

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO MOVIMENTO ACROBÁTICO  
"PANQUECA" NA DANÇA DE SALÃO**

**PORTO ALEGRE**

**2019**

Laura Ruaro Moraes

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO MOVIMENTO ACROBÁTICO  
"PANQUECA" NA DANÇA DE SALÃO**

Projeto como requisito parcial para a conclusão de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss

**PORTO ALEGRE**

**2019**

## RESUMO

A dança de salão tem buscado os elementos acrobáticos em suas performances, tornando estes mais elaborados e demandando dos bailarinos um maior treinamento e aprimoramento da técnica. Em apresentações realizadas por bailarinos de dança de salão de alto nível, está presente entre os movimentos acrobáticos mais recorrentes a "panqueca". Entretanto, não foi localizada qualquer referência na literatura quanto à descrição cinemática deste movimento, dificultando a criação de rotinas de ensino ou ainda treinamentos específicos. Este estudo teve por objetivo analisar as características cinemáticas da dama e do cavalheiro na execução do movimento acrobático "panqueca". Caracteriza-se por ser um estudo de caso do tipo descritivo-exploratório e de análise quantitativa. A amostra foi do tipo não-probabilística intencional, composta por um bailarino e uma bailarina, parceiros há mais de 15 anos. Para a coleta de dados cinemáticos foi utilizado o sistema BTS SMART DX 7000. Os dados cinemáticos obtidos foram digitalizados no software BTS Smart-Tracker, e processados e analisados no software BTS Smart-Analyzer. Foram coletadas três diferentes entradas, Simples, Balão e Decúbito Ventral (DV), 12 repetições de cada entrada, em três dias diferentes. Para comparar as diferentes entradas nas variáveis analisadas foram utilizadas múltiplas ANOVA One-Way de medidas repetidas, uma para cada variável dependente analisada, e foram utilizadas duas ANOVAs two-way de fatores independentes para a variável dependente instante de tempo da mudança de estado, com os fatores lado (dividido em dois níveis: direito e esquerdo) e articulação (dividido em seis níveis: punho, cotovelo, ombro, quadril, joelho e tornozelo). A entrada DV apresentou o menor tempo de execução total com uma duração média de 2,63s ( $\pm 0,15$ ), menor altura do centro de massa 1,56m ( $\pm 0,03$ ) e menor inclinação média do eixo longitudinal da dama 14,8° ( $\pm 6,8$ ), porém apresentou a maior variação angular 516,24° ( $\pm 11,10$ ) e velocidade angular 1011,61°/s ( $\pm 71,91$ ). A entrada Balão apresentou o maior tempo de execução total, sendo a mais demorada, com uma duração média de 3,25s ( $\pm 0,25$ ). As amplitudes articulares do cavalheiro apresentaram simetria, mas o punho apresentou diferenças entre as entradas, sendo a maior amplitude na entrada Simples ao comparar com a DV. Em relação ao início do movimento de lançamento da dama, o movimento mostrou-se simétrico em relação aos lados em todas as entradas, porém na entrada DV houve diferenças entre as articulações. Os resultados encontrados poderão ser utilizados para organizar rotinas de treinos, procedimentos de aprendizagem e até mesmo treinamentos físicos específicos.

**Palavras-chave:** Dança. Dança de Salão. Biomecânica da Dança. Cinemetria. Cinemática.

## ABSTRACT

Ballroom dance has been seeking acrobatic movements in its performances, making them more complex and demanding more technical training and enhancement from dancers. In presentations performed by advanced ballroom dancers, there is a very common acrobatic movement called "Pancake". The aim of this study is to analyze the kinematic characteristics of male and female dancers in the execution of the "pancake" acrobatic movement. This study is characterized as a case study descriptive and exploratory research, quantitative analyses and it had an intentional non-probabilistic sample. The participants were a male and female dancers, partners over 10 years. They have both been teachers, choreographers and professional ballroom dancers for 15 years. The kinematics data was collected by BTS SMART DX 7000 system, digitalized in to the BTS Smart-Tracker software, processed and analyzed in the BTS Smart-Analyzer software. Three different entries, Simple, Balloon and Ventral Decubitus (VD) were collected, 12 repetitions of each entry, on three different days. To compare the different entries in the analyzed variables, we used multiple One-Way ANOVAs of repeated measures, one for each dependent variable analyzed. Two two-way ANOVAs of independent factors were used for the dependent variable time of instant when the state change, with lateral factor (divided into two levels: right and left) and joint factor (divided in six levels: wrist, elbow, shoulder, hip, knee and ankle). The VD entries had the shortest total execution time with a mean duration of 2.63s ( $\pm 0.15$ ), lower height of the center of mass 1.56m ( $\pm 0.03$ ) and smaller mean slope of the longitudinal axis of the female dancer 14.8° ( $\pm 6.8$ ), but presented the highest angular variation 516° ( $\pm 11^\circ$ ) and angular velocity 1011°/s ( $\pm 72^\circ$ /s). The Balloon entries had the longest execution time, being the most time consuming, with an average duration of 3.25s ( $\pm 0.25$ ). The joint amplitudes of the male dancer presented symmetry, but it presented differences between the entries, being the largest amplitude in the Simple when comparing with the VD. In relation to the beginning of the movement of the female dancer, the movement was symmetrical in relation to the sides in all the entries, however in the entrance VD there were differences between joints. The results can be used to organize training routines, learning procedures and even specific physical training.

**Key-words:** Dance. Ballroom Dance. Biomechanics in dance. Kinematics.

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 - Movimento Acrobático "Panqueca" .....	11
Figura 2 - Descrição do movimento acrobático "panqueca", partindo e retornando da posição inicial. (A) Preparação do cavalheiro para lançar a dama para o ar; (B) Lançamento da dama; (C) fase aérea, sem contato entre a dama e o cavalheiro; (D) Retorno da dama para os braços do cavalheiro. ....	21
Figura 3 - Entrada Simples da "paquencia". Inicia com a dama ao lado cavalheiro (A) posição inicial, (B) Preparação da entrada Simples (C) Contato com a dama, anterior a "panqueca". .....	22
Figura 4 - Entrada do Balão (A) Preparação entrada Balão (B) Perda de contato da dama do chão (C) Aproximação da dama ao colo do cavalheiro (D) Dama no colo do cavalheiro..	23
Figura 5 - Entrada em Decúbito Ventral (A) Abertura no plano frontal de ambos os bailarinos, (B) início do meio giro da dama no eixo longitudinal, (C) sequência do giro dela, pivoteando, girando sobre o pé esquerdo, (D) dama lança sua perna esquerda ao cavalheiro .....	24
Figura 6 - <i>Cluster</i> Braço.....	27
Figura 7 - Sistema de Coordenadas Global (SCG) .....	29
Figura 8 - Exemplo ilustrativo para o cálculo do ângulo de flexão do joelho.....	33
Figura 9 - Desenho esquemático do SCL do tronco da Dama .....	34
Figura 10 - Altura do Centro de Massa da Dama ilustrado através de uma repetição para cada uma das entradas: Simples, Balão e Decúbito Ventral. ....	39
Figura 11 - Média das Variações Angulares, com o respectivo desvio padrão (n=11), durante as fases 2 e 3 (fase aérea e lançamento). ....	42
Figura 12 – Valores Médios das Velocidades Angulares Máximas com o respectivo desvio padrão (n=11), durante as fases 2 e 3 (fase aérea e lançamento). ....	42
Figura D 1 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas Global (SCG) .....	74
Figura D 2 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Membros Superiores .....	75
Figura D 3 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) - Tronco .....	77
Figura D 4 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Braço.....	78
Figura D 5 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Membros Inferiores.....	79
Figura D 6 - Exemplo ilustrativo para o cálculo do ângulo de flexão do tornozelo. ....	81
Figura E 1 - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada Simples (execução número 6)     82	82
Figura E 2 - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada Balão (execução número 11) .....	82
Figura E 3 - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada DV (execução número 1) .....	83
Figura E 4 - Velocidade Vertical Do CM da Dama Entrada Simples (execução número 6) ..	83
Figura E 5 - Velocidade Vertical Do CM da Dama na Entrada Balão (execução número 11)84	84
Figura E 6 - Velocidade Vertical Do CM da Dama na Entrada DV (execução número 2) .....	84
Figura E 7 - Força Vertical na Entrada Simples (execução número 6) .....	85
Figura E 8 - Força Vertical na Entrada Balão (execução número 11).....	85
Figura E 9 - Força Vertical na Entrada DV (execução número 1).....	86
Figura E 10 – Variação Angular na Entrada Simples (execução número 6) .....	86
Figura E 11 - Variação Angular na Entrada Balão (execução número 14) .....	87
Figura E 12 - Variação Angular na Entrada DV (execução número 1) .....	87
Figura E 13 - Velocidade Angular na Entrada Simples (execução número 6) .....	88
Figura E 14 - Velocidade Angular na Entrada Balão (execução número 14).....	88
Figura E 15 - Velocidade Angular na Entrada DV (execução número 1) .....	89
Figura F 1 – Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada Simples (execução número 6) 90	90
Figura F 2 - Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada Balão (execução número 14)91	91

Figura F 3 - Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada DV (execução número 1) .....	91
Figura F 4 – Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada Simples (execução número 6) .....	92
Figura F 5 - Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada Balão (execução número 14) .....	92
Figura F 6 – Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada DV (execução número 1) ..	93
Figura F 7 – Ângulo de elevação do Ombro na Entrada Simples (execução número 6).....	93
Figura F 8 - Ângulo de elevação do Ombro na Entrada Balão (execução número 14) .....	94
Figura F 9 - Ângulo de elevação do Ombro na Entrada DV (execução número 1) .....	94
Figura F 10 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada Simples (execução número 6) .....	95
Figura F 11 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada Balão (execução número 14) .....	95
Figura F 12 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada DV (execução número 1) ..	96
Figura F 13 - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada Simples (execução número 6) .....	96
Figura F 14 - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada Balão (execução número 14) .....	97
Figura F 15 - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada DV (execução número 1) .....	97
Figura F 16 – Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada Simples (execução número 6) .....	98
Figura F 17- Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada Balão (execução número 14) .....	98
Figura F 18 - Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada DV (execução número 1) .....	99
Figura F 19 - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada Simples (execução número 6) .....	99
Figura F 20 - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada Balão (execução número 14) .....	100
Figura F 21 - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada DV (execução número 1) ..	100
Figura F 22 - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada Simples (execução número 6) .....	101
Figura F 23 - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada Balão (execução número 14) .....	101
Figura F 24 - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada DV (execução número 1) .....	102

## ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 - Marcadores reflexivos e Clusters do Cavalheiro .....	26
Tabela 2 - Marcadores reflexivos e <i>Clusters</i> da Dama.....	27
Tabela 3 – Informações antropométricas para o calculo do centro de massa da dama. ....	31
Tabela 4 - Tempo de duração (percentual do tempo total) de cada uma das fases da diferentes entradas .....	37
Tabela 5 - Resultados da ANOVA referentes à comparação da duração das fases (valores percentuais do ciclo) entre as diferentes entradas. ....	38
Tabela 6 - Resultados cinemáticos do centro de massa da dama (n=11). ....	40
Tabela 7- Valores mínimos, médios e máximos, com respectivo desvio padrão, da inclinação do eixo longitudinal da dama durante a Fase 3 (fase aérea) (n=11). ....	41
Tabela 8 - Valores angulares mínimos e máximos, com respectivo desvio padrão, das articulações do cavalheiro (n=11). ....	44
Tabela 9 - Amplitudes Angulares, com respectivo desvio padrão, das articulações do cavalheiro (n=11). ....	45
Tabela 10 – Valores médios do instante de tempo da mudança de estado (percentual do ciclo), indicando o início do movimento de lançamento da dama, de cada uma das articulações avaliadas do bailarino nas diferentes entradas, com respectivo desvio padrão. ....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....	18
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	18
3.3 MOVIMENTO ACROBÁTICO "PANQUECA": DIVISÃO DAS FASES.....	19
3.4 ENTRADA SIMPLES DA "PANQUECA" .....	22
3.5 ENTRADA BALÃO DA "PANQUECA" .....	23
3.6 ENTRADA EM DECÚBITO VENTRAL DA "PANQUECA" .....	24
3.7 INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO .....	25
3.8 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	25
3.9 ANÁLISE DOS DADOS CINEMÁTICOS .....	28
3.10 ANÁLISE TESTES ESTATÍSTICOS.....	35
3.11 ASPECTOS ÉTICOS.....	36
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
4.1 DESCRIÇÃO CINEMÁTICA DA DAMA.....	39
4.2 DESCRIÇÃO CINEMÁTICA DO CAVALHEIRO.....	43
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS BAILARINOS</b> .....	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES COM RELAÇÃO A ANÁLISE CINEMÁTICA DA DAMA</b> .....	<b>69</b>
<b>APÊNDICE C – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES COM RELAÇÃO A ANÁLISE CINEMÁTICA DO CAVALHEIRO</b> .....	<b>72</b>
<b>APÊNDICE D – SISTEMA DE COORDENADAS LOCAL E GLOBAL</b> .....	<b>74</b>
<b>APÊNDICE E – GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DAS DIFERENTES VARIÁVEIS E SUAS RESPECTIVAS ENTRADAS</b> .....	<b>82</b>
<b>APÊNDICE F – GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DAS ARTICULAÇÕES DO CAVALHEIRO EM SUAS RESPECTIVAS ENTRADAS</b> .....	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A dança de salão é uma dança popular ou dança social que se originou de causas sociais, políticas e acontecimentos destacados no período de tempo na qual está presente. É praticada com objetivo de socialização e diversão por casais, gerando proximidade nas relações sociais, de romance e amizades. O termo "salão" é devido à dança ser praticadas em salas grandes (salões) (PERNA, 2005).

A dança de salão no Brasil passou por transformações ao longo dos anos, sendo a valsa, em 1837, a primeira dança a dois, a qual o casal dançava enlaçado. Logo em seguida outros ritmos praticados a dois estiveram presentes na cultura brasileira como a polca, lundu, xotís, havanera, quadrilha, maxixe e o samba. Em 1920, houve influências norte-americanas, as quais as orquestras das gafieiras foram influenciadas pelas *jazz-bands* (PERNA, 2005).

No período da década de 30, os Estados Unidos da América (EUA) estava movido pelas *Big Bands* (um grande grupo instrumental associado ao *jazz*). Essa época foi considerada a "Swing Era" (A Swing Era foi durante os anos de 1935 a 1946, quando as canções das Big Bands era o tipo de música mais popular dos Estados Unidos). Os EUA consagraram o *Swing* como um dos ritmos mais fortes e dançantes do século. O *Swing* passou a ser considerado um grupo de estilos de danças populares presente, desenvolvida a partir do *Jazz* (música) entre as décadas de 1920 e 1950. Entre as danças *Swing*, a mais conhecida é o *Lindy Hop*. O *Lindy Hop* é uma mistura de outras dança, como Breakaway, o Charleston e o sapateado (PERNA, 2005). É a famosa *crazy dance* que até hoje se repercute (SERPA, 2011).

Serpa (2011) traz a seguinte colocação em seu livro: "O nome *Lindy Hop* foi uma referência ao vôo de Charles Lindbergh, cujo apelido era '*Lucky Lindy*'. Lindbergh foi o primeiro a cruzar o Atlântico em um vôo solitário, sem escalas, em 1927", considerado um herói nacional, na época. Devido à coincidência com o surgimento dos primeiros movimentos da *crazy dance*, foi batizado com esse nome, porque *Lindy* representava Lindbergh e *hop* representava salto/pulo.

A revista *Ewie Echo* em 1995 relata que o *Lindy Hop* teve seu início em 1920, através da música jazz contemporâneo, junto com a dança Charleston.

Embora, ele só tenha tido seu maior momento de fama entre as décadas de 1940 a 1960, teve destaque em filmes como *Whitey's Lindy Hoppers* com Frankie Manning, Dean Collins. Serpa (2011) relata que o vencedor de uma competição no Savoy em 1935, Frankie Manning, dançarino da nova geração, inspirado pelos dançarinos da primeira geração, mas criando seu próprio estilo, fez o primeiro passo aéreo no Swing, "enlouquecendo" o público. O grupo de dança o qual participava, *Whitey's Lindy Hoppers*, realizou sua turnê pelo Brasil em 1941.

Após este período e o contato de Frankie Manning no Brasil, houve alterações nas danças Brasileiras, e elas podem ser observadas através do filme "Assim era a Atlântida", o qual retratou um casal executando o balão com cadeirinha, o pica-pau e o balão-apagado (passos comumente utilizados por dançarinos de samba de gafieira até hoje, e conhecidos por serem passos acrobáticos). O samba executado com o intuito de *show* passou a se tornar mais acrobático e rico em efeito após a década de 1990 (PERNA, 2005).

Então, desde os anos 90, a dança de salão tem buscado por elementos acrobáticos em suas performances, tornando estes mais exigentes e elaborados, exigindo dos bailarinos<sup>1</sup> um maior treinamento e aprimoramento da técnica. A performance dos bailarinos de elite requer a produção de movimento esteticamente agradáveis e consistente a padrões de movimento (REEVE, 2013). Em apresentações realizadas por bailarinos de dança de salão de alto nível, está presente entre os movimentos acrobáticos mais recorrentes a "panqueca" (Figura 1). O nome "panqueca" é tradicionalmente utilizado de forma popular dentre os praticantes da área, embora não existam evidências de referenciais teóricos que relatem essa nomenclatura. Assim, como o nome "panqueca", a sua execução é conhecida pelos praticantes do meio de dança de salão, mas ainda não fundamentada em referenciais teóricos ou qualquer outra forma de pesquisa. "No tocante à pesquisa bibliográfica, notou-se a quase completa inexistência de textos especializados em dança de salão nacional, salvo pequenos e poucos livros de técnica de dança". (PERNA, pag.45, 2005)

---

<sup>1</sup> Neste trabalho, o termo bailarino será usado para designar aquele que dança outros estilos de dança, que não o ballet clássico, como dança de salão. O termo bailarino será sinônimo de cavalheiro e o termo bailarina será sinônimo de dama.

**Figura 1** - Movimento Acrobático "Panqueca"



Fonte: Imagem cedida pelo casal de bailarinos que participou deste trabalho

O movimento acrobático "panqueca" caracteriza-se por ser composto por uma dama e um cavalheiro, sendo ela projetada verticalmente para cima, girando em torno do seu eixo longitudinal. O giro da dama pode ser de um volta, uma volta e meia, duas ou até três voltas completas. A dama inicia no colo do cavalheiro, abraçada junto ao corpo dele. O membro superior do lado direito dela fica livre para auxiliar na sua fase de giro no ar; e no lado esquerdo está sobre o ombro direito dele. A "panqueca" pode ser realizada a partir de diferentes entradas, que permitem a conexão deste movimento acrobático com outros movimentos, dependendo da coreografia. As entradas mais utilizadas são a "Simples", a "Balão" e a "Decúbito Ventral".

Ainda não foram realizados estudos que auxiliem na prática de movimentos "acrobáticos", principalmente na área da dança de salão. Entende-se que uma apurada descrição cinematográfica do movimento pode ser o primeiro passo no entendimento deste movimento acrobático, surgindo, assim, uma necessidade em saber como variam os ângulos articulares dos bailarinos durante a realização de

movimentos acrobáticos e se há diferença quando realizado com diferentes entradas. Essa descrição cinemática poderá tanto facilitar, como acelerar o tempo de aprendizado destes bailarinos, diminuindo o risco de lesões, e aprimorando o conhecimento de professores que ensinam nessa área. A partir deste conhecimento será possível otimizar a execução da "panqueca", organizar treinamentos específicos para sua execução, planejar técnicas de ensino, e ainda reduzir os riscos de queda/lesão durante a fase de aprendizagem.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar características cinemáticas da dama e do cavalheiro na execução do movimento acrobático "panqueca".

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever características temporais em três entradas do movimento acrobático "panqueca";

Descrever as características cinemáticas posição e amplitude angular do cavalheiro, nas articulações tornozelo, joelho, quadril, cotovelo e ombro do movimento acrobático "panqueca";

Descrever as características cinemáticas altura do centro de massa, velocidade vertical do centro de massa, inclinação do eixo longitudinal, variação angular e velocidade angular da dama durante o lançamento e a fase aérea no movimento acrobático "panqueca";

Comparar as variáveis cinemáticas em três entradas do movimento acrobático "panqueca";

Comparar o lado direito e esquerdo das amplitudes angulares das articulações do cavalheiro nas três entradas do movimento acrobático "panqueca";

Comparar o instante de tempo em que as articulações começam a se movimentar, tanto entre as articulações, como bilateralmente, no lançamento da dama, nas três entradas do movimento acrobático "panqueca".

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Koutedakis (2008) acredita que a biomecânica pode melhorar a capacidade dos bailarinos de detectar as causas das falhas na execução de movimentos que realizam, como desequilíbrios anatômicos, evitando potencialmente lesões e garantindo a melhora do uso das habilidades naturais. Dentro da dança, os estudos realizados a partir de uma perspectiva biomecânica, podem ser utilizados para melhorar a técnica, ajudando os bailarinos e seus professores a corrigir e a prevenir lesões, além de avaliar o nível de aptidão técnica e controle de *overtraining*, implementando de maneira eficaz as práticas e os exercícios ou ainda melhorando o desempenho e bem-estar do bailarino. Nesta perspectiva, acredita-se que, a partir de uma análise biomecânica, é possível identificar os erros dos movimentos de dança de forma objetiva, auxiliando na qualidade da performance do bailarino e evitando riscos de lesões. Essas informações podem auxiliar coreógrafos, professores e ensaiadores nas correções de movimentos incorretos (desalinhamentos articulares, que impossibilitam a otimização do trabalho articular, gerando possíveis riscos de lesão).

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura sobre biomecânica da dança está presente na área do ballet clássico (COKER, MCISAAC e NILSEN 2015; EKEGREN, QUESTED e BRODRICK, 2013), onde o foco tem sido sobre a análise cinemática do movimento *turnout* do ballet clássico (rotação externa de quadril) e seus riscos de lesões, que interferem na prática dos bailarinos (CHAMPION e CHATFIELD, 2008; CIMELLI e CURRAN, 2012; WASHINGTON *et al* 2016).

A análise cinemática na dança é muito recente, sendo a primeira pesquisa realizada por Kiefer *et al* (2011), o qual analisou a coordenação postural multissegmentar em bailarinas clássicas profissionais. Conforme Kiefer *et al* (2011), dançarinos especialistas com alta proficiência técnica devem ser capazes de manter a cinemática do segmento em estreita proximidade com os requisitos técnicos de dança, com variabilidade cinemática mínima. Gorwa *et al* (2014) analisaram detalhadamente a estrutura cinemática do movimento de dança moderna conhecido como “saltar”, realizada pelos dançarinos, acompanhada por medições de forças de impacto durante o pouso. O estudo consistiu em gravar os valores de reação do solo e movimento do corpo e, em seguida, determinar e analisar os parâmetros

cinemáticos de movimentos realizados.

Considerando a escassez de estudos na área da biomecânica da dança de salão, a busca por informações foi ampliada também para a chamada "literatura cinza", onde foi identificado um trabalho de conclusão de curso de graduação intitulado: "Análise Cinemática Do Cavalheiro No Movimento Acrobático "Panqueca" Na Dança de Salão: Um Estudo de Caso" (MORAES, 2016). Este trabalho, embora tenha analisado somente o cavalheiro, mostrou a necessidade e a importância de trabalhos desenvolvidos nesta área, que precisam ter continuidade e crescimento para aprimoramento da performance e didática de alunos, professores e praticantes de movimentos acrobáticos.

Este trabalho foi apresentado no congresso IADMS, no Texas, em 2017, onde o movimento acrobático "panqueca" foi separado em cinco fases diferentes: a posição inicial da volante<sup>2</sup>, no colo do *portô*<sup>3</sup> (fase 1); a posição de preparação do *portô*, lançando a volante para o ar (fase 2); o pico máximo movimento - altura máxima que a volante conseguiu alcançar a partir do lançamento (fase 3); o retorno da volante para os braços do *portô*, tendo o primeiro impacto (fase 4); e o retorno à posição inicial (fase 5). Durante a fase de preparação, ocorreu o pico de flexão das articulações do tornozelo, joelho, quadril, ombro e cotovelo. Além disso, durante a fase de vôo da dama, ocorreu a maior extensão das articulações do tornozelo, joelho e os maiores ângulos articulares de abdução dos ombros e quadris do bailarino masculino. Já na fase de recepção ocorreu o maior ângulo de abdução no ângulo de flexão do quadril e ombro.

Assim, segundo Moraes (2017), na "panqueca", as fases que parecem mais importantes são o lançamento e recepção da dama, porque eles produziram os mais altos picos articulares nas articulações analisadas. Sendo relevantes pesquisas na área da biomecânica da dança para que o conhecimento da cinemática do movimento possa ajudar a melhorar o desempenho e o ensino, reduzindo a perda de tempo durante o aprendizado e evitando lesões dos bailarinos.

Embora não tenham sido encontrados estudos referentes aos movimentos

---

<sup>2</sup> Volante - Termo utilizado na ginástica artística, para os praticantes que são lançados no ar. Neste estudo pode ser considerado como sinônimo de dama ou bailarina.

<sup>3</sup> *Portô* - Termo utilizado na ginástica artística, para os praticantes que lançam a volante no ar. Neste estudo pode ser considerado como sinônimo de cavalheiro ou bailarino.

acrobáticos na dança, existem informações relevantes disponíveis no ambiente esportivo que podem auxiliar no aprimoramento do conhecimento dos movimentos acrobáticos. Assim, para que pudesse ser feita comparações descritivas estudos do âmbito esportivo, tanto na ginástica como na patinação artística precisam ser utilizados. Neste sentido, buscou-se por estudos que investigassem a projeção do corpo humano no ar.

Inúmeros fatores influenciam o tempo e a trajetória de vôo de um ginasta, entre os quais estão a posição corporal e o número de rotações que deverão ser realizadas. Se algumas dessas variáveis forem alteradas, o atleta poderá ser forçado a modificar a execução por forma a evitar a ocorrência de quedas e potenciais lesões (FRANÇA, 2000). Neste sentido, o estudo das variáveis biomecânicas possibilita uma melhor compreensão do fenômeno, bem como das adaptações necessárias para cada situação.

No estudo de Rasquinha *et al* (2004), realizado com ginastas, executado no aparelho solo da ginástica artística, foi observado que a alta aceleração durante a fase inicial do movimento proporciona um torque externo resultante máximo e um valor mínimo para o ângulo na aterrissagem, gerando uma forte dependência da corrida de aproximação (fase inicial do salto) e da aceleração imposta pela ginasta ao próprio movimento para sua execução. Em situações que envolvem uma seqüência acrobática – vários movimentos acrobáticos consecutivos – é necessário que haja uma implementação da aceleração mais adequada aos objetivos subseqüentes ao movimento, para o melhor aproveitamento da rotação na execução do movimento.

Os movimentos acrobáticos são extraordinariamente complexos, dependendo de inúmeros fatores e as variáveis nem sempre podendo ser dimensionadas (FRANÇA, 2000; SOUSA, 1997). No caso da dança de salão normalmente os movimentos acrobáticos estão ligados a coreografias e não a improvisos. No caso do movimento acrobático "panqueca", entende-se que diversas variáveis biomecânicas interferem diretamente na sua execução, como: a velocidade angular do giro da dama, a distância vertical do centro de massa da dama percorrida durante a execução do salto (altura e direção da projeção da dama), velocidade vertical do centro de massa da dama, ângulo de chegada (alinhamento do eixo longitudinal da dama com a horizontal), amplitudes articulares tanto da dama como

do cavaleiro, além das forças de reação da dama aplicadas no cavaleiro nas fases de lançamento e aterrissagem. De forma similar, ao que acontece no meio esportivo é interessante averiguar o quanto que essas variáveis interferem na execução dos movimentos acrobáticos.

No caso do movimento "panqueca", as diferentes entradas do acrobático podem gerar alterações biomecânicas para a sua execução. As entradas provocam diferentes variações cinemáticas, como mudança no deslocamento, velocidade e aceleração angular, durante a prática da "panqueca", resultando em uma alteração na realização do movimento.

O Centro de Massa (CM) é um ponto imaginário no qual a massa corporal total pode ser considerada concentrada (MAPELLI *et al*, 2014). A análise do movimento do CM do indivíduo tem sido usada para estudar técnicas desportivas. A cinemática do CM é relevante durante a execução técnicas esportivas, uma vez que está relacionada com estabilidade e controle do equilíbrio (IMAMURA *et al*, 2006 e MAPELLI *et al*, 2014).

A medição de movimento do CM está se tornando de grande interesse nos esportes para explorar o nível de desempenho e experiência em desportos como corrida (FORSELL e HALVORSEN, 2009), futebol (HARAN *et al* 2004; MANOLOPOULOS, PAPADOPOULOS e KELLIS 2006), vôlei (WAGNER *et al*, 2009), judô (IMAMURA *et al*, 2006). De forma similar, entende-se que o estudo do CM, para o movimento acrobático "panqueca", pode fornecer informações relevantes a respeito de como ocorre a movimentação da dama durante sua fase aérea.

França (2000) relata que o desempenho das atividades aéreas depende decisivamente da posição corporal e das forças produzidas no momento do acrobático, determinando, as características da fase de vôo. A velocidade vertical do centro de massa (CM) e a orientação corporal apresentada no momento do movimento acrobático pelos vários ângulos articulares é sugerida como um dos mais importantes fatores que contribuem para a altura máxima do saltador. Além disso, França (2000) menciona ainda a importância do tipo de trajetória parabólica do centro de massa e o tempo disponível para o vôo, sendo estes fatores críticos em relação ao tempo suficiente para a realização de rotações e para a preparação de uma adequada posição corporal para a recepção.

Especificamente com relação ao treinamento e aprendizado de movimentos acrobáticos como a “panqueca”, mesmo estando presentes no dia-a-dia dos bailarinos profissionais, há grande dificuldade para desenvolver as rotinas de execução. Há desperdício de tempo de ensaio (treino) para as tentativas deste movimento. Dito de outra forma, a maior parte do aprendizado dos acrobáticos na dança é a partir de tentativa e erro (LAFORTUNE, 2004). Os aprendizes dos movimentos acrobáticos não sabem como devem posicionar seu corpo no espaço para que seja possível executar ou até mesmo aprimorá-lo. Isso é, os bailarinos realizam incalculáveis execuções dos movimentos, mas sem saber em qual fase e/ou etapa estão errando, gerando equívocos, resultando em quedas ou até mesmo lesões. Além disso, os professores têm dificuldade de analisar quais são os principais equívocos, e não possuem nenhuma referência a qual possam utilizar. Neste sentido, entende-se que, mesmo este sendo um estudo de caso realizado com um único par de bailarinos, irão ser geradas informações que servirão para a elaboração de rotinas de ensino-aprendizagem, ou ainda, sessões de treinamento específico para os executantes, estimulando estudos futuros a investir em pesquisas com uma amostra de indivíduos maior.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo se caracteriza por ser um estudo de caso do tipo descritivo-exploratório e de análise quantitativa, pois tem características e delineamento de perfil determinado de um único indivíduo (GAYA *et al.*, 2008; THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012). A pesquisa exploratória possibilita uma maior flexibilização, sendo necessária nas fases iniciais de uma investigação sobre temas complexos, como o que será desenvolvido neste projeto, permitindo uma maior exploração em casos ainda a serem estudados para melhor compreender estes fenômenos.

Thomas *et al.* (2012) afirmam que o estudo de caso é usado para fornecer informações detalhadas sobre um indivíduo (ou instituição, comunidade, etc.), tendo como objetivo determinar as características singulares de um sujeito ou de uma condição. O estudo de caso possibilita que seja investigada uma grande variedade de fatores, que podem ser diretamente observados, estimulando novas descobertas, enfatizando a multiplicidade de dimensões de um problema e permitindo uma análise em profundidade dos processos.

Assim, é possível explorar um novo campo de estudos na área da biomecânica da dança, busca pelo aprofundamento de informações específicas de indivíduo com singularidades, analisando características mais complexas, para então em estudos futuros ser analisado em uma amostra de indivíduos maior, informações não tão específicas. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, localizado em Porto Alegre, RS.

#### 3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostra foi do tipo não-probabilística intencional, composta por um bailarino do sexo masculino e uma bailarina do sexo feminino, parceiros há mais de 10 anos. Ambos professores, coreógrafos e dançarinos profissionais de dança de salão a mais de 15 anos, com experiência em companhias de dança, turnês de espetáculos e shows mundiais. Ministram aulas em conferências de dança;

Campeões mundiais de Samba de Gafieira, sendo referência mundial em sua área de atuação e difusores da dança de salão.

### 3.3 MOVIMENTO ACROBÁTICO "PANQUECA": DIVISÃO DAS FASES

Para estudar o movimento acrobático "panqueca" durante sua execução, tendo como ponto de partida o estudo de Moraes (2017), este trabalho dividiu o movimento em quatro fases, partindo e retornando a posição inicial dos bailarinos, onde a dama encontra-se no colo do cavalheiro, conforme ilustrado na Figura 2:

Fase 1 - Preparação do cavalheiro para lançar a dama para o ar: partindo da posição inicial, o cavalheiro faz uma flexão dos membros inferiores (Figura 2 A-B);

Fase 2 - Lançamento da dama: partindo do ponto de flexão máxima (final da fase 1), o cavalheiro realiza extensão de seus membros inferiores em conjunto com uma flexão dos ombros, empurrando a dama verticalmente para cima;

Fase 3 - Fase aérea: período em que não há contato físico entre a dama e o cavalheiro. Após ela ser lançada verticalmente para cima, realiza um giro no ar em torno do seu eixo longitudinal (Figura 2C);

Fase 4 - Retorno da dama para os braços do cavalheiro: período em que o cavalheiro recebe a dama em seu abraço, retornando a posição inicial, para que os bailarinos sigam os próximos movimentos da coreografia (Figura 2D).

Para delimitação das fases de forma objetiva foram utilizados parâmetros cinéticos e cinemáticos referentes aos dados coletados. Cada uma das 4 fases foi identificada por dois instantes de tempo, inicial e final. O instante final da fase 1 corresponde ao instante inicial da fase 2, e assim sucessivamente. Desta forma foram identificados 5 instantes de tempo:

**Tempo 1 (início da fase 1):** Nas entradas Simples e Balão foi determinado o instante em que a Força Vertical passasse 1000N. Na entrada Decúbito Ventral (DV) foi determinado o instante em que ocorre a queda da força vertical.

**Tempo 2 (final da fase 1/início da fase 2):** Determinado pelo instante em que o

Centro de Massa da Dama está mais baixo.

**Tempo 3 (final da fase 2/início da fase 3):** Determinado pelo instante em que a Velocidade vertical do Centro de Massa da Dama atinge seu máximo (em módulo) durante a subida.

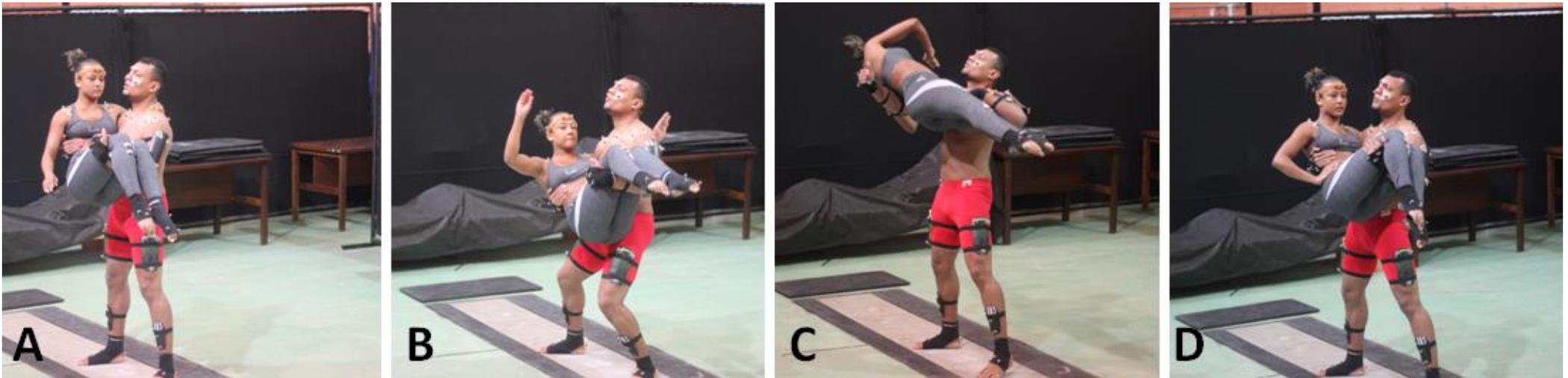
**Tempo 4 (final da fase 3/início da fase 4):** Determinado pelo instante em que a Velocidade vertical do Centro de Massa da Dama atinge seu máximo (em módulo) durante a descida.

**Tempo 5 (final da fase 4):** Determinado pelo instante em que ocorre a extensão máxima do joelho direito do cavalheiro.

Precedente ao movimento acrobático existe as “entradas”. No caso do movimento acrobático "panqueca", há três variações de entradas que normalmente são utilizadas pelos bailarinos de alto nível. A mais utilizada é com a dama iniciando ao lado do cavalheiro (Figura 3), também conhecida como entrada “Simples”. A segunda é entrada pelo "Balão" (Figura 4), e a terceira é a entrada “DV”, onde a dama realiza um giro e meio, começando o movimento em decúbito ventral (Figura 5). Nas entradas simples e balão a dama realiza apenas um giro completo.

Para descrever as diferentes entradas cada entrada foi dividida em diferentes etapas, conforme ilustrado nas Figuras 3, 4 e 5. Embora também haja diferentes saídas para os movimentos acrobáticos, neste trabalho as saídas não foram investigadas.

**Figura 2** - Descrição do movimento acrobático "panqueca", partindo e retornando da posição inicial. (A) Preparação do cavalheiro para lançar a dama para o ar; (B) Lançamento da dama; (C) fase aérea, sem contato entre a dama e o cavalheiro; (D) Retorno da dama para os braços do cavalheiro.

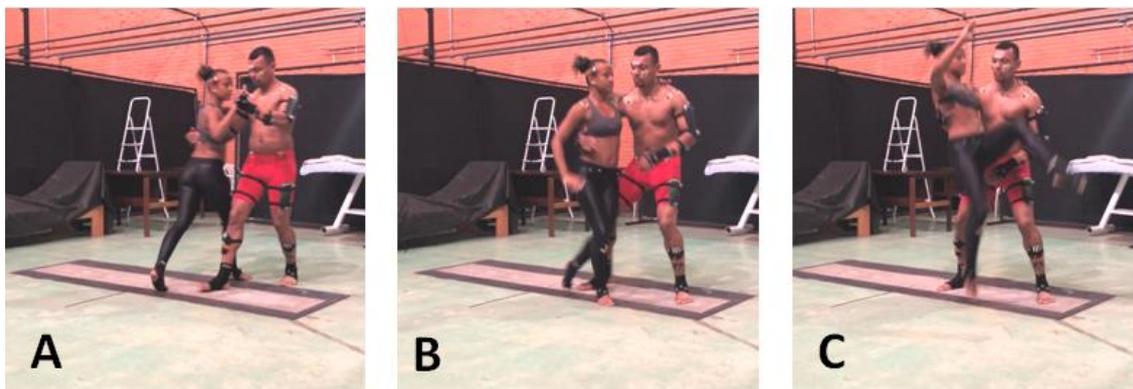


Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4 ENTRADA SIMPLES DA "PANQUECA"

A entrada Simples da "panqueca" acontece em três diferentes etapas, começando pela posição inicial. Na posição inicial (Figura 3A), o cavalheiro e a dama estão lado a lado, abraçados e ambos com um dos membros inferiores a frente do outro membro inferior. A primeira etapa é a ação do cavalheiro saindo de sua posição inicial, transferindo o seu peso para o membro inferior da frente, para então posicionar seus membros inferiores lado a lado, enquanto que a dama sai do abraço da dança e se posiciona lateralmente ao cavalheiro (Figura 3A-B). Na segunda etapa, o cavalheiro realiza um aumento da flexão dos membros inferiores e a dama inicia a projeção de um de seus membros inferiores em direção ao colo do cavalheiro (Figura 3B). Na terceira etapa, o cavalheiro realiza uma extensão dos membros inferiores e o retorno do tronco a uma posição mais ereta, enquanto que a dama, não estando mais em contato com o chão, posiciona-se no colo do cavalheiro (Figura 3C). Após essa etapa, os bailarinos estão na posição inicial do movimento acrobático "panqueca" (Figura 2A).

**Figura 3** - Entrada Simples da "panqueca". Inicia com a dama ao lado cavalheiro (A) posição inicial, (B) Preparação da entrada Simples (C) Contato com a dama, anterior a "panqueca".

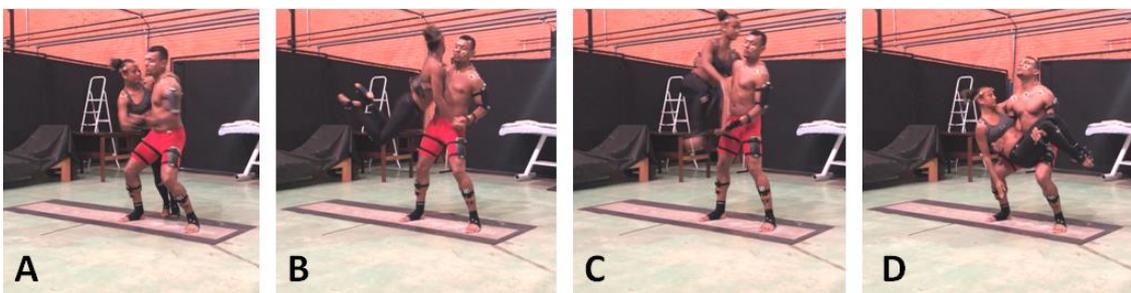


Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.5 ENTRADA BALÃO DA "PANQUECA"

Na entrada Balão, que está dividida em três diferentes etapas, a dama sai de uma posição cruzada, atrás e de costas para o cavalheiro. Na primeira etapa da entrada do Balão ambos, dama e cavalheiro, fazem uma rotação do tronco à direita, o cavalheiro segura a mão direita da dama com a sua mão esquerda enquanto a abraça com o braço direito, iniciando o movimento de trazê-la para o seu colo (Figura 4A). Essa etapa acontece até ela perder o contato dos pés com o chão. Na segunda etapa a dama não está mais em contato com o chão e o cavalheiro realiza um gesto de trazer a dama para o seu colo, ainda segurando a mão direita da dama com a sua mão esquerda (Figura 4B). A terceira etapa inicia com a perda de contato entre as mãos dos bailarinos e a dama projeta-se para a o colo do cavalheiro (Figura 4 C-D). Após essa etapa, os bailarinos estão na posição inicial do movimento acrobático "panqueca" (Figura 2A).

**Figura 4** - Entrada do Balão (A) Preparação entrada Balão (B) Perda de contato da dama do chão (C) Aproximação da dama ao colo do cavalheiro (D) Dama no colo do cavalheiro

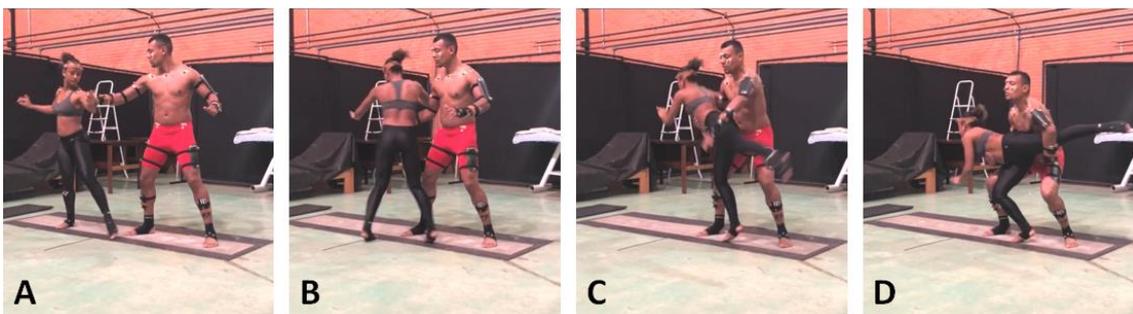


Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.6 ENTRADA EM DECÚBITO VENTRAL DA "PANQUECA"

Na entrada em Decúbito Ventral, que acontece em três diferentes etapas, cavalheiro e dama iniciam posicionados lado a lado, com peso igualmente apoiado em ambos os membros inferiores. Na primeira etapa ocorre a transferência de peso de ambos os bailarinos para o lado esquerdo, que permanecem em contato físico somente pelas mãos, e a dama inicia um giro em torno do seu eixo longitudinal começando a ficar de frente para o cavalheiro (Figura 5 A-B). A segunda etapa inicia quando a dama perde o contato do pé direito com o solo, o giro da dama no eixo longitudinal continua, com a dama ficando de costas para o cavalheiro, lançando a perna esquerda em direção ao cavalheiro (Figura 5C). A terceira etapa começa quando o cavalheiro inicia a inclinação do tronco à frente, juntamente com a flexão dos membros inferiores, entrando em contato com o membro inferior esquerdo da dama (Figura 5 C-D). Após essa etapa, os bailarinos estão na posição inicial do movimento acrobático "panqueca". Diferentemente das demais entradas, nesta entrada, o giro no ar será de  $540^{\circ}$  (um giro e meio).

**Figura 5** - Entrada em Decúbito Ventral (A) Abertura no plano frontal de ambos os bailarinos, (B) início do meio giro da dama no eixo longitudinal, (C) sequência do giro dela, "pivotando", girando sobre o pé esquerdo, (D) dama lança sua perna esquerda ao cavalheiro



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.7 INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

Para a coleta de dados cinemáticos foi utilizado o sistema BTS SMART DX 7000, com 10 câmeras infravermelho, com taxa de amostragem em 500 Hz e resolução de 4 Mpixel. Foram utilizados os softwares BTS Smart-Capture (BTS Bioengineering, Itália) para aquisição dos dados cinemáticos, BTS Smart-Tracker (BTS Bioengineering, Itália), para a digitalização dos dados cinemáticos e BTS Smart-Analyser (BTS Bioengineering, Itália) para processamento e análise dos dados cinemáticos.

### 3.8 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Inicialmente, antes do início dos procedimentos de coleta de dados, os bailarinos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os bailarinos realizaram um aquecimento livre de acordo com suas necessidades. Em seguida, foram posicionados marcadores reflexivos sobre as referências anatômicas, em ambos os bailarinos, para a coleta dos dados cinemáticos. Para possibilitar a reconstrução das imagens em três dimensões, é necessário que cada marcador estivesse visível por no mínimo duas câmeras (ALLARD *et al.*, 1995), durante todo o tempo da execução do movimento.

No que se refere ao posicionamento dos marcadores reflexivos foi necessário que cada segmento corporal contivesse, pelo menos, três marcadores para possibilitar a identificação das translações e rotações deste segmento de forma tridimensional. Os marcadores reflexivos foram posicionados nos diferentes segmentos corporais do bailarino bilateralmente, conforme Tabela 1. Além disso, 14 marcadores foram posicionados na dama, conforme a Tabela 2.

**Tabela 1** - Marcadores reflexivos e Clusters do Cavalheiro

<b>Número</b>	<b>Marcadores Esféricos e <i>Clusters</i> do Cavalheiro</b>
1	Processo Zigomático Frontal Direito
2	Glabela
3	Processo Zigomático Frontal Esquerdo
4	Articulação Acrômio Clavicular Esquerdo
5	Articulação Acrômio Clavicular Direito
6	Jugular
7	Ângulo Inferior da Escápula Direita
8	Ângulo Inferior da Escápula Esquerda
9	Trigono Direito
10	Trigono Esquerdo
11	Processo Coracóide Direito
12	Processo Coracóide Esquerdo
13	Processo espinhoso da sétima vértebra cervical
14	Processo espinhoso da oitava vértebra torácica
15	Processo espinhoso da quinta vértebra lombar
16	Processo espinhoso do Sacro
17	Espinha ilíaca ântero-superior direita
18	Espinha ilíaca ântero-superior esquerda
19	Espinha ilíaca postero-superior direita
20	Espinha ilíaca postero-superior esquerda
21	Calcâneo esquerdo
22	Calcâneo direito
23	<i>Cluster</i> braço direito
24	<i>Cluster</i> braço esquerdo
25	<i>Cluster</i> antebraço direito
26	<i>Cluster</i> antebraço esquerdo
27	<i>Cluster</i> mão direita
28	<i>Cluster</i> mão esquerda
29	<i>Cluster</i> coxa direita
30	<i>Cluster</i> coxa esquerda
31	<i>Cluster</i> perna direita
32	<i>Cluster</i> perna esquerda
33	<i>Cluster</i> pé direito
34	<i>Cluster</i> pé esquerdo

Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos marcadores posicionados nas protuberâncias ósseas, foram utilizados *Clusters* (Figura 6), que foram posicionados nos diferentes segmentos dos bailarinos: membro superior direito e esquerdo (braço e antebraço), membro inferior direito e esquerdo (coxa, perna e pé).

**Tabela 2 - Marcadores reflexivos e *Clusters* da Dama**

Número	Marcadores Esféricos e <i>Clusters</i> da Dama
1	Articulação Acrômio Clavicular Esquerdo
2	Articulação Acrômio Clavicular Direito
3	Processo Coracóide Direito
4	Processo Coracóide Esquerdo
5	Espinha ilíaca ântero-superior direita
6	Espinha ilíaca ântero-superior esquerda
7	Tíbia
8	<i>Cluster</i> pé direito
9	<i>Cluster</i> pé esquerdo
10	<i>Cluster</i> cabeça composto por 4 marcadores.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os *clusters* (Figura 6), são utilizados para reconstruir os segmentos do corpo, como a coxa, perna e pé durante a análise do movimento (MOOLYK, CAREY E CHIU, 2013; MAPELLI *et al*, 2014). O método de reconstrução dos segmentos assume a estrutura anatômica corporal como uma união de corpos rígidos. Os *Clusters* têm a finalidade de possibilitar a construção de um sistema de coordenadas local (SCL) em cada um dos segmentos. Cada *Clusters* foi composto por três marcadores reflexivos, exceto o *Clusters* da cabeça da dama que foi composto por quatro marcadores presos em uma tiara.

**Figura 6 - *Cluster* Braço**

Fonte: Elaborado pelo autor

As coletas foram realizadas em três dias diferentes buscando minimizar eventuais efeitos de fadiga muscular. Em cada dia foram coletadas 12 repetições consideradas válidas das diferentes entradas seguidas do movimento acrobático “panqueca” (4 repetições de cada uma das três

entradas, em cada dia de coleta). O número de 12 repetições foi determinado, pela representação de 20% do número total de repetições realizadas nos ensaios de uma hora dos bailarinos profissionais. A execução das diferentes entradas foram randomizadas.

Entre cada tentativa foi dado um descanso dois minutos (KONRAD, 2005). A velocidade de execução foi auto-selecionada pelo casal, de acordo com sua prática usual.

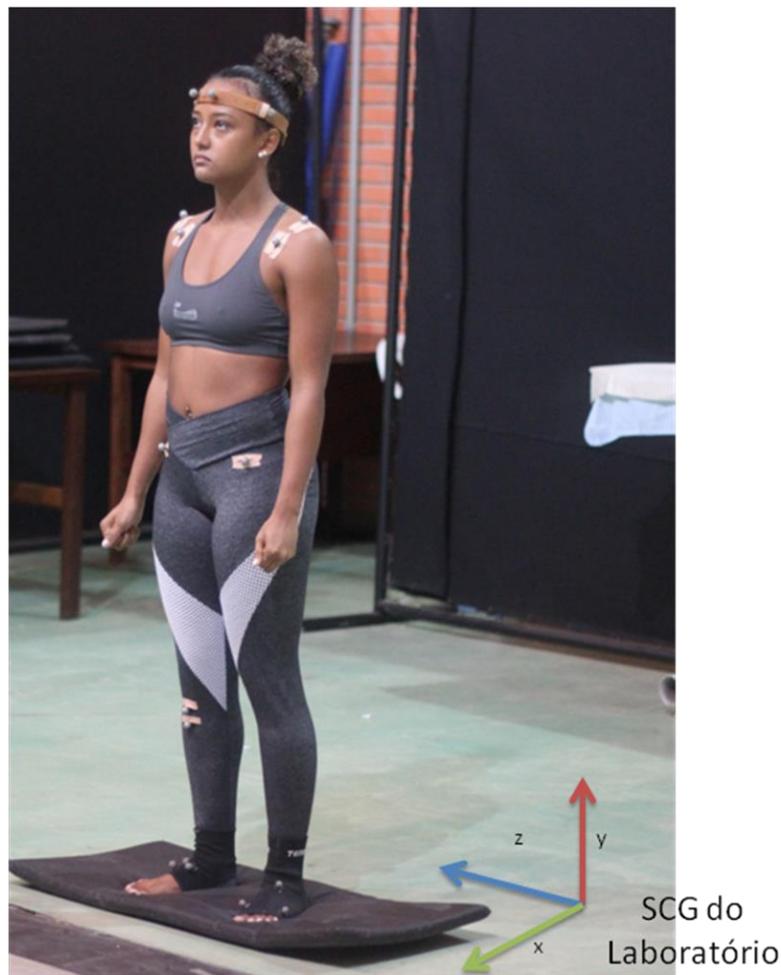
### 3.9 ANÁLISE DOS DADOS CINEMÁTICOS

Os dados cinemáticos obtidos a partir marcadores reflexivos foram digitalizados no software BTS Smart-Tracker (BTS Bioengineering, Itália), e processados e analisados no software BTS Smart-Analyzer (BTS Bioengineering, Itália). Devido às características do movimento analisado (dois corpos em contato e giros de 360°) alguns marcadores eram ocultados. Nas situações onde ocorria a perda da informação de um determinado marcador, uma interpolação foi realizada. Através de um procedimento de DLT (*Direct Linear Transformation*), e com base na calibração prévia realizada conforme as especificações do fabricante (BTS Bioengineering), a posição espacial de cada um dos marcadores foi calculada e expressa em unidades métricas. O erro médio estimado pelo sistema para cada uma das coordenadas 3D dos marcadores foi inferior a 0,5 mm (conforme fabricante). Não foram realizados procedimentos de filtragem nos dados de posição espacial dos marcadores. A filtragem dos dados ocorreu apenas após o processamento que era realizado com as posições espaciais, como no caso do cálculo da amplitude articular ou da velocidade angular, por exemplo. Em todas as situações, o filtro utilizado foi um filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz. Cada uma das variáveis cinemáticas analisadas tiveram um processamento específico, conforme descrito a seguir.

Quando houve perda de informação durante a coleta e análise dos dados (queda dos marcadores, erro de sistema, problemas de captura pela invisibilidade dos marcadores durante o movimento, etc), a posição dos marcadores foi interpolada com base nas informações disponíveis.

O Sistema de Coordenadas Global (SCG) foi representado pelos eixo x, que buscou ser alinhado com a direção postero-anterior dos bailarinos, eixo y, na vertical, e o eixo z, que buscou ser alinhado com a direção médio-lateral (para a direita) dos bailarinos (Figura 7).

**Figura 7 - Sistema de Coordenadas Global (SCG)**



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir é descrito como foram analisadas cada uma das variáveis. Uma descrição mais detalhada dos procedimentos utilizados para análise dos parâmetros cinemáticos da dama se encontra no Apêndice B, e do cavalheiro no Apêndice C.

### 3.9.1 Características temporais do movimento acrobático "panqueca"

Cada uma das três entradas do movimento acrobático "panqueca"

teve seu tempo mensurado de forma absoluta, a partir da diferença entre o final da fase 4 (Retorno da dama para os braços do cavaleiro) e o início da fase 1 (Preparação do cavaleiro para lançar a dama para o ar), sendo expresso em segundos.

As 4 fases tiveram seu tempo mensurado de forma relativa, a partir do quociente entre o tempo de duração de cada fase e o tempo total de duração da respectiva entrada, sendo o valor relativo expresso em “percentual do tempo total”.

### 3.9.2 Centro de massa da dama

O Centro de massa da dama foi calculado com base no centro de massa de cada segmento, com exceção dos membros superiores. Devido a dificuldade de visualização dos marcadores localizados nos membros superiores da dama, bem como pela perda destes marcadores durante a realização do movimento (colisão com o cavaleiro), os membros superiores não foram utilizados na estimativa do centro de massa da dama. O centro de massa da dama dos segmentos cabeça, tronco, coxa, perna e pé resultaram assim em 90% da Massa Total da Dama. A massa de cada segmento foi calculada conforme Winter (2005) (Tabela 3).

**Tabela 3** – Informações antropométricas para o cálculo do centro de massa da dama.

Segmento	Descrição*	Massa [% peso corporal]	Posição do centro de massa (CM)
Cabeça	Um cluster contendo 4 marcadores, 2 frontais e 2 posteriores	8,1	Baricentro dos 4 marcadores
Tronco	Articulações acrômio-claviculares direita e esquerda e EIAS direita e esquerda	49,7	Baricentro dos 4 marcadores
Coxa	EIAS e tuberosidade da tíbia	10,0	43,3% proximal
Pé	Um cluster contendo 3 marcadores	1,5	Pontos médio entre os marcadores mais laterais
Perna	Tuberosidade da tíbia e centro de massa do pé	4,6	43,3% proximal

OBS: A descrição se refere ao local onde foram posicionados os marcadores reflexivos para definição do segmento.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.9.3 Altura do centro de massa da dama

A altura máxima da dama foi calculada a partir da posição máxima vertical atingida pelo do centro de massa da dama. Essa variável foi filtrada através de um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem com frequência de corte de 5 Hz.

### 3.9.4 Velocidade vertical do centro de massa da dama

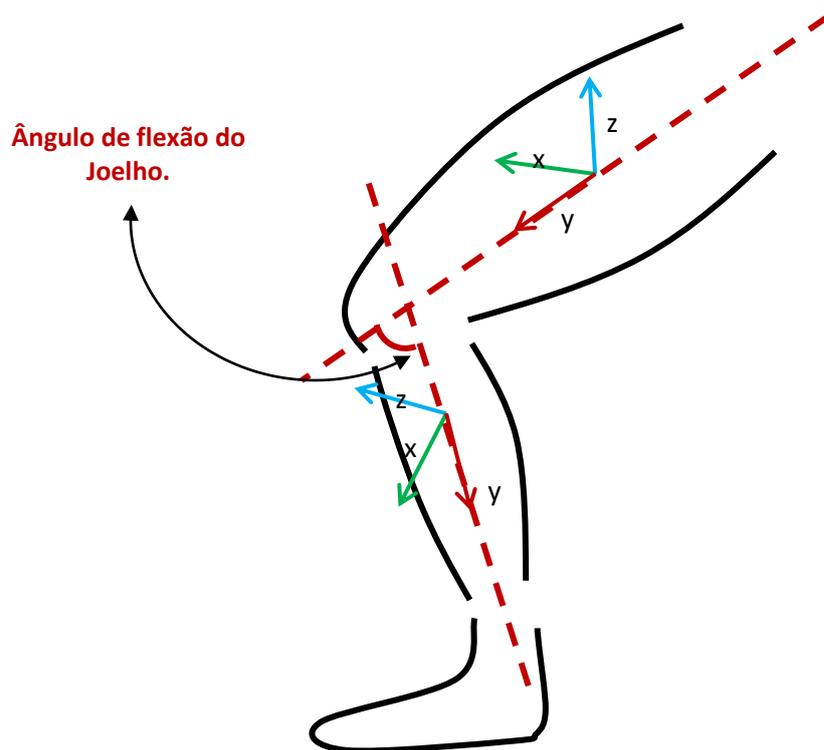
A velocidade vertical do centro de massa da dama foi calculada a partir da derivada da altura do centro de massa (filtrada) em função do tempo. A velocidade máxima foi obtida a partir da velocidade vertical do centro de massa da dama.

### 3.9.5 Posição angular

Para cada um dos segmentos corporais modelados foi construído um sistema de coordenadas local (SCL), representativo do segmento (Apêndice D). As posições angulares foram obtidas através de dois métodos, dependendo da situação. Para as articulações do punho, cotovelo, tornozelo e joelho do cavaleiro, foram calculados os ângulos entre os dois vetores longitudinais representativos dos respectivos seguimentos de cada uma destas articulações (Figura 8).

Para as articulações do ombro e quadril do cavaleiro, foram utilizados os ângulos de Euler. Para o Ombro foi utilizada a sequência de Euler YXY, com base nos sistemas de coordenadas local do braço e do tronco, conforme sugerido por Wu (2005). Nesta sequência de Euler foi utilizada apenas a segunda rotação (em torno de X) como representativa do ângulo de Elevação do ombro. Para o quadril foi utilizada a sequência de Euler XYZ, com base nos sistemas de coordenadas local da coxa e sistema de coordenadas global (SCG). Nesta sequência de Euler a primeira rotação (em torno de X) representou a adução-abdução do quadril, a segunda rotação (em torno de Y) representou rotações internas e externas, e a terceira rotação (em torno de Z) representou as flexo-extensão do quadril.

**Figura 8** - Exemplo ilustrativo para o cálculo do ângulo de flexão do joelho.

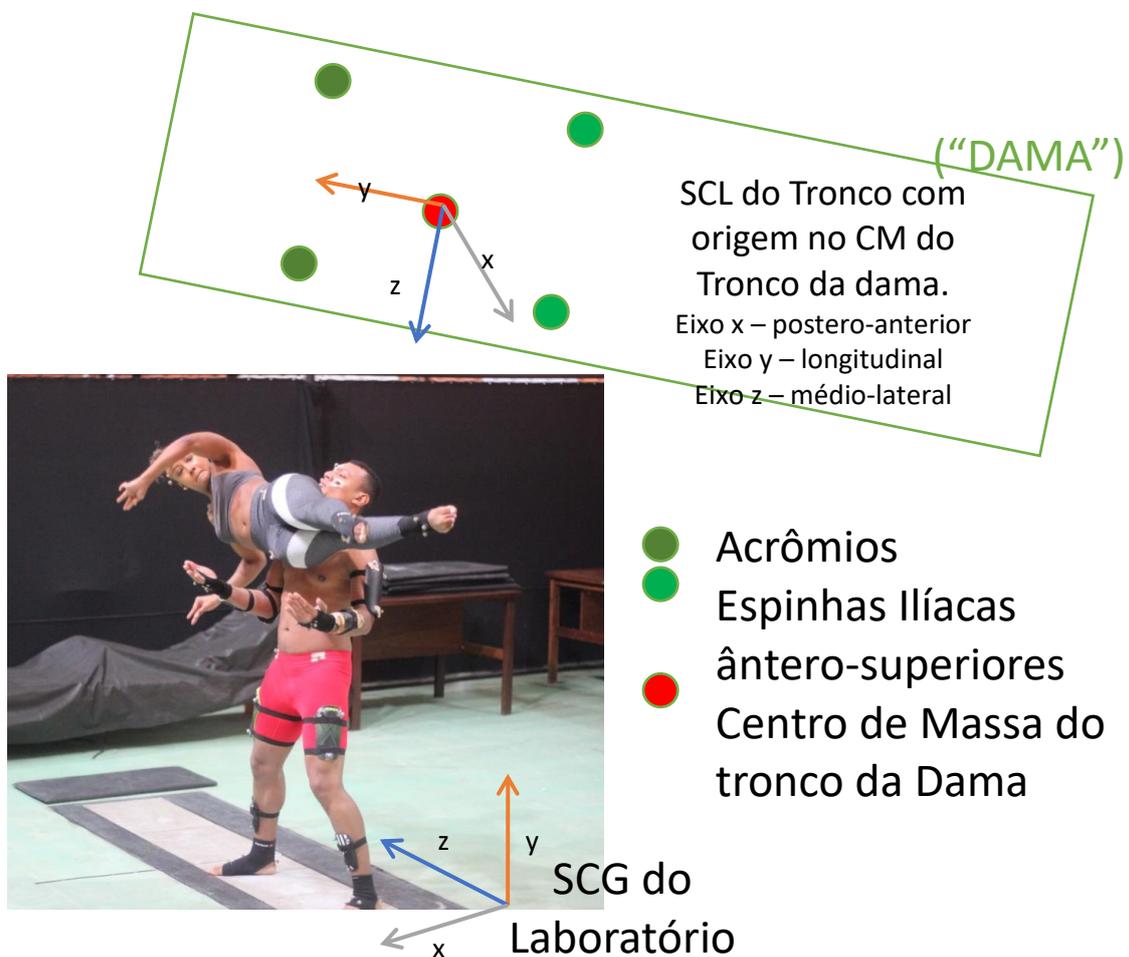


Fonte: Elaborado pelo autor

Para avaliar a posição do corpo da dama, durante as fases de lançamento e aérea, foi utilizado o SCL do tronco (Figura 9). A posição angular do corpo da dama, sempre representada pelo eixo longitudinal do SCL do tronco da dama (vetor Y), foi descrita de duas formas: a rotação do tronco em torno do eixo longitudinal (durante o lançamento e a fase aérea) e a inclinação do tronco durante a fase aérea. Para a rotação do tronco em torno do seu eixo longitudinal foi utilizada a sequência de Euler XYZ, com base no SCL do tronco e do SCG. Nesta sequência foi utilizada apenas a terceira rotação (em torno de Z) como representativa da posição angular. Para a inclinação do corpo da dama durante a fase aérea foi calculado o ângulo entre dois vetores: a projeção do vetor longitudinal do SCL do tronco da dama (vetor Y) no Plano YZ do sistema de coordenadas global (SCG), e o vetor Z do SCG (eixo horizontal).

A inclinação do eixo longitudinal da dama foi filtrada por um filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz. Foi determinada a Inclinação do eixo longitudinal da dama máxima, mínima e média.

**Figura 9** - Desenho esquemático do SCL do tronco da Dama



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.9.6 Amplitude angular

As amplitudes angulares das articulações avaliadas, bem como do giro da dama em torno do seu eixo longitudinal (variação angular), foram calculadas pela diferença entre a posição angular final menos a posição angular inicial. Todas as amplitudes articulares foram filtradas com um filtro digital Butterworth, passa-baixa de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

### 3.9.7 Velocidade angular

A velocidade angular do eixo longitudinal da dama foi calculada a partir da derivada posição angular do eixo longitudinal da dama (filtrada) em

função do tempo. A velocidade angular foi calculada apenas fases de lançamento e aérea.

#### 3.9.8 Instante de tempo da mudança de estado

O instante de tempo da mudança de estado representa o início do movimento articular para o lançamento da dama. Este instante de tempo foi identificado a partir da velocidade angular, representativa do movimento de cada articulação. Assim, próximo do final da fase 1 / início da fase 2 ("Tempo 2") procurou-se o tempo correspondente a velocidade angular igual a zero.

### 3.10 ANÁLISE TESTES ESTATÍSTICOS

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. Buscando identificar eventuais diferenças entre as entradas, foram realizadas múltiplas ANOVA One-Way de medidas repetidas, uma para cada variável dependente analisada, com fator "entrada" dividido em três níveis: Simples, Balão e Decúbito Ventral. Para as ANOVAs One-Way de medidas repetidas a esfericidade foi confirmada pelo teste de Mauchly.

Também foram realizadas duas ANOVAs two-way de fatores independentes para a variável dependente amplitude angular das articulações e instante de tempo da mudança de estado (em valores percentuais do ciclo). Em relação à variável amplitude angular das articulações foi feita uma análise separadamente para cada uma das articulações, tendo como fatores "entrada" (dividido em três níveis: Simples, Balão e DV) e lado (dividido em dois níveis: direito e esquerdo). Já para análise do instante de tempo da mudança de estado (em valores percentuais do ciclo) foi analisado separadamente cada uma das entradas, tendo os fatores lado (dividido em dois níveis: direito e esquerdo) e articulação em oito níveis (punho, cotovelo, ombro, flexo-extensão de quadril, rotação interna-externa de quadril, adução e abdução de quadril, joelho e tornozelo).

Quando a ANOVA apresentava diferenças entre os níveis, um teste post hoc, com correção de Bonferroni foi utilizado para identificar onde estavam

as diferenças. O software SPSS foi utilizado para análise, e em todos os testes foi adotado um  $\alpha < 0,05$ .

Este trabalho utilizou o eta parcial ao quadrado ( $\eta_p^2$ ) como tamanho de efeito buscando comparações com futuros estudos (KEPPEL, 1991). Cabe ressaltar que esta comparação deve-se limitar a estudo com o mesmo design (LAKENS, 2013). Foi considerado  $\eta_p^2$  pequeno até 1%, médio até 10% e grande acima de 25% (COHEN, 1968). O  $\eta_p^2$  também pode ser utilizado na estimativa do tamanho amostral em futuros estudo. Não obstante, o  $\eta_p^2$  utilizado no software G\*Power não é exatamente o mesmo utilizado neste estudo, que foi retirado da saída do software SPSS. A conversão entre estes fatores pode ser realizada conforme prevista por Lakens (2013).

### 3.11 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa seguiu os preceitos éticos da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O estudo foi submetido à Comissão de Pesquisa da ESEF/UFRGS e ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS. O projeto foi aprovado pela Plataforma Brasil sob o número do Parecer: 2.956.956 e CAAE: 96770818.1.0000.5347. Os indivíduos participantes do estudo foram previamente esclarecidos sobre a pesquisa realizada, e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

## 4 RESULTADOS

A duração total do movimento acrobático “panqueca”, considerando os momentos inicial e final arbitrados, possui um tempo de execução distinto, dependendo da entrada utilizada [ $F(2,30) = 32,42$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,68$ ]. A entrada com menor tempo de execução foi em Decúbito Ventral (DV), com uma duração média de 2,63s ( $\pm 0,15$ ). A entrada Simples teve um tempo de duração intermediário, com média de 2,91s ( $\pm 0,10$ ), e a entrada Balão foi a mais demorada, com média 3,25s ( $\pm 0,25$ ).

A duração de cada uma das fases do movimento acrobático “panqueca” também apresentou diferenças significativas [ $F(3,120) = 973,79$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,96$ ]. A Fase 2 (Lançamento da dama) sempre foi a fase com menor duração, independente da entrada, com pouco mais de 10% do tempo total do ciclo, seguida Fase 3 (Fase aérea), em torno de 20% do tempo total do ciclo. A Fase 1 (Preparação do cavaleiro para lançar a dama para o ar) foi a mais lenta, próximo a 40% do tempo total do ciclo, enquanto a Fase 4 (Retorno da dama para os braços do cavaleiro) foi ligeiramente inferior a 30% do tempo total do ciclo (Tabela 4).

**Tabela 4** - Tempo de duração (percentual do tempo total) de cada uma das fases das diferentes entradas

Entrada	FASE 1 Preparação do cavaleiro para lançar a dama para o ar	FASE 2 Lançamento da dama	FASE 3 Fase aérea	FASE 4 Retorno da dama para os braços do cavaleiro
Simples	36,3 ( $\pm 1,2$ ) <sup>a</sup>	11,7 ( $\pm 1,0$ ) <sup>a</sup>	23,2 ( $\pm 1,6$ ) <sup>a</sup>	28,7 ( $\pm 2,0$ ) <sup>a</sup>
Balão	44,6 ( $\pm 3,8$ ) <sup>b</sup>	10,0 ( $\pm 0,7$ ) <sup>b</sup>	20,9 ( $\pm 1,5$ ) <sup>b</sup>	24,4 ( $\pm 2,6$ ) <sup>b</sup>
Decúbito Ventral	37,6 ( $\pm 2,5$ ) <sup>a</sup>	13,8 ( $\pm 1,9$ ) <sup>c</sup>	19,7 ( $\pm 1,7$ ) <sup>b</sup>	28,9 ( $\pm 3,0$ ) <sup>a</sup>

Obs: letras diferentes indicam diferenças significativas entre as entradas para uma mesma fase.

Fonte: Elaborado pelo autor

Houve interação entre os fatores Entrada e Fase, indicando que as fases tiveram uma duração distinta quando comparadas entre as entradas, [F(6,120) = 26,83;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,57$ ].

A Fase 1 apresentou uma maior duração na entrada Balão, comparadas as demais entradas analisadas, indicando a necessidade de um maior tempo de preparação para lançar a dama para o ar nesta entrada. Já as entradas Simples e DV não apresentaram diferença entre si (Tabela 5).

**Tabela 5** - Resultados da ANOVA referentes à comparação da duração das fases (valores percentuais do ciclo) entre as diferentes entradas.

Fases	F	glf,glr	p	$\eta^2_p$	Post Hoc (Bonferroni)
Fase 1 (Preparação para lançar a dama)	30,50	2,30	<0,001	0,67	BALÃO>SIMPLES BALÃO>DV
Fase 2 (Lançamento da dama)	21,96	2,30	<0,001	0,59	SIMPLES>BALÃO DV>SIMPLES DV>BALÃO
Fase 3 (Fase aérea)	13,89	2,30	<0,001	0,48	SIMPLES>BALÃO; SIMPLES>DV
Fase 4 (Retorno da dama)	10,67	2,30	<0,001	0,42	SIMPLES>BALÃO; DV>BALÃO

F: valor da estatística executada; glf: graus de liberdade do fator (Fase); glr: graus de liberdade do erro; p: significância do teste estatístico;  $\eta^2_p$ : Eta parcial ao quadrado.

Fonte: Elaborado pelo autor

O Lançamento da dama (Fase 2) teve tempo de duração distinto nas três entradas, sendo mais rápido na entrada Balão, e mais lento na entrada Decúbito Ventral (Tabela 5).

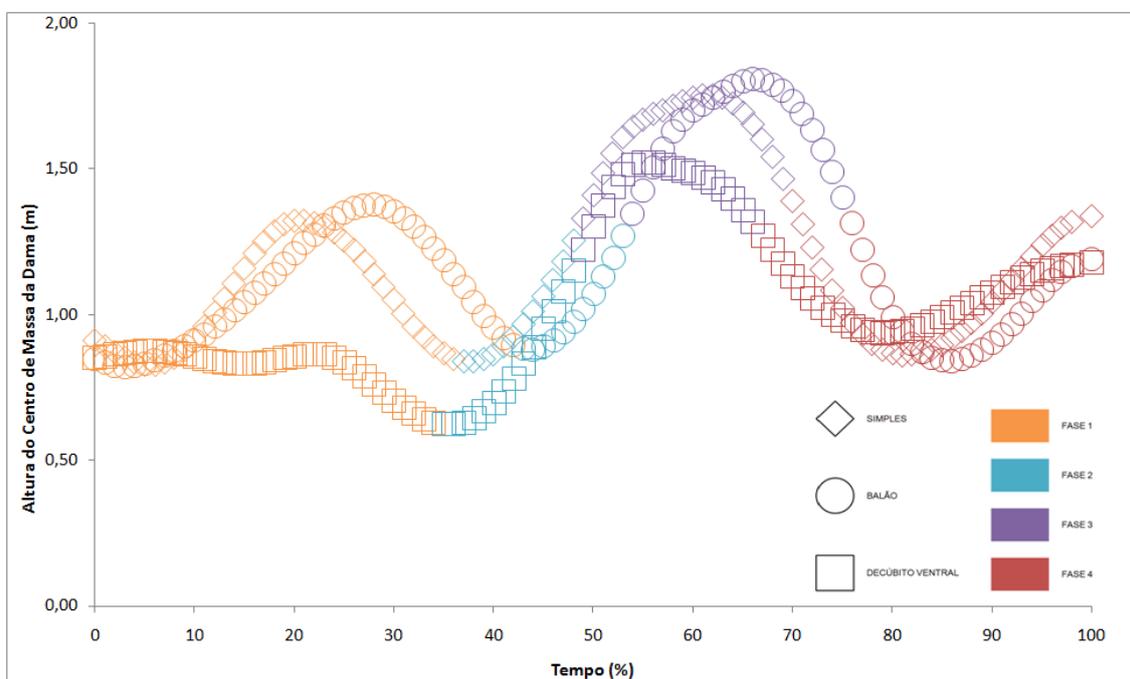
A Fase aérea (Fase 3) apresentou uma maior duração na entrada Simples, comparadas as demais entradas analisadas, indicando um tempo maior da dama no ar nesta entrada. Já as entradas Balão e DV não apresentaram diferença entre si (Tabela 5).

A Fase 4 apresentou uma menor duração na entrada Balão, comparadas as demais entradas analisadas, indicando a necessidade de um menor tempo de acomodação da dama nos braços do cavalheiro no retorno desta entrada. Já as entradas Simples e DV não apresentaram diferença entre si (Tabela 5).

#### 4.1 DESCRIÇÃO CINEMÁTICA DA DAMA

A posição vertical da dama, representada pela altura do seu centro de massa, é similar entre as três entradas avaliadas (Figura 10), mas apresenta algumas peculiaridades dependendo da entrada. A altura máxima do centro de massa da dama (Tabela 6), foi inferior na entrada DV, comparada as entradas Simples e Balão [ $F(2,10) = 232,34$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,96$ ], assim como a altura mínima [ $F(2,20) = 92,56$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,90$ ].

**Figura 10** - Altura do Centro de Massa da Dama ilustrado através de uma repetição para cada uma das entradas: Simples, Balão e Decúbito Ventral.



Obs: Os símbolos geométricos (losango, círculo e quadrado) representam as três diferentes entradas (Simples, Balão e Decúbito Ventral) e as cores representam as quatro diferentes fases do movimento acrobático “panqueca”.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na variável dependente Altura Mínima do Centro de Massa da Dama houve diferença [ $F(2,20) = 92,56$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,90$ ] (Tabela 6), sendo a entrada em Decúbito Ventral a que apresentou a menor Altura Mínima do Centro de Massa da Dama durante a Fase 2 se comparada com as entradas Simples e Balão.

A Velocidade Vertical Máxima do Centro de Massa da Dama não apresentou diferença estatística entre as três diferentes entradas [ $F(2,20) = 1,13$ ;  $p = 0,342$ ;  $\eta^2_p = 0,102$ ], enquanto a Altura do Centro de Massa da Dama quando a Velocidade Vertical do Centro de Massa da Dama foi máxima apresentou diferença estatística [ $F(2,20) = 56,26$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,85$ ] sendo a entrada em Decúbito Ventral a que apresentou o centro de massa mais baixo (Tabela 6).

**Tabela 6** - Resultados cinemáticos do centro de massa da dama (n=11).

Variável	Simples	Balão	Decúbito Ventral
Altura Máxima do CM da Dama (m)	1,82 <sup>a</sup> ( $\pm 0,05$ )	1,81 <sup>a</sup> ( $\pm 0,03$ )	1,56 <sup>b</sup> ( $\pm 0,3$ )
Altura Mínima do CM da Dama (m)	0,80 <sup>a</sup> ( $\pm 0,05$ )	0,82 <sup>a</sup> ( $\pm 0,03$ )	0,61 <sup>b</sup> ( $\pm 0,03$ )
Velocidade Vertical Máxima do CM da Dama (m/s)	2,76 ( $\pm 0,25$ )	2,80 ( $\pm 0,11$ )	2,86 ( $\pm 0,10$ )
Altura do CM da Dama na Velocidade Vertical Máxima (m)	1,37 <sup>a</sup> ( $\pm 0,05$ )	1,36 <sup>a</sup> ( $\pm 0,02$ )	1,24 <sup>b</sup> ( $\pm 0,04$ )

Obs: letras diferentes indicam diferenças significativas entre as entradas, para uma mesma variável.

Fonte: Elaborado pelo autor

A inclinação do eixo longitudinal da dama, representando o alinhamento do corpo da dama com a horizontal, foi analisada apenas na Fase 3 (Fase aérea) através dos seus valores Mínimo, Máximo e Médio (Tabela 7). A inclinação mínima não foi diferente entre as entradas [ $F(2,20)=3,82$ ;  $p=0,054$ ;  $\eta^2_p=0,276$ ], indicando que independente da entrada a dama apresentou um alinhamento próximo a horizontal. Em média, a inclinação foi sempre menor na entrada DV [ $F(2,20)=9,23$ ;  $p=0,04$ ;  $\eta^2_p=0,48$ ], enquanto a inclinação máxima da

entrada Simples foi significativamente maior que a entrada DV [ $F(2,20)=10,60$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta^2_p=0,51$ ].

**Tabela 7-** Valores mínimos, médios e máximos, com respectivo desvio padrão, da inclinação do eixo longitudinal da dama durante a Fase 3 (fase aérea) (n=11).

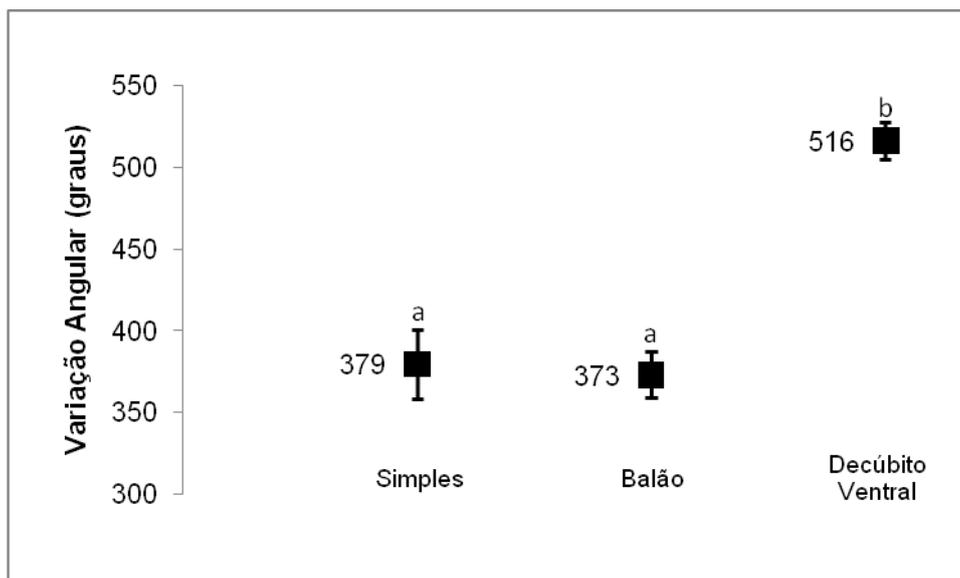
Variável	Simples	Balão	Decúbito Ventral
Inclinação mínima (graus)	18,9 ( $\pm$ 19,6)	10,7 ( $\pm$ 10,0)	2,8 ( $\pm$ 7,0)
Inclinação média (graus)	34,6 ( $\pm$ 15,7) <sup>a</sup>	26,5 ( $\pm$ 6,0) <sup>a</sup>	14,8 ( $\pm$ 6,8) <sup>b</sup>
Inclinação máxima (graus)	49,0 ( $\pm$ 14,7) <sup>a</sup>	37,6 ( $\pm$ 2,7) <sup>a,b</sup>	29,7 ( $\pm$ 8,1) <sup>b</sup>

Obs: letras diferentes indicam diferenças significativas entre as entradas, para uma mesma variável.

Fonte: Elaborado pelo autor

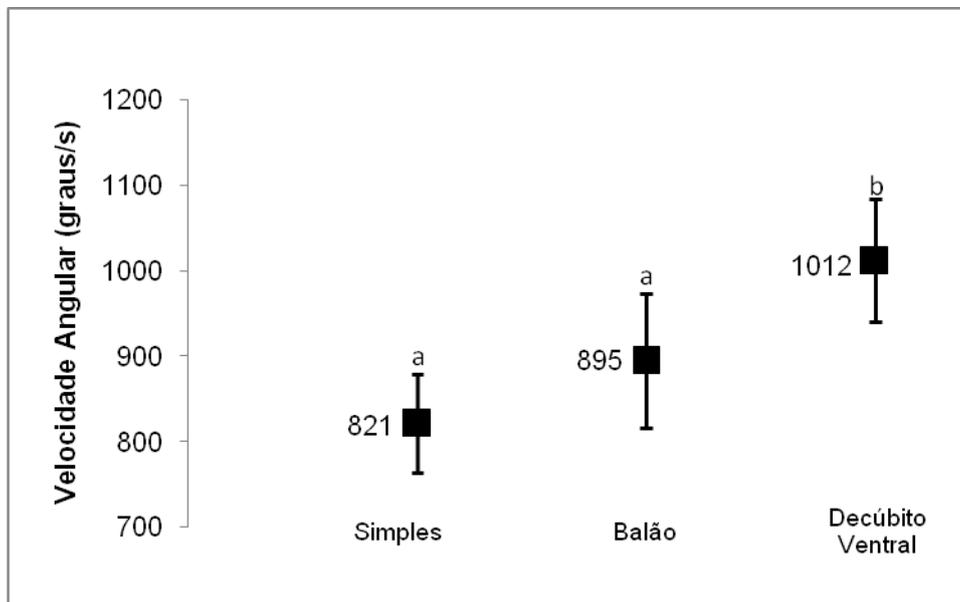
A Variação Angular Máxima e a Velocidade Angular Máxima da dama foram consideradas durante as fases 2 e 3 (fase de lançamento e a fase aérea). A Variação Angular Máxima apresentou diferença estatística entre as entradas [ $F(2,18) = 1,13$ ;  $p=0,342$ ;  $\eta^2_p = 0,102$ ], com a dama girando uma volta e meia em torno de seu eixo longitudinal na entrada DV, enquanto nas entradas Simples e Balão a variação angular foi ligeiramente superior a um giro completo (Figura 11). A Velocidade Angular Máxima apresentou diferença estatística entre as entradas [ $F(2,18) = 289,10$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta^2_p = 0,97$ ] indicando que a velocidade angular máxima foi atingida durante a entrada Decúbito Ventral (Figura 12).

**Figura 11** - Média das Variações Angulares, com o respectivo desvio padrão (n=11), durante as fases 2 e 3 (fase aérea e lançamento).



Obs: letras diferentes indicam diferenças significativas entre as entradas.  
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 12** – Valores Médios das Velocidades Angulares Máximas com o respectivo desvio padrão (n=11), durante as fases 2 e 3 (fase aérea e lançamento).



Obs: letras diferentes indicam diferenças significativas entre as entradas.  
Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 DESCRIÇÃO CINEMÁTICA DO CAVALHEIRO

Para a descrição cinemática do cavaleiro foram analisados seus ângulos articulares. Dentre as articulações do cavaleiro analisadas, percebe-se uma grande variação nos valores mínimos e máximos (Tabela 8), com desvios menores que 5% (angulação máxima do cotovelo esquerdo) a desvios maiores que 100% (angulação mínima de rotação do quadril direito), indicando variabilidade distinta entre as articulações.

Com base nas amplitudes mínimas e máximas de cada repetição, foram calculadas as amplitudes de cada articulação, nas diferentes entradas (Tabela 9). Para a variável dependente amplitude foram analisados os fatores Lado (direta e esquerda) e Entrada (Simples, Balão e DV) para cada articulação. Dentre as articulações analisadas, apenas o punho apresentou diferença entre as entradas, sendo a maior amplitude na entrada Simples ao comparar com a DV [ $F(2,23) = 4,45$ ;  $p=0,023$ ;  $\eta^2_p=0,279$ ], e nenhuma articulação apresentou assimetria, quando analisado o lado direito e esquerdo.

**Tabela 8** - Valores angulares mínimos e máximos, com respectivo desvio padrão, das articulações do cavalheiro (n=11).

ARTICULACOES	Simples		Balão		DV	
	Mínimo [graus]	Máximo [graus]	Mínimo [graus]	Máximo [graus]	Mínimo [graus]	Máximo [graus]
Punho Esquerdo	-19,6 (± 8,2)	86,5 (± 20,8)	-16,5 (± 4,5)	49,8 (± 4,4)	-12,6 (± 6,2)	69,5 (± 21,7)
Punho Direito	-24,7 (± 8,8)	92,5 (± 31,6)	-22,7 (± 3,6)	63,7 (± 5,1)	-----	-----
Cotovelo Esquerdo	12,9 (± 8,1)	98,3 (± 33,6)	8,2 (± 13,6)	111,6 (± 13,7)	8,4 (± 2,7)	112,8 (± 4,6)
Cotovelo Direito	11,0 (± 7,1)	81,4 (± 23,4)	12,5 (± 5,9)	99,6 (± 16,7)	-----	-----
Ombro Esquerdo (elevação)	16,6 (± 3,4)	72,9 (± 20,1)	18,9 (± 5,2)	71,7 (± 5,0)	16,9 (± 3,3)	84,4 (± 14,0)
Ombro Direito (elevação)	12,7 (± 5,9)	92,4 (± 42,7)	12,6 (± 8,1)	94,2 (± 19,8)	13,2 (± 5,4)	106,7 (± 37,1)
Quadril Esquerdo Flexo-Extensão	-12,5 (± 11,1)	35,0 (± 11,3)	-9,1 (± 6,0)	40,3 (± 12,1)	-11,7 (± 6,5)	49,3 (± 14,5)
Quadril Direito Flexo-Extensão	-15,4 (± 12,9)	43,6 (± 9,7)	-7,0 (± 5,6)	49,6 (± 14,8)	-12,7 (± 13,4)	56,2 (± 21,3)
Quadril Esquerdo Adução-Abdução	10,0 (± 10,3)	57,6 (± 10,9)	10,7 (± 6,5)	57,6 (± 12,0)	12,2 (± 9,8)	36,4 (± 13,5)
Quadril Direito Adução-Abdução	13,8 (± 10,5)	66,0 (± 19,5)	12,2 (± 9,6)	60,1 (± 16,4)	13,1 (± 12,9)	74,8 (± 10,4)
Quadril Esquerdo Rotação Interna-Externa	4,1 (± 2,5)	57,8 (± 13,7)	5,1 (± 7,8)	60,2 (± 11,1)	13,4 (± 9,0)	55,1 (± 13,0)
Quadril Direito Rotação Interna-Externa	4,4 (± 5,5)	49,8 (± 12,1)	4,6 (± 12,8)	63,7 (± 20,2)	13,7 (± 12,8)	67,8 (± 14,3)
Joelho Esquerdo	8,4 (± 3,1)	85,1 (± 17,9)	11,0 (± 8,2)	87,5 (± 5,9)	11,3 (± 3,9)	97,9 (± 6,6)
Joelho Direito	12,9 (± 1,6)	83,3 (± 19,2)	14,2 (± 4,9)	85,8 (± 9,0)	12,1 (± 1,7)	102,5 (± 17,9)
Tornozelo Esquerdo	-39,9 (± 7,3)	12,7 (± 8,2)	-24,1 (± 8,0)	19,9 (± 5,2)	-29,4 (± 6,2)	21,0 (± 6,0)
Tornozelo Direito	-20,8 (± 6,6)	39,7 (± 17,3)	-21,3 (± 7,4)	42,7 (± 4,6)	-16,9 (± 3,5)	30,8 (± 12,3)

Obs: Não há informações sobre o Punho Direito e Cotovelo Direito na Entrada DV por ocultação dos marcadores reflexivos posicionados da mão e do punho direito do bailarino. Adotou-se como origem do referencial (zero graus) a posição relaxada do cavalheiro após a execução do movimento. Valores positivos representam a flexão, planti-flexão, abdução, elevação e rotação externa que ocorrem a partir da origem.

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 9** - Amplitudes Angulares, com respectivo desvio padrão, das articulações do cavalheiro (n=11).

ARTICULACOES	Amplitude Angular		
	Simple	Balão	DV
Punho Esquerdo	106,1 (± 26,6)	66,2 (± 0,1)	82,0 (± 23,9)
Punho Direito	125,8 (± 33,9)	85,4 (± 4,8)	----
Cotovelo Esquerdo	85,4 (± 26,7)	103,4 (± 27,3)	104,4 (± 5,4)
Cotovelo Direito	70,4 (± 22,0)	87,2 (± 18,9)	----
Ombro Esquerdo (elevação)	56,3 (± 18,7)	52,8 (± 3,4)	67,4 (± 15,3)
Ombro Direito (elevação)	79,7 (± 42,8)	81,5 (± 21,5)	93,6 (± 34,9)
Quadril Esquerdo Flexo-Extensão	47,5 (± 8,6)	49,3 (± 9,4)	61,0 (± 12,4)
Quadril Direito Flexo-Extensão	59,0 (± 14,4)	56,6 (± 17,2)	68,2 (± 20,7)
Quadril Esquerdo Adução-Abdução	47,6 (± 9,4)	47,1 (± 9,5)	46,3 (± 11,7)
Quadril Direito Adução-Abdução	52,2 (± 16,6)	47,9 (± 17,7)	61,7 (± 11,0)
Quadril Esquerdo Rotação Interna-Externa	56,8 (± 11,0)	55,1 (± 14,1)	41,7 (± 15,7)
Quadril Direito Rotação Interna-Externa	47,9 (± 8,1)	59,1 (± 21,7)	54,1 (± 14,5)
Joelho Esquerdo	76,7 (± 17,2)	76,5 (± 9,3)	86,6 (± 5,5)
Joelho Direito	70,4 (± 19,5)	71,6 (± 11,6)	90,4 (± 17,8)
Tornozelo Esquerdo	52,6 (± 9,4)	44,0 (± 8,2)	50,4 (± 4,4)
Tornozelo Direito	60,5 (± 12,6)	64,1 (± 7,0)	47,6 (± 10,2)

Não há informações sobre o Punho Direito e Cotovelo Direito na Entrada DV por ocultação dos marcadores reflexivos posicionados da mão e do punho direito do bailarino.

Fonte: Elaborado pelo autor

O início do movimento de lançamento da dama foi avaliado, separadamente em cada uma das entradas, pela variável dependente instante de tempo da mudança de estado (em valores percentuais do ciclo) indicando o início do movimento de lançamento dama, para cada uma das oito articulações avaliadas do bailarino, considerando ainda os lados direito e esquerdo (Tabela 10). O movimento mostrou-se simétrico em relação aos lados em todas as entradas, porém na entrada DV houve diferenças entre as articulações [F (7,132) = 2,778; p=0,010;  $\eta^2_p=0,128$ ]. Nesta entrada, o punho iniciou o movimento antes do cotovelo [p=0,024]; antes da flexo-extensão [p=0,015] e adução-abdução [p=0,013] de quadril.

**Tabela 10** – Valores médios do instante de tempo da mudança de estado (percentual do ciclo), indicando o início do movimento de lançamento da dama, de cada uma das articulações avaliadas do bailarino nas diferentes entradas, com respectivo desvio padrão.

ARTICULACOES	Tempo (em % do ciclo)		
	Simple	Balão	DV
Punho Esquerdo	37,2 (± 2,3)	41,4 (± 1,4)	39,9 (± 7,1)
Punho Direito	37,8 (± 3,2)	43,9 (± 2,0)	----
Cotovelo Esquerdo	35,3 (± 1,6)	40,0 (± 1,3)	43,0 (± 7,7)
Cotovelo Direito	36,3 (± 2,2)	41,8 (± 2,5)	----
Ombro Esquerdo (elevação)	38,1 (± 6,4)	43,0 (± 1,9)	40,7 (± 4,8)
Ombro Direito (elevação)	36,2 (± 1,9)	43,0 (± 1,9)	42,0 (± 5,1)
Quadril Esquerdo Flexo-Extensão	37,6 (± 4,5)	45,0 (± 4,0)	45,1 (± 7,9)
Quadril Direito Flexo-Extensão	39,0 (± 4,9)	44,0 (± 3,9)	43,3 (± 8,5)
Quadril Esquerdo Adução-Abdução	36,7 (± 4,7)	43,7 (± 3,9)	45,7 (± 9,3)
Quadril Direito Adução-Abdução	36,2 (± 5,1)	43,7 (± 4,0)	41,3 (± 9,5)
Quadril Esquerdo Rotação Interna-Externa	36,5 (± 4,4)	46,4 (± 4,5)	42,3 (± 11,3)
Quadril Direito Rotação Interna-Externa	37,7 (± 5,8)	43,7 (± 4,3)	38,5 (± 8,1)
Joelho Esquerdo	36,6 (± 1,0)	45,0 (± 3,8)	40,0 (± 7,6)
Joelho Direito	36,8 (± 1,9)	45,7 (± 4,5)	39,2 (± 4,4)
Tornozelo Esquerdo	36,2 (± 2,0)	45,0 (± 4,5)	40,3 (± 4,9)
Tornozelo Direito	37,8 (± 2,3)	46,3 (± 3,9)	40,2 (± 3,9)

Obs: Não há informações sobre o Punho Direito e Cotovelo Direito na Entrada DV por ocultação dos marcadores reflexivos posicionados da mão e do punho direito do bailarino.

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 DISCUSSÃO

Em relação a duração total das três entradas, a entrada Balão foi a que apresentou uma maior demanda de tempo para a sua execução (3,25s). Para a realização da entrada Balão, a dama afasta seus membros inferiores do corpo do bailarino, realizando um círculo com as pernas, para então, posteriormente, posicionar suas pernas no colo do cavalheiro. Essa execução exige um tempo maior, se comparado as outras entradas. Professores podem utilizar esta entrada para bailarinos iniciantes, pois pelo fato de ser uma entrada mais lenta, ela permite que os bailarinos tenham tempo de pensar durante a sua movimentação e possam realizá-la mais lentamente. Por outro lado, o fato da entrada Balão ser a mais lenta provavelmente exigirá mais resistência dos bailarinos. Do ponto de vista estratégico, os coreógrafos podem utilizar a entrada Balão em coreografias com músicas mais lentas. Considerando apenas o “tempo de execução”, jurados e avaliadores podem atribuir notas (pontuações) inferiores a esta entrada.

De maneira oposta a entrada Balão, a entrada DV apresentou o menor tempo de execução entre as entradas (2,63s). Chama a atenção que justamente nesta entrada ocorre a maior variação angular da “panqueca”, em torno de uma volta e meia (Figura 11). Assim, esse menor tempo de execução parece estar relacionado com a velocidade angular do giro da dama que foi a mais rápida entre as entradas (Figura 12). Professores normalmente ensinam essa entrada para bailarinos mais experientes, pois demanda uma maior atenção dos artistas pelo fato de ser uma entrada mais rápida e a dama começar o movimento em decúbito ventral. Pode-se especular ainda que as maiores variações e velocidades angulares desta entrada exigirão mais força do cavalheiro. A entrada DV pode ser utilizada pelos coreógrafos em músicas mais rápidas e coreografias mais dinâmicas, tornando a dança ainda mais interessante quando trabalhada com mudanças de velocidade. Jurados e avaliadores também podem considerar essa entrada como sendo mais difícil, determinando uma nota (pontuação) superior às entradas Simples e Balão. Com relação à percepção da platéia, observa-se muitas vezes que esta entrada é considerada a mais deslumbrante.

Após uma análise do tempo total das três entradas, foi investigada cada fase separadamente. Essa separação é necessária para melhor compreensão do

movimento, sendo esta estratégia também utilizada em outras áreas, como a Patinação, por exemplo (KING, ARNOLD, SMITH, 1994; KING *et al* 2004). Desta forma, é possível comparar cada fase separadamente para que seja possível aprimorar a técnica da "panqueca". Ainda, independente da entrada, os professores normalmente ensinam seus bailarinos a realizar cada fase do movimento acrobático "panqueca" separadamente, para então, posteriormente, conseguir realizá-lo em sequência.

Na fase 1 a entrada Balão foi a que apresentou o maior tempo de execução entre as entradas, necessitando de quase 50% do tempo do ciclo para sua execução (Tabela 4). Um dos fatores que podem fazer com que a fase 1 da entrada Balão seja a mais demorada, é o fato da dama afastar seus membros inferiores do corpo do bailarino, realizando um círculo com as pernas, para então, posteriormente, posicionar suas pernas no colo do cavalheiro.

Na fase 2 a entrada Balão apresentou-se mais rápida seguida da Simples e posteriormente a entrada DV (Tabela 4). Já a entrada DV apresentou o maior tempo percentual de ciclo possivelmente pela posição da dama na fase de lançamento. Na entrada DV, o cavalheiro empurra a dama para cima com o membro superior que está em contato com as costas da dama, enquanto puxa pra cima uma das pernas da dama com o membro superior oposto. Este movimento combinado acontece apenas nesta entrada onde a variação angular é maior.

Durante a fase de lançamento um maior tempo pode significar um maior impulso. O impulso é definido como o produto da força aplicada ( $F$ ) pelo tempo de aplicação da força ( $\Delta t$ ), sendo descrito pela relação impulso-quantidade de movimento através da equação  $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$  (MCGINNIS, 2015). O que esta relação mostra é que para aumentar a velocidade vertical na fase de lançamento ( $\Delta v$ ), pode-se aumentar a quantidade de força e/ou aplicar a força durante um período mais longo tempo. Esta relação já é bem estudada no ambiente esportivo de alto rendimento. Quando um ginasta salta sobre a mesa, por exemplo, se utiliza desta relação, onde a flexão dos cotovelos pode aumentar o impulso ( $F \cdot \Delta t$ ) através do aumento do tempo de aplicação da força, o que levará a um aumento da quantidade de movimento ( $m \cdot \Delta v$ ), e conseqüentemente ao aumento da velocidade final (UZUNOV, 2010). Em diversas situações esportivas, onde há a tarefa de lançar um objeto, o objetivo é maximizar a velocidade final deste lançamento. O próprio corpo

humano também pode ser alvo de lançamento, como no caso dos saltos. Neste contexto, o aumento da velocidade de lançamento está associado a um aumento da quantidade de movimento. Assim, a força atuando ao longo de um intervalo de tempo (impulso) implicará em uma quantidade de movimento ( $m \cdot \Delta v$ ), afetando a velocidade final do lançamento. Considerando que há limites para a quantidade de força que o corpo humano consegue produzir, a alternativa está justamente em aumentar o tempo de aplicação desta força. Este aumento do tempo de aplicação da força está associado a diversas técnicas esportivas (MCGINNIS, 2015).

A fase 3 pode ser considerada a fase mais perigosa e arriscada, pois durante toda essa fase a dama perde o contato total do cavalheiro, movimentando-se sozinha no ar. Qualquer erro nas fases anteriores pode gerar prejuízo nessa fase, interferindo diretamente no sucesso da realização do movimento acrobático. Professores devem se a ter a preparar seus bailarinos corretamente nas fases anteriores, para quando se depararem com a fase 3, ela ocorra de maneira adequada e segura. Para o aprendizado da fase 3, o cavalheiro pode começar através de exercícios com objetos cilíndricos, substituindo, primeiramente, o corpo da dama. Um exemplo deste tipo de objetivo é o saco de boxe (MORAES, 2016), que inclusive possui diversas dimensões, sendo interessante para trabalhar de maneira progressiva o aumento da carga até chegar no peso da bailarina. Assim, o cavalheiro tem a possibilidade de aprimorar seu movimento com mais consciência, evitando riscos de lesões e quedas da dama.

Já o aprendizado da fase 3 para as bailarinas, os professores podem começar com exercícios de rolamento no chão e saltos como “tour en l’air” – traduzido para o português como “Volta no ar”. Embora, este seja um movimento praticado no ballet pela maior parte dos homens, a projeção e impulsão exigida para a realização do movimento pode auxiliar a dama na fase 3 do movimento acrobático “panqueca”. Para realizar a “Volta no ar” o mais comum é o praticante começar na quinta posição do ballet clássico. A partir desta posição, realiza um demi-plié (flexão de quadril, joelho e tornozelo), e dá um salto para cima com as pernas unidas ao mesmo tempo em que gira o corpo uma ou mais voltas no ar. Outro educativo para o aprendizado do giro da dama pode ser feito com um grupo maior de pessoas. Por exemplo, a dama permanece no colo do cavalheiro e um grupo de ao menos três pessoas pode, manualmente, girar a dama na sua posição horizontal, promovendo a

sensação do giro da bailarina no ar. Essas pessoas seriam responsáveis por conduzir o corpo da dama, lentamente, durante a fase aérea para ela internalizar a sensação de como deve ser o seu giro no ar e posteriormente realizá-lo sozinho.

Outro movimento que pode ser utilizado no aprendizado da “panqueca” é o “parafuso”. O “parafuso” é muito semelhante a “panqueca”, a partir da entrada Simples, a diferença está no posicionamento do braço do cavalheiro que apoia os membros inferiores da dama. Na “panqueca” (entrada Simples), para o lançamento, ambos os membros inferiores da dama estão apoiados no antebraço supinado do cavalheiro, enquanto no “parafuso” o antebraço está pronado e entre as coxas da dama, segurando apenas uma das coxas, a mais próxima do chão. Talvez pela maneira que o cavalheiro segura os membros inferiores da dama durante o “parafuso”, as praticantes, de um modo geral, relatam uma maior sensação de segurança neste movimento.

No ambiente da patinação, King, Arnold, Smith (1994) consideram o estágio de vôo como sendo o tempo da decolagem até o patinador tocar no solo. Esse tempo remete ao mesmo tempo das Fases 2 e 3 do movimento acrobático "panqueca". Estes autores relataram que o tempo de rotação no salto triplo (três voltas da patinadora em torno do seu eixo longitudinal) era em média mais baixo que o tempo de saltos com menos rotações. Guardadas as devidas proporções, o mesmo ocorreu neste estudo, onde o tempo das Fases 2 e 3 juntas (equivalente ao “estágio de voo” utilizado por King, Arnold, Smith; 1994) foi mais baixo na entrada DV, o qual possui maior variação angular que as demais entradas.

Por outro lado, outro estudo mais recente envolvendo a patinação (King *et al*, 2004) não encontrou diferença entre os saltos triplo e quádruplo em relação ao tempo de execução da fase de lançamento, mas considerando somente a fase aérea, foi encontrado um tempo maior para o salto quádruplo que para o salto triplo. Guardadas as devidas proporções, diferentemente do que ocorreu no estudo de King *et al* (2004), na "panqueca" o tempo da Fase 3 foi mais baixo na entrada DV, como mencionado anteriormente.

A entrada Balão foi a que apresentou o menor tempo na fase 4, sendo 24,4% do ciclo. Uma das causas pode ser pela alta inclinação do eixo longitudinal da dama, no caso, ela já estava com o uma parte do corpo, membros inferiores, próximo do cavalheiro, acelerando o retorno ao seu abraço.

A fase 4 demanda uma atenção especial dos bailarinos independente da entrada, pois qualquer equívoco nas fases anteriores interferirá diretamente no retorno da dama para os braços do cavalheiro. Não apenas a preparação (lançamento) de um salto deve ser segura, mas também o retorno, o que permitirá um maior número de combinações de movimentos consecutivos ao salto. De forma complementar, pode-se considerar um retorno adequado quando a dama é recepcionada pelo cavalheiro, de forma "suave", através de uma aterrissagem "macia". Para possibilitar essa recepção "macia" da dama, é necessário que haja uma redução gradual da velocidade de queda da dama, ou seja, uma baixa aceleração. Cabe lembrar que a magnitude da aceleração está diretamente associada à força, ou seja, quanto maior a aceleração (mais rapidamente a velocidade varia), maior a força necessária para executar a ação. Assim, quando a dama é recepcionada pelo cavalheiro e sua velocidade reduzida abruptamente (grande aceleração), o movimento, além de impor uma maior força ao corpo da dama, também é percebido pelo público como desagradável.

Uma sugestão para evitar riscos de queda da dama durante o aprendizado do movimento acrobático "panqueca" seria adicionar pelo menos mais dois praticantes próximos do casal, para que qualquer mudança de percurso da dama no ar, mais pessoas estejam presentes para auxiliar o retorno correto da dama no colo do cavalheiro. Alguns erros encontrados durante o aprendizado desse movimento é que quando ocorre um erro de execução nas fases 1, 2 e ou 3, a bailarina pode apresentar um deslocamento horizontal do seu centro de massa, e não retornar verticalmente para o colo do cavalheiro, como esperado, inviabilizando que a fase 4 ocorra corretamente.

Durante a entrada DV o centro de massa da dama atingiu a sua menor altura. Cabe salientar que é justamente nesta entrada que a dama alcança a maior variação angular, girando uma volta e meia em torno do seu eixo longitudinal, enquanto nas demais entradas ela gira apenas 360°. Semelhante ao que ocorre na patinação artística, a altura do salto tende a ser menor quando a patinadora dá quatro voltas no ar (salto quádruplo), comparativamente ao salto triplo (KNOLL E HILDEBRAND, 1998; KING *et al*, 2002). Assim, na patinação competitiva, o maior score está associado a um maior número de voltas e não a uma maior altura atingida durante o salto (PODOLSKY *et al*, 1990).

Diversas variáveis podem interferir na avaliação de um jurado, mas quando é analisado a “panqueca” com o mesmo número de variação angular do eixo longitudinal da dama, pode-se considerar a “panqueca” com a maior altura do centro de massa da dama com uma pontuação superior em relação a com menor altura do centro de massa da dama. Assim como relatam King, Arnold, Smith (1994) no ambiente da patinação, os grandes saltos são espetaculares e impressionam os jurados e o público.

A partir de diversas coreografias analisadas, observa-se que quanto mais alto estiver o centro de massa da dama, mais bonito e agradável o movimento acrobático será aos olhos de quem estiver assistindo. Inclusive, quando os jurados avaliam somente a altura do centro de massa, podem considerar os acrobáticos mais elaborados como sendo os que apresentam a maior altura do centro de massa da dama. Assim, é interessante que os professores trabalhem corretamente o lançamento da dama para que ela alcance grandes alturas na fase aérea.

Cabe salientar que diversas variáveis interferem no movimento acrobático “panqueca”. Assim, quando avaliado por um jurado, a variação angular do eixo longitudinal da dama associada a altura do centro de massa, entende-se que o grau de complexidade de uma maior variação angular é superior ao aumento da altura do centro de massa da dama. Então, coreografias que apresentam uma maior variação angular do eixo longitudinal da dama podem ser consideradas mais complexas que coreografias em que a dama atinge maiores alturas durante a fase aérea. Logo, na avaliação dos jurados, estes podem pontuar valores mais altos para coreografias em que a variação angular for maior que a altura do centro de massa da dama.

No estudo de King *et al* (2004) a altura máxima do salto foi definida como o deslocamento vertical máximo do centro de massa do patinador durante a fase de voo. A altura do centro de massa foi calculada na aterrissagem, sendo medido a distância do centro de massa do patinador até a superfície do gelo. A altura do centro de massa apresentada por King *et al* (2004) foi de  $0,55 \pm 0,04$  m para o salto quadruplo, e  $0,51 \pm 0,07$  m para o salto triplo.

Também durante a entrada DV o centro de massa da dama atingiu sua menor altura. Isso pode significar que dentre as três entradas, desde o começo do movimento a dama apresentou o seu centro de massa mais baixo, possivelmente pela posição de entrada, pois na entrada DV a dama inicia o seu movimento com o

pé direito apoiado no chão, desse modo, apresentando o seu centro de massa já mais baixo do que as outras entradas.

Quando comparada a altura do centro de massa da dama no momento em que foi atingida a velocidade vertical máxima de lançamento, a entrada DV também apresentou a menor altura do centro de massa. Esta questão pode estar relacionada a altura mínima do centro de massa nesta entrada. Assim, como a dama começou a ser impulsionada para cima a partir de uma altura proporcionalmente menor, sua velocidade máxima foi atingida quando seu centro de massa estava mais baixo que as demais entradas.

No movimento acrobático "panqueca" não foi encontrada diferença entre as entradas para a velocidade vertical máxima do centro de massa da dama. De forma similar, no ambiente da patinação, a velocidade vertical máxima não variou nos três saltos avaliados (simples, duplo e triplo) (King, Arnold, Smith, 1994). Por outro lado, no estudo de Aleshinsky *et al* (1988) os patinadores atingiram uma maior velocidade vertical durante o salto triplo quando comparado ao duplo. King *et al* (2004) também relataram uma maior velocidade vertical na decolagem do salto quádruplo, quando comparada ao triplo. Já Knoll e Hildebrand (1998) relataram uma mudança crescente na velocidade vertical comparando o salto duplo (2,6 m/s) com o quádruplo (3,2 m/s) e o triplo (3,6 m/s). Embora não haja concordância entre os estudos, ou seja, nem sempre os saltos com maiores rotações demandam maior velocidade vertical, essa variável precisa ser analisada. King (2001) afirma que duas variáveis importantes relacionadas ao sucesso de um salto de patinação artística são a velocidade vertical e momento angular do patinador na decolagem. Velocidades verticais mais altas permitirão mais tempo no ar para completar as voltas necessárias, e maior momento angular estão associados a velocidades angulares mais rápidas, considerando momentos de inércia idênticos (KING, 2001).

Nesta perspectiva, levando em consideração os diferentes resultados obtidos para a velocidade vertical máxima no ambiente da patinação, e considerando ainda que se trata do primeiro estudo que se tem conhecimento sobre o movimento acrobático "panqueca", entende-se que maiores investigações são necessárias com relação a esta questão. Assim, pode-se considerar a velocidade vertical máxima do centro de massa da dama importante e necessária a ser investigada, pois a partir dos trabalhos encontrados no ambiente da patinação, a

velocidade vertical pareceu relevante para a melhora da execução dos saltos, podendo, então, interferir durante outras entradas do movimento acrobático "panqueca". Inclusive, pode ser que seja encontrado diferença na velocidade vertical em saltos com maior variação angular que aquelas analisadas neste estudo.

A inclinação do eixo longitudinal da dama procura expressar como foi o posicionamento da dama durante a fase aérea. Neste sentido, buscamos avaliar este posicionamento através do valor médio, mínimo e máximo da inclinação do eixo longitudinal da dama, onde valores próximos a zero graus representam uma posição mais horizontalizada. Em média a entrada DV apresentou a inclinação mais próxima da horizontal que as demais entradas analisadas. Também atingiu uma inclinação máxima menor que a entrada Simples, embora não tenha havido diferença em relação ao máximo da entrada Balão. A posição da dama durante a fase 1 pode ter influenciado esta questão. No caso das entradas Simples e Balão, a dama está posicionada, durante fase de lançamento (fase 2), abraçada ao cavalheiro, já apresentando uma inclinação do eixo longitudinal, e ao ser lançada para cima, precisa posicionar-se na horizontal, aumentando a variação do seu eixo longitudinal. Outra possibilidade está associada à velocidade da rotação do eixo longitudinal da dama, que foi maior nesta entrada. Uma maior velocidade angular corresponde a um maior momento angular ( $I.\omega$ ) que ajudaria a manter a estabilidade da inclinação do eixo longitudinal da dama.

Não foi encontrada nenhuma referência a respeito do eixo longitudinal de dançarinos. Entretanto, uma variável bastante similar a este tem sido utilizada na patinação artística. King, Arnold, Smith (1994) consideram o eixo longitudinal do patinador ou "eixo do tronco", como sendo o eixo que passa pelo centro do eixo dos ombros dos patinadores (posição média das articulações dos ombros esquerdo e direito) e do centro quadris dos patinadores (posição média das articulações da anca esquerda e direita). Assim, foi calculada a inclinação dos patinadores no ar a partir do ângulo entre o eixo longitudinal do patinador e o eixo vertical, projetado em um plano paralelo ao sentido de deslocamento do patinador. King, Arnold, Smith (1994) mostraram que em relação à inclinação dos patinadores, mesmo em diferentes saltos como o simples, duplo e triplo na patinação, não apresentava diferenças, mas considerou como um salto bem avaliado, no caso, um salto de alta qualidade, quando o patinador apresentava uma inclinação aproximada de  $5^\circ$  a  $10^\circ$ .

A inclinação do eixo longitudinal também foi utilizada para comparar patinadores que sabiam realizar os saltos quadruplo e triplo, e os que somente sabiam executar o salto triplo (KING *et al*, 2004). Os patinadores que sabiam realizar o saltos quadruplo e triplo apresentaram posição mais verticalizada ( $15^\circ \pm 2^\circ$ ), já os patinadores que sabiam executar somente o salto triplo apresentaram uma posição mais inclinada ( $19^\circ \pm 4^\circ$ ). Apesar de neste trabalho tenha sido calculado o eixo longitudinal da dama de maneira diferente, ambos tinham o mesmo propósito, que é saber o quanto que os praticantes inclinam a posição do seu corpo no ar.

Uma pergunta relacionada à platéia e até aos praticantes da “panqueca” é: *“Quando a dama é projetada no ar, o que é mais interessante, que a posição do corpo da dama se mantenha estável e horizontalizada, ou que haja uma variação na inclinação do corpo em relação à horizontal?”* Embora, do ponto de vista artístico, a escolha dos espectadores tenha um caráter subjetivo e possa haver apreciadores de várias formas de execução do movimento, do ponto de vista técnico há um grau de dificuldade maior para a dama em permanecer com o seu eixo longitudinal mais horizontalizado. Com base nos resultados deste estudo, a entrada escolhida interfere diretamente neste posicionamento (Tabela 7). Levando em consideração o critério utilizado no ambiente da patinação, onde é mais pontuada uma menor variação da inclinação do eixo longitudinal, e ainda, considerando o critério da variabilidade cinemática mínima (KIEFER *et al.*, 2011), quando avaliado por jurados o movimento em que a dama apresentar o seu corpo mais horizontalizado, deveria obter uma pontuação mais elevada do que quando ela variar a inclinação do seu eixo longitudinal. Embora apenas a inclinação média tenha sido significativamente menor na entrada DV, não havendo diferenças entre as entradas Simples e Balão, os resultados sugerem que possa haver outras diferenças significativas, tanto em relação a inclinação média, quanto à inclinação mínima e máxima, caso o n amostral seja maior.

Considerando que haja interesse em buscar uma horizontalidade da dama durante a fase aérea, algumas instruções podem ser dadas aos bailarinos. Nas entradas Simples e Balão, pelo fato da dama, na fase 2, estar com o seu braço esquerdo sobre o ombro direito do cavalheiro, a região superior do corpo da bailarina está mais verticalizada. Uma instrução que os professores podem oferecer para as bailarinas é projetar sua pelve para cima, e manter seus segmentos

inferiores firmes, para que junto com os seus membros superiores, todo o corpo fique mais horizontalizado. Já para os cavalheiros devem concentrar a atenção no membro superior onde se encontra os membros inferiores da dama. Como a dama tende a ter este lado mais baixo em relação ao seu hemi-corpo superior, o cavalheiro deve procurar iniciar o lançamento deste lado, ajudando a dama a encontrar a posição horizontalizada mais rápido.

A Variação Angular Máxima foi considerada somente nas fases 2 e 3, pois a dama já inicia o seu giro antes mesmo de chegar na fase aérea, e para de girar assim que retorna o contato com o cavalheiro. Pode-se perceber que a dama gira sobre o seu eixo longitudinal um pouco mais do esperado ( $360^\circ$ ), nas entradas Simples ( $379^\circ$ ) e Balão ( $373^\circ$ ) e um pouco menos ( $540^\circ$ ) na entrada DV ( $516^\circ$ ).

Diversas variáveis interferem na variação angular. Neste trabalho, o tempo total da execução do movimento, a altura do centro de massa da dama e a velocidade angular do eixo longitudinal da dama, foram consideradas as principais variáveis que afetam a variação angular. No caso das três entradas pesquisadas, a entrada DV apresenta o menor tempo total da execução do movimento, a menor altura do centro de massa da dama, e apresenta a maior velocidade angular do eixo longitudinal da dama (Figura 12). Este resultado indica que a velocidade angular é fundamental para que a dama alcance uma maior variação angular em uma situação com menor tempo e altura de vôo. De forma similar, no ambiente da patinação, a velocidade rotacional média apresentada para o salto quadruplo foi de  $1728^\circ/\text{s}$  enquanto para o salto triplo foi de  $1404^\circ/\text{s}$  (KING *et al*, 2004). Entretanto, King *et al* (2004) afirmam que a altura do salto ou o tempo no ar também são fatores importantes para execução de mais voltas no ar com sucesso. Com base no princípio da conservação da quantidade de movimento angular (MCGINNIS, 2015), o produto do momento de inércia ( $I$ ) e da velocidade angular ( $\omega$ ) se mantém constante. Assim, uma forma de aumentar a velocidade angular é diminuindo o momento de inércia, o que a dama pode fazer aproximando os segmentos do eixo longitudinal do corpo.

A velocidade angular é uma variável difícil de ser estimada objetivamente pelos professores, coreógrafos ou público apreciador, mas ela certamente irá interferir de maneira qualitativa na apreciação coreográfica da platéia e pode ser explorada pelos professores, coreógrafos e bailarinos. Assim, quando a dama

realiza o movimento acrobático “panqueca” com os membros mais afastados do corpo, seu momento de inércia será levemente maior, reduzindo a velocidade angular. Já quando a dama se posiciona de “forma mais compacta”, apertando os braços e pernas contra o centro do corpo, haverá uma redução do momento de inércia, aumentando a velocidade angular. O efeito artístico destas variações com certeza pode ser percebido pela platéia e será muito apreciado.

Professores da área se questionam “*É possível aumentar o número de giros da dama no ar durante o movimento acrobático “panqueca? Como?”*. Com base nos resultados deste estudo, a resposta seria: Sim, aumentando a velocidade angular do giro da dama! Eventualmente, em situações com dois ou até mesmo três giros completos no ar um maior tempo e uma maior altura da dama também sejam necessários. Sugere-se que futuros estudos investiguem estas variáveis em situações com giros superiores a uma volta e meia. Com relação à avaliação competitiva deste movimento, a variação angular pode ser considerada com um importante critério de pontuação dos jurados, pois quanto maior for a variação angular dos bailarinos, mais complexo será o movimento acrobático realizado. Inclusive, quanto maior o número de giros que a dama der no ar, mais impactante é o efeito junto à platéia.

Em relação a análise cinemática do cavalheiro, buscou-se analisar a simetria contralateral e a amplitude de algumas articulações visando não apenas o entendimento do gesto do ponto de vista técnico, mas também um melhor embasamento para futuros procedimentos de aprendizagem e até mesmo treinamentos específicos. Do ponto de vista coordenativo, também foi analisada a sequência de realização do movimento, durante a fase de lançamento.

Dentre as articulações analisadas, apenas o punho apresentou diferenças entre as entradas, sendo a maior amplitude na entrada Simples ao comparar com a DV e nenhuma articulação apresentou assimetria contralateral (Tabela 9). Isso significa que o cavalheiro mantém a mesma amplitude articular durante o movimento acrobático “panqueca”, independente da entrada, exceto no punho. A amplitude articular do punho pode ter sido maior na entrada Simples do que na entrada DV, porque o gesto que a dama realiza na fase 1 exige que o bailarino sustente o corpo da dama, somente pelo contato das mãos, e isso pode fazer com que ele aumente a sua amplitude articular para conseguir executar a tarefa.

Professores e bailarinos podem se utilizar da Tabela 9 como uma referência inicial para trabalhar a demanda necessária das amplitudes articulares dos cavalheiros, aprimorando a qualidade técnica dos bailarinos e exigindo somente a amplitude necessária para a realização desse movimento acrobático. Caso seja necessário para os bailarinos aumentar a sua amplitude articular, os professores podem praticar exercícios de alongamento nas aulas e ensaios. Cabe ressaltar que, a simetria identificada na cinemática do cavalheiro, sugere que o gesto não irá demandar maior exigência de um lado em relação ao outro. Entretanto, não foi avaliada a atividade muscular. Considerando a posição da dama no colo do cavalheiro, onde o hemi-corpo superior (tronco, braços e cabeça) representa em média 70% da massa corporal da dama em relação ao hemi-corpo inferior (pernas) (WINTER, 2005), é possível que haja uma assimetria no que se refere ao nível de atividade muscular. Assim, sugere-se que estudos futuros investiguem esta questão.

Entendendo a fase de lançamento como um momento crítico do movimento, buscou-se investigar, especificamente nesta fase, se a movimentação do cavalheiro acontecia “em bloco” (todas as articulações iniciando ao mesmo tempo) ou se havia uma sequência específica de movimento, onde os membros inferiores se movimentassem antes dos membros superiores, por exemplo. Diferente das demais análises, as entradas não foram consideradas como variáveis independentes. Cada uma das entradas foi analisada separadamente. O movimento mostrou-se simétrico em todas as entradas, indicando que não há um lado do corpo do cavalheiro que inicia o movimento antes do outro. Com relação às articulações, nas entradas Simples e Balão, não houve diferença entre as articulações, indicando que para estas entradas, o cavalheiro inicia o movimento de suas articulações de forma harmônica. Porém, na entrada DV houve diferenças entre as articulações. Nesta entrada, o punho iniciou o movimento antes do cotovelo e do quadril (flexo-extensão e adução-abdução), mas, junto com ombro, rotação de quadril, joelho e tornozelo. Essa diferença pode ter ocorrido pela posição de entrada da dama em decúbito ventral, exigindo que o bailarino realize primeiro a extensão de punho.

A cinemática do cavalheiro foi abordada de forma preliminar por Moraes (2016), apenas na entrada Simples, e as variáveis amplitude articular e o instante de tempo da mudança de estado não foram investigadas. O trabalho de Moraes (2016) consistiu em um estudo de caso onde uma única execução foi analisada, focando

apenas nas grandes articulações dos membros inferiores (tornozelo, joelho e quadril) do cavalheiro. Algumas amplitudes encontradas no trabalho de Moraes (2016) vão ao encontro as amplitudes encontradas nesse estudo. Por exemplo, as amplitudes articulares dos joelhos ( $87^\circ$  direito,  $84^\circ$  esquerdo) são semelhantes às amplitudes dos joelhos (direito  $70,4^\circ \pm 19,5^\circ$ ; e esquerdo  $76,7^\circ \pm 17,2^\circ$ ) encontradas neste trabalho, quando consideramos um intervalo de confiança (IC) de mais ou menos dois desvios-padrão além da média. Também, a flexo-extensão do quadril direito ( $74^\circ$ ) e a dorsi-flexão do tornozelo esquerdo ( $67^\circ$ ) ficam dentro do IC das amplitudes articulares encontradas no presente trabalho ( $59,0^\circ \pm 14,4^\circ$ ;  $52,6^\circ \pm 9,4^\circ$ , respectivamente). Já amplitudes articulares como Adução-Abdução Quadril Direito ( $14^\circ$ ) e Rotação Interna-Externa do Quadril Esquerdo ( $4^\circ$ ) apresentam valores fora do IC deste trabalho (Adução-Abdução Quadril direito  $52,2^\circ \pm 16,6^\circ$ ; e Rotação Interna-Externa do Quadril Esquerdo  $56,8^\circ \pm 11,0^\circ$ ). Embora a amplitude de Adução-Abdução Quadril Direito ainda caia dentro de um IC com três desvios-padrão, a Rotação Interna-Externa do Quadril Esquerdo está muito distante do valor médio encontrado no presente estudo. Provavelmente essa grande diferença seja pela metodologia adotada em cada estudo. Moraes (2016) adotou o Protocolo de Davis *et al* (1991), enquanto no presente trabalho, foram utilizados os ângulos de Euler.

A principal limitação deste trabalho está relacionada aos marcadores reflexivos, utilizados para identificar os acidentes ósseos nos corpos dos bailarinos. A proximidade dos corpos dos bailarinos foi o principal entrave em diversas fases do movimento, pois o posicionamento da dama em relação ao cavalheiro impedia a visualização de determinados marcadores. Em especial, a espinha íliaca esquerda da dama, lado da dama que entrava em contato direto com o cavalheiro, na maior parte das coletas não pode ser captada. De forma similar, no cavalheiro, mesmo sendo utilizado *clusters*, a perda de informação relativa à coxa direita e ao braço direito, mais próximos do corpo da dama, foi bastante frequente.

Ainda com relação aos marcadores, pela característica do gesto, algumas regiões do corpo literalmente “raspavam” uma na outra de forma sistemática, impedindo a colocação de marcadores nesta região. Assim, não foi possível avaliar a amplitude articular de flexo-extensão e adução-adiução do ombro do cavalheiro bem como a amplitude articular da dama pela falta de marcadores.

Outra limitação é o fato de ter sido usado a correção de Bonferroni no post hoc, pois pelo fato dessa correção ser conservadora, pode ocorrer o aumento do erro tipo I. Além disso, pelo fato de ser feito um número alto de comparações, há uma maior chance de encontrar diferença ao acaso.

## 6 CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou uma descrição cinemática da dama e do cavalheiro na execução do movimento acrobático "panqueca" nas entradas Simples, Balão e Decúbito Ventral. Foi realizada uma descrição cinemática da dama em relação às variáveis: altura do CM, velocidade vertical do CM, inclinação do eixo, variação e velocidade angular do seu eixo longitudinal.

Foram apresentadas as características cinemáticas como posição angular do cavalheiro, nas articulações tornozelo, joelho, quadril, cotovelo e ombro a partir das diferentes fases do movimento acrobático "panqueca", o qual apresentou a amplitude angular das articulações simétricas, mas foi encontrado uma amplitude maior em relação à articulação do punho nas entradas Simples em relação a Decúbito Ventral.

Foi encontrado uma simetria do lado direito e esquerdo em relação ao instante de tempo da mudança de estado, mas a entrada Decúbito Ventral apresentou as articulações do punho, ombro, rotação interna e externa de quadril, joelho e tornozelo movendo-se anteriormente as demais articulações.

Também foi realizado uma comparação das variáveis cinemáticas nas três diferentes entradas do movimento acrobático "panqueca". Em relação ao tempo de execução total das diferentes entradas, a Balão apresentou um tempo maior em relação a Simples, e a Decúbito Ventral foi a que apresentou o menor tempo.

A entrada Decúbito Ventral foi a que apresentou o menor tempo de execução total do movimento, a maior variação e velocidade angular. Então uma estratégia que pode ser utilizada pelos professores e bailarinos é trabalhar a velocidade angular do eixo longitudinal da dama, para aumentar o número de voltas da bailarina no ar.

É importante salientar que este foi um estudo de caso realizado com um casal específico, no caso, os dados encontrados são específicos a esta amostra. Para que informações possam ser utilizadas para a população, um cálculo amostral será necessário, e conseqüentemente pesquisas com um maior número de integrantes deverão ser realizadas. Estudos com diferentes casais, inclusive com bailarinos de diferentes níveis técnicos como profissionais e amadores podem ser conduzidos para maiores esclarecimentos deste movimento acrobático. Esperamos

que a partir desse estudo, mais pesquisas sejam desenvolvidas, gerando informações sobre a melhor maneira de executar um movimento, visando o aprimoramento técnico e qualitativo do movimento. Sugerimos para futuros estudos uma análise mais aprofundada da dama, através de suas amplitudes angulares, inclusive diferentes entradas, não apresentadas nesse estudo, podem ser avaliadas, além de outras possibilidades de giro da dama no acrobático “panqueca”. Também pode ser realizada uma análise eletromiográfica dos bailarinos durante as quatro fases do movimento.

## REFERÊNCIAS

- ALLARD, Paul; BLANCHI, Jean-Pierre; AISSAOUI, Rachid. Bases of three-dimensional reconstruction. *In*: ALLARD P, STOKES IAF, BLANCHI JP. **Three-dimensional analysis of human movement**. Champaign: HumanKinetics; 1995. p. 19–40.
- ALESHINSKY, S. Y. What biomechanics can do for figure skating. Part two. Skating 63 (10), 11-15. follow by Sharp CMP (1999). A biomechanical analysis of the single toe loop and the single loop jump of novice figure skaters.
- COHEN, Jacob. A power primer. **Psychological bulletin**, v. 112, n. 1, p. 155, 1992.
- CIMELLI, Sonja N.; CURRAN, Sarah A. Influence of turnout on foot posture and its relationship to overuse musculoskeletal injury in professional contemporary dancers: a preliminary investigation. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 102, n. 1, p. 25-33, 2012.
- CHAMPION, Lowry M.; CHATFIELD, Steven J. Measurement of turnout in dance research—a critical review. **Journal of Dance Medicine & Science**, v. 12, n. 4, p. 121-135, 2008.
- COKER, Elizabeth; MCISAAC, Tara L.; NILSEN, Dawn. Motor imagery modality in expert dancers: an investigation of hip and pelvis kinematics in demi-plie and saute. **Journal of Dance Medicine & Science**, v. 19, n. 2, p. 63-69, 2015.
- CHIU, Loren ZF; MOOLYK, Amy N. Segment kinematics differ between jump and drop landings regardless of practice. **Journal of applied biomechanics**, v. 31, n. 5, p. 357-362, 2015.
- DAVIS III, Roy B. et al. A gait analysis data collection and reduction technique. **Human movement science**, v. 10, n. 5, p. 575-587, 1991.
- EKEGREN, Christina L.; QUESTED, Rachele; BRODRICK, Anna. Injuries in pre-professional ballet dancers: incidence, characteristics and consequences. **Journal of science and medicine in sport**, v. 17, n. 3, p. 271-275, 2014.
- FRANÇA, Lourenço Adalberto Marques da Silva. **A Estruturação Muscular e a Intervenção da Cadeia Cinética Responsável pela Impulsão em Trampolim: o caso da musculatura infra-abdominal**. 2000. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Treino de Alto Rendimento, Universidade do Porto, Porto, 2000. Cap. 7.
- FORSELL, Caroline; HALVORSEN, Kjartan. A method for determining minimal sets of markers for the estimation of center of mass, linear and angular momentum. **Journal of biomechanics**, v. 42, n. 3, p. 361-365, 2009.
- GAYA, Adroaldo. Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da

pesquisa. In: **Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da pesquisa**. 2008.

GORWA, Joanna *et al.* Kinematic analysis of modern dance movement “stag jump” within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**, v. 20, p. 1082, 2014.

HAAS Aline, MORAES, Laura Ruaro, CANTERGI, Débora, , DHEIN, William, LOSS, Jefferson, D27, 2017, Texas. **Kinematic analysis of a male dancer during a partner’s acrobatic movement in Brazilian samba dance: a case study**. Houston: IADMS, 2017. 257 p.

HARAN, F. J. *et al.* Acute changes in postural control after soccer heading. **Int J Sports Med**, v. 34, n. 4, p. 350-354, 2013.

IMAMURA, Rodney T. *et al.* A three-dimensional analysis of the center of mass for three different judo throwing techniques. **Journal of sports science & medicine**, v. 5, n. CSSI, p. 122, 2006.

INC, Central home.com Company. História da Dança Jive. **Revista Ewie Echo**.v. 3, Issue 4, ago. 1995.

KEPPEL, Geoffrey. **Design and analysis: A researcher's handbook**. Prentice-Hall, Inc, 1991.

KIEFER, Adam W. *et al.* Multi-segmental postural coordination in professional ballet dancers. **Gait & posture**, v. 34, n. 1, p. 76-80, 2011.

KING, Deborah L.; ARNOLD, Allison S.; SMITH, Sarah L. A kinematic comparison of single, double, and triple axels. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 10, n. 1, p. 51-60, 1994.

KING, Deborah *et al.* Figure Skating: Characteristics of triple and quadruple toe-loops performed during the salt lake city 2002 winter olympics. **Sports Biomechanics**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2004.

KING, Deborah L.; ARNOLD, Allison S.; SMITH, Sarah L. A kinematic comparison of single, double, and triple axels. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 10, n. 1, p. 51-60, 1994.

KING, Deborah *et al.* Figure Skating: Characteristics of triple and quadruple toe-loops performed during the salt lake city 2002 winter olympics. **Sports Biomechanics**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2004.

KING, Deborah L. Performing triple and quadruple figure skating jumps: implications for training. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 30, n. 6, p. 743-753, 2005.

KING, Deborah. Generation of vertical velocity in toe-pick figure skating jumps. In: **ISBS-Conference Proceedings Archive**. 2001.

KING, Deborah L. *et al.* Comparison of split double and triple twists in pair figure skating. **Sports biomechanics**, v. 7, n. 2, p. 222-237, 2008.

KONRAD, Peter. The ABC of EMG-A Practical Introduction to Kinesiological EMG. **Noraxon USA Inc., Scottsdale, Arizona, USA**, 2005

KOUTEDAKIS, Yiannis; O WOLABI, Emmanuel O.; APOSTOLOS, Margo. Dance Biomechanics: A Tool for Controlling Health, Fitness, and Training. **Journal Of Dance Medicine & Science**. vol. 12, n. 3, p. 83-90. 2008.

KNOLL, Karin; HILDEBRAND, Falk. Optimum movement co-ordination in multi-revolution jumps in figure skating. In: **ISBS-Conference Proceedings Archive**. 1998.

LAKENS, Daniël. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in psychology**, v. 4, p. 863, 2013.

LAFORTUNE, Sylvain. A classification of lifts in dance: terminology and biomechanical principles. **Journal of Dance Education**, v. 8, n. 1, p. 13-22, 2008.

MAPELLI, Andrea *et al.* Validation of a protocol for the estimation of three-dimensional body center of mass kinematics in sport. **Gait & posture**, v. 39, n. 1, p. 460-465, 2014.

MANOLOPOULOS, E.; PAPADOPOULOS, C.; KELLIS, E. Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 16, n. 2, p. 102-110, 2006.

MCGINNIS, Peter M. **Biomecânica do esporte e do exercício-3**. Artmed Editora, 2015.

MORAES, Laura Ruaro. **Análise Cinemática Do Cavalheiro No Movimento Acrobático "Panqueca" Na Dança de Salão: Um Estudo de Caso**. 2017. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Dança, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MOOLYK, Amy N.; CAREY, Jason P.; CHIU, Loren ZF. Characteristics of lower extremity work during the impact phase of jumping and weightlifting. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 12, p. 3225-3232, 2013.

REEVE, Helen K. *et al.* Lower limb kinematic variability in dancers performing drop landings onto floor surfaces with varied mechanical properties. **Human movement science**, v. 32, n. 4, p. 866-874, 2013.

RASQUINHA, Edward. “**Estudo das Componentes Físicas e Suas Implicações com o Ângulo de Aterrissagem no Movimento do Rodante, Executado no Aparelho Solo da Ginástica Artística, em Ginastas Experientes e Inexperientes**”. 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Vale do Paraíba.

SERPA, Denise. **Revista Dança em Pauta**. 01 nov. 2011.

SOUSA, Filipa Manuel Alves Machado de. **Biomecânica dos saltos em ginástica rítmica desportiva**: Análise cinemática e caracterização técnica dos principais saltos em ginástica rítmica desportiva. 1997. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1997.

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J.. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 478 p. Tradução de: Ricardo Demétrio de Souza Petersen.

UZUNOV, Valentin. Qualitative description of the ideal Yurchenko layout vault technique. **Gym Coach: Journal of Coaching & Sport Science in Gymnastics**, v. 4, p. 1-6, 2010.

PERNA, Marco Antonio. **Dança de Salão Brasileira: Personagens e Fatos**. 3. ed. Rio de Janeiro: O Autor, 2005. 122 p.

PODOLSKY, Anatol *et al.* The relationship of strength and jump height in figure skaters. **The American journal of sports medicine**, v. 18, n. 4, p. 400-405, 1990.

WAGNER, H. *et al.* Kinematic analysis of volleyball spike jump. **International journal of sports medicine**, v. 30, n. 10, p. 760, 2009.

WASHINGTON, Isobel *et al.* Differentials in turnout among professional classical ballet dancers. **Medical problems of performing artists**, v. 31, n. 3, p. 160, 2016.

WINTER, David A. *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons, 2009.

WU, Ge *et al.* ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. **Journal of biomechanics**, v. 35, n. 4, p. 543-548, 2002

WU, Ge *et al.* ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. **Journal of biomechanics**, v. 38, n. 5, p. 981-992, 2005.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS BAILARINOS

Título da pesquisa:	<b>ANÁLISE CINEMÁTICA DO MOVIMENTO ACROBÁTICO "PANQUECA" NA DANÇA DE SALÃO</b>
Pesquisador responsável:	<b>Jefferson Fagundes Loss</b>
Nome completo do(a) participante:	
<p>Você está sendo convidado como voluntário para participar desta pesquisa, por ter o perfil da população necessária para que a mesma se realize. O estudo tem por objetivo analisar as características cinemáticas da dama e do cavalheiro na execução do movimento acrobático "panqueca". As datas da coleta, divididas em três dias, serão agendadas no decorrer da realização do estudo diretamente com você, em dia e horário conveniente. O estudo será conduzido no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola Superior de Educação Física da UFRGS e, para cada dia de coleta, será previsto um tempo médio de 120 minutos.</p> <p>Ao participar do estudo você não será submetido a riscos, maiores do que aqueles existentes durante os ensaios e treinos de "panqueca", existindo a possibilidade de quedas, contusões, equimoses, hematomas, escoriações, distensão musculares e eventualmente, lesões mais graves como fraturas. Caso ocorra situações como essas descritas, os indivíduos receberão todo o suporte médico necessário, sendo encaminhados ao hospital mais próximo.</p> <p>Não há benefícios diretos pela participação no estudo, como remuneração ou qualquer tipo de pagamento. Os benefícios serão indiretos, na medida que os participantes estarão ajudando a elevar o conhecimento técnico do movimento "panqueca" a partir da análise biomecânica.</p> <p>Os pesquisadores envolvidos neste estudo tratarão sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem permissão por escrito, exceto se exigidos por lei. Você não será identificado em publicações que possam resultar deste estudo e será mantida a privacidade de seus dados pessoais.</p> <p>Os dados coletados nesta pesquisa serão de propriedade do pesquisador responsável e você terá acesso, se necessitar, apenas às suas informações individuais. Você é livre para recusar a participação ou retirar o seu consentimento a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar do estudo não acarretará em qualquer penalidade ou perda de benefícios.</p> <p>Os procedimentos de coleta de dados deste estudo serão fornecidos gratuitamente. Você deverá se responsabilizar por manter sua rotina de treinos e ensaios que desenvolva a prática da "panqueca". Todos os custos com deslocamento, hospedagem e alimentação, necessários para a realização da pesquisa, serão cobertos pelo pesquisador responsável.</p>	

## DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Eu, \_\_\_\_\_, participante do estudo, fui informado dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara, tendo tempo para ler e pensar sobre a informação contida no termo de consentimento antes de participar do estudo. Recebi informação a respeito dos procedimentos de avaliação realizados, esclareci minhas dúvidas e concordei em participar voluntariamente deste estudo. Estou ciente de que todos os dados coletados serão mantidos em anonimato. Também sei que, caso existam custos envolvidos, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Caso tiver novas perguntas sobre este estudo, poderei entrar em contato com o pesquisador responsável pelo projeto, Jefferson Fagundes Loss, nos telefones (51) 33085822, e/ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS pelo telefone (51) 3308-3738, para qualquer pergunta sobre meus direitos como participante. Declaro que recebi cópia do presente Termo de Consentimento

<hr/> <b>Assinatura do Participante</b>	<hr/> <b>Nome</b>	<hr/> <b>Data</b>
<hr/> <b>Assinatura do Participante</b>	<hr/> <b>Nome</b>	<hr/> <b>Data</b>

## APÊNDICE B – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES COM RELAÇÃO A ANÁLISE CINEMÁTICA DA DAMA

1. Interpolação de todos os marcadores tridimensionais (3D), tanto os do cavaleiro como os da Dama.
2. Cinemática: Sistema de Coordenadas
  - a. Sistema de Coordenadas Global
3. Sistema de Coordenadas Local dos Pés da Dama
  - a. Para o conjunto de três marcadores dos pés da bailarina foram criados os *clusters* do pé direito e do pé esquerdo, com o objetivo de criar um sistema de coordenadas local (SCL).
  - b. Para o SCL foi definido um dos marcadores como a origem do sistema de coordenadas.
4. Sistema de Coordenadas Local do Tronco da Dama
  - a. Para encontrar onde se encontra o Centro do Tronco foi realizada uma soma entre o marcador 3D da articulação acrômio clavicular esquerda com o marcador 3D da espinha íliaca anterossuperior direita e dividido resultado por 2.
  - b. Para o SCL do Tronco da Dama foi utilizada a regra da mão direita.
    - i. Um vetor foi criado do marcador 3D da articulação acrômio clavicular esquerda para o marcador 3D da articulação acrômio clavicular direita. Este vetor tornou-se o eixo Z do tronco.
    - ii. Outro vetor foi criado do marcador 3D da espinha íliaca anterossuperior direita esquerda para o marcador 3D da articulação acrômio clavicular direita. Este vetor tornou-se o eixo auxiliar Y do tronco.
    - iii. Foi feita a multiplicação entre dois vetores, o eixo auxiliar Y do tronco com o eixo Z do tronco, e essa soma tornou-se o Eixo X do Tronco.
    - iv. E para a criação do eixo Y do tronco foi feita a multiplicação entre os vetores eixo Z e eixo X do tronco.
    - v. Para o SCL do tronco o Centro do Tronco foi utilizado como origem.
5. Centro de Massa da Dama
  - a. Foi calculado separadamente o Centro de Massa da Dama dos segmentos cabeça, tronco, coxa, perna e pé, resultando 90% da Massa Total da Dama. Foi feita a divisão do peso da dama pelos 90% de sua massa, resultando no Centro de Massa da Dama.
  - b. Cálculo da massa de cada segmento:
    - i. Cabeça: Foi calculado 8,1% da massa da dama (WINTER, 04, p. 63-4)
    - ii. Tronco: Foi calculado 49,7% da massa da dama (WINTER, 04, p. 63-4)

- iii. Coxa: Foi calculado 10,0% da massa da dama (WINTER, 04, p. 63-4)
  - iv. Perna: Foi calculado 4,65% da massa da dama (WINTER, 04, p. 63-4)
  - v. Pé: Foi calculado 1,45% da massa da dama (WINTER, 04, p. 63-4)
  - vi. Os segmentos coxa, perna e pé foram multiplicados por 2.
- c. Cálculo da posição do Centro de Massa:
- i. Cabeça: Foi feita a soma dos quatro marcadores da cabeça e divididos por quatro, para então ser encontrado o Centro de Massa da Cabeça.
  - ii. Tronco: apresentado no SCL do Tronco da Dama.
  - iii. Coxa: Foi calculada a distância entre o ponto 3D da espinha ilíaca anterossuperior direita e a tuberosidade da tíbia direita. Essa distância foi multiplicada por 0,433, representando a posição do Centro de massa da coxa conforme Winter, (...). Foi criado um vetor do ponto 3D da espinha ilíaca anterossuperior direita e a tuberosidade da tíbia direita.
  - iv. Perna: Foi calculada a distância entre o ponto 3D da tuberosidade da tíbia direita até o CM do pé direito. Essa distância foi multiplicada por 0,433, representando a posição do Centro de massa da perna, conforme Winter, (...). Foi criado um vetor do ponto 3D da espinha ilíaca anterossuperior direita e a tuberosidade da tíbia direita.
  - v. Pé: Foi feito a soma de dois pontos dos pés e dividido por dois. (Marcador Pé 1 + Marcador Pé 2)/2
- d. A partir do Centro de Massa da Dama foi calculado a Altura Máxima do CM da Dama, a Altura Mínima do Centro de Massa da Dama na Fase 2 e na Fase 4.
- e. A Altura Máxima do CM da Dama foi filtrada através de um filtro Butterworth passa-baixa de 5 Hz de Frequência.
- f. Foi feita uma Derivada da Altura Máxima do CM da Dama filtrada para obter a Velocidade do Centro de Massa da Dama.
- g. Foi delimitado um trecho entre o Centro de Massa mais baixo da dama e a Velocidade Mínima do Centro de Massa da dama e calculada a Velocidade Máxima do Centro de massa da Dama. Esse mesmo trecho de tempo foi usado para calcular a Velocidade Mínima do Centro de massa da Dama.
6. Variação e Velocidade Angular através da rotação do eixo longitudinal da dama.
- a. Para descobrir a rotação no eixo Y da dama foi escolhido a sequência de Euler XYZ, calculada a partir do SCL do tronco da dama e o Sistema de Coordenadas do Laboratório-Global (SCG).
7. Inclinação do eixo longitudinal da Dama

- a. Para descobrir a Inclinação do eixo longitudinal da dama durante a fase aérea (inclinação da dama no ar) foi feita a projeção do eixo Y do SCL do Tronco com o plano YZ do Laboratório (plano frontal).
- b. Foi feita a divisão da Projeção Y do SCL da Dama no Plano YZ no eixo Y com a Projeção Y do SCL da Dama no Plano YZ no eixo Z. Foi calculado o arco tangente dessa divisão, resultando na Inclinação do eixo longitudinal no eixo Y SCL da Dama.
- c. Inclinação do eixo longitudinal no eixo Y SCL da Dama foi filtrado com um filtro Butterworth passa-baixa de 5 Hz.
- d. Foi feito um recorte determinado entre os tempos T3 (velocidade máxima do CM da Dama) e T4 (Velocidade Mínima do CM da Dama-Fase Aérea), assim o cálculo do Inclinação do eixo longitudinal a Dama máximo, mínimo e médio foi determinado somente durante este período.

#### 8. Tempos e Fases

- a. Fase 1: Determinada pelo intervalo de Tempo 1(T1) e Tempo 2 (T2);
- b. Fase 2: Determinada pelo intervalo de Tempo 2(T2) e Tempo 3 (T3);
- c. Fase 3: Determinada pelo intervalo de Tempo 3(T3) e Tempo 4 (T4);
- d. Fase 4: Determinada pelo intervalo de Tempo 4(T4) e Tempo 5 (T5).
- e. Tempo 1: Nas entradas simples e balão foi determinado o instante exato em que a Força Vertical passasse 1000N. Na entrada Decúbito Ventral (DV) foi determinado o instante exato em que ocorre a queda da força vertical.
- f. Tempo 2: Determinado pelo instante exato em que o Centro de Massa da Dama está mais baixo.
- g. Tempo 3: Determinado pelo instante exato em que a Velocidade Máxima do Centro de Massa da Dama está mais alto.
- h. Tempo 4: Determinado pelo instante exato em que a Velocidade Máxima do Centro de Massa da Dama está mais baixo.
- i. Tempo 5: Determinado pelo instante exato em que ocorre a extensão do joelho direito do cavalheiro.

#### 9. Cinemática do Joelho

- a. Foi construído um SCL local para a Coxa e para a perna e calculado o ângulo entre o eixo Y de ambos os SCL.
  - i. SCL da Coxa: Construído a partir dos três marcadores posicionados na coxa.
  - ii. SCL da perna: Construído a partir dos três marcadores posicionados na coxa.

#### 10. Cinética do Cavalheiro

- a. Foi feito o somatório de ambas as plataformas de força, o qual o cavalheiro estava em contato, no eixo Y.

11. Assim, foi calculado a Força Vertical Máxima realizada pelo cavalheiro durante toda a execução do acrobático e Força Vertical Máxima realizada pelo cavalheiro durante as Fases 2 e 4.

## APÊNDICE C – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES COM RELAÇÃO A ANÁLISE CINEMÁTICA DO CAVALHEIRO

Interpolação de todos os marcadores tridimensionais (3D). Nem sempre os marcadores interpolados foram usados, principalmente nos membros superiores, pois o valor de interpolação encontrado era equivocado.

1. Cinemática: Sistema de Coordenadas
  - a. Sistema de Coordenadas Global
  
2. Sistema de Coordenadas Local de cada segmento.
  - a. Para o conjunto de três marcadores foram criados *clousers*, com o objetivo de criar um sistema de coordenadas local (SCL).
  - b. Para o SCL foi definido um dos marcadores como a origem do sistema de coordenadas.
  - c. Para o SCL foi utilizada a regra da mão direita.
  - d. Sistema de Coordenadas Local dos seguintes segmentos foram criados.
    - Braço
    - Antebraço
    - Tronco
    - Pelve
    - Coxa
    - Perna
    - Pé
  
3. Articulações
  - a. Punho
    - Para calcular o ângulo de Flexo-Extensão do Punho foi feito o cálculo entre dois vetores, utilizando o SCL do Antebraço (do eixo Y) e o SCL da mão (do eixo Y).
  
  - b. Cotovelo
    - Para calcular o ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo foi feito o cálculo entre dois vetores, utilizando o SCL do Antebraço (do eixo Y) e o SCL da Braço (do eixo Y).
  
  - c. Ombro
    - Para calcular o ângulo do Ombro foi utilizado os ângulos de Euler (YXY), conforme Wu (2005), utilizando o SCL do Braço para o cálculo do ângulo de elevação do ombro e o SCL da Tronco. Sendo selecionado apenas o ângulo de Elevação do ombro (eixo Y).

d. Quadril

- Para calcular o ângulo do Quadril foi utilizado os ângulos de Euler (XYZ), conforme Wu (2002), utilizando o SCL da Coxa e o SCL Global. Assim, foram identificados os ângulos de Flexão, extensão, adução, abdução, rotação interna e externa.

e. Joelho

- Para calcular o ângulo de Flexo-Extensão do Joelho foi feito o cálculo entre dois vetores, utilizando o SCL da Coxa (do eixo Y) e o SCL da Perna (do eixo Y).

f. Tornozelo

- Para calcular o ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo foi feito o cálculo entre dois vetores, utilizando o SCL do Perna (do eixo Y) e o SCL do Pé (do eixo Y).

4. Tempo de Referência de cada articulação

- a. Foi determinado o tempo em que o bailarino apresentava-se parado, na posição mais próxima da relaxada, a partir de um trecho.
- b. Em seguida, foi calculada a média deste trecho e foi subtraída essa média dos valores da articulação encontrada.

5. Todas as articulações corrigidas, do cavalheiro, foram filtradas com um filtro Butterworth passa baixa de 5 Hz.

6. Velocidade Angular

- a. Para o cálculo da Velocidade Angular foi feita a Derivada das articulações corrigidas e filtradas.

7. Tempo em que a velocidade Angular é igual a zero.

- a. Esse tempo foi determinado para identificarmos o momento em que ocorre a mudança de estado do cavalheiro, por exemplo, o momento em que o cavalheiro estava parado e começou a se movimentar ou o momento em que ele estava flexionado e passou a estender. Assim, podemos identificar qual articulação começa primeiro.

## APÊNDICE D – SISTEMA DE COORDENADAS LOCAL E GLOBAL

### 1. SISTEMA DE COORDENADAS GLOBAL (SCG)

**Figura D 1** - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas Global (SCG)

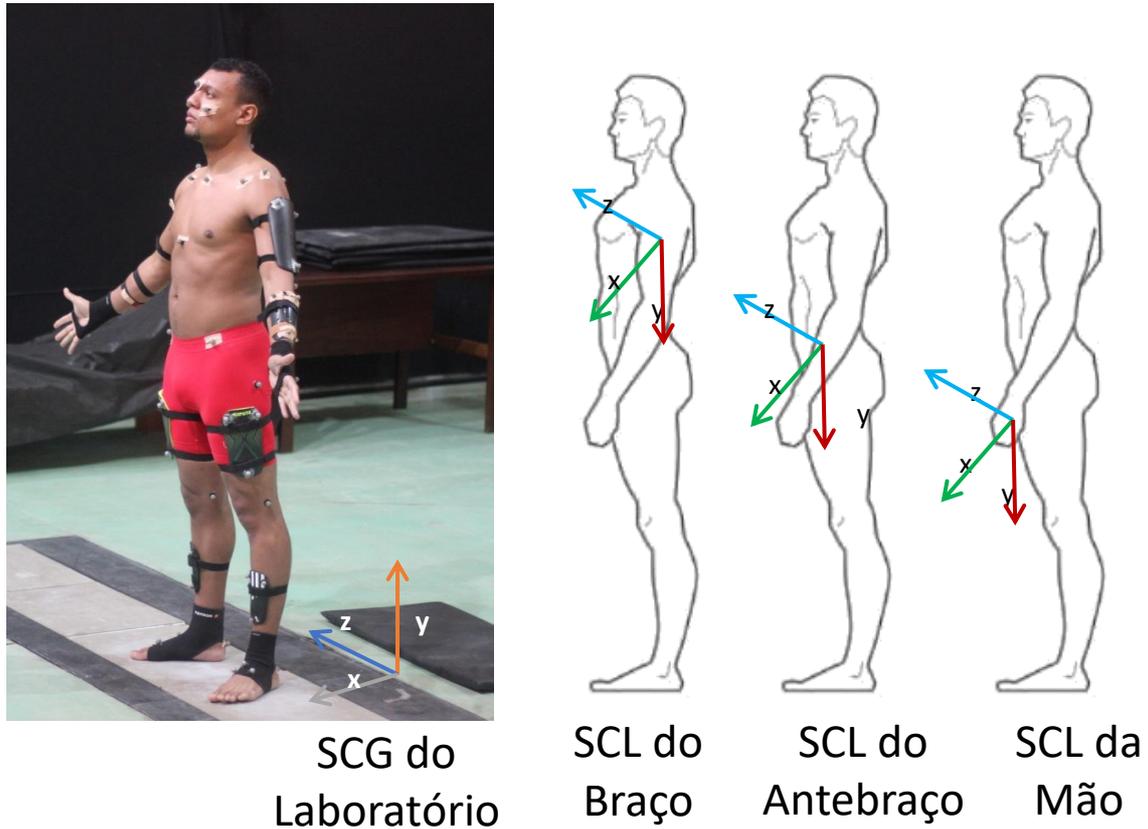


Fonte: Elaborado pelo autor

## 2. SISTEMA DE COORDENADAS LOCAL (SCL)

### 2.1. SCL DO BRAÇO, ANTEBRAÇO e MÃO

**Figura D 2** - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Membros Superiores



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 2.1.1. ARTICULAÇÃO DO PUNHO

- Para o cálculo do ângulo de flexo-extensão do punho, tanto do lado direito como o lado esquerdo, foi calculado o ângulo entre o vetor Y do SCL do braço com o vetor Y do SCL da mão. Sendo o ângulo entre estes dois vetores, o ângulo de flexo-extensão do punho.
- Foi determinado um trecho de referência, o qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho. Esta média foi retirada o cálculo do ângulo o valor de flexo-extensão do punho.
- Obtiveram-se valores positivos referentes a posições de flexão a partir da posição

de referência e valores negativos referentes a posições de extensão a partir da posição de referência.

- Posteriormente, esse ângulo foi filtrado com filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

### *2.1.2. ARTICULAÇÃO DO COTOVELO*

- Para o cálculo do ângulo de flexo-extensão do cotovelo, tanto do lado direito como o lado esquerdo, foi calculado o ângulo entre o vetor Y do SCL do braço com o vetor Y do SCL do antebraço. Sendo o ângulo entre estes dois vetores, o ângulo de flexo-extensão do cotovelo.

- Foi determinado um trecho de referência o qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho. Esta média foi retirada o cálculo do ângulo o valor de flexo-extensão do cotovelo.

- Obtiveram-se como valores negativos eventuais posições de extensão a partir da posição de referência.

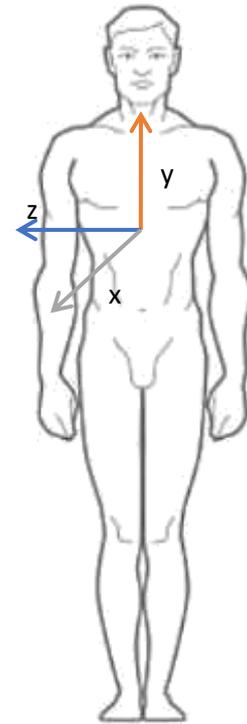
- Posteriormente, esse ângulo foi filtrado com filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

## 2.2. SCL DO TRONCO

Figura D 3 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) - Tronco



SCG do  
Laboratório



SCL do  
Tronco

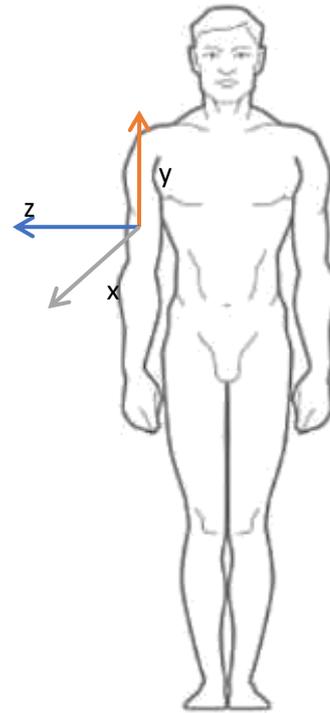
Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.3. SCL DO BRAÇO PARA O CÁLCULO DO ÂNGULO DE ELEVAÇÃO OMBRO

Figura D 4 - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Braço



SCG do  
Laboratório



SCL do  
Braço para o cálculo da  
articulação do ombro

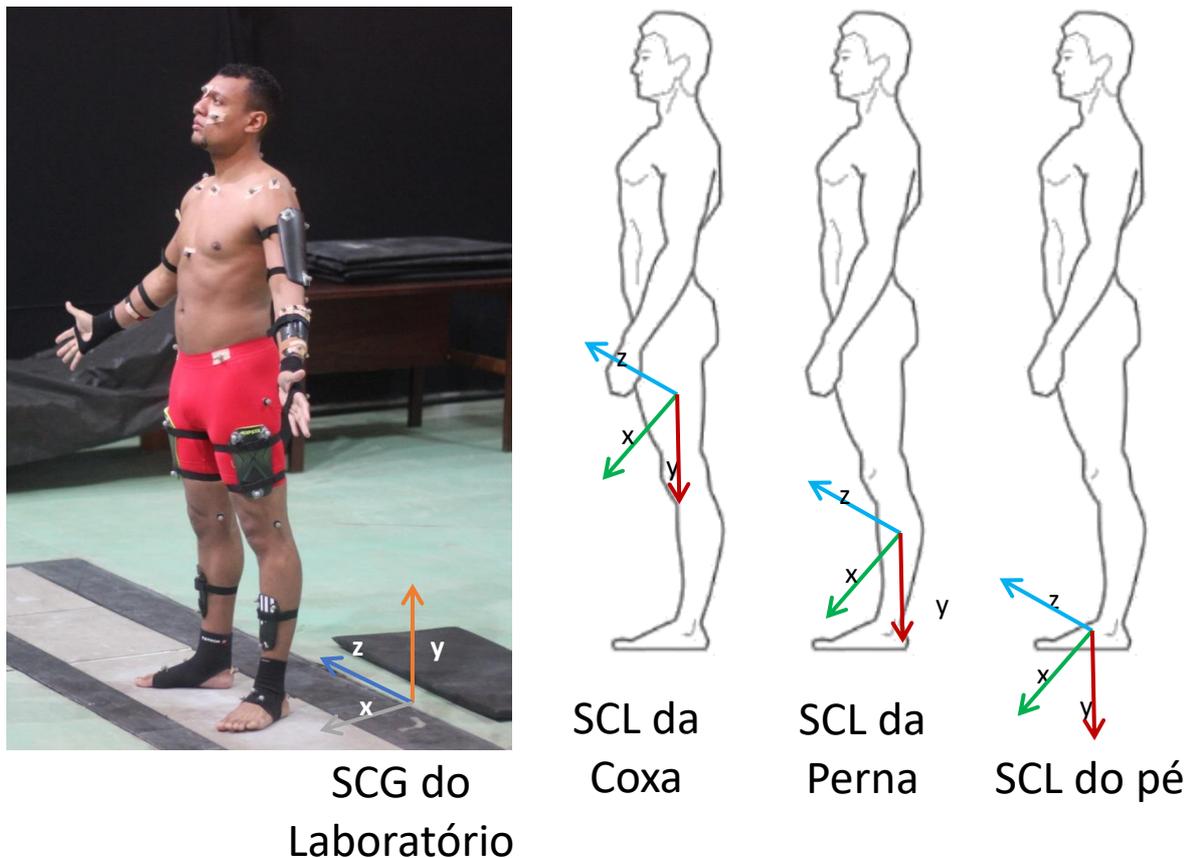
Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.3.1. ÂNGULO DE ELEVAÇÃO DO OMBRO

- Utilizando o SCL do tronco do cavalheiro e o SCL do braço, o ângulo de elevação do ombro foi extraído da segunda rotação (em torno de X) da sequência de Euler YXY (Wu, 2005). Cabe salientar que o SCL do braço utilizado para obtenção do ângulo de elevação do ombro é diferente do SCL utilizado para obtenção do ângulo flexão do cotovelo.
- Foi determinado um trecho de referência o qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho. Esta média foi retirada do valor do ângulo de elevação do ombro. Assim, valores positivos representam elevação do ombro a partir da posição de referência, e eventuais valores negativos representam posições mais baixas que a posição de referência.
- Esse ângulo foi filtrado com um filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

## 2.4. SCL DA COXA, PERNA E PÉ

**Figura D 5** - Exemplo ilustrativo do Sistema de Coordenadas local (SCL) – Membros Inferiores



Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.4.1. ARTICULAÇÃO DO QUADRIL

- A sequência de Euler XYZ foi utilizada para estimativa dos ângulos da articulação do quadril, com base no SCG e o SCL da coxa do cavalheiro. Nesta sequência de Euler a primeira rotação (em torno de X) representou a adução-abdução do quadril, a segunda rotação (em torno de Y) representou rotações internas e externas, e a terceira rotação (em torno de Z) representou as flexo-extensão do quadril.
- Foi determinado um trecho de referência o qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho.
- Assim, valores positivos representam a flexão, abdução, e rotação externa.
- Esse ângulo foi filtrado com filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com

frequência de corte de 5 Hz.

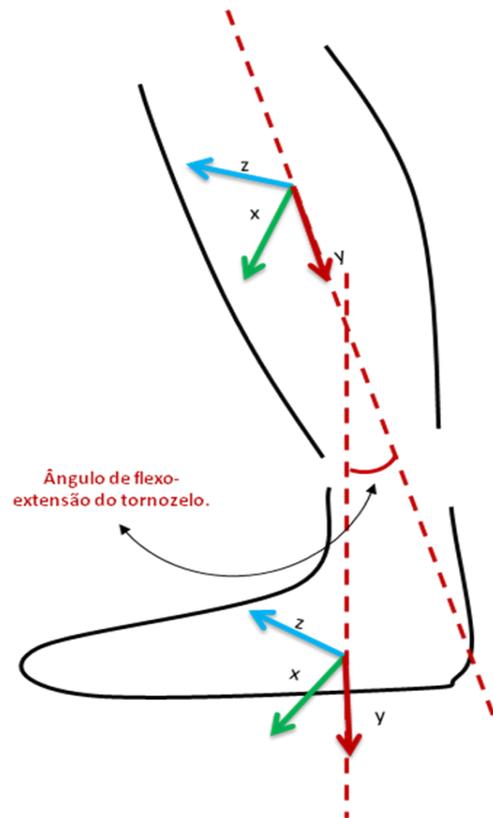
#### *2.4.2. ARTICULAÇÃO DO JOELHO*

- Para o cálculo do ângulo de flexo-extensão do joelho, tanto do lado direito como o lado esquerdo, foi calculado o ângulo entre o vetor Y do SCL da coxa com o vetor Y do SCL da perna. Sendo o ângulo entre estes dois vetores, o ângulo de flexo-extensão do joelho.
- Foi determinado um trecho de referência o qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho. Esta média foi retirada o cálculo do ângulo o valor de flexo-extensão do joelho.
- Esse ângulo foi filtrado com um filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

#### *2.4.3. ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO*

- Para o cálculo do ângulo de flexo-extensão do tornozelo, tanto do lado direito como o lado esquerdo, foi calculado o ângulo entre o vetor Y do SCL da perna com o vetor Y do SCL do pé. Sendo o ângulo entre estes dois vetores, o ângulo de flexo-extensão do tornozelo.
- Foi determinado um trecho de referência no qual o bailarino estava posicionado mais próximo da posição relaxada e calculado a média deste trecho. Esta média foi retirada o cálculo do ângulo de flexo-extensão do tornozelo.
- Assim, temos como valores positivos para posições de planti-flexão, e valores negativos para posições de dorsi-flexão.
- Esse ângulo foi filtrado com um filtro digital Butterworth, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz.

**Figura D 6** - Exemplo ilustrativo para o cálculo do ângulo de flexão do tornozelo.

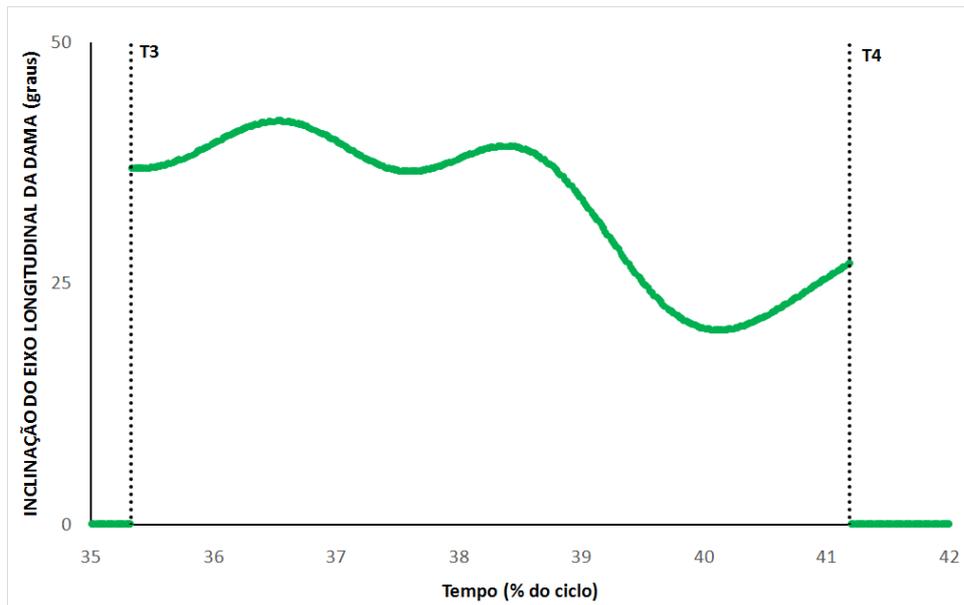


Fonte: Elaborado pelo autor

## APÊNDICE E – GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DAS DIFERENTES VARIÁVEIS E SUAS RESPECTIVAS ENTRADAS.

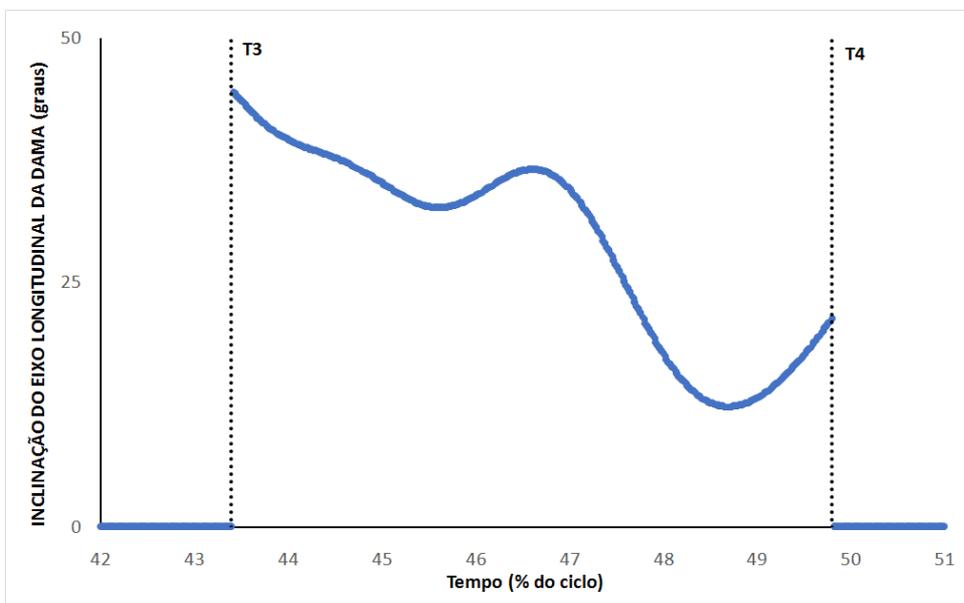
### 1. INCLINAÇÃO DO EIXO LONGITUDINAL DA DAMA

**Figura E 1** - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada Simples (execução número 6)



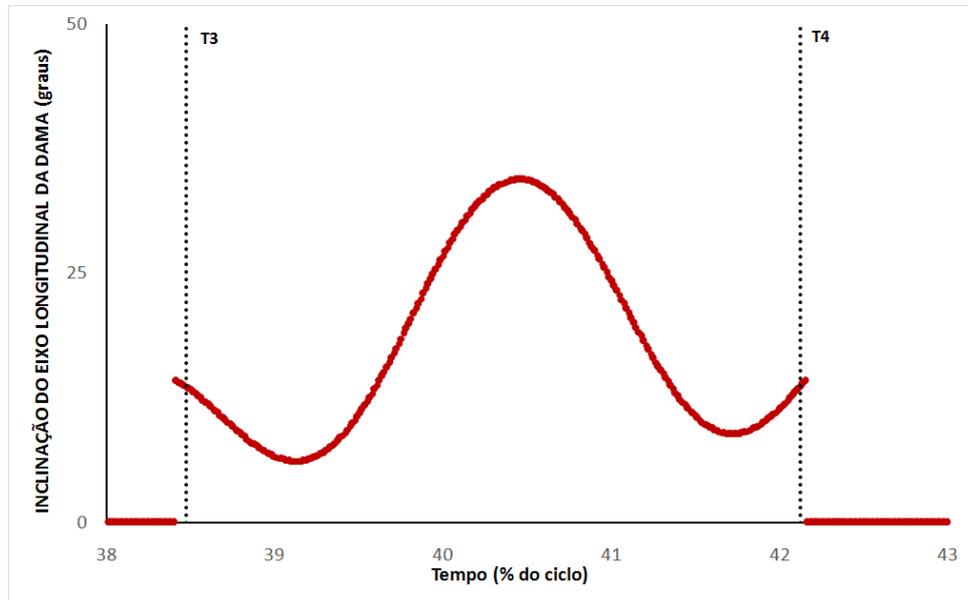
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 2** - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada Balão (execução número 11)



Fonte: Elaborado pelo autor

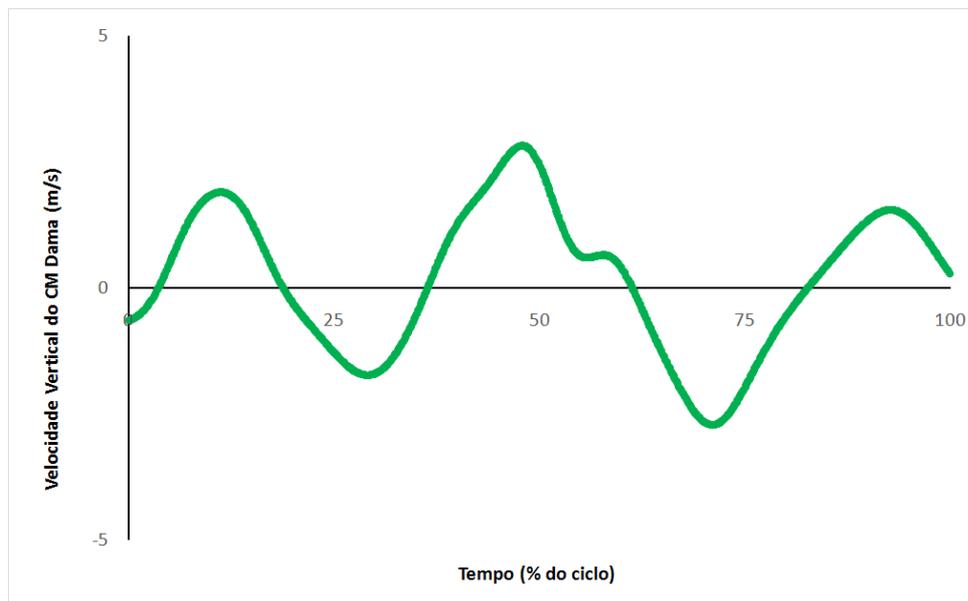
**Figura E 3** - Inclinação Do Eixo Longitudinal Da Dama na Entrada DV (execução número 1)



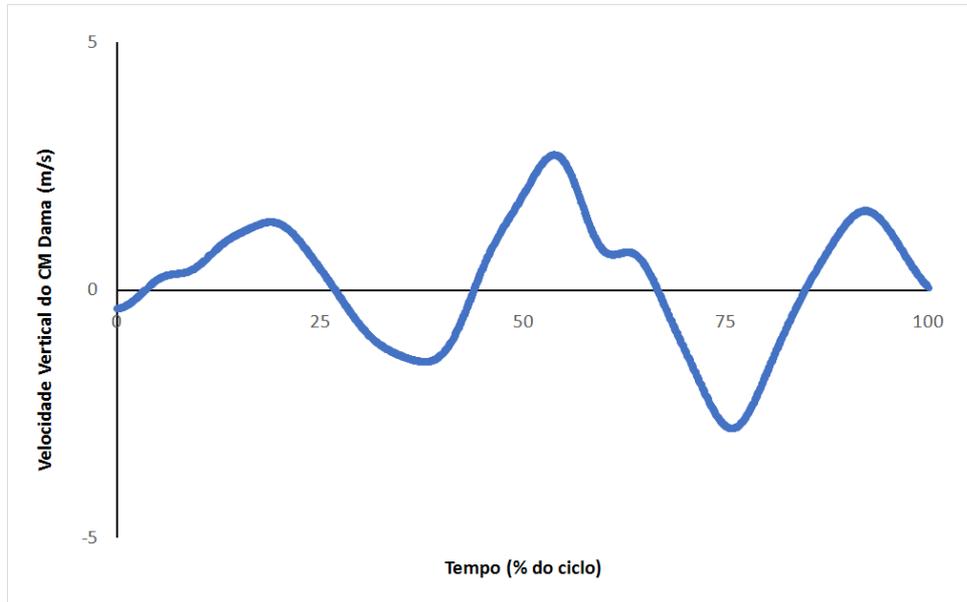
Fonte: Elaborado pelo autor

## 2. VELOCIDADE VERTICAL DO CM DA DAMA

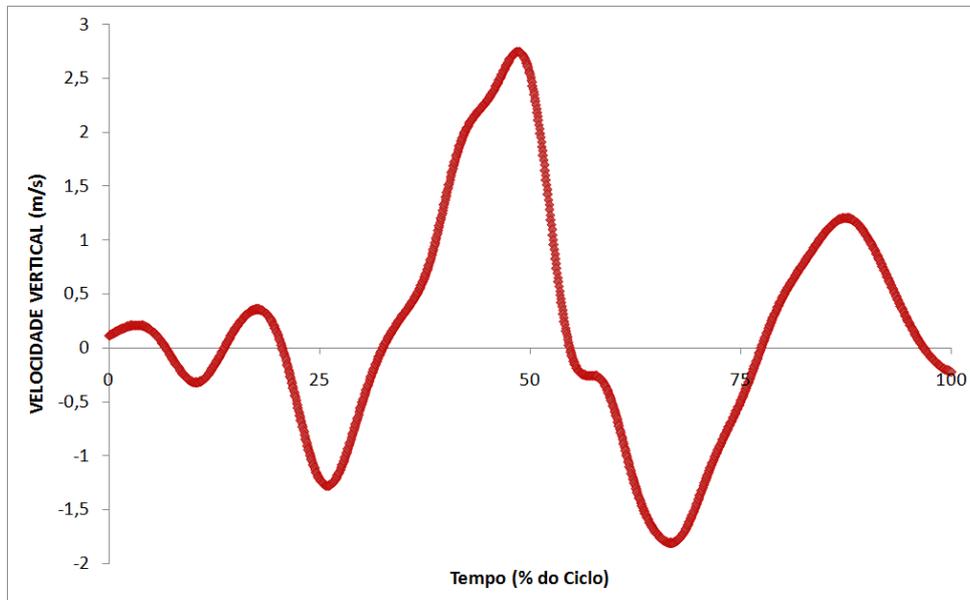
**Figura E 4** - Velocidade Vertical Do CM da Dama Entrada Simples (execução número 6)



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 5** - Velocidade Vertical Do CM da Dama na Entrada Balão (execução número 11)

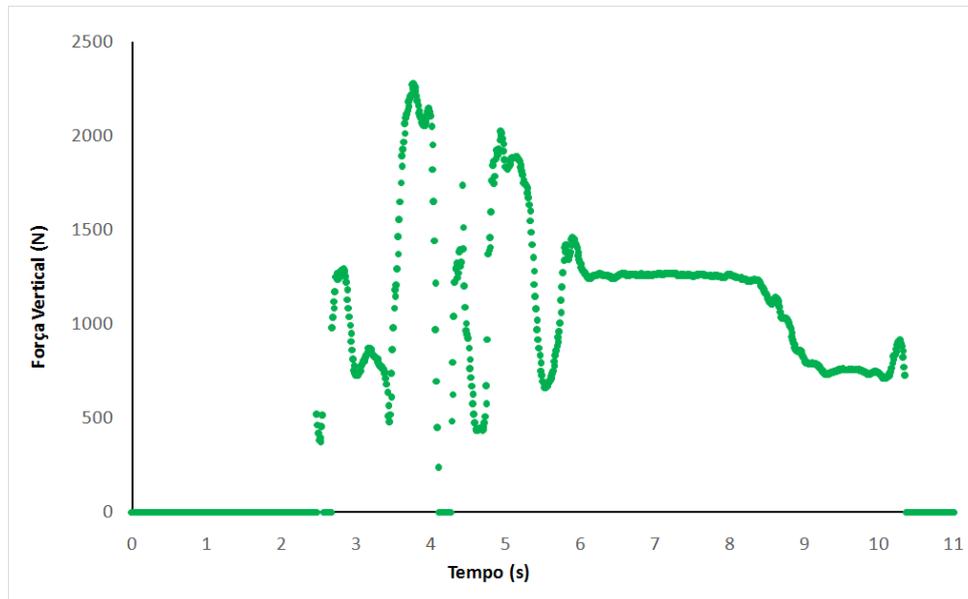
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 6** - Velocidade Vertical Do CM da Dama na Entrada DV (execução número 2)

Fonte: Elaborado pelo autor

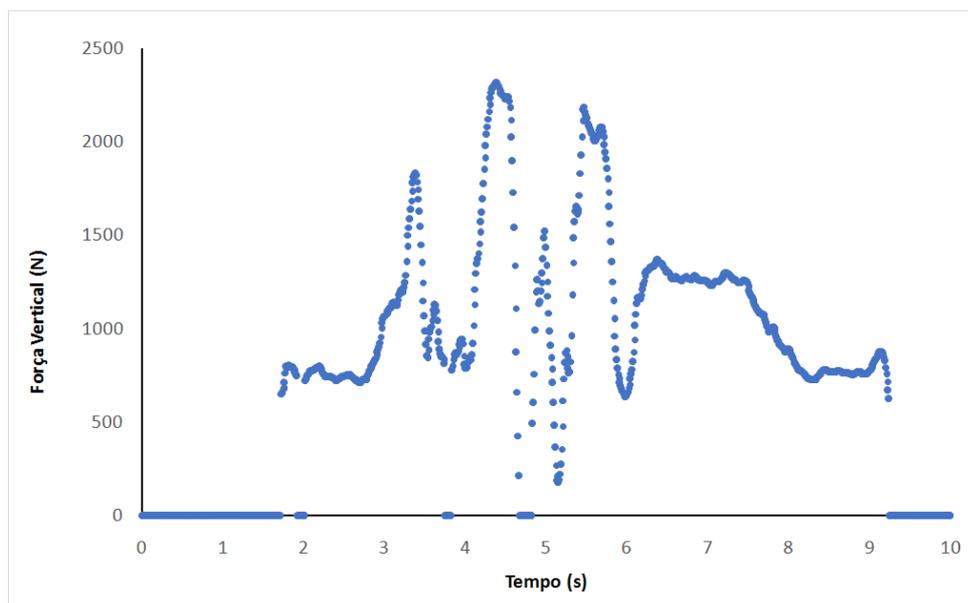
### 3. FORÇA VERTICAL

**Figura E 7 - Força Vertical na Entrada Simples (execução número 6)**

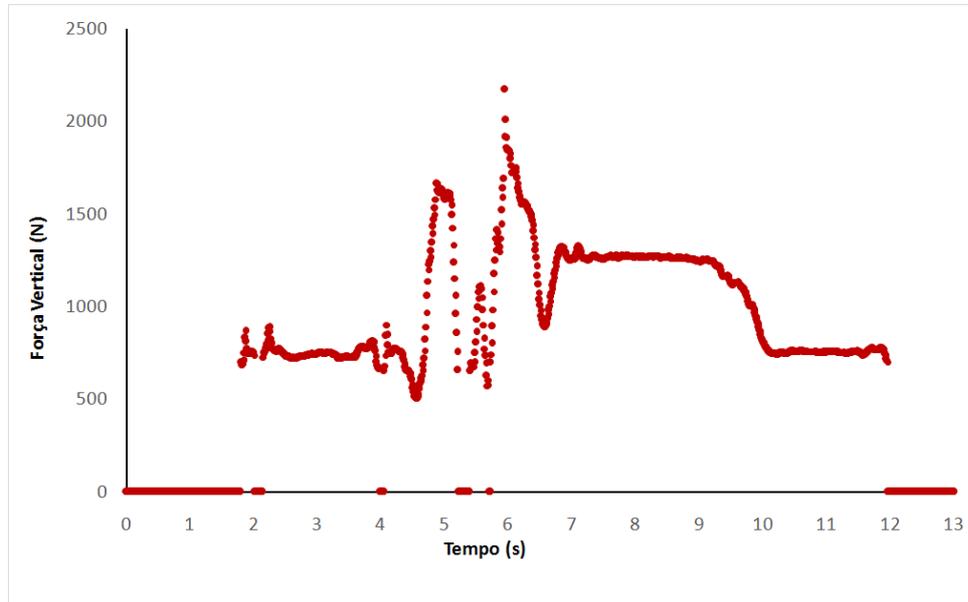


Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 8 - Força Vertical na Entrada Balão (execução número 11)**

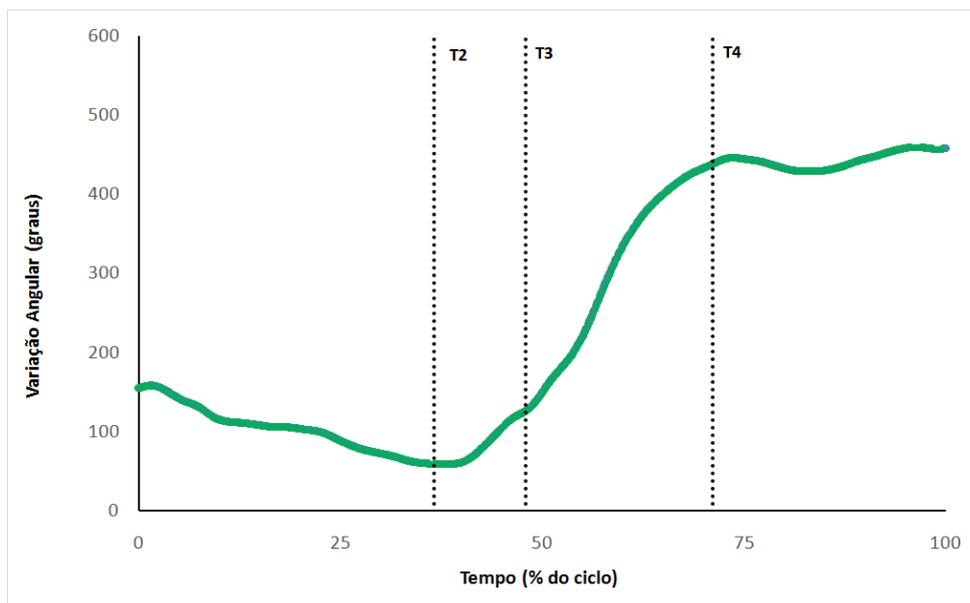


Fonte: Elaborado pelo autor

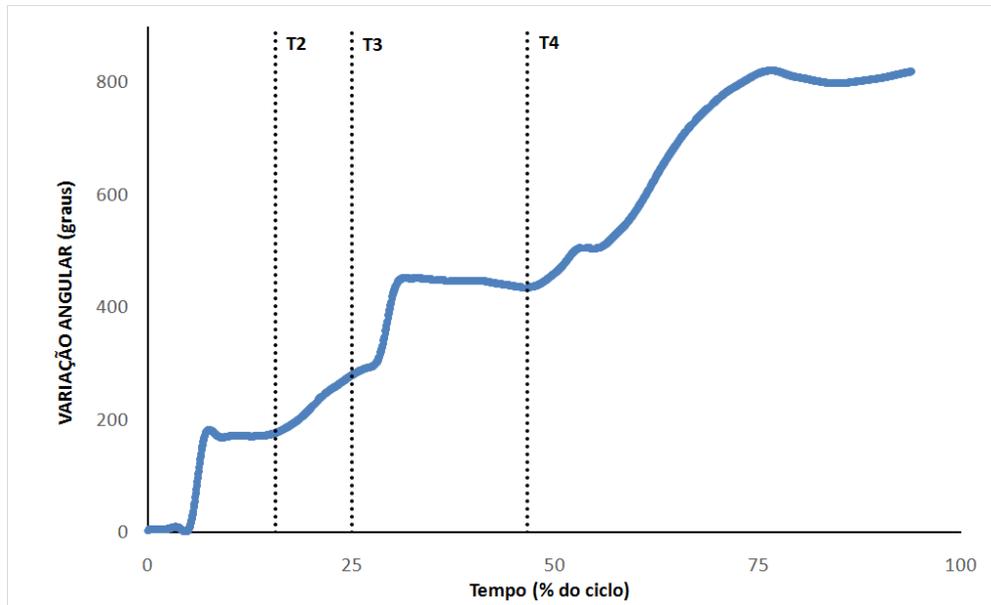
**Figura E 9 - Força Vertical na Entrada DV (execução número 1)**

Fonte: Elaborado pelo autor

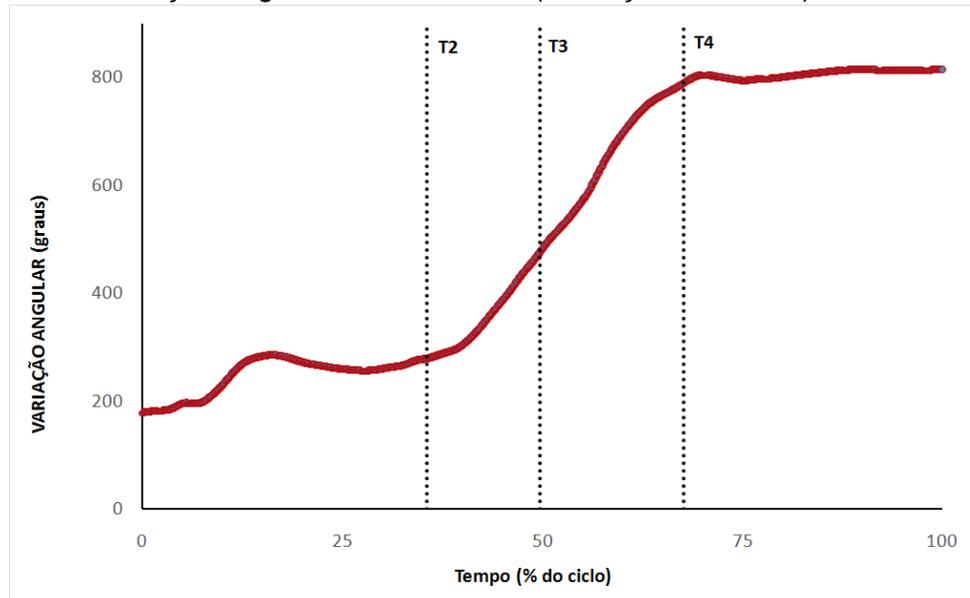
#### 4. VARIAÇÃO ANGULAR

**Figura E 10 – Variação Angular na Entrada Simples (execução número 6)**

Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 11 - Variação Angular na Entrada Balão (execução número 14)**

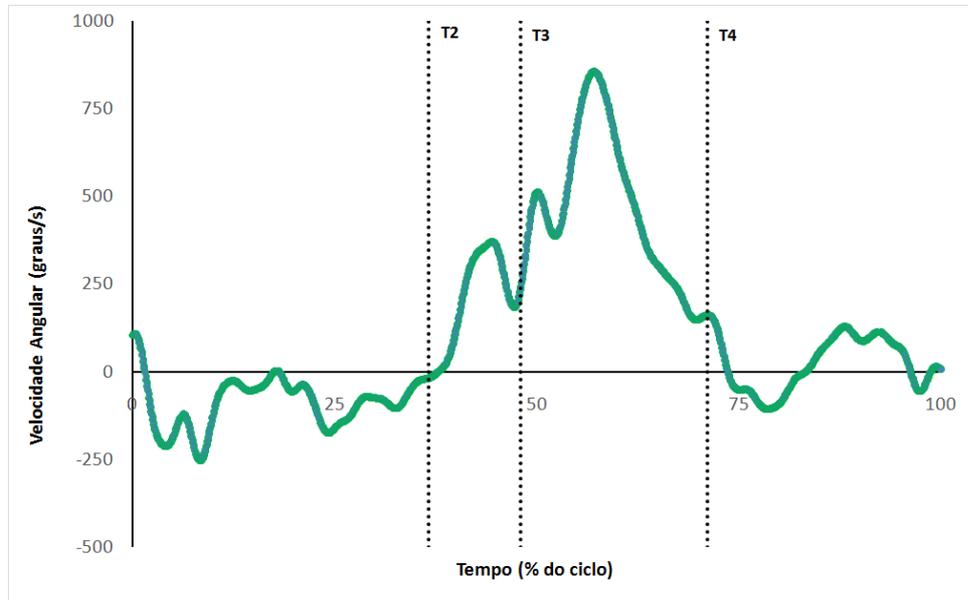
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura E 12 - Variação Angular na Entrada DV (execução número 1)**

Fonte: Elaborado pelo autor

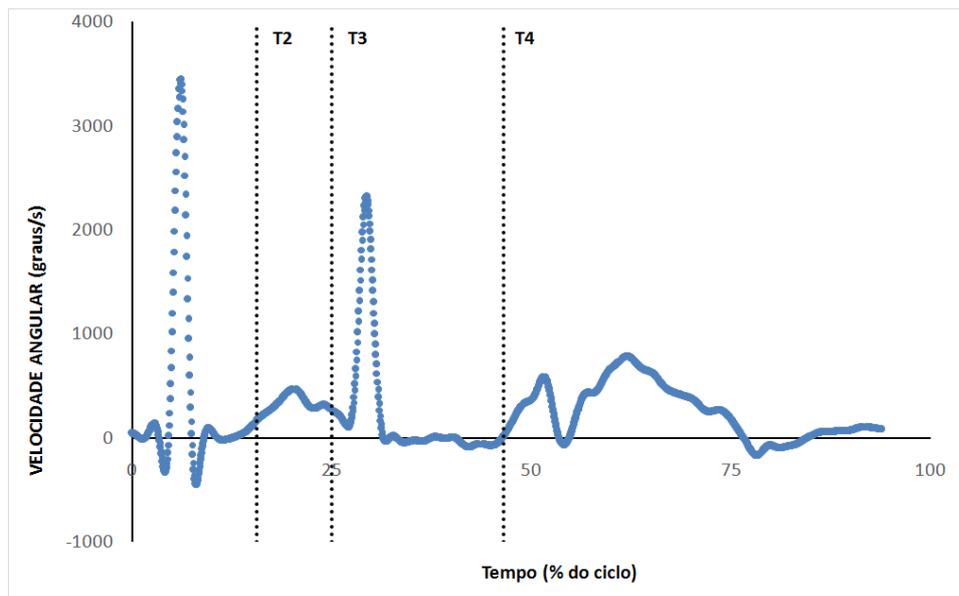
## 5. VELOCIDADE ANGULAR

Figura E 13 - Velocidade Angular na Entrada Simples (execução número 6)



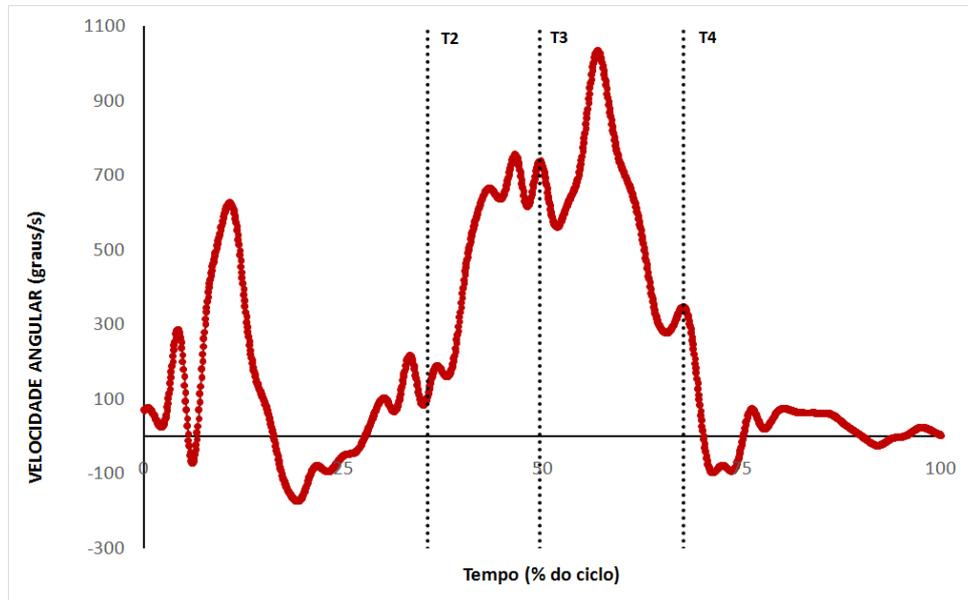
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura E 14 - Velocidade Angular na Entrada Balão (execução número 14)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura E 15 - Velocidade Angular na Entrada DV (execução número 1)



Fonte: Elaborado pelo autor

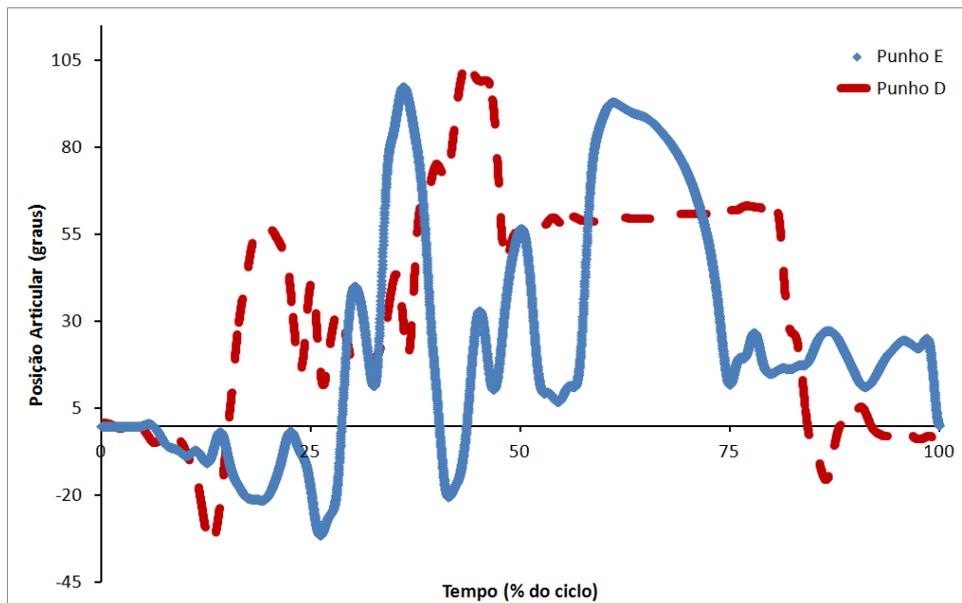
## APÊNDICE F – GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DAS ARTICULAÇÕES DO CAVALHEIRO EM SUAS RESPECTIVAS ENTRADAS.

Valores positivos representam a flexão, planti-flexão, abdução, rotação externa e valores mais altos de elevação que ocorrem a partir da origem.

Valores negativos representam a extensão, dorsi-flexão, adução, rotação interna e valores mais baixos de elevação que ocorrem a partir da origem.

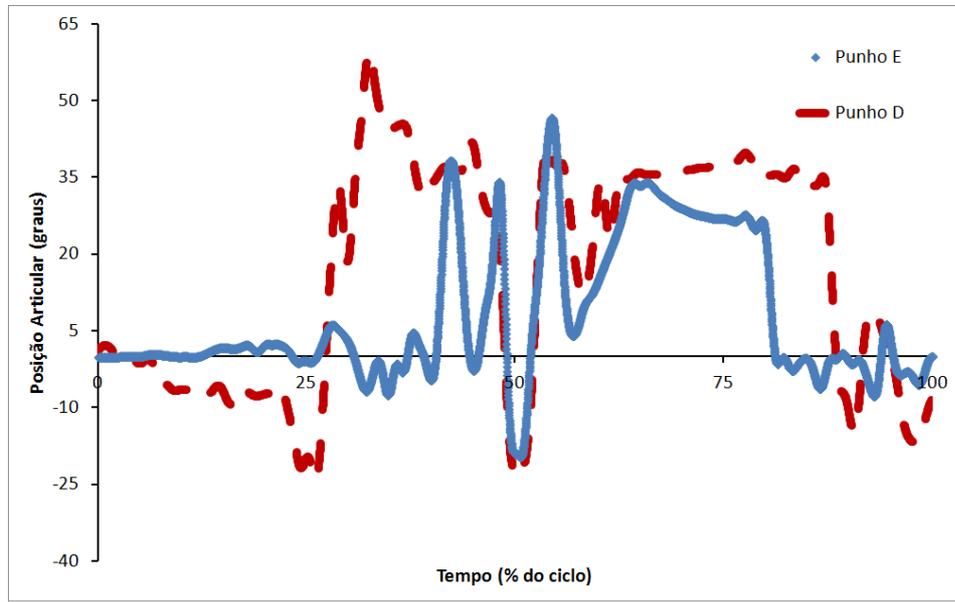
### 1. Articulação do Punho

**Figura F 1 –** Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada Simples (execução número 6)



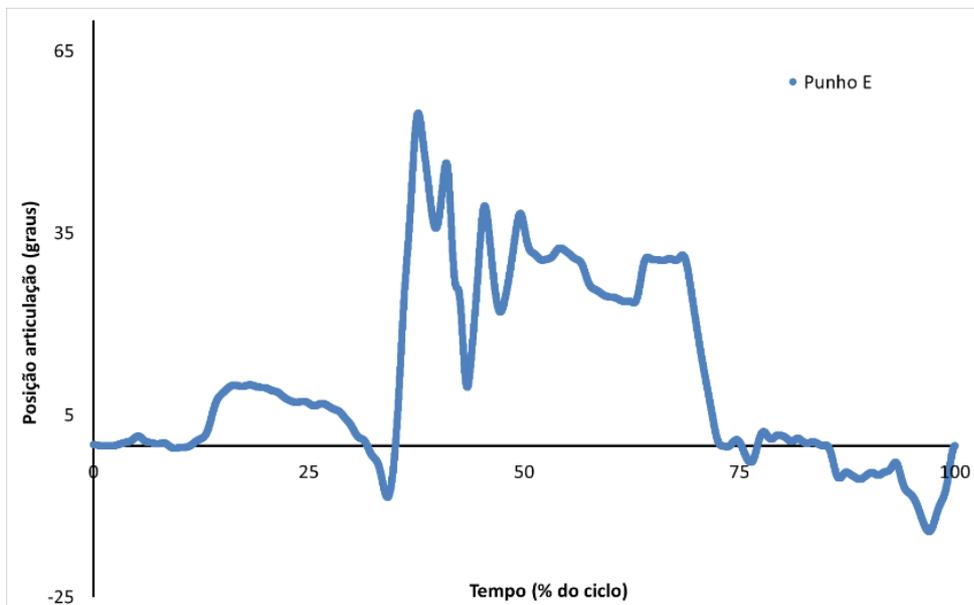
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 2 - Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada Balão (execução número 14)**



Fonte: Elaborado pelo autor

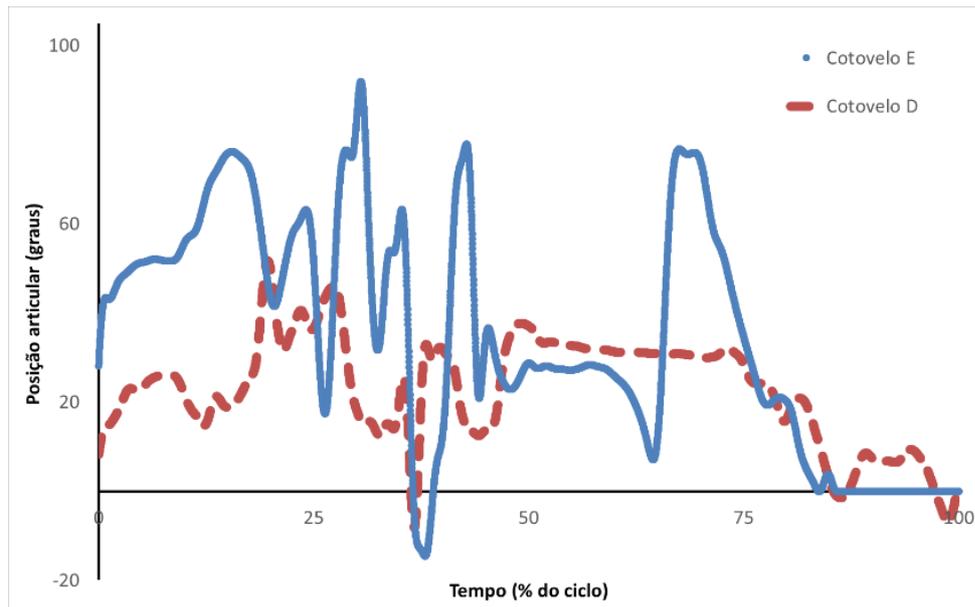
**Figura F 3 - Ângulo de Flexo-Extensão do Punho na Entrada DV (execução número 1)**



Fonte: Elaborado pelo autor

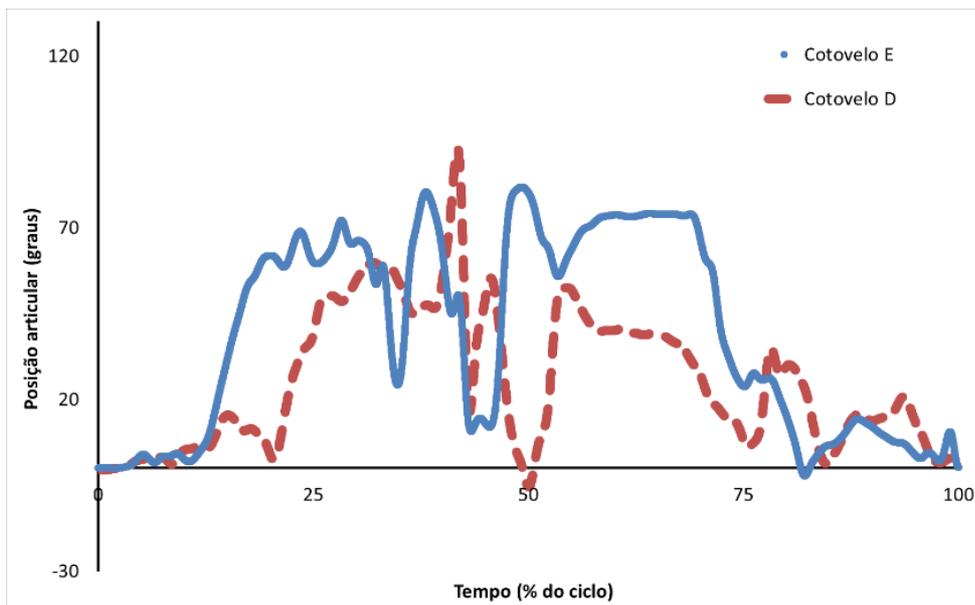
## 2. Articulação do Cotovelo

**Figura F 4** – Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada Simples (execução número 6)



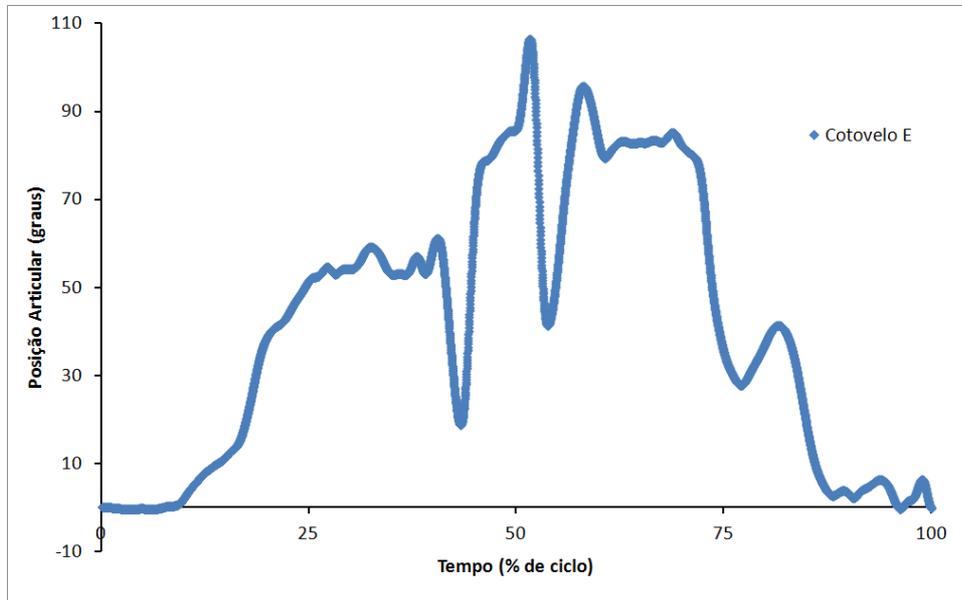
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 5** - Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada Balão (execução número 14)



Fonte: Elaborado pelo autor

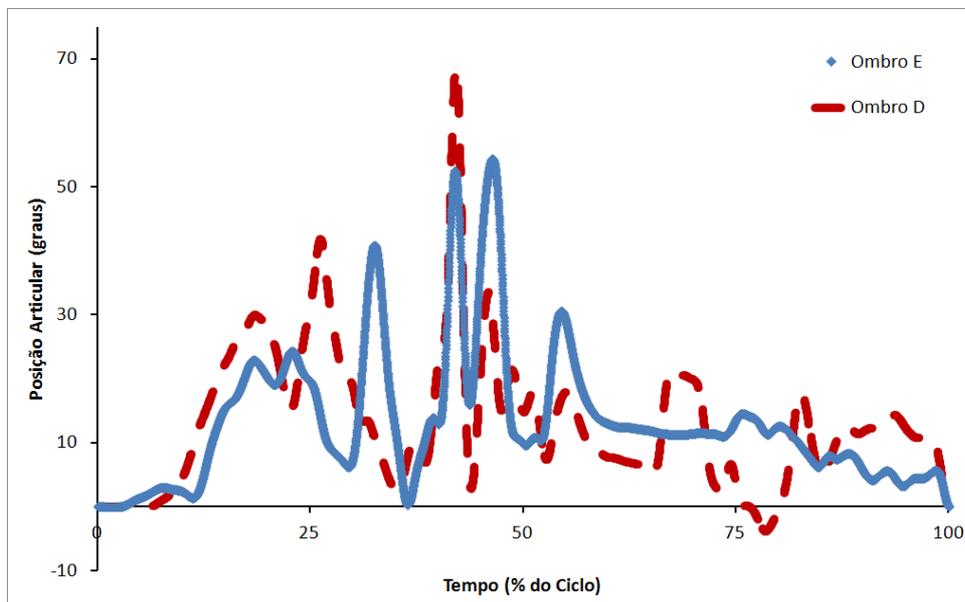
**Figura F 6 – Ângulo de Flexo-Extensão do Cotovelo na Entrada DV (execução número 1)**



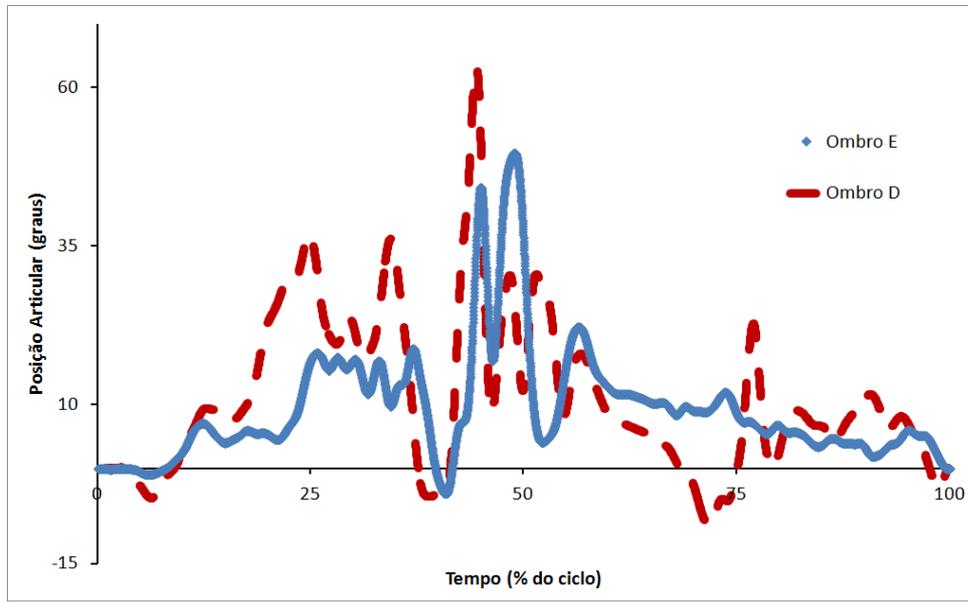
Fonte: Elaborado pelo autor

### 3. Ângulo de elevação do Ombro

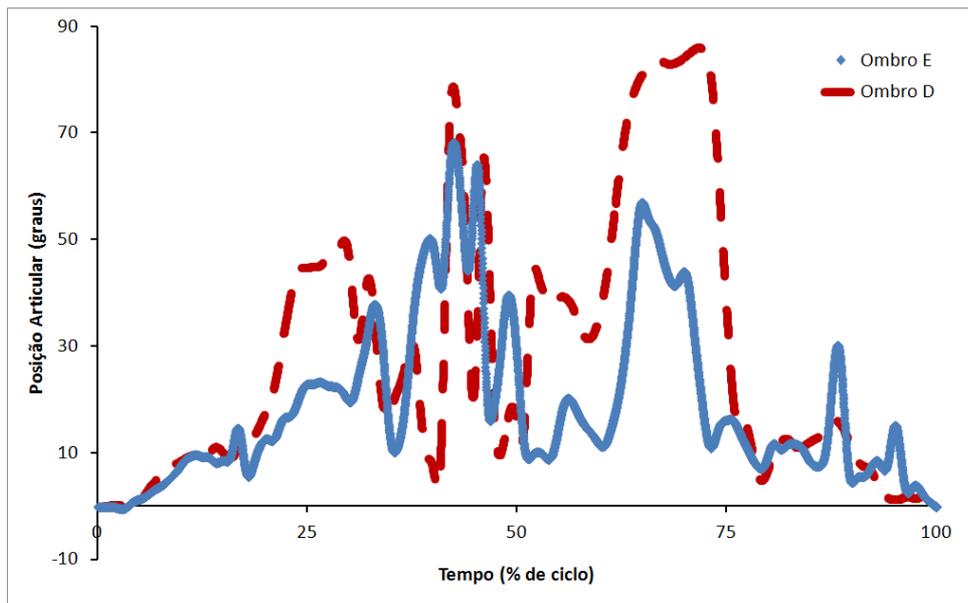
**Figura F 7 – Ângulo de elevação do Ombro na Entrada Simples (execução número 6)**



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 8 - Ângulo de elevação do Ombro na Entrada Balão (execução número 14)**

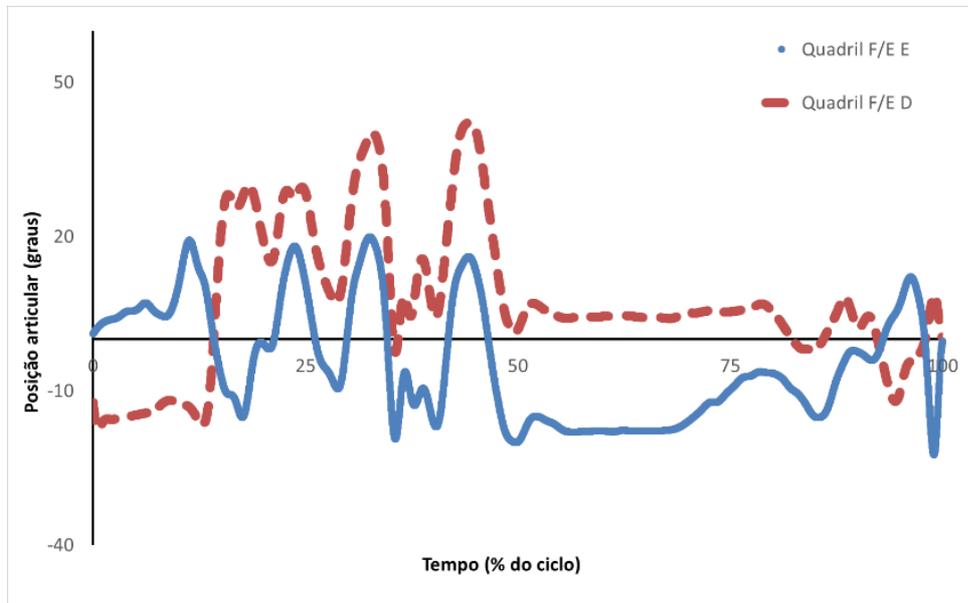
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 9 - Ângulo de elevação do Ombro na Entrada DV (execução número 1)**

Fonte: Elaborado pelo autor

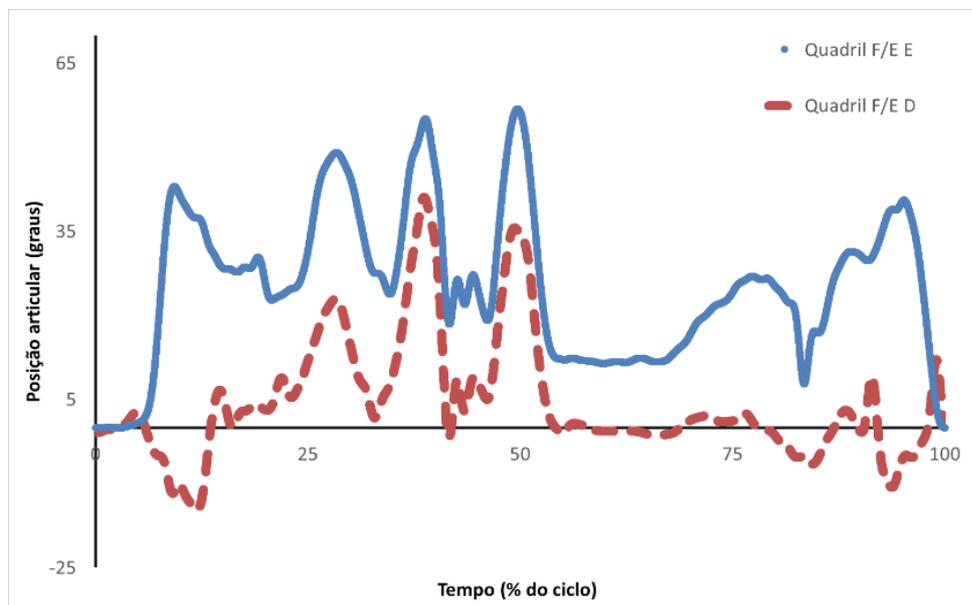
#### 4. Articulação do Quadril - Flexo-Extensão

Figura F 10 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada Simples (execução número 6)



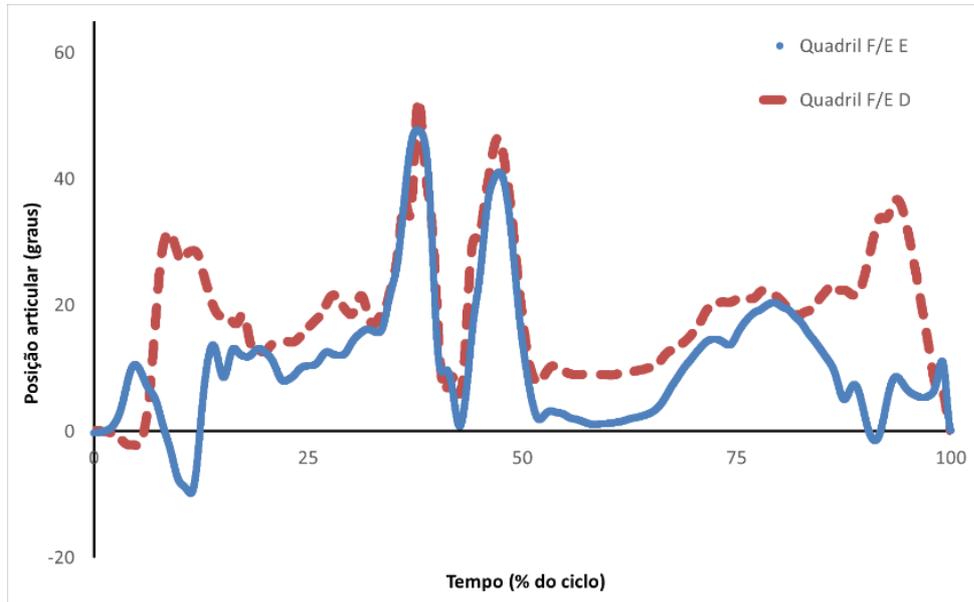
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura F 11 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada Balão (execução número 14)



Fonte: Elaborado pelo autor

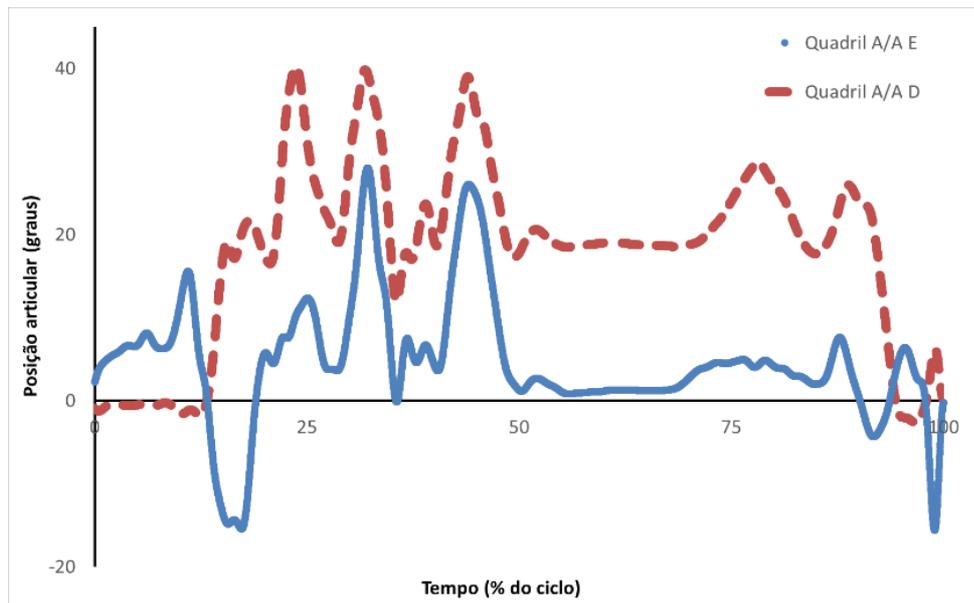
**Figura F 12 – Ângulo de Flexo-Extensão do Quadril na Entrada DV (execução número 1)**



Fonte: Elaborado pelo autor

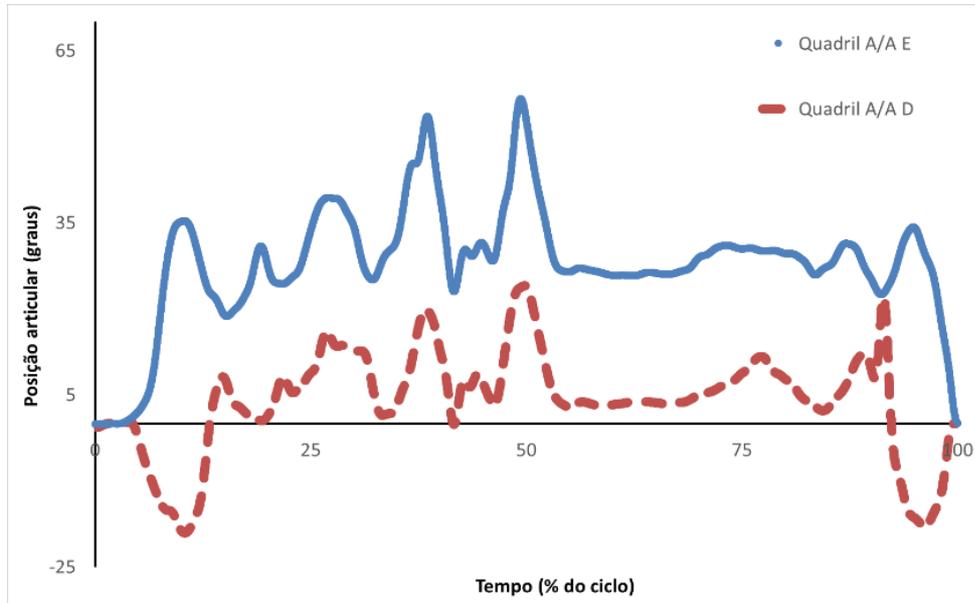
## 5. Articulação do Quadril – Adução e Abdução

**Figura F 13 - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada Simples (execução número 6)**



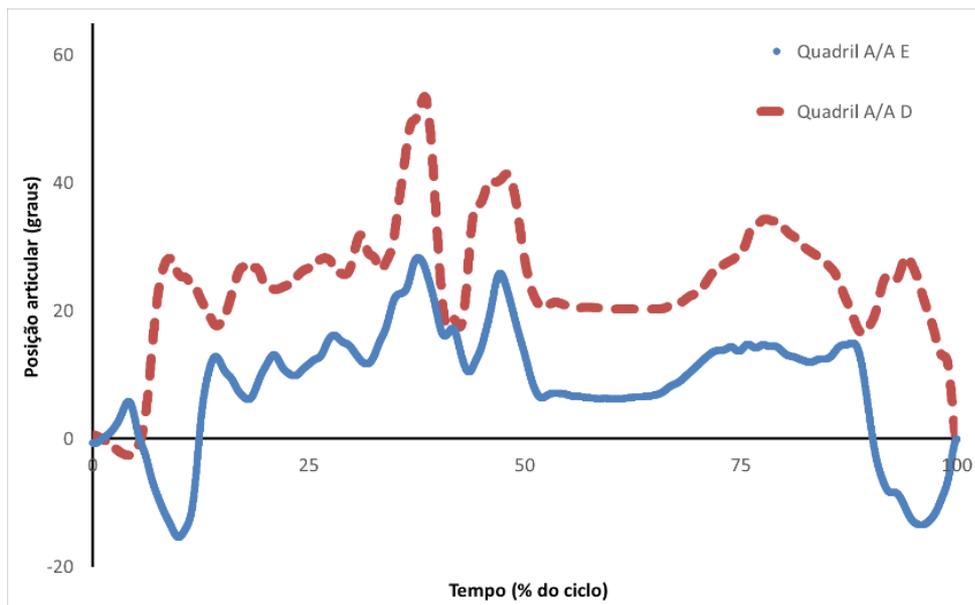
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 14** - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada Balão (execução número 14)



Fonte: Elaborado pelo autor

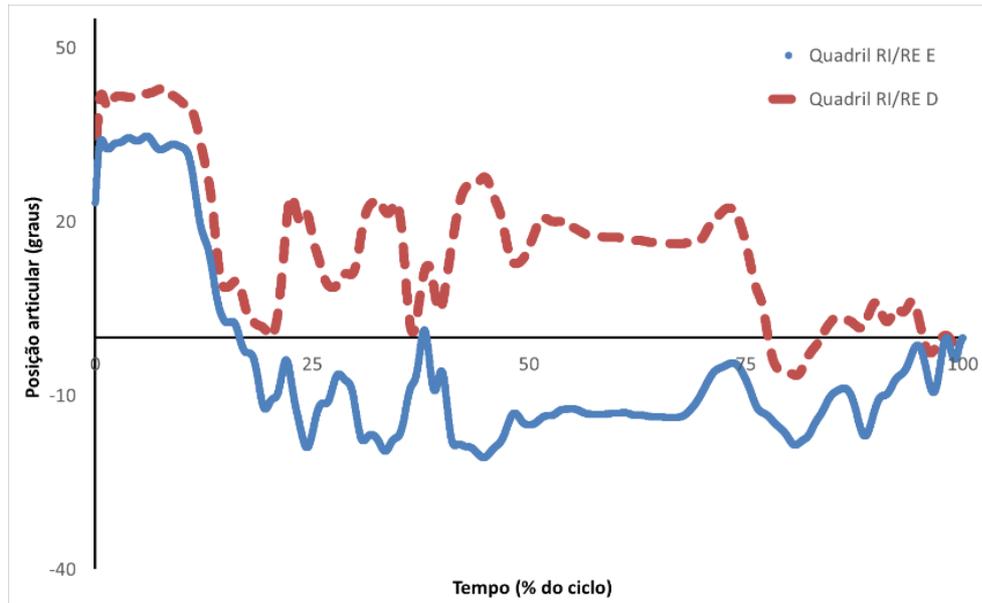
**Figura F 15** - Ângulo de Adução e Abdução de Quadril na Entrada DV (execução número 1)



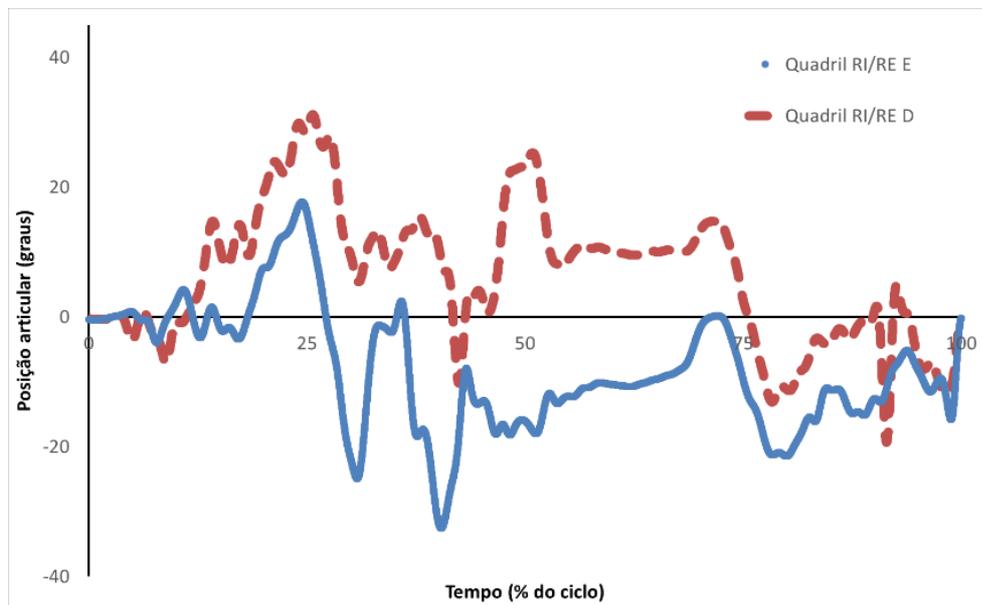
Fonte: Elaborado pelo autor

## 6. Articulação do Quadril – Rotação Interna e Externa

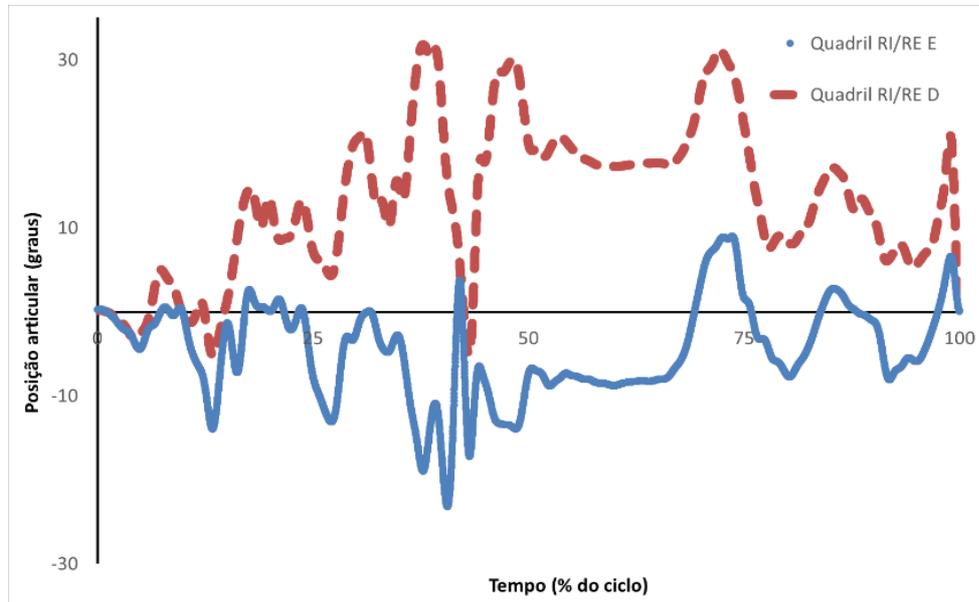
**Figura F 16** – Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada Simples (execução número 6)



**Figura F 17-** Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada Balão (execução número 14)



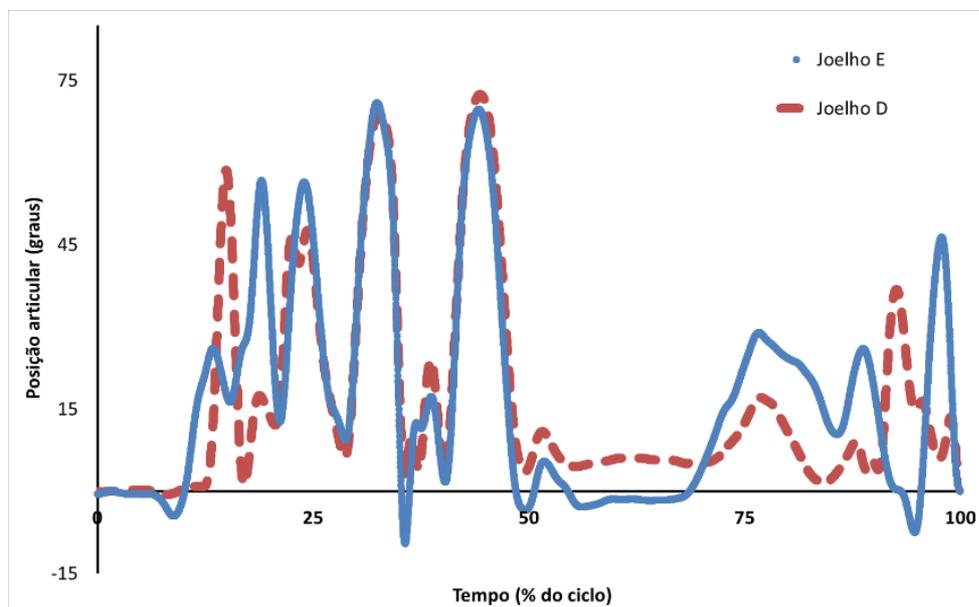
**Figura F 18** - Ângulo de Rotação Interna e Externa de Quadril na Entrada DV (execução número 1)



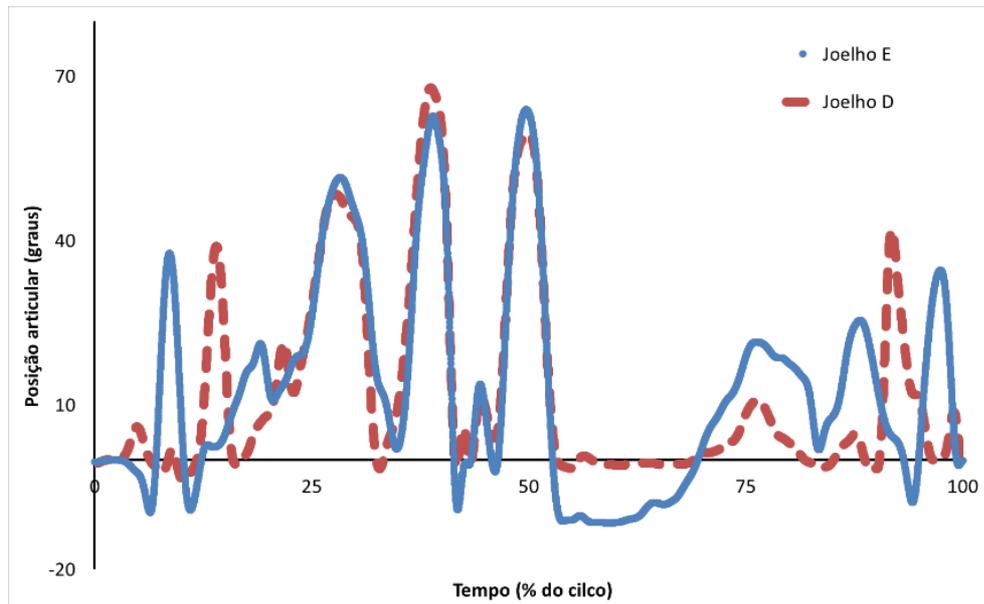
Fonte: Elaborado pelo autor

## 7. Articulação do Joelho

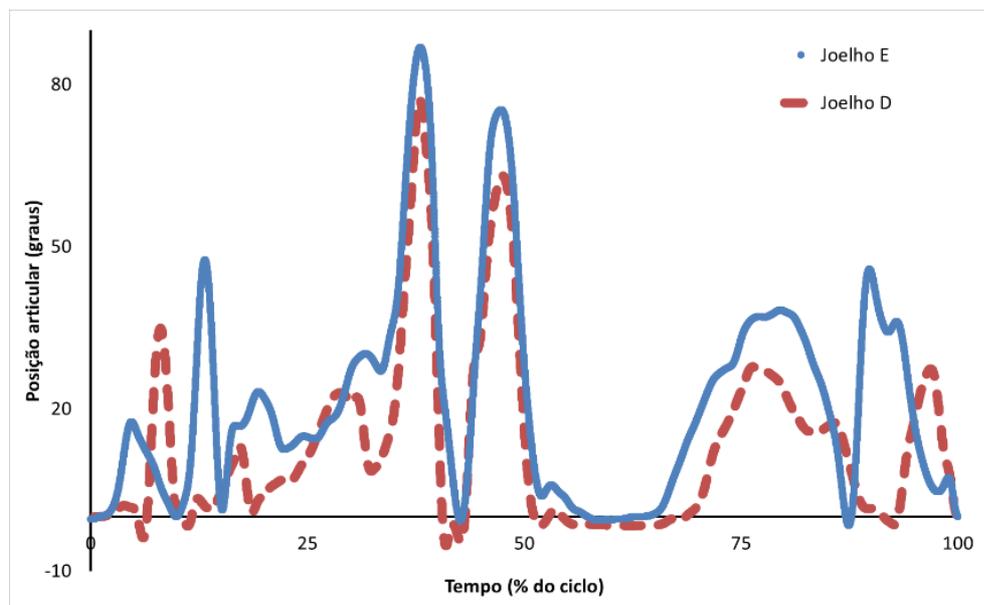
**Figura F 19** - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada Simples (execução número 6)



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 20** - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada Balão (execução número 14)

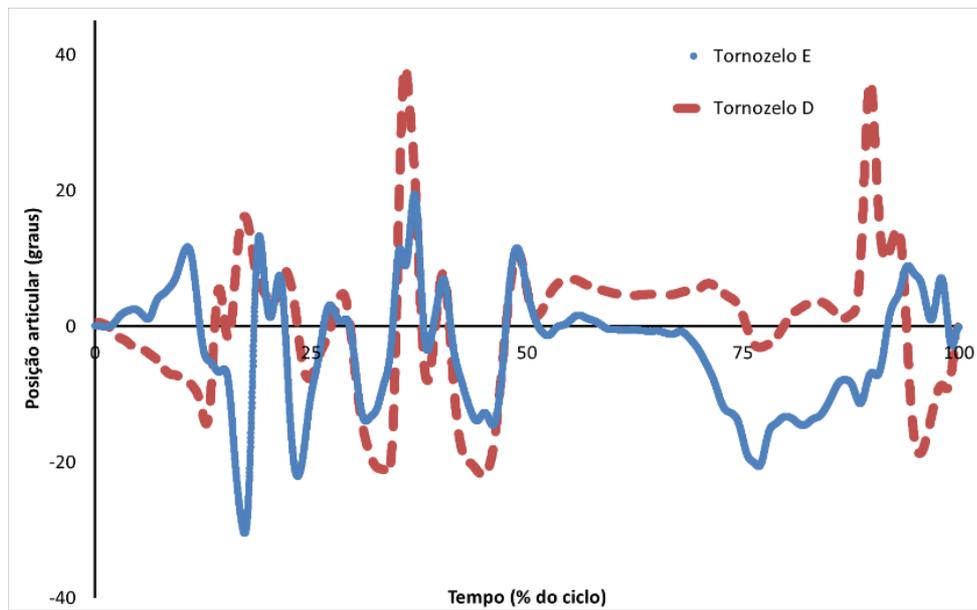
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 21** - Ângulo de Flexo-extensão do Joelho na Entrada DV (execução número 1)

Fonte: Elaborado pelo autor

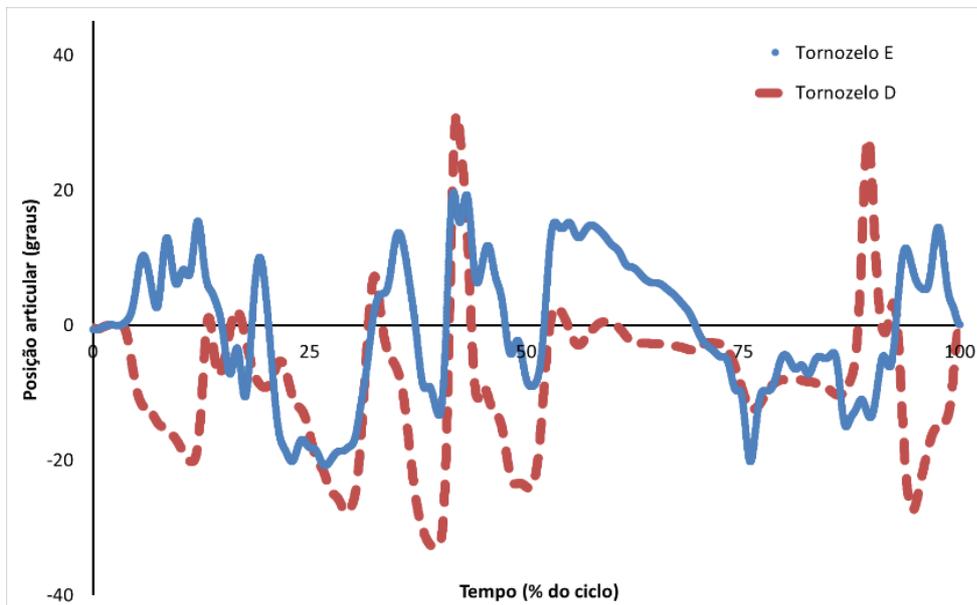
## 8. Articulação do Tornozelo

**Figura F 22** - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada Simples (execução número 6)



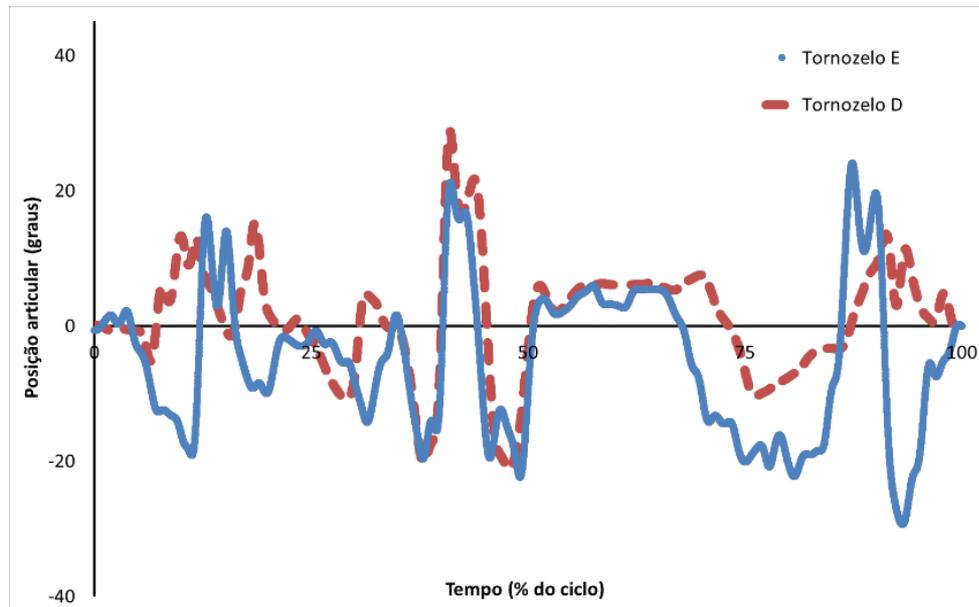
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 23** - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada Balão (execução número 14)



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura F 24 - Ângulo de Flexo-extensão do Tornozelo na Entrada DV (execução número 1)**



Fonte: Elaborado pelo autor