainda, o deslocamento angular do tornozelo e do joelho foram documentados como preditores do desempenho em SVC (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015). Considerando a semelhança na magnitude de diversos parâmetros biomecânicos entre o *CDJ* e o SVC reportado em outros estudos (BOBBERT et al., 1986; BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a), pode ser que os deslocamentos angulares contribuam, de fato, para o alcance de maiores alturas de salto no *DJ*. Logo, a contribuição dos deslocamentos angulares para obtenção de maiores alturas de salto nas técnicas de *DJ* analisadas não foi totalmente descartada e precisa ser elucidada em estudos futuros.

O tempo da fase concêntrica e o pico da FRVS nessa fase foram identificados nos modelos de predição do *CDJ* quando as alturas de PE foram analisadas em conjunto. Assim, a hipótese ( $H_6$ ) de que o tempo da fase concêntrica e o pico da FRVS nessa fase estariam entre as variáveis preditoras da altura de salto nesse *DJ* foi confirmada. No *BDJ*, a velocidade de flexão angular de nenhuma das articulações foi identificada entre os modelos preditivos da altura de salto na análise individual ou na análise de conjunta de todos os PE. Por isso, a hipótese ( $H_7$ ) de que as velocidades de flexão angular, em conjunto com outras variáveis, iriam prever a altura de salto obtida no *BDJ* foi refutada. Contudo pode ser que outras variáveis tenham representado o potencial preditivo da velocidade de flexão angular das articulações, como a velocidade articular do tronco no início da fase de contato inicial identificada no modelo de predição do *BDJ* para as alturas de PE analisadas em conjunto, por exemplo. É importante ressaltar que, entre os parâmetros biomecânicos analisados no presente estudo, outras variáveis poderiam ter sido utilizadas para explicar a variância para altura de salto para o *CDJ* e para o *BDJ*. Por exemplo, o percentual da tentativa em que o maior ângulo articular do joelho e do quadril ocorreram foram idênticos (ver tabela 3.6 – capítulo 3), porém, somente a primeira variável foi identificada no modelo de predição da altura de salto para o PE140% no *CDJ*. Nesse sentido, é provável que a contribuição de ambas para o modelo seja redundante e, por isso, somente uma delas fez parte do conjunto de variáveis no modelo preditivo. Além disso, manter ambas no mesmo modelo violaria um pressuposto matemático do método estatístico utilizado. O mesmo princípio se aplica para o conjunto de variáveis incluídas nos modelos de predição quando as alturas de PE foram analisadas em conjunto.

O conjunto de parâmetros biomecânicos que explicou a maior parte da variância para altura de salto diferiu entre as técnicas *CDJ* e *BDJ* no presente estudo. Apenas 3 variáveis foram comuns nos modelos de predição identificados para o *CDJ* e *BDJ*, a saber: velocidade

máxima de extensão angular do quadril, velocidade máxima de extensão angular do tornozelo e ângulo articular do joelho no início da fase de contato inicial (as possíveis contribuições dessas variáveis na explicação da variância para altura de salto podem ser consultadas na seção anterior). Semelhanças e diferenças entre o conjunto de variáveis preditoras da altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para as alturas de PE analisadas individualmente também foram identificadas (ver seção 4.4.1). Tais resultados fornecem suporte à estudos anteriores que relataram que o desempenho e, logo, a altura de salto no *DJ* é técnica-dependente (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVITSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). Os resultados discutidos nessa seção reforçam ainda a afirmação anterior de que além de conjuntos específicos de variáveis explicarem a altura em diferentes tipos de salto (OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), diferenças na técnica de movimento para o mesmo exercício são suficientes para que o conjunto de preditores de desempenho se altere.

#### 4.5 CONCLUSÃO

Foi possível prever a altura de salto por meio da combinação de variáveis cinemáticas para as alturas de PE analisadas individualmente e por meio da combinação de variáveis cinéticas e cinemáticas quando as alturas de PE foram analisadas em conjunto. O presente estudo apontou que maior velocidade de extensão angular das articulações pode contribuir para o aumento da velocidade do centro de massa no *takeoff* permitindo que maiores alturas de salto sejam alcançadas. Considerando as diferenças entre os modelos de predição identificadas nesse estudo, pode-se afirmar que o conjunto de variáveis capazes de explicar a variância para a altura de salto em *DJ* são altura do PE e técnica-dependentes. Para estudos futuros, recomenda-se a realização de intervenções a fim de confirmar se o aumento na magnitude das variáveis preditoras do desempenho identificados no presente estudo realmente desencadeiam aumentos na altura de salto em *CDJ* e *BDJ*.

## CAPÍTULO 5

### Discussão e conclusão gerais

#### 5.1 DISCUSSÃO GERAL

O *drop jump* é um exercício pliométrico amplamente utilizado em rotinas de treinamento e tem sido eficiente em otimizar o desempenho em habilidades esportivas (ALKJAER et al., 2013b; BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BOBBERT, 1990; BYRNE et al., 2010a; DE VILLARREAL et al., 2009; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; DI GIMINIANI; PETRICOLA, 2015; KANNAS; KELLIS; AMIRIDIS, 2012; MALISOUX et al., 2006; MARSHALL; MORAN, 2013; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SANKEY; JONES; BAMPOURAS, 2008). O estudo das diferentes técnicas de *DJ* e das diferentes alturas de PE basearam-se na premissa de que as adaptações ao treinamento dependem, essencialmente, da técnica (BYRNE et al., 2010a; MARSHALL; MORAN, 2013) e/ou da altura do PE (TAUBE et al., 2012a) utilizadas. A utilização de alturas relativas de PE foi realizada pelo fato de que alturas de PE absolutas podem fornecer estímulos de diferentes intensidades entre indivíduos com capacidades neuromusculares distintas (BYRNE et al., 2010a; EBBEN et al., 2011; PIETRASZEWSKI; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, 2011). Nesse escopo, o mesmo estímulo, fornecido para indivíduos com capacidades neuromusculares distintas, pode aumentar a variabilidade dos dados em um estudo, mascarando os efeitos da manipulação da altura do PE na magnitude das variáveis cinéticas, cinemáticas e na altura de salto entre as técnicas de *DJ*. Por isso, considerou-se necessário analisar e comparar o desempenho em *CDJ* e *BDJ* realizados a partir de diferentes alturas relativas de PE, já que a maioria dos estudos anteriores analisaram, predominantemente, o desempenho de uma técnica isolada, a partir de alturas absolutas de PE.

Inicialmente, uma revisão de literatura foi conduzida para identificar o efeito da altura do PE nas variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto em *DJ* bilaterais (estudo 1 – capítulo 2). Três resultados principais podem ser destacados: a) o aumento da altura do PE resultou em aumentos na magnitude das variáveis cinéticas e cinemáticas principalmente na fase excêntrica do exercício. Os resultados foram explicados pelo maior tempo em queda livre que resultou em maior velocidade no instante de contato com o solo e, logo, maior carga na fase excêntrica, exigindo que o sistema se adaptasse à essa condição; b) a instrução fornecida aos indivíduos para realização do *DJ* caracteriza a técnica nesse exercício. A técnica, por sua

vez, influencia tanto a magnitude das variáveis cinéticas, cinemáticas e altura de salto obtida no *DJ* (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVTSSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) quanto as adaptações ao treinamento (BYRNE et al., 2010a; MARSHALL; MORAN, 2013; YOUNG; WILSON; BYRNE, 1999) e; c) a altura do PE parece influenciar a altura de salto obtida, contudo, os resultados são inconsistentes. Há relatos de que a altura de salto pode aumentar (ARAI; ISHIKAWA; ITO, 2013; MCBRIDE; SNYDER, 2012; MCCAULLEY et al., 2007; PAIN, 2014), diminuir (LEES; FAHMI, 1994; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995) ou apresentar níveis intermediários ótimos indicando que existe uma altura ótima de PE a partir da qual maior altura de salto no *DJ* é obtida (BEDI et al., 1987; HAKKINEN; KOMI, 1983). Alturas de PE que permitem maior altura de salto no *DJ* foram sistematizadas em rotinas de treinamento e demonstraram-se eficientes na melhora do desempenho dos indivíduos (BERRYMAN; MAUREL; BOSQUET, 2010; BYRNE et al., 2010a). Contudo, nesses estudos, foi necessário que os participantes realizassem diversos *DJ* a partir de diversas alturas de PE para que a altura ideal fosse identificada, expondo os mesmos a condições de risco de lesão. Desse modo, a necessidade de identificar um método para prescrever a altura ótima do PE sem expor os indivíduos a condições com potencial lesivo, justificou a realização do estudo 2.

No estudo 2 (capítulo 3), a identificação da altura do PE que permite maior altura de salto em *CDJ* e *BDJ*, entre 6 alturas relativas de PE prescritas a partir da altura obtida em *SVCM*, e a análise do desempenho nas duas técnicas de *DJ* realizados a partir das diferentes alturas de PE foram realizadas. Destacaram-se três resultados principais: a) a curva para o ganho de altura apresentou níveis intermediários ótimos em ambas as técnicas de *DJ*, confirmando os resultados de estudos anteriores (BEDI et al., 1987; HAKKINEN; KOMI, 1983). Houve uma tendência para obter maiores ganhos a partir do PE140% para o *CDJ* e a partir do PE100% para o *BDJ*; b) a manipulação da altura do PE demonstrou influenciar a magnitude de diversas variáveis cinéticas e cinemáticas. De forma geral, a magnitude das variáveis cinéticas e cinemáticas aumentaram com o aumento da altura do PE, e; c) a altura de salto e a magnitude de diversas variáveis cinemáticas e cinéticas foram condicionados pela técnica de *DJ* utilizada, confirmando os resultados de estudos prévios (BOBBERT; HUIJING; VAN INGEN SCHENAU, 1987a; JIDOVTSSEFF et al., 2014; KHUU; MUSALEM; BEACH, 2015; LOUDER; BRESSEL; BRESSEL, 2015; YOUNG; PRYOR; WILSON, 1995). De maneira geral, a altura de salto e a magnitude das variáveis cinemáticas foram maiores para o *CDJ* enquanto a magnitude das variáveis cinéticas foi maior para o *BDJ*. Esses resultados

contribuem para otimização da prescrição do treinamento. Adicionalmente, identificar preditores da altura de salto que podem ser estimulados (em *CDJ* e *BDJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE), amplia ainda mais as informações para prescrição específica do treinamento. A escassez de estudos realizados para identificar os preditores da altura de salto em *DJ* bilaterais culminou na proposta do estudo 3.

No estudo 3, a combinação de variáveis cinéticas e/ou cinemáticas que explicam a maior parte da variância para a altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* para cada altura relativa de PE e para todas as alturas de PE analisadas em conjunto foram identificadas. Os três resultados principais foram: a) variáveis exclusivamente cinemáticas (velocidades angulares e ângulos articulares) foram combinadas pela regressão múltipla para explicar a variância para a altura de salto no *CDJ* e no *BDJ* a partir de cada altura de PE. De modo geral, a velocidade máxima de extensão angular do joelho e do quadril foram as variáveis que mais contribuíram para os modelos de predição da altura de salto (tanto no *CDJ* quanto no *BDJ*) em alturas menores e maiores de PE, respectivamente. Ademais, a altura do PE que proporcionou maiores ganhos de altura no estudo 2 – capítulo 3 (140% para o *CDJ* e 100% para o *BDJ*) foi justamente a altura a partir da qual maior número de variáveis foi utilizada para compor os modelos preditivos gerados pela regressão múltipla e maior variância foi explicada (41,7% para o *CDJ* e 62,7% para o *BDJ*); b) quando as alturas de PE foram analisadas em conjunto, a combinação de variáveis cinéticas (pico da FRVS normalizado) e cinemáticas (velocidades angulares, ângulos articulares e tempo das fases) explicou 53,3% da variância para altura de salto no *CDJ* e um conjunto de variáveis exclusivamente cinemáticas (velocidades angulares e ângulos articulares) explicou 46,7% da variância no *BDJ*; e, c) o conjunto de variáveis preditoras da altura de salto em *DJ* bilaterais depende da altura do PE e da técnica adotada nesse exercício. Variáveis comuns foram identificadas nos modelos de predição, porém nenhum conjunto de variáveis preditoras foi idêntico entre as alturas de PE ou entre as técnicas de *DJ*. Nesse sentido, o conjunto de variáveis preditoras reportado em estudos anteriores, nos quais uma única altura de PE e/ou uma técnica de *DJ* foram analisadas (DESTASO; KAMINSKI; PERRIN, 1997; EARP et al., 2010; FERREIRA et al., 2010; OHNSTON; UTLER; PARLING, 2015), não podem ser considerados como preditores definitivos do desempenho.

Não se pode afirmar que os preditores da altura de salto encontrados no presente estudo, para cada altura de PE e para as alturas de PE analisadas em conjunto para cada técnica de *DJ*, são definitivos. Assim como a altura de salto é sexo (DE VILLARREAL et al., 2009; KOMI; BOSCO, 1978; LAFFAYE; CHOUKOU, 2010), idade (LAZARIDIS et al.,

2013a), estado de treinamento (BEDI et al., 1987; MCBRIDE; SNYDER, 2012; VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998) e tipo de treinamento-dependente (PAIN, 2014), é provável que o estudo de diferentes populações possibilite a identificação de outras variáveis capazes de prever a variância para altura de salto em *CDJ* e *BDJ* além daquelas que foram encontradas nesse e em estudos anteriores. Desse modo, sugere-se que novos estudos sejam conduzidos para ampliar o conhecimento a respeito das variáveis determinantes do desempenho em diferentes técnicas de *DJ* realizados a partir de diferentes alturas de PE. Tais informações poderiam auxiliar na prescrição do treinamento pliométrico por meio de *DJ* para otimização do desempenho atlético, uma vez que muitas das variáveis diagnosticadas como preditoras da altura de salto em *DJ* até o momento, são treináveis. Por fim, recomenda-se que a altura do PE em estudos futuros e em rotinas de treinamento seja relativizada, já que assim a probabilidade do sistema neuromuscular de diferentes indivíduos estar sendo estimulado em intensidade semelhante é maior.

## 5.2 CONCLUSÃO GERAL

A altura de salto, a magnitude das variáveis biomecânicas e o conjunto de variáveis capaz de explicar a variância para altura de salto em *DJ* bilaterais dependem da técnica e da altura de PE utilizada. A curva de desempenho apresenta níveis intermediários ótimos, sendo que a altura de PE a partir da qual maior altura de salto é obtida, depende da técnica de *DJ* utilizada. Ajustes na técnica de salto são necessários para suportar as maiores cargas de alongamento proporcionadas por alturas de PE mais elevadas. Os ajustes foram evidenciados pelo aumento na magnitude de diversas variáveis biomecânicas analisadas. As variáveis preditoras do desempenho em *DJ* bilaterais demonstraram-se dependentes da altura do PE e da técnica adotada nesse exercício. De forma geral, a utilização de alturas de PE relativas pareceu contribuir para que o sistema neuromuscular de diferentes indivíduos fosse estimulado de maneira semelhante. Contudo, apesar do controle criterioso da técnica e da altura do PE no presente estudo, pode ser que as diferenças no histórico esportivo dos participantes tenham influenciado as análises. Os efeitos do treinamento por meio de *DJ* realizados a partir de alturas de PE relativas a altura obtida em SVCM precisam ser analisados em estudos futuros para confirmar a eficiência desse método de prescrição na otimização do desempenho atlético. Ainda, o efeito da técnica e da altura do PE em outras variáveis

biomecânicas (ativação muscular, por exemplo) e a identificação de preditores da altura de salto adicionais, também precisam ser estudados.

## REFERÊNCIAS

- ABOODARDA, S. J. et al. Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 2, p. 181–187, 2013.
- ABOODARDA, S. J. et al. Does Performing Drop Jumps With Additional Eccentric Loading Improve Jump Performance? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 8, p. 2314–2323, 2014.
- ADAMS, K. et al. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 6, p. 36–41, 1992.
- ALKJAER, T. et al. Neuromuscular adaptations to 4 weeks of intensive drop jump training in well-trained athletes. **Physiological reports**, v. 1, n. 5, p. 1–11, 2013b.
- ARABATZI, F.; KELLIS, E. Olympic weightlifting training causes different knee muscle-coactivation adaptations compared with traditional weight training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2192–2201, 2012.
- ARAGÓN-VARGAS, L. F.; GROSS, M. M. Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 24–44, 1997.
- ARAI, A.; ISHIKAWA, M.; ITO, A. Agonist-antagonist muscle activation during drop jumps. **European journal of sport science**, v. 13, n. 5, p. 490–8, 2013.
- ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 91, n. 1971, p. 385–392, 1974.
- BALLINGER, G. A. Using Generalized Estimating Equations for Longitudinal Data Analysis. **Organizational Research Methods**, v. 7, n. 2, p. 127–150, 1 abr. 2004.
- BEDI, J. F. et al. Increase in jumping height associated with maximal effort vertical depth jumps. **Research Quarterly for Exercise & Sport**, v. 58, n. 1, p. 11–15, 1987.
- BERRYMAN, N.; MAUREL, D.; BOSQUET, L. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 35, p. 1818–1825, 2010.
- BOBBERT, M. F. et al. Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. **European Journal of Applied Physiology**, v. 54, n. 6, p. 566–573, 1986.
- BOBBERT, M. F. Drop jumping as a training method for jumping ability. **Sports medicine**, v. 9, p. 7–22, 1990.
- BOBBERT, M. F. et al. Why is countermovement jump height greater than squat jump

- height? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, p. 1402–1412, 1996.
- BOBBERT, M. F.; HUIJING, P. A.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. V. I. Drop jumping I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 19, n. 4, p. 332–338, 1987a.
- BOBBERT, M. F.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. Coordination in vertical jumping. **Journal of Biomechanics**, v. 21, n. 3, p. 249–262, 1988.
- BOBBERT, M. F.; VAN ZANDWIJK, J. P. Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 31, n. 2, p. 303–10, 1999.
- BOBBERT, M.; HUIJING, P.; VAN INGEN SCHENAU, G. VAN I. Drop jumping. II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 19, p. 339–346, 1987d.
- BOBER, T. et al. Biomechanical Criteria for Specifying the Load Applied in Plyometric Training in Basketball. **Research Yearbook**, v. 12, n. 2, p. 227–231, 2006.
- BOSCO, C. et al. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 114, p. 557–565, 1982.
- BOSCO, C.; KOMI, P. V.; ITO, A. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 111, n. 2, p. 135–140, 1981.
- BOSCO, C.; KOMI, P. V. Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 106, n. 4, p. 467–72, 1979.
- BRET, C. et al. Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 42, n. 3, p. 274–281, set. 2002.
- BYRNE, P. J. et al. A comparison of methods used to identify optimal drop height for early phase adaptations in depth jump training. **Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)**, v. 24, n. 8, p. 2050–2055, 2010a.
- CHELLY, S. M.; DENIS, C. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 2, p. 326–333, fev. 2001.
- CHEN, Z. R. et al. Whole body vibration immediately decreases lower extremity loading during the drop jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2016.
- COH, I.; MACKALA, K. Differences between the elite and subelite sprinters in kinematic and dynamic determinations of countermovement jump and drop jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3021–3027, 2013.
- ČOH, M.; ŽVAN, M.; BURNIK, S. Differences in the reactive force of elite and sub-elite

sprinters. **Sport Mont**, n. 34–36, p. 22–26, 2012.

CUI, J. QIC program and model selection in GEE analyses. **Stata Journal**, v. 7, n. 2, p. 209–220, 2007.

DE VILLARREAL, E. S.-S. et al. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 2, p. 495–506, 2009.

DE VILLARREAL, E. S. S.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 715–725, 2008.

DESTASO, J.; KAMINSKI, T.; PERRIN, D. Relationship between drop vertical jump heights and isokinetic measures utilizing the stretch-shortening cycle. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 6, p. 175–179, 1997.

DI GIMINIANI, R.; PETRICOLA, S. The power output-drop height relationship to determine the optimal dropping intensity and/or to monitor the training intervention. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n. JUNE 2015, p. 1, 2015.

DOWLING, J.; VAMOS, L. Identification of Kinetic and Temporal Factors Related to Vertical jump Performance. **Journal of Applied Biomechanics**, n. 1977, p. 95–110, 1993b.

EARP, J. E. et al. Lower-Body Muscle Structure and Its Role in Jump Performance During Squat, Countermovement, and Depth Drop Jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 722–729, 2010.

EBBEN, W. P. et al. Kinetic Quantification of Plyometric Exercise Intensity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 12, p. 3288–3298, 2011.

FELDMANN, C. R. et al. Association of drop vertical jump displacement with select performance variables. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1215–1225, 2012.

FERREIRA, L. C. et al. Structural and functional predictors of drop vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2456–2467, 2010.

FORD, K. R. et al. Use of an overhead goal alters vertical jump performance and biomechanics. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 2, p. 394–9, 2005.

GONZALEZ-BADILLO, J. J.; MARQUES, M. C. Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 12, p. 3443–3447, dez. 2010b.

HAKKINEN, K.; KOMI, P. V. Alterations of mechanical characteristics of human

skeletal muscle during strength training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 161–172, 1983.

HORITA, T. et al. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump [corrected]. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 73, n. 5, p. 393–403, jan. 1996.

HUNTER, J. P.; MARSHALL, R. N. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, p. 478–486, 2002.

ISHIKAWA, M.; KOMI, P. V. Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. **Journal of applied physiology**, v. 96, n. 3, p. 848–52, 2004.

JIDOVTSSEFF, B. et al. P.E Influence of jumping strategy on kinetic and kinematic variables. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n. 2, p. 129–138, 2014.

KANNAS, T. M.; KELLIS, E.; AMIRIDIS, I. G. Incline plyometrics-induced improvement of jumping performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 6, p. 2353–2361, 2012.

KELLER, M. et al. Jump performance and augmented feedback: Immediate benefits and long-term training effects. **Human Movement Science**, v. 36, p. 177–189, 2014.

KHUU, S.; MUSALEM, L. L.; BEACH, T. A. C. Verbal Instructions Acutely Affect Drop Vertical Jump Biomechanics-Implications for Athletic Performance and Injury Risk Assessments. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2816–2826, 2015.

KIBELE, A. Possible errors in the comparative evaluation of drop jumps from different heights. **Ergonomics**, v. 42, n. 7, p. 1011–1014, 1999.

KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of biomechanics**, v. 33, n. 10, p. 1197–206, out. 2000.

KOMI, P. V; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 10, n. 4, p. 261–265, jan. 1978.

KYROLAINEN, H.; KOMI, P. V. Differences in Mechanical Efficiency between Power-Trained and Endurance-Trained Athletes While Jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 70, n. 1, p. 36–44, 1995.

LAFFAYE, G.; BARDY, B.; TAIAR, R. Upper-limb motion and drop jump: effect of expertise. **Journal of Sports Medicine & Physical Fitness**, v. 46, n. 2, p. 238–247, 2006a.

LAFFAYE, G.; CHOUKOU, M. A. Gender bias in the effect of dropping height on

jumping performance in volleyball players. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2143–2148, 2010.

LAZARIDIS, S. et al. Neuromuscular differences between prepubescents boys and adult men during drop jump. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 1, p. 67–74, 2010.

LAZARIDIS, S. N. et al. Biomechanical Comparison in Different Jumping Tasks Between Untrained Boys and Men. **Pediatric Exercise Science**, v. 25, n. 1, p. 101–113, 2013a.

LEES, A.; FAHMI, E. Optimal drop heights for plyometric training. **Ergonomics**, v. 37, n. 1, p. 141–148, 1994.

LEUKEL, C. et al. Influence of falling height on the excitability of the soleus H-reflex during drop-jumps. **Acta physiologica (Oxford, England)**, v. 192, n. 4, p. 569–76, abr. 2008.

LOUDER, T.; BRESSEL, M.; BRESSEL, E. The Kinetic Specificity of Plyometric Training: Verbal Cues Revisited. **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, p. 201–208, 2015.

MAKARUK, H. et al. Effects of Assisted and Traditional Drop Jumps on Jumping Performance. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 9, n. 5, p. 1217–1225, 2014.

MAKARUK, H.; SACEWICZ, T. The effect of drop height and body mass on drop jump intensity. **Biology of Sport**, v. 28, n. 1, p. 63–67, 2011.

MALISOUX, L. et al. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 771–779, mar. 2006.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 6, p. 349–55; discussion 355, jun. 2007.

MARSHALL, B. M.; MORAN, K. A. Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, “countermovement” drop jump or “bounce” drop jump? **Journal of sports sciences**, v. 31, n. 12, p. 1368–74, jan. 2013.

MATIC, M. S. et al. Optimum Drop Height for Maximizing Power Output in Drop Jump: The Effect of Maximal Muscle Strength. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 12, p. 3300–3310, 2015.

MATTACOLA, C. G. et al. A Comparison of Visual Analog and Graphic Rating Scales for Assessing Pain Following Delayed Onset Muscle Soreness. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 6, n. 1, p. 38–46, 1 maio 1997.

MCBRIDE, J.; SNYDER, J. Mechanical efficiency and force-time curve variation during

repetitive jumping in trained and untrained jumpers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 10, p. 3469–3477, 2012.

MCCAULLEY, G. O. et al. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 115–123, 2007.

MEYLAN, C. M. P. et al. Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. **Journal of sports sciences**, v. 28, n. 5, p. 545–554, mar. 2010.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of internal medicine**, v. 151, n. 4, p. 264–9, W64, ago. 2009.

OHNSTON, L. U. A. J.; UTLER, R. O. J. B.; PARLING, T. A. L. S. A Single Set of Biomechanical Variables Cannot Predict Jump Performance Across Various Jumping Tasks. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n. 3, p. 396–407, 2015.

PAIN, M. T. Considerations for single and double leg drop jumps: bilateral deficit, standardizing drop height, and equalizing training load. **Journal of applied biomechanics**, v. 30, n. 6, p. 722–7, 2014.

PENG, H.-T. Changes in Biomechanical Properties during Drop Jumps of Incremental Height. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2510–2518, 2011.

PEREZ-GOMEZ, J.; CALBET, J. Training methods to improve vertical jump performance. **The Journal of sports medicine and Physical Fitness**, v. 53, n. 4, p. 339–357, 2013.

PIETRASZEWSKI, B.; RUTKOWSKA-KUCHARSKA, A. Relative power of the lower limbs in drop jump. **Acta Bioeng Biomech**, v. 13, n. 1, p. 13–18, 2011.

READ, M. M.; CISAR, C. The influence of varied rest interval lengths on depth jump performance. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, n. 3, p. 279–283, 2001.

RODACKI, A. L. F.; FOWLER, N. E.; BENNETT, S. J. Vertical jump coordination: fatigue effects. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, n. 7, p. 105–116, 2002.

SANKEY, S. P.; JONES, P. A.; BAMPOURAS, T. M. Effects of Two Plyometric Training Programmes of Different Intensity on Vertical Jump Performance in High School Athletes. **Serbian Journal of Sports Sciences**, v. 2, p. 123–130, 2008.

SHEPPARD, J. M. et al. Relative Importance of Strength, Power, and Anthropometric Measures to Jump Performance of Elite Volleyball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 758–765, 2008.

TAUBE, W. et al. The drop height determines neuromuscular adaptations and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 22, n. 5, p. 671–683, 2012a.

VIITASALO, J. T.; SALO, A.; LAHTINEN, J. Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 78, n. 5, p. 432–440, out. 1998.

WALSH, M. et al. The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 561–566, ago. 2004.

WALSH, M. S.; WATERS, J.; KERSTING, U. G. P.E. Gender Bias on the Effects of Instruction on Kinematic and Kinetic Jump Parameters of High-level Athletes. **Research in Sports Medicine**, v. 15, n. 4, p. 283–295, 2007.

WALSHE, A. D.; WILSON, G. J. The influence of musculotendinous stiffness on drop jump performance. **Canadian Journal of Applied Physiology-Revue Canadienne De Physiologie Appliquee**, v. 22, n. 2, p. 117–132, 1997.

WANG, L. I.; PENG, H. T. Biomechanical Comparisons of Single- and Double-Legged Drop Jumps with Changes in Drop Height. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 522–527, 2014.

WILLIAMS, E. J. Experimental designs balanced for the estimation of residual effects of treatments. **Australian Journal of Chemistry**, v. 2, n. 2, p. 149–168, 1949.

YOON, S.; TAUCHI, K.; TAKAMATSU, K. Effect of Ankle Joint Stiffness during Eccentric Phase in Rebound Jumps on Ankle Joint Torque at Midpoint. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 1, p. 66–71, 2007.

YOUNG, W. B.; PRYOR, J. F.; WILSON, G. J. Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop jump performance. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 9, n. 4, p. 232–236, 1995.

YOUNG, W. B.; WILSON, G. J.; BYRNE, C. A Comparison of Drop Jump Training Methods : Effects on Leg Extensor Strength Qualities and Jumping Performance. **Journal of Sports Medicine**, v. 20, p. 295–303, 1999.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

### Cálculo Amostral

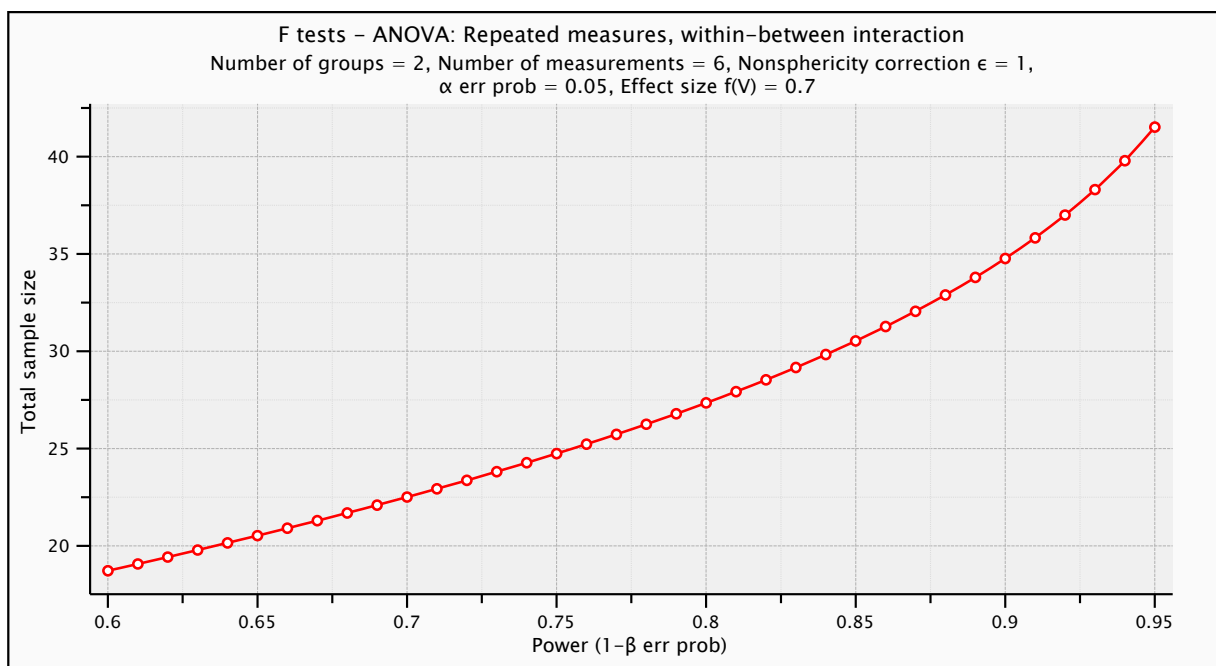
[6] -- Monday, June 27, 2016 -- 16:48:28

**F tests - ANOVA:** Repeated measures, within-between interaction

**Analysis:** A priori: Compute required sample size

**Input:** Effect size  $f(V)$  = 0.7  
 $\alpha$  err prob = 0.05  
 Power ( $1-\beta$  err prob) = 0.8  
 Number of groups = 2  
 Number of measurements = 6  
 Nonsphericity correction  $\epsilon$  = 1

**Output:** Noncentrality parameter  $\lambda$  = 13.7200000  
 Critical F = 2.2839309  
 Numerator df = 5.0000000  
 Denominator df = 130  
 Total sample size = 28  
 Actual power = 0.8113040



## APÊNDICE B

Termo de consentimento livre e esclarecido

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

### **“ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DE *DROP JUMPS* BILATERAIS”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar da pesquisa “ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DE *DROP JUMPS* BILATERAIS”, a ser realizada no “Laboratório de Pesquisa e Ensino em Biomecânica (LAPEB) do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina”. O objetivo da pesquisa é “estabelecer a altura relativa do plano elevado, a partir da média das alturas obtidas em saltos verticais com contra movimento, para *bounce drop jumps* e *countermovement drop jumps* e descrever as alterações nas variáveis cinéticas e cinemáticas dos *drop jumps* realizados a partir de diferentes alturas de planos elevados”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma:

**Serão realizadas duas sessões para coleta de dados com intervalo mínimo de 72 horas entre as sessões. Cada sessão poderá durar até 2h30 (duas horas e trinta minutos). Para coleta dos dados cinéticos e cinemáticos, serão realizados três *drop jumps* a partir de um plano elevado com altura correspondente a 60, 80, 100, 120, 140 e 160% da média das alturas obtidas em três saltos verticais com contra movimento, realizados previamente. As atividades realizadas em ambas as sessões serão idênticas sendo que apenas a técnica (*bounce* e *counter*) de salto utilizada em cada sessão será diferente.**

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o(a) senhor(a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos, ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Os benefícios esperados são: **otimização e individualização da prescrição de treinamento por meio de *drop jumps* bilaterais para melhora do desempenho em saltos verticais e outras atividades que envolvam o ciclo alongamento encurtamento rápido e/ou lento.**

Quanto aos riscos, garantimos que a existência é mínima. Estes, são riscos relacionados à prática de atividade física, como possíveis entorses e distensões. Contudo, a realização de exercícios de aquecimento como preparação prévia, irão auxiliar ainda mais na redução de tais riscos. Caso alguma lesão ocorra, os participantes serão prontamente atendidos pelo pesquisador responsável, o qual se responsabilizará integralmente pela assistência aos participantes desta pesquisa.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de mais esclarecimentos, poderá entrar em contato com o pesquisador **Robson Furlan Ricardo, por meio dos telefones (43) 3254-6578 ou (43) 9919-7618 ou pelo endereço de e-mail robsonfurlan93@gmail.com**, ou procurar o “Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos” da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, ou pelo telefone 3371-5455 ou por e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao(à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_.

\_\_\_\_\_

**Pesquisador Responsável**

RG: 10.377.708-9

\_\_\_\_\_ (NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

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