



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do salto de mãos: um estudo na Ginástica Artística Feminina

Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto da
Universidade do Porto com vista à obtenção do grau de
Mestre em Desporto para Crianças e Jovens ao abrigo do
Decreto – Lei nº 74/2006 de 24 de Março.

Orientador: Prof. Doutor Carlos Manuel Reis Araújo

Coorientadora: Prof.^a Doutora Filipa Manuel Alves Machado de Sousa

Rosa Amaral Ramos

Porto, dezembro de 2018

Ramos, R. A. (2018). *Parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do salto de mãos: um estudo na Ginástica Artística Feminina*. Porto: R. Ramos. Dissertação com vista à obtenção do grau de Mestre em Desporto para Crianças e Jovens, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: GINÁSTICA ARTÍSTICA, SOLO, SALTO DE MÃOS, PARÂMETROS BIOMECÂNICOS .

Agradecimentos

Não se constrói nada sozinho. E com esta dissertação não foi diferente. Por isso, aproveito este espaço para agradecer às pessoas e instituições que me ajudaram direta ou indiretamente a concretizar esse sonho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Araújo, por todo o seu apoio, sua disponibilidade e seu interesse na pesquisa.

Agradeço à minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Filipa Sousa, por acreditar no meu trabalho e contribuir para a sua realização.

Agradeço ao Eng.^o Pedro Fonseca, pelos ensinamentos no LABIOME e indispensável ajuda no tratamento dos dados.

Agradeço aos membros do LABIOME, pelo convívio e ensinamentos diários, e pelo auxílio durante a coleta.

Agradeço aos professores e aos funcionários da FADEUP, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e pelo esclarecimento das minhas inúmeras dúvidas.

Agradeço às atletas de Ginástica Artística Feminina do Sport Clube do Porto e Ginásio Clube da Maia, seus treinadores e encarregados de educação, pela confiança e disponibilidade em participar dessa pesquisa.

Agradeço aos amigos treinadores de Ginástica Artística, que disponibilizaram o seu tempo para me ajudar na construção desse trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. André Gustavo, coordenador do BIOLAB da UFMG, pela disponibilidade, atenção e orientação na parte de procedimentos estatísticos.

Agradeço ao DICE do Minas Tênis Clube, pelos livros emprestados e orientação na parte de procedimentos estatísticos.

Agradeço aos meus pais pela minha educação, pela minha formação, por acreditarem em mim, por me incentivarem sempre, e por todo o amor a mim dedicado. Agradeço em especial à minha mãe, pela ajuda financeira enquanto eu estava em Portugal.

Agradeço ao meu irmão pelo companheirismo e amizade, e por possibilitar o acesso aos livros que embasaram esse trabalho.

Agradeço ao meu segundo pai, Antônio Sérgio Bueno, que leu e releu essa dissertação em busca de erros ortográficos e gramaticais.

Agradeço aos demais familiares por torcerem por mim e fazer o possível para permitir e facilitar a conclusão do mestrado.

Agradeço profundamente às minhas amigas, que me ajudaram a atravessar um período difícil e de muitas crises. Sem a presença, os conselhos e o amor de vocês, não teria estrutura emocional para escrever essa dissertação.

Agradeço à Bárbara, por me acompanhar nesse desafio de estudar no exterior e não me deixar desistir. Obrigada pelo seu companheirismo, pelo seu amor e pelo seu apoio. Seguimos construindo juntas!

Índice

Índice de Figuras	VII
Índice de Tabelas.....	IX
Índice de Gráficos	XI
Índice de Apêndices.....	XIII
Resumo	XV
Abstract.....	XVII
Lista de abreviaturas.....	XIX
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Ginástica Artística	3
2.2. Solo	5
2.3. Salto de mãos	8
2.3.1. Aspectos mecânicos do salto de mãos	9
2.3.2. Ação muscular	11
2.3.3. Situações de aprendizagem	12
2.3.4. Erros e penalizações	16
2.4. Biomecânica	17
2.4.1. Análise cinemática do movimento.....	18
2.4.2. Análise cinética do movimento.....	19
2.5. Biomecânica e Ginástica Artística.....	21
3. Objetivos.....	29
3.1. Objetivo Geral.....	29
3.2. Objetivos Específicos.....	29
3.3. Hipóteses.....	29
4. Material e Métodos.....	31

4.1. Amostra	31
4.2. Instrumentos	31
4.3. Procedimentos	33
4.4. Procedimentos estatísticos	36
5. Resultados	39
5.1. Classificação	39
5.2. Estatísticas Descritivas	40
5.3. Parâmetros determinantes	43
5.4. Correlações entre as variáveis	48
5.5. Perspectiva dos treinadores	54
6. Discussão	57
6.1. Parâmetros determinantes	57
6.2. Correlações entre as variáveis	60
6.3. Perspectiva dos treinadores	66
7. Conclusão	69
8. Referências	71
APÊNDICES	XXI
Apêndice 1 – Declaração de consentimento	XXI
Apêndice 2 – Ficha de avaliação técnica	XXIII

Índice de Figuras

Figura 1. Salto de mãos (adaptado de Araújo, 2013).	8
Figura 2. Biomecânica do salto de mãos (adaptado de Smith, 1993).	10
Figura 3. Ressalto com rolamento (adaptado de FIG, 2010).	12
Figura 4. Pino ressalto (adaptado de FIG, 2010).	12
Figura 5. Pino ressalto para o colchão (adaptado de FIG, 2010).	13
Figura 6. Salto de mãos de uma superfície elevada (adaptado de FIG, 2010).	13
Figura 7. Salto de mãos em um plano inclinado (adaptado de FIG, 2010).	13
Figura 8. Ressalto com rolamento (adaptado de Araújo, 2013).	14
Figura 9. Salto de mãos partindo do plinto com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).	14
Figura 10. Salto de mãos com ressalto no minitrampolim (adaptado de Araújo, 2013).	14
Figura 11. Salto de mãos com ressalto no trampolim com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).	14
Figura 12. Salto de mãos no solo com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).	15
Figura 13. Elevação da perna na ponte (adaptado de Carrasco, 1982).	15
Figura 14. Salto de mãos sobre as paralelas assimétricas (adaptado de Carrasco, 1982).	15
Figura 15. Impulsão da perna no banco sueco com ressalto no plinto (adaptado de Carrasco, 1982).	16
Figura 16. Salto de mãos com impulsão no banco sueco e ressalto no trampolim (adaptado de Carrasco, 1982).	16

Figura 17. Posicionamento dos marcadores para modelação do corpo em 3D.	
.....	33

Índice de Tabelas

Tabela 1. Caracterização da amostra.	31
Tabela 2. Estatística descritiva da classificação das ginastas pelos treinadores avaliadores	39
Tabela 3. Concordância entre os treinadores	40
Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis de tempo e distância.....	40
Tabela 5. Estatísticas descritivas das variáveis cinéticas	41
Tabela 6. Estatísticas descritivas das variáveis de velocidade	41
Tabela 7. Estatísticas descritivas das variáveis de angulação.	42
Tabela 8. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de tempo e distância.....	43
Tabela 9. Correlação entre a média das classificações e as variáveis cinéticas.	44
Tabela 10. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de velocidade.....	44
Tabela 11. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de angulação.	45
Tabela 12. Sumarização do modelo da regressão linear múltipla.	46
Tabela 13. Resultado da ANOVA da regressão linear múltipla.	47
Tabela 14. Coeficientes do modelo da regressão linear múltipla.	48
Tabela 15. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância.	49
Tabela 16. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância e as cinéticas.	50
Tabela 17. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância e de velocidade.....	51

Tabela 18. Correlações significativas entre as variáveis cinéticas e angulares.	52
Tabela 19. Correlações significativas entre as variáveis angulares e de tempo e distância.....	53
Tabela 20. Correlações significativas entre variáveis angulares e de velocidade.	54

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Frequência com que as variáveis foram apontadas pelos treinadores	55
---	----

Índice de Apêndices

Apêndice 1 – Declaração de consentimento	XXI
Apêndice 2 – Ficha de avaliação técnica	XXIII

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo compreender os parâmetros biomecânicos mais importantes para a execução do elemento salto de mãos no aparelho solo da Ginástica Artística. Além disso, procuramos entender como as variáveis estão relacionadas entre si e a perspectiva dos treinadores sobre as mais importantes para uma boa performance. A amostra foi composta por 13 atletas com idades entre 9 e 11 anos, integrantes das equipes iniciadas da 1ª Divisão da Ginástica Artística Feminina da região norte de Portugal. Foram utilizadas câmeras infravermelhas e marcadores refletivos para análise cinemática do salto de mãos, e plataformas de força para a análise cinética. As execuções das atletas foram avaliadas por treinadores da modalidade, que estabeleceram uma ordem classificatória entre elas.

Através da regressão linear múltipla, identificou-se o “ângulo do ombro no apoio das mãos no solo” e o “ângulo do quadril na fase de voo” como os parâmetros determinantes para uma boa execução do salto de mãos. Não houve concordância entre os parâmetros indicados pelos treinadores e os determinados pelo procedimento estatístico. Através da correlação de *Spearman*, identificamos muitas correlações entre as variáveis, das quais destacamos: “ângulo do ombro no apoio das mãos no solo” e “força de impulsão dos membros superiores”; “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e “força de impulsão dos membros superiores”; “tempo de contato das mãos no solo” e “ângulo do centro de gravidade na saída das mãos do solo”.

Concluimos que a execução do salto de mãos pode ser melhorada com o posicionamento correto dos ombros no apoio das mãos ao solo, com a manutenção da posição arqueada durante a fase de vôo, com uma saída do solo mais próxima da vertical, e com o aumento da força de impulsão do membro inferior de apoio. Concluimos, também, que os parâmetros analisados estão relacionados entre si, o que pode auxiliar o professor e o treinador a avaliar a execução de seus alunos e atletas e fornecer melhores estratégias de correção.

Palavras-chave: GINÁSTICA ARTÍSTICA, SOLO, SALTO DE MÃOS, PARÂMETROS BIOMECÂNICOS.

Abstract

This study aims to understand the most important biomechanical parameters for the execution of the forward handspring on the floor apparatus of Artistic Gymnastic. In addition, we intent to understand how the variables are related and which are the most importants for a good performance on the perspective of the coaches. The sample consisted of 13 athletes aged between 9 and 11 years, members of Women's Artistic Gymnastic's teams from the northern region of Portugal. Infrared cameras and reflective markers were used for kinematic forward handspring analysis, and force plates for kinetic analysis. The executions of the athletes were evaluated by coaches of the sport, who established a ranking order among them.

Through the multiple linear regression, the "shoulder angle at the hand support phase" and the "hip angle in the flight phase" were identified as the determinant parameters for a good execution of the forward handspring. There was no agreement between the parameters indicated by the coaches and those determined by the statistical procedure. Through Spearman's correlation, we identified many correlations between variables, such as: "shoulder angle at the hand support phase" and "upper limb push force"; "distance between the foot of support and the support of the hands" and "upper limb push force"; "hand contact time on the ground" and "angle of center of gravity at the take-off".

We conclude that the execution of the forward handspring can be improved with the correct positioning of the shoulders at the hand support phase, with the maintenance of the arched position during the flight phase, with a take-off closer to the vertical, and with the increase of the lower limb push force. We also conclude that the analyzed parameters are related to each other, which may help the teacher and coach to evaluate the performance of their students and athletes and provide better correction strategies.

Keywords: ARTISTIC GYMNASTICS, FLOOR, FORWARD HANDSPRING, BIOMECHANICAL PARAMETERS.

Lista de abreviaturas

CBG – Confederação Brasileira de Ginástica

CG – Centro de Gravidade

FIG – Federação Internacional de Ginástica

GA – Ginástica Artística

GAF – Ginástica Artística Feminina

GAM – Ginástica Artística Masculina

GTR – Ginástica de Trampolim

MI – Membro inferior

MMII – Membros inferiores

MMSS – Membros superiores

1. Introdução

A Ginástica Artística (GA) é uma modalidade caracterizada pela plasticidade, complexidade, diversidade de habilidades e de elementos técnicos, e variabilidade de aparelhos. Apresenta alta exigência técnica e artística e requer do atleta diferentes capacidades motoras e psicológicas. Os ginastas necessitam de muitas horas de treino para desenvolver as capacidades de força, flexibilidade, resistência, velocidade, capacidades coordenativas e psicológicas. Para Russell (2014), a GA demonstra o mais alto nível de destreza do movimento humano e, dentre todos os atletas olímpicos, os ginastas são os que apresentam o melhor condicionamento físico. Para se atingir esse condicionamento excepcional e alto nível de destreza humana, é preciso uma preparação de muitos anos, através de um planejamento em etapas, com metodologias e conteúdos adequados às idades e definição de objetivos de acordo com os programas propostos pela Federação Internacional de Ginástica (FIG) (Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996). Porém, são vários os fatores que influenciam a performance e o sucesso dos ginastas, tais como características antropométricas e psicológicas, contexto social e processo de treino. Neste, o treinador exerce papel fundamental. “Os ginastas dependem de forma pronunciada dos técnicos que, por meio de sua experiência, conhecimentos e dedicação desempenham um papel determinante na sua formação” (Nunomura & Oliveira, 2014, p.67). Segundo esses autores, ser técnico da GA é um desafio, envolve a complexa tarefa de planejar e implementar ações que favoreçam o desenvolvimento físico, psicológico e artístico de cada atleta individualmente, além de se deparar constantemente com dilemas e decisões difíceis. Para realizar um bom trabalho e potencializar o desenvolvimento de seus ginastas, é preciso que os treinadores estejam em constante formação, busquem conhecimento, compartilhem experiências e se preocupem com todos os pormenores. As Ciências do Desporto são grandes aliadas dos técnicos porque lhes fornecem base e suporte teórico-prático para as suas ações.

A biomecânica é uma das áreas das Ciências do Desporto que mais pode contribuir para o treino e a evolução da GA. “Biomechanics is a part of physics

that studies the mechanical or physical principles as they apply to the movement of living things" (Sands, 2011, p.55). Segundo o autor, a biomecânica facilita o estudo da técnica e auxilia o treinador a reconhecer erros e a identificar a causa dos mesmos. Pastor (2003) afirma que a GA apresenta um constante conflito entre a força da gravidade e o controle do corpo, exigindo, assim, o conhecimento e a aplicação dos princípios biomecânicos. Para Prassas, Kwon & Sands (2006), apesar de serem muitas as variáveis que influenciam o sucesso no desporto, como fatores psicológicos e fisiológicos, considerações do ponto de vista biomecânico sobre a técnica desportiva são cruciais. Reconhecendo a importância da biomecânica para o aperfeiçoamento da técnica, identificação de erros, melhoria dos aparelhos, garantia da segurança dos atletas e consequente evolução da modalidade, faz-se necessária a crescente investigação nessa área. Prassas et al. (2006) apontam que a ginástica fornece possibilidades quase ilimitadas para o estudo do movimento humano: "[...] gymnastics, with its hundreds of skills, would require very many studies before it is completely 'understood'" (p.278). Segundo os autores, o salto sobre a mesa é o aparelho que tem sido mais investigado e o melhor compreendido pelos pesquisadores; no entanto, há escassez de estudos sobre os aparelhos femininos e o aparelho masculino cavalo com arções. Entendendo a importância da investigação biomecânica na GA para auxiliar os professores e os treinadores com a sua prática, e visando contribuir com a literatura científica da área, este estudo tem como objetivo compreender os parâmetros mais importantes para a execução do elemento salto de mãos do aparelho solo e a percepção de treinadores da modalidade em relação aos parâmetros analisados.

O trabalho inicia-se com a revisão da literatura, contextualizando e caracterizando a modalidade, o aparelho solo e o elemento salto de mãos. Ainda na revisão da literatura, explicamos a contribuição da biomecânica para a análise do movimento, para o sucesso na GA e para a evolução do desporto. O capítulo 3 contém os objetivos e hipóteses elaborados e, em seguida, o capítulo 4 apresenta os materiais e métodos utilizados. Os capítulos 5 e 6 apresentam, respectivamente, os resultados e a discussão dos resultados. Finalizamos com as conclusões do trabalho e as proposições para o futuro.

2. Revisão da Literatura

2.1. Ginástica Artística

A ginástica é uma atividade física praticada pelo homem há muito tempo, de diferentes maneiras e em diversas sociedades do planeta, sendo difícil precisar a sua origem. Civilizações antigas como a China, Índia e Grécia apresentavam, em exibições desportivas e em treinos militares, movimentos semelhantes aos que hoje são denominados gímnicos (Aleixo, 1998). O início da GA enquanto prática sistematizada verificou-se em 1811, com a elaboração de exercícios e a criação de aparelhos gímnicos pelo alemão Johann Friedrich Ludwig Jahn. Com o objetivo de preparar fisicamente os jovens para expulsar o exército invasor francês da Prússia, Jahn inaugurou na floresta de *Hasenheide*, Berlim, um local para a prática da Ginástica alemã ao ar livre (Públio, 2005). De acordo com o autor, Jahn, considerado o pai da GA, era um catalisador do desporto no meio estudantil, incentivando a fundação de diversas sociedades de Ginástica alemã (*Turnverein*). Dessa forma, Jahn iniciou a disseminação da prática da GA pela Alemanha, que foi acentuada com o lançamento de seu livro “*Die Deutsche Turnkunst*”, em 1816. Esse livro traz relatos do professor alemão sobre as práticas na floresta e os aparelhos por ele desenvolvidos ou utilizados (Públio, 2005). Esses aparelhos foram se modernizando, se aperfeiçoando e ainda estão presentes na GA moderna. Com o tempo, o desporto foi sendo mundialmente difundido, evoluindo e aumentando seu nível de complexidade e exigência.

A GA integra o programa olímpico desde a sua primeira edição na Era Moderna, no ano de 1896 em Atenas. Porém, só os homens podiam participar e competiam nas paralelas simétricas e na barra fixa individualmente e em equipe; e nos saltos, nas argolas, no cavalo com arções e em subida na corda individualmente (IOC, 2018). As mulheres competiram pela primeira vez nos Jogos de 1928, mas apenas na prova por equipes. Individualmente, as mulheres só vieram a competir nos Jogos Olímpicos de 1952, nos aparelhos solo, paralelas assimétricas, trave e salto. A GA atual divide-se em duas áreas: Ginástica Artística Feminina (GAF) e Ginástica Artística Masculina (GAM). São quatro aparelhos disputados no feminino: saltos, paralelas assimétricas, trave e solo; e seis no masculino: solo,

cavalo com arções, argolas, saltos, paralelas simétricas e barra fixa. A modalidade é organizada pela FIG, constituída hoje por 141 federações nacionais, que coordena todas as modalidades gímnicas. A FIG é responsável pela elaboração do Código de Pontuação, pelas regras oficiais da GAF e da GAM, pela realização de campeonatos internacionais, pela qualificação de treinadores e pela difusão da modalidade.

A GA modificou-se muito, os aparelhos evoluíram e a complexidade dos elementos aumentou. Segundo Russell (2014), “a ginástica competitiva parece evoluir muito mais rapidamente do que os outros esportes. Os elementos que, atualmente, são desempenhados por ginastas pré-adolescentes no mundo todo são mais difíceis e mais complexos do que aqueles executados por campeões olímpicos há poucos anos” (p.27). Esse aumento na complexidade dos elementos pode ser em parte explicado pela evolução da tecnologia e melhoria dos aparelhos, que, com molas, acolchoados, mais elásticos e mais flexíveis, permitem maior segurança na execução de exercícios, menores impactos, maior potência de saltos, etc. A alteração no Código de Pontuação, que extinguiu a nota 10 e adotou notas separadas de dificuldade e execução, também contribuiu para essa mudança da modalidade. “[...] a falta de uma nota máxima, limite atingível, fez com que técnicos e atletas buscassem estratégias para elevar o grau de dificuldade de suas séries e cometer o mínimo de erros na execução” (Roble, Nunomura & Oliveira, 2013, p.544). Para se atingir notas altas, é preciso uma combinação de esquemas de alta dificuldade, executados com precisão e perfeição técnica (Prassas et al., 2006).

A GA está presente não só no desporto de alto rendimento, mas também no desporto escolar e no desporto recreativo, e é uma prática que tem muito a contribuir com o desenvolvimento motor, cognitivo e social dos sujeitos. Para Nunomura e Tsukamoto (2005), a GA é uma importante modalidade a ser praticada durante a iniciação esportiva pois, devido à grande variedade de movimentos realizados, permite às crianças que desenvolvam domínio sobre o próprio corpo. Leguet (1987) traduz os fundamentos da GA como ações motoras básicas para o desenvolvimento humano. Para o autor, através dos movimentos de caminhar, correr, saltar, girar, equilibrar, aterrissar, entre outros, combinados

ou isolados, é possível oferecer amplas oportunidades de aquisição de habilidades. Em concordância, Nista-Piccolo (2005) destaca como a aprendizagem dos elementos da GA enriquece o repertório motor das crianças, fazendo com que consigam executar um número cada vez maior de habilidades específicas. Porém, não é só no aspecto motor que a GA é uma importante prática para o desenvolvimento dos indivíduos. Aleixo (2010) ressalta que, além do aprimoramento das capacidades e habilidades motoras, a modalidade auxilia na formação pessoal e social das crianças, atribuindo valores de disciplina, respeito, dedicação, superação, cooperação e noções de sucesso e fracasso. A autora destaca, ainda, que a GA é um esporte versátil, que pode acomodar diferenças individuais e permitir o sucesso de cada um de acordo com suas capacidades e limitações. Leguet (1987) afirma que a atividade gímnica possui múltiplas dimensões e que explorá-la em toda a sua amplitude pode ter um grande impacto sobre a conduta motora. O autor argumenta que, durante a prática da atividade gímnica, o indivíduo aprende a ajudar, avaliar, mostrar, criar, agir, organizar, e todas essas dimensões auxiliam no seu desenvolvimento cognitivo, motor e afetivo.

2.2. Solo

O solo é um dos dois aparelhos comuns à GAM e GAF. Possui área de 12m x 12m com borda de proteção de 1m e, por recomendações da FIG, o material deve ser elástico para permitir potência nas impulsões e redução do impacto nas recepções (FIG, 2018). O aparelho foi incluído pela primeira vez como prova da GAM nos Jogos Olímpicos de 1932 e da GAF nos Jogos Olímpicos de 1952. O solo tem suas origens nos exercícios simples de desenvolvimento geral do corpo, que foram formalizados com o passar do tempo e se tornaram combinações de movimentos com deslocamentos pelo espaço (Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996). Os autores afirmam que, inicialmente caracterizadas pela estética, improvisação, posturas específicas e movimentos gímnicos, as rotinas de solo sofreram grande modificação ao longo do tempo e principalmente a partir dos anos 90. Segundo Herholz (2007), durante as primeiras décadas do século XX, os exercícios de solo eram realizados sobre a grama. Os primeiros Jogos

Olímpicos que utilizaram uma superfície elástica para a execução das rotinas de solo foram os de Berlim, em 1936. A implementação desta elasticidade contribuiu muito para a evolução dos exercícios de solo, sendo cada vez maior a complexidade dos elementos e das combinações, a altura dos saltos e a dificuldade das sequências acrobáticas (Oliveira & Bortoleto, 2011; Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996). Ao comparar a rotina de solo feminino da medalhista de ouro dos Jogos Olímpicos de 1968, por exemplo, com a medalhista dos Jogos Olímpicos de 2016, observa-se com clareza a diferença na coreografia, saltos gímnicos e na complexidade das acrobacias. Oliveira e Bortoleto (2011) apontam que, atualmente, são utilizados dois tipos de solo: o *coil spring*, com molas em espiral e o *foam cube system*, com cubos de espuma, ambos capazes de absorver o impacto e devolver rapidamente a energia elástica. A aplicação correta das forças no solo permite o melhor aproveitamento dessa energia elástica, facilitando e aperfeiçoando a execução dos elementos acrobáticos. Segundo Russell (2015), a maior parte dos erros no aparelho solo ocorre no *take-off* e deve-se, usualmente, à aplicação incorreta da força. Em concordância, Hay (1981) afirma que, ao deixar o solo, a trajetória da ginasta é determinada pela velocidade, altura e ângulo do seu CG no instante da impulsão. É nesse instante que é definido qual o momento angular que a ginasta terá durante o voo e por quanto tempo ela permanecerá no ar. Durante o voo é possível a ginasta controlar a rotação através de ajustes em seu momento de inércia, mas o fator mais importante em relação à rotação é o que ela realiza na impulsão ao solo. Para o autor, o sucesso de uma ginasta no solo depende da sua habilidade em adquirir elevação e rotação na impulsão, controlar a rotação no ar e controlar o movimento ao chegar no solo.

O solo é reconhecido como o aparelho básico para a prática da GA, onde se inicia o ensino da modalidade, com elementos simples e de fácil assimilação (Aleixo, 2010). É um aparelho possível de ser adaptado, através de colchões, esteiras ou tatames, sendo acessível à maioria das escolas e clubes, e pode ser trabalhado desde as idades iniciais, com crianças de 3 e 4 anos. Os movimentos ensinados no solo estimulam o desenvolvimento das capacidades motoras, principalmente da coordenação motora, da força e da flexibilidade (Aleixo, 1998;

Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996). Para Hay (1981), os movimentos gímnicos utilizados no solo são considerados a base sobre a qual será construído o resto da ginástica. Muitos dos elementos acrobáticos de solo são, inclusive, realizados também em outros aparelhos, tais como o pino, a rondada, o salto de mãos, os mortais. Segundo Prassas et al. (2006), grande parte dos exercícios de solo consiste em saltos e elementos de rotação ligados por habilidades de transição. Essas habilidades são utilizadas para dar velocidade ao movimento e facilitar a impulsão dos elementos ligados. O salto de mãos, por exemplo, é utilizado para ligar elementos no sentido anterior e a rondada utilizada para ligar elementos no sentido posterior.

2.2.1. Composição das rotinas de solo

De acordo com o Código de Pontuação para a GAF (FIG, 2017), as rotinas de solo feminino devem ser acompanhadas por uma música sem letra, de no máximo 90s, e são compostas por sequências de variados elementos acrobáticos combinados com movimentos de dança. A ginasta deve apresentar uma coreografia fluida, expressiva, artística e tecnicamente perfeita. As rotinas devem incluir uma rica e variada seleção de elementos de diferentes grupos estruturais da tabela de elementos, mudanças de plano e direção e movimentos criativos nas transições para as linhas acrobáticas. Para a nota de dificuldade, são permitidas no máximo 4 linhas acrobáticas.

A pontuação final é o resultado da soma da nota de dificuldade (painel D) e execução (painel E). A nota de dificuldade é composta pela soma dos 8 elementos mais valiosos, sendo no mínimo 3 movimentos acrobáticos e 3 de dança; pelos requisitos de composição (máximo 2,0); e pelo valor de ligação, atribuído à execução de elementos ligados. Os elementos possuem valor de A a I, com pontuação respectiva de 0,1 a 0,9 e pertencem a cinco grupos distintos:

1- *Gymnastic Leaps, Jumps and Hops.*

2- *Gymnastic Turns.*

3- *Hand Support Elements.*

4- Saltos Forward e Sideward.

5- Saltos Backward.

No que diz respeito à parte artística, a ginasta é penalizada no caso de incoerência e dessincronização entre os movimentos e a música, ausência de movimentos de contato com o solo, elementos sem ligação, falta de criatividade, falta de expressividade. Na parte técnica, a ginasta é penalizada caso haja pausas excessivas, desequilíbrios ou quedas, postura corporal e amplitude de movimento fracas, linhas acrobáticas sem coreografia entre elas.

2.3. Salto de mãos

O salto de mãos é um elemento de solo que deve ser executado com grande dinamismo, no qual o indivíduo, partindo da posição de pé, executa uma rotação de 360° em torno de um eixo transversal situado no apoio das mãos no solo. A figura 1 (adaptada de Araújo, 2013) ilustra o movimento.

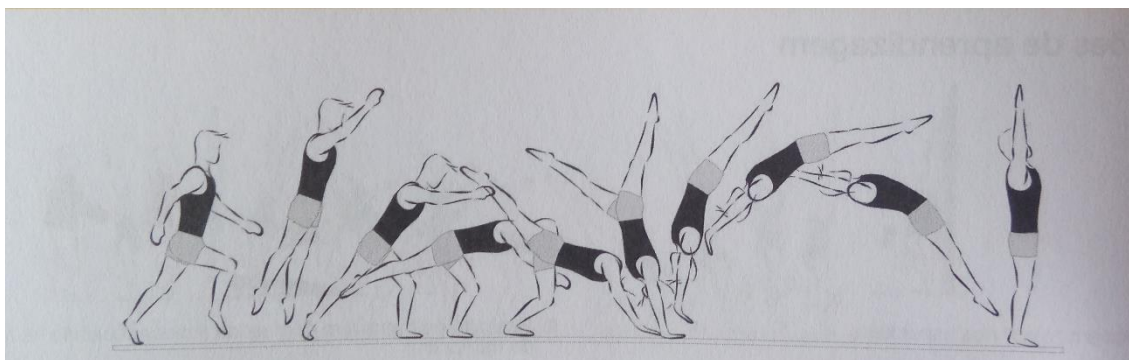


Figura 1. Salto de mãos (adaptado de Araújo, 2013).

A atleta executa uma pequena corrida seguida pela chamada, um salto em que vai apoiar primeiro uma perna estendida atrás e depois a outra perna fletida à frente. Na sequência, inclina o tronco para frente, com os braços esticados na largura dos ombros e no prolongamento do tronco. O membro inferior (MI) livre é lançado fortemente para cima, enquanto as mãos apoiam-se no solo. O MI de apoio estende-se com força e os braços executam uma impulsão no solo, projetando a ginasta para cima e para frente. Durante a fase de voo, a atleta deve manter o corpo na posição estendida, com o tronco ligeiramente arqueado e chegar no solo de pé, com os braços estendidos atrás das orelhas. O elemento

pode ser executado ainda com recepção a um MI, mas não foi o foco desta pesquisa.

De acordo com o Código de Pontuação da Ginástica Artística Feminina 2017-2020 (FIG, 2017) o salto de mãos executado no solo pertence ao grupo *Hand Support Elements* e possui valor de dificuldade A (0,1), o menor do código de pontuação. Porém, o salto de mãos é um elemento de solo fundamental, pois permite ligação com outros elementos acrobáticos. “This element is an integral part of the run-up in acrobatic series. [...] the main goal is to transform the linear movement of the body to rotational, with minimal loss of horizontal velocity” (Živčić-Marković, Sporiš, Čavar, Aleksić-Veljković e Milanović, 2012, p.21). É importante que seja executado com perfeição para garantir velocidade e qualidade na execução dos outros elementos da sequência, tais como mortais e piruetas.

O salto de mãos é um elemento obrigatório nas rotinas de solo a partir do grau 9 do programa técnico competitivo da base de Ginástica Artística Feminina da Federação de Ginástica de Portugal. E, segundo o programa proposto pela FIG (2015), *Age Group Development and Competition Program for Women's Artistic Gymnastic*, o salto de mãos já deve estar consolidado em atletas com idades acima de 9 anos, seja no desporto de alto rendimento, seja no desporto de participação. De acordo com o perfil de aquisição de habilidades apresentado pelo documento supracitado, a ginasta de 9 a 10 anos é capaz de executar o elemento sem grandes penalizações, com segurança e consistência, mas sem ligações e combinações, enquanto a ginasta de 10 a 11 anos é capaz de executar o elemento sem grandes penalizações, com segurança e consistência para realizar ligações. A partir das indicações do *Age Group Development and Competition Program for Women's Artistic Gymnastic* (FIG, 2015), foi definida a faixa etária para compor a amostra desta pesquisa.

2.3.1. Aspectos mecânicos do salto de mãos

Na figura 2, apresentamos um recorte do salto de mãos no instante de apoio das mãos no solo, instante determinante para a trajetória do movimento em seguida (Smith, 1993). Na figura, estão representados os vetores das forças e os

momentos produzidos, bem como a velocidade de rotação, o centro de gravidade (CG) e a trajetória que por ele será percorrida.

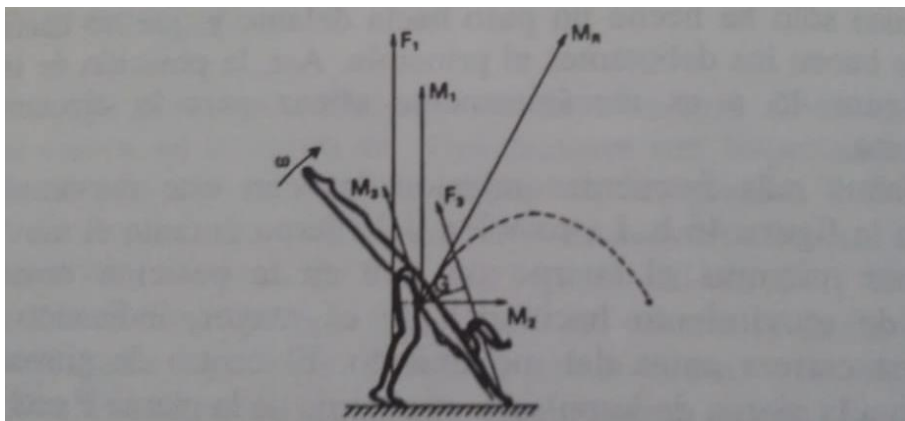


Figura 2. Biomecânica do salto de mãos (adaptado de Smith, 1993).

F_1 – Força de impulsão das pernas.

F_3 – Força de impulsão das mãos.

M_1 – Momento vertical.

M_2 – Momento horizontal no sentido anterior.

M_3 – Momento horizontal no sentido posterior.

M_R – Momento resultante.

ω – Velocidade de rotação.

G – CG.

“Aquí, sumado a la fuerza de empuje F_1 de las piernas (unido al vector cantidad de movimiento M_1), y la cantidad de movimiento hacia delante del cuerpo M_2 , hay la reacción del empuje de los brazos F_3 en el suelo (unida al vector cantidad de movimiento M_3). Así, el gimnasta está sujeto a tres influencias. Estas tres influencias actúan simultáneamente mientras se produce la rotación del cuerpo” (Smith, 1993, pp. 89-90).

A corrida gera o momento horizontal no sentido anterior, que é a quantidade de movimento que a atleta possui em determinado instante e tende a se manter constante na ausência de forças externas. A chamada, com o corpo inclinado para frente, uma perna estendida para trás e o pé de apoio à frente no solo,

permite à ginasta a posição ótima para a aplicação das forças e a rápida rotação do corpo (FIG, 2006; Hay, 1981). A chamada após a corrida e o apoio das mãos geram uma força de reação do solo no sentido posterior, enquanto o lançamento do MI livre e a força de impulsão do MI de apoio provocam a rotação no sentido anterior (FIG, 2006). Segundo Hay (1981), o abaixamento simultâneo de braços e tronco, junto com a impulsão do MI livre, desloca o CG para além do MI de apoio, provocando a rotação no sentido anterior. O momento angular já produzido é aumentado pela potente extensão do MI de apoio, levando o corpo à posição do pino. O corpo deve estar estendido para que as forças atuem longe do eixo de rotação, facilitando o movimento. De acordo com o autor, a ginasta agora já obteve todo o momento angular de que provavelmente necessitará, sendo sua próxima tarefa desenvolver uma elevação suficiente para projetá-la para cima, dando início à fase de voo do salto de mãos. Para tal, é preciso realizar a repulsão (ou ressalto), que pode ser caracterizada por um vigoroso impulso dos membros superiores (MMSS) para baixo, contra o solo, elevando o corpo do ginasta para o ar. Uma vez no ar, a ginasta deve manter a posição ligeiramente arqueada, conservando o seu momento de inércia, e aterrissar com os membros inferiores (MMII) unidos, tronco ereto, braços estendidos e elevados no prolongamento do tronco.

Os pontos decisivos descritos no manual técnico da FIG (2006) para uma boa execução do salto de mãos são: forte chamada, corpo e braços estendidos, forte lançamento das pernas, cabeça em extensão durante todo o movimento. Hay (1981) destaca a forte impulsão da perna de apoio, o forte lançamento da perna livre e a forte impulsão dos MMSS como principais ações motoras para a performance do elemento. Smith (1993) aponta a importância da velocidade do CG, da força de impulsão do pé de apoio e da força de impulsão dos MMSS para a correta execução do salto de mãos.

2.3.2. Ação muscular

O salto de mãos inicia-se com uma corrida executada principalmente através da contração concêntrica dos gastrocnêmios, isquiotibiais, quadríceps e glúteo máximo. Na sequência, a chamada é realizada através da flexão dos ombros

pela contração concêntrica da porção anterior do deltóide, contração do gastrocnêmio do MI livre, impulsionando o corpo da ginasta para cima, contração concêntrica do iliopsoas e do quadríceps da perna de apoio para fletir ligeiramente o quadril e o tronco, seguida de uma ação concêntrica dos isquiotibiais para fletir o joelho e excêntrica do quadríceps durante o apoio do pé ao solo. A extensão do MI de apoio é provocada pela ação do quadríceps e contração concêntrica do gastrocnêmio, e o lançamento do MI livre é realizado através da contração concêntrica do glúteo máximo. A repulsão dos MMSS é realizada pela contração concêntrica do levantador da escápula e fibras superiores do trapézio. Durante a fase de voo, a ginasta precisa manter a posição arqueada através da contração isométrica das musculaturas do dorso e glúteos. Ao longo de todo o movimento, é fundamental a tonicidade muscular, especialmente da musculatura abdominal.

2.3.3. Situações de aprendizagem

Os manuais técnicos da FIG para GAF (2006) e para GTR (2010) sugerem os seguintes exercícios, representados pelas figuras 3, 4, 5, 6 e 7, para o ensino do elemento:

Pino com ressalto no trampolim para uma superfície mais alta com ou sem rolamento na sequência.



Figura 3. Ressonância com rolamento (adaptado de FIG, 2010).

Pino ressalto contra um colchão vertical ou contra o treinador.



Figura 4. Pino ressalto (adaptado de FIG, 2010).

Pino ressalto com chegada em decúbito dorsal no colchão alto.

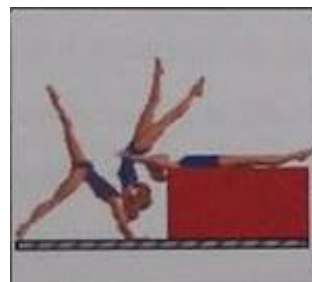


Figura 5. Pino ressalto para o colchão (adaptado de FIG, 2010).

Salto de mãos partindo de uma superfície elevada para um colchão sobre o fosso de espumas.



Figura 6. Salto de mãos de uma superfície elevada (adaptado de FIG, 2010).

Salto de mãos em um plano inclinado decrescente.



Figura 7. Salto de mãos em um plano inclinado (adaptado de FIG, 2010).

Araújo (2013) propõe as seguintes situações de aprendizagem, ilustradas pelas figuras 8, 9, 10 e 11:

Impulsão no trampolim e rolamento.

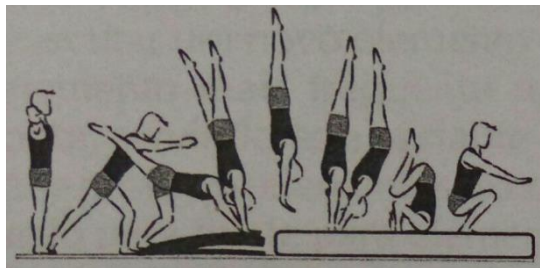


Figura 8. Ressalto com rolamento (adaptado de Araújo, 2013).

De cima de um plinto com ajuda.



Figura 9. Salto de mãos partindo do plinto com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).

Movimento global com apoio no minitrampolim.

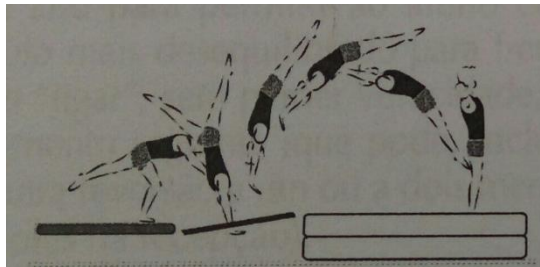


Figura 10. Salto de mãos com ressalto no minitrampolim (adaptado de Araújo, 2013).

Movimento global com apoio no trampolim com ajuda.

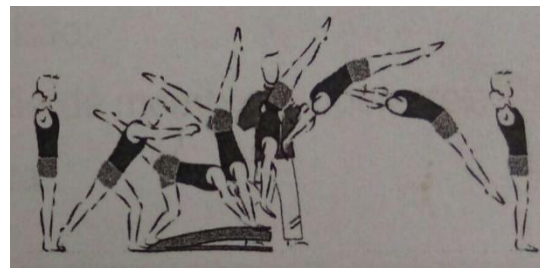


Figura 11. Salto de mãos com ressalto no trampolim com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).

Salto de mãos com ação do treinador bloqueando os ombros e impulsionando para cima.



Figura 12. Salto de mãos no solo com ajuda do treinador (adaptado de Araújo, 2013).

Além dos exercícios educativos já apresentados, Carrasco (1982) propõe também os exercícios apresentados pelas figuras 13, 14, 15 e 16.

Com os pés elevados, executar a ponte. Elevação e abaixamento de uma perna estendida.

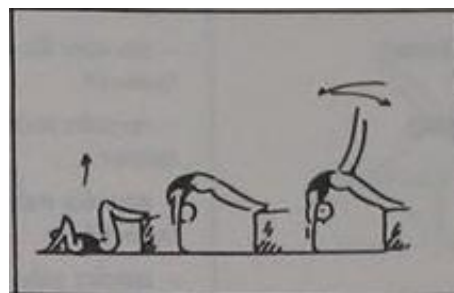


Figura 13. Elevação da perna na ponte (adaptado de Carrasco, 1982).

Salto de mãos à frente sobre as paralelas assimétricas, passando pelo apoio invertido estendido.

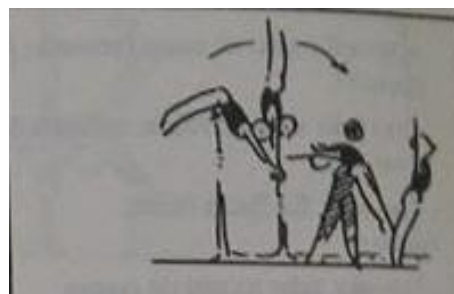


Figura 14. Salto de mãos sobre as paralelas assimétricas (adaptado de Carrasco, 1982).

Apoio de um pé sobre o banco e apoio das mãos sobre o plinto com impulsão das pernas e braços para o pino.

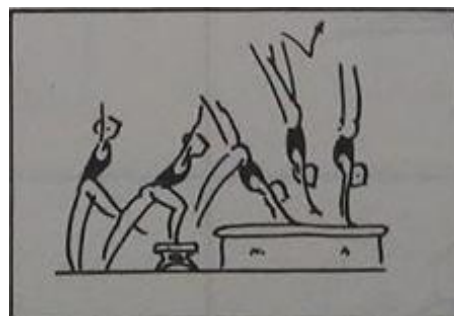


Figura 15. Impulsão da perna no banco sueco com ressalto no plinto (adaptado de Carrasco, 1982).

Sobrepasso no banco sueco e salto de mãos com ressalto no trampolim.



Figura 16. Salto de mãos com impulsão no banco sueco e ressalto no trampolim (adaptado de Carrasco, 1982).

Para iniciar a aprendizagem do salto de mãos é preciso que a ginasta já tenha consolidado o movimento pino; portanto, todas as situações de aprendizagem para o pino também se aplicam para o salto de mãos (FIG, 2006). É preciso que o treinador desenvolva um trabalho de força e flexibilidade para que as ginastas apresentem condições físicas para a execução do movimento.

2.3.4. Erros e penalizações

Segundo Araújo (2013), são considerados erros frequentes na execução do salto de mãos o apoio das mãos muito perto do MI de apoio, o lançamento insuficiente do MI livre, não realizar o ressalto após o contato das mãos com o solo, os ombros avançados em relação às mãos no momento do contato com o solo, a fraca impulsão dos MMSS, a flexão dos mesmos no momento de apoio das mãos

no solo, a flexão do corpo e da cabeça após a passagem pela vertical, a hiperextensão do corpo durante o apoio das mãos no solo.

O Código de Pontuação da GAF 2017-2020 (FIG, 2017) determina a penalização na execução da ginasta nas seguintes situações: braços e joelhos flexionados; perna e joelhos separados; altura insuficiente; falha na manutenção da posição estendida; desvio de direção; corpo desalinhado; ausência de ponta de pé. É penalizada ainda a recepção com pernas afastadas, sem equilíbrio, com passos extras, grande agachamento, sem postura corporal, com queda. A penalização pode ser de 0,1, 0,3 ou 0,5 pontos, dependendo da gravidade do erro, e 1 ponto, no caso de queda.

Adaptado do Código de Pontuação da GAF 2017-2020, o regulamento técnico 2017-2020 do Campeonato Brasileiro Pré-Infantil (9, 10 e 11 anos) de Ginástica Artística Feminina definido pela Confederação Brasileira de Ginástica (CBG) inclui o salto de mãos como elemento obrigatório, sendo considerados erros passíveis de dedução na pontuação o quadril e os joelhos flexionados durante o voo, pernas e joelhos afastados, ombros avançados no apoio das mãos, apoio alternado das mãos, cotovelos flexionados na repulsão, ausência de ponta de pé e desvio de direção.

2.4. Biomecânica

A comunidade internacional científica, no início da década de 70, adotou o termo biomecânica para descrever a ciência que estuda os aspectos mecânicos dos organismos vivos (Nelson, 1980 como citado em Hall, 2013). Segundo Hall (2013), a mecânica é o ramo da física que envolve a análise das ações das forças, e é através de suas ferramentas que os biomecânicos estudam os aspectos anatômicos e funcionais dos organismos vivos. Vilas-Boas (2016, p.8) afirma: “A Biomecânica é a disciplina da Biofísica (a disciplina que traduz o olhar da Física sobre os sistemas biológicos) que se dedica ao estudo dos seres vivos, ou sistemas biológicos, com base nos princípios, leis, meios e métodos da Mecânica”. Hay (1981, p.3) traz uma definição um pouco mais específica e relacionada à análise da técnica desportiva: “Biomecânica é a ciência que examina as forças internas e externas que atuam no corpo e seus efeitos”. Para

o autor, é a única base sólida e lógica para avaliar, corrigir e desenvolver técnicas desportivas. A biomecânica é uma ciência multidisciplinar. Enquanto área das Ciências do Desporto, é uma importante ferramenta para o aprimoramento e compreensão da técnica desportiva, desenvolvimento de equipamentos e materiais desportivos e identificação do risco e prevenção de lesões.

A análise do movimento humano pode ser qualitativa ou quantitativa (Hall, 2013). Um observador pode avaliar um salto qualitativamente, caracterizando-o como bom, alto, baixo ou desequilibrado, e quantitativamente, aferindo, por exemplo, a altura ou a distância percorrida no salto. Os treinadores utilizam a análise qualitativa com mais frequência, pela facilidade, praticidade e eficiência, ainda que não tão precisa, enquanto os pesquisadores biomecânicos utilizam mais recorrentemente a análise quantitativa.

Para Vilas-Boas (2016), a avaliação biomecânica do movimento humano pode ser dividida em três áreas: cinemetria, dinamometria e antropometria. Às categorias anteriores, podemos incluir também a eletromiografia e a termografia. A cinemetria permite caracterizar o movimento, independentemente de suas causas, através das variáveis elementares posição e tempo, que permitem aferir o deslocamento, a velocidade e a aceleração. A dinamometria estuda as forças exercidas pelos e sobre os sistemas biológicos. A antropometria dedica-se à medição e modelação das características morfológicas dos sujeitos. A eletromiografia permite registrar a atividade elétrica muscular, enquanto a termografia fornece o registro imagiológico da distribuição da temperatura superficial do corpo.

2.4.1. Análise cinemática do movimento

Segundo Hall (2013), cinemática é o estudo da descrição do movimento, considerando tempo e espaço, sem referência às forças que o causam. A cinemática descreve o aspecto, a forma, o padrão, a sequência do movimento através do tempo. “No estudo cinemático normalmente reduzem-se os corpos materiais a partículas ou pontos materiais, considerando-se que as dimensões do corpo não são relevantes e que todos os pontos que o constituem se movem de forma idêntica” (Vilas-Boas, 2016, p.21). O movimento pode ser analisado em

uma, duas ou três dimensões, a partir do sistema de coordenadas cartesianas, definido pelos eixos antero-posterior, lateral-medial e vertical.

A análise cinemática informa a posição que o corpo ocupa a cada instante, o tempo em si, a distância percorrida, o deslocamento, a velocidade e a aceleração, seja para movimentos lineares, seja para movimentos angulares (Vilas-Boas, 2016). Para aferir as variáveis supracitadas, a cinemetria apoia-se em câmeras fotográficas, câmeras videográficas, velocímetros, acelerômetros e eletrogoniômetros. As fotografias e os vídeos informam a posição do corpo em função do tempo, e a partir destas variáveis é possível determinar as demais. Os velocímetros medem o deslocamento em um intervalo de tempo, de onde se calcula a velocidade média. Os acelerômetros informam a aceleração do corpo, a partir da qual é possível determinar a velocidade média e o deslocamento percorrido. Já os eletrogoniômetros são ferramentas utilizadas para informar o ângulo entre dois segmentos.

A maior parte dos artigos revisados neste estudo, referentes à biomecânica da GA, utilizou câmeras de vídeo para realizar a análise cinemática dos movimentos. Para este estudo também foram utilizadas câmeras de vídeo para análise cinemática do movimento salto de mãos.

2.4.2. Análise cinética do movimento

Cinética é o estudo das forças internas e externas que atuam sobre um corpo (Hall, 2013). Vilas-Boas (2016) divide esse estudo em Estática e Dinâmica, sendo a primeira o estudo das forças em equilíbrio e a segunda, o estudo das forças não equilibradas. O autor afirma, ainda, que o termo “cinética” tem sido substituído por “dinâmica”, prevalecendo sobretudo no domínio da engenharia. Para este trabalho utilizaremos o termo cinética para referirmo-nos ao estudo das forças tanto em equilíbrio, quanto em desequilíbrio.

A cinética está diretamente relacionada à cinemática, pois é a atuação das forças que determina a posição do corpo nos instantes de tempo. As forças provocadas pela contração dos músculos sobre ossos, cartilagens e ligamentos são consideradas forças internas, enquanto a resistência do ar, a gravidade, o

contato com o solo são considerados forças externas (Hay, 1981). A cinética se baseia nas três leis do Movimento de Newton para estudar as forças envolvidas no movimento (Hall, 2013; Hay, 1981; Vilas-Boas, 2016). A 1ª Lei de Newton, Lei da Inércia, afirma que um corpo mantém o estado de repouso ou de velocidade constante a menos que uma força externa altere esse estado. A 2ª Lei de Newton, Lei da Aceleração, diz que uma força aplicada sobre um corpo causa a aceleração desse corpo em magnitude inversamente proporcional à massa e diretamente proporcional à força e na direção da aplicação da força. A 2ª Lei define a equação fundamental do movimento: $F=m.a$. A 3ª Lei de Newton, Lei da Reação, anuncia que para toda ação de uma força há sempre uma reação na mesma direção e magnitude, porém em sentido oposto (Hall, 2013; Hay, 1981; Vilas-Boas, 2016).

As forças produzidas pelo corpo podem ser medidas de forma interna ou externa; porém, os procedimentos internos, apesar de medirem a força interna diretamente, são invasivos, lesivos e dolorosos, sendo raramente utilizados. A solução é utilizar equações matemáticas para deduzir a magnitude da força interna (dinâmica inversa) ou utilizar instrumentos externos como a eletromiografia e os dinamômetros, tais como os dinamômetros isocinéticos, as plataformas de força, os sistemas podobarométricos e a extensometria (Vilas-Boas, 2016). A eletromiografia registra a atividade elétrica muscular através de eletrodos colados à pele. Não é uma técnica consistente e precisa, mas permite-nos saber se um músculo está ativo ou não e se está mais ou menos ativo ao longo do tempo. Dinamômetros são instrumentos medidores de forças, momentos e pressões. Os dinamômetros isocinéticos são aparelhos que procuram isolar o movimento corporal, aferindo a produção da força por um grupo muscular específico. Possuem dispositivos de resistência que permitem a execução de movimentos a uma dada velocidade, possibilitando calcular a força exercida. A plataforma de forças é um preciso dinamômetro que registra as forças de reação aos apoios realizados sobre ela. A plataforma informa as três componentes da força e os momentos angulares em x, y e z, durante todo o tempo de contato. Os sistemas podobarométricos são sistemas medidores da pressão plantar e permitem-nos perceber quais as zonas de contato mais

solicitadas a cada momento. Por fim, os extensômetros são dispositivos sensíveis à deformação e medem a força a que as estruturas estão sujeitas (Vilas-Boas, 2016).

Winter (2009) destaca a importância de combinar as informações fornecidas pelas plataformas de força com os dados cinemáticos, atentando-se para a correta sincronização dos sistemas.

Menos da metade dos artigos revisados neste estudo, referentes à biomecânica da GA, realizaram a análise cinética dos movimentos; porém, a grande maioria deles utilizou-se de plataformas de força para mensurar a força de reação do solo. Para este estudo também foram utilizadas plataformas de força para a análise cinética do movimento salto de mãos.

2.5. Biomecânica e Ginástica Artística

A GA é um desporto de alta exigência técnica, que preza a perfeição na execução dos elementos e apresenta-se com movimentos de grande complexidade e risco. Para obter sucesso na modalidade é fundamental a aproximação dos treinadores às Ciências do Desporto. A biomecânica é uma das disciplinas que mais podem contribuir para aperfeiçoar os métodos de treino, desenvolver novos elementos técnicos e garantir a segurança dos atletas, oferecendo, assim, suporte aos treinadores e colaborando para a evolução da modalidade. “To earn a high score, gymnasts must perform difficult routines with high accuracy and proper technique. Biomechanics is well suited to examine, describe, develop and improve technique” (Prassas et al., 2006, p.263). Tal afirmação é corroborada por Živčić-Marković et al. (2012), que apontam a importância da biomecânica para identificar a técnica, comparar técnicas diferentes, determinar erros na performance, definir características biomecânicas dos aparelhos, avaliar o risco de lesões e obter um feedback sobre os parâmetros fundamentais na execução do movimento. Sands (2011) afirma que a biomecânica atende a GA através da aplicação dos princípios e técnicas da física e da mecânica no movimento de um ginasta em um aparelho. Em concordância, Arkaev e Suchilin (2004) reforçam que a execução dos elementos gímnicos está altamente associada aos princípios mecânicos. “The laws of

teaching gymnastics exercises are closely associated with the laws of mechanics. Gymnasts and coaches need to know the laws of mechanics in order to understand the basic mechanisms underlying the technique of performing gymnastics exercises [...]” (p.219). Para Smith (1993), possuir conhecimentos biomecânicos permite aos treinadores compreender a importância das posições corporais para a execução do movimento e justificar cientificamente as suas exigências aos atletas para que deixem de ser empíricas ou baseadas exclusivamente na estética. Russell (2015) afirma que não é preciso que o treinador saiba toda a matemática por trás da análise biomecânica quantitativa, mas seja capaz de identificar parâmetros de movimento; descrever fases do movimento, posições e ações corporais; explicar as causas, mecanismos e princípios; prever efeitos, técnicas e metodologias; e recomendar correções físicas e técnicas. Com o domínio dos princípios biomecânicos, o treinador pode identificar e corrigir erros com precisão, garantir a segurança do atleta e elaborar exercícios educativos que contribuam efetivamente para a aprendizagem do movimento.

Para compreender os aspectos mecânicos dos movimentos gímnicos, é preciso que os treinadores entendam as implicações das Leis de Newton para a modalidade e conheçam alguns conceitos como momento de inércia, momento angular, torque e CG. A 1ª e a 2ª Leis de Newton, por exemplo, ajudam-nos a entender o biotipo ideal para o sucesso na modalidade. Quanto maior a massa da ginasta, maior a força necessária para que ela altere sua velocidade ou inicie o movimento. Considerando que a qualidade técnica seja igual, ginastas leves, pequenas e fortes têm vantagem sobre ginastas pesadas e altas, pois estas apresentam maior inércia e consequentemente precisam de maior esforço para realizar os elementos gímnicos (Arkaev & Suchilin, 2004). Inércia é a tendência de um corpo de resistir à aceleração (Hall, 2013). De acordo com a 2ª Lei de Newton, quanto maior a massa desse corpo, maior é a sua resistência à aceleração. No que diz respeito ao movimento angular, é preciso considerar, também, a distribuição da massa em relação ao eixo de rotação. Quanto mais próxima a massa estiver do eixo de rotação, mais fácil é de iniciar ou parar o movimento. O momento de inércia de uma ginasta aumenta progressivamente

do mortal grupado para o mortal carpado para o mortal estendido devido à distribuição da massa em relação ao eixo transversal (Prassas, 1999; Smith, 1993; Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996). A resistência à aceleração angular é maior no mortal estendido do que nas outras posições. O momento angular descreve a quantidade de movimento angular que um corpo possui (Prassas, 1999). É o produto entre o momento de inércia e a velocidade angular ($H = I\omega$). O momento angular depende da massa do corpo, da distribuição da massa em relação ao eixo de rotação e da velocidade angular do corpo. O princípio de conservação do momento apresentado pela 1ª Lei de Newton também se aplica ao momento angular, e o mesmo permanece constante na ausência de forças externas (Hall, 2013). Uma ginasta, ao saltar estendido no solo e grupar para realizar um mortal, altera a distribuição da massa em relação ao eixo transversal de rotação e consequentemente reduz o momento de inércia. Como o momento angular conserva-se na ausência de forças externas, há um aumento na velocidade angular para compensar a redução do momento de inércia, e a ginasta gira mais rapidamente. Para interromper o giro e ser capaz de aterrissar de pé e estável, a ginasta precisa reduzir novamente a velocidade angular e para isso é preciso aumentar o momento de inércia através da alteração da posição grupada para estendida (Hay, 1981).

Torque, ou momento de força, pode ser entendido como o produto da força pelo braço de alavanca ($T = Fd$). Este, também denominado braço da força ou braço de momento da força, é a distância perpendicular à linha de ação da força em relação ao eixo de rotação (Vilas Boas, 2016). Para a execução de vários elementos, a ginasta deve manter o corpo estendido e apoiar as mãos sempre longe dos pés, maximizando o torque e aumentando o momento angular.

O CG ou centro de massa, é o ponto ao redor do qual a massa do corpo está igualmente distribuída (Hall, 2013). É considerado o ponto de atuação da força de gravidade e de interseção dos três eixos principais – longitudinal, transversal e antero-posterior (Russell, 2015). O CG é referência para a análise do movimento e a sua trajetória é frequentemente utilizada como indicadora do desempenho desportivo (Hall, 2013). Segundo Russell (2015), a posição do CG está diretamente relacionada à estabilidade das ginastas. Quanto mais próximo

da base de apoio, maior é a estabilidade. Quanto mais alinhado com o centro da base de apoio, maior é a estabilidade. Quanto maior o alinhamento vertical dos CG dos segmentos individuais, maior a estabilidade. Ginastas mais baixas têm maior equilíbrio, pois apresentam CG mais próximo do solo.

Segundo Prassas (1999), é muito difícil estudar todos os elementos da GA, pois são inúmeros e ainda surgem novos elementos; porém, é possível agrupá-los e classificá-los de acordo com características em comum, facilitando o estudo e a compreensão da modalidade. Russell (2015), por exemplo, categoriza os elementos nos seguintes padrões de movimento mecanicamente determinados: posições estáticas, saltos, locomoções, rotações, balanços e recepções. Para explicar esses padrões, o autor divide primeiramente os elementos em estáticos e não estáticos. O grupo estático inclui os elementos que não apresentam movimento fora da base de apoio do ginasta e variam apenas em relação à posição do centro de massa, são os exercícios de apoio, de equilíbrio e de suspensão. O grupo não estático abrange elementos que apresentam movimento fora da base de suporte, seja de forma linear ou rotacional. Os movimentos lineares caracterizados por um único movimento explosivo são chamados de saltos, enquanto aqueles caracterizados por movimentos repetitivos são chamados de locomoções. Os movimentos rotacionais em torno de um eixo interno do corpo são denominados rotações, enquanto os movimentos rotacionais em torno de um eixo externo ao corpo são denominados balanços. Todos os elementos do grupo não estático terminam com uma recepção, completando, assim, o padrão de movimentos gímnicos.

Além da classificação dos movimentos gímnicos, é possível identificar habilidades comuns à maioria dos elementos que podem ser melhoradas através da biomecânica. Essas são: habilidade de ganhar altura, habilidade de rotação, habilidade de balanço e habilidade de recepção. Conhecendo os princípios mecânicos relacionados a tais habilidades, é possível aprimorar a técnica e a execução de grande parte dos elementos da Ginástica Artística (Prassas et al., 2006).

Prassas et al. (2006) realizaram uma revisão da literatura científica na área da biomecânica da Ginástica Artística e relataram que há escassez de estudos na GAF e no aparelho cavalo com arções, enquanto o salto sobre a mesa é o aparelho mais estudado e conhecido. Assim como constatado por esses autores, a grande parte dos artigos estudados para esta pesquisa analisaram o aparelho salto sobre a mesa e os elementos nele executados. Poucos foram os artigos encontrados sobre o aparelho solo e o elemento salto de mãos. Destacamos, a seguir, algumas pesquisas relevantes para este estudo.

Živčić-Marković et al. (2012) realizaram uma pesquisa para determinar a relação dos exercícios educativos do elemento salto de mãos com a execução do elemento propriamente dito. Foram definidos 45 parâmetros cinemáticos, dos quais 30 na fase de apoio das mãos e repulsão, 7 na fase de voo e 8 na fase de recepção. A partir da análise da relação dos valores dos parâmetros nos exercícios educativos e na execução do elemento, foi possível estabelecer a similaridade dos processos metodológicos com o elemento e definir os melhores exercícios para a aprendizagem de cada fase do salto de mãos e conforme a necessidade do atleta. Os métodos de treino analisados foram: *"quick leg kick to handstand"*, *"kicking to a handstand against a wall/upright mat"*, *"kicking to a handstand from the hop against a wall/upright mat"*, *"handstand hop"*, *"drawing the co-gymnast over the back through the bridge"*, *"clear underswing from parallel bars"*, *"handstand hop landing on the back on the lower surface"*, *"handstand hop landing on the back on the higher surface"*, *"forward handspring from the lunge and from a higher surface"*, *"forward handspring from the hop and from a higher surface"*, *"forward handspring from the push-off from the take-off board"*, *"forward handspring from the push-off from the mat"*. Os autores encontraram que os parâmetros em que os procedimentos metodológicos mais se aproximam da técnica de performance do salto de mãos são os espaciais (comprimento, tempo, altura, ângulo). A maior similaridade encontrada diz respeito aos ângulos articulares na fase de voo, pois os exercícios educativos procuram atingir as posições corporais corretas para a aprendizagem do elemento. Os exercícios que não são realizados a partir de uma superfície alta apresentaram valores muito próximos do ângulo e da altura do CG no momento de apoio das mãos. Grande

semelhança foi encontrada também em relação à velocidade horizontal do CG em todos os exercícios, exceto “*drawing a co-gymnast over the back through the bridge*”. Este exercício educativo é o que apresenta menor similaridade com o elemento salto de mãos, aproximando-se apenas no que diz respeito à fase de recepção.

Nelson e Metzing (1994) investigaram a relação entre a flexibilidade articular e a força de impulsão dos MMSS durante a fase de repulsão do salto de mãos. Foi medida a amplitude de movimento dos ombros, quadris e tronco, antes e durante a execução do elemento de 22 ginastas de um clube da Pensilvânia (EUA) capazes de realizar bem o movimento. Foram determinados também o impulso na direção vertical e antero-posterior, o pico de força vertical, o pico de força horizontal, o tempo para atingir o pico da força e o tempo de contato das mãos no solo. O impulso na direção vertical foi em média 94,88N/s e na horizontal 28,91N/s. O pico de força na componente vertical foi em média 709,31N, cerca de 1,8 vezes o peso corporal das ginastas, na componente horizontal 71,56N e o tempo de contato das mãos no solo em média 0,30s. Foi encontrada uma relação significativa entre o impulso vertical e o tempo de contato ($r=0,45$, $p<0,05$) e entre os impulsos vertical e horizontal ($r=0,87$, $p<0,05$). A variação nos impulsos vertical e horizontal não foi explicada pela variação na angulação das articulações, com exceção dos ombros. Esse resultado indica que a variação nos impulsos durante a fase de repulsão pode ser explicada pela amplitude de movimento dos ombros. Quanto maior o ângulo de flexão dos ombros, maior a tendência para altos impulsos. As melhores performances foram associadas aos menores tempos de contato das mãos. Os autores concluíram, também, que a baixa relação entre flexibilidade e performance não diminui a importância da mobilidade articular para o sucesso na execução do movimento, mas sugere que as ações balísticas possuem um papel mais significativo.

Exell, Robinson e Irwin (2016) realizaram um estudo para melhor compreender a assimetria cinética e cinemática dos braços durante a fase de contato no solo na execução do salto de mãos. Seis ginastas, com idade média de 19 anos, realizaram 15 vezes o salto de mãos e tiveram 4 variáveis cinéticas e 6 variáveis cinemáticas analisadas. A partir dos dados, foi possível identificar assimetrias e

relacioná-las com a amplitude de movimento articular. As variáveis cinéticas investigadas foram o pico de força vertical, o pico de força antero-posterior e os instantes em que estes foram produzidos. As variáveis cinemáticas investigadas foram os ângulos no plano sagital dos punhos, cotovelos e ombros no instante de chegada das mãos ao solo e no instante de saída das mãos. Os autores encontraram assimetrias em três ginastas no que diz respeito ao instante de produção de força máxima na componente horizontal, e em duas ginastas no que diz respeito ao instante de produção de força na componente vertical. Três ginastas apresentaram assimetrias na magnitude do pico de força na componente vertical e nenhuma apresentou assimetria na magnitude do pico de força na componente horizontal. Todas as ginastas apresentaram assimetrias nas variáveis cinemáticas, sendo que apenas uma ginasta apresentou assimetria em todas as variáveis. Foi encontrada maior assimetria nas variáveis cinemáticas referentes aos ombros do que aos cotovelos e punhos, resultado similar ao do estudo realizado por Čuk e Marinšek (2013), que relataram que as articulações mais distais do MI (tornozelos e joelhos) foram menos afetadas que o quadril para a cinemática da recepção do mortal estendido com pirueta. Exell et al. (2016) acreditam que a maior assimetria encontrada nos ombros pode representar um mecanismo compensatório para permitir maior simetria nos segmentos distais. Cada ginasta apresentou um perfil diferente de assimetria indicando que o mesmo é influenciado pela técnica individual das atletas, o que dificulta a definição de um perfil para o movimento.

Abdel-Baser (2010) investigou a dinâmica do *take-off* do salto de mãos seguido de mortal grupado executado no solo. O pesquisador analisou a execução do movimento por 4 atletas, entre 10 e 12 anos, da GAF de alto rendimento. O autor comparou, descritivamente, entre a melhor e a pior performance, os valores de força e impulsão vertical, horizontal e resultante do *take-off* do MI de apoio e das mãos durante a execução do salto de mãos, e saída dos MMII juntos para a execução do mortal grupado. Também foram mensurados os ângulos articulares da cabeça, ombro, quadril, joelhos e tornozelos nas seguintes fases: *take-off* do MI de apoio, salto de mãos, saída das mãos do solo, impulsão com os MMII juntos, mortal grupado e recepção. Abdel-Baser (2010) afirma que, durante o

take-off do MI de apoio, a ginasta exerce uma força para trás no solo que reage impulsionando-a para frente. Após a impulsão com o MI de apoio, deve ser realizado um forte impulso com os MMSS para levar o CG à frente da base de apoio e completar a curva de voo do salto de mãos de maneira apropriada. O autor ressalta a importância da posição do corpo no momento da recepção do salto de mãos para o sucesso da habilidade na sequência, o mortal grupado.

Farana, Uchytíl, Zahradník e Jandačka (2013) investigaram a relação entre as variáveis cinemáticas do salto “Lou Yun” e as notas dos juízes. Dez ginastas da GAM de alto rendimento, com idade média de 21 anos, executaram o salto Lou You (queda facial com uma pirueta e meia no 2º voo) e receberam uma nota de execução somada à dificuldade do salto. Através da análise cinemática foram obtidas informações em relação ao tempo, deslocamento horizontal do CG, altura do CG, velocidade resultante, velocidade horizontal e velocidade vertical, nas fases de contato com o trampolim, primeiro voo, abordagem na mesa, segundo voo e recepção. Foram encontradas correlações significativas entre as variáveis e a nota do juiz no que diz respeito ao tempo de apoio na mesa ($r=-0,71$, $p=0,01$), tempo do segundo voo ($r=0,62$, $p<0,05$), altura máxima do CG no segundo voo ($r=0,68$, $p<0,05$), altura vertical do CG na recepção ($r=0,75$; $p<0,01$), altura relativa do CG da saída da mesa à recepção ($r=-0,85$, $p=0,001$) e velocidade vertical do CG na saída da mesa ($r=0,70$, $p<0,05$). Segundo os autores, esses resultados estão em concordância com as exigências do Código de Pontuação e com a literatura científica.

Não foram encontrados estudos como o de Farana et al. (2013) que determinassem as variáveis biomecânicas preditoras da performance do salto de mãos no solo, e é isso que este estudo se propõe.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

- Identificar os parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do elemento salto de mãos da GAF.

3.2. Objetivos Específicos

- Estabelecer uma correlação entre os parâmetros biomecânicos.
- Identificar quais os parâmetros biomecânicos são mais importantes para a execução do salto de mãos na perspectiva de treinadores da modalidade.
- Comparar a percepção de treinadores a respeito dos parâmetros mais importantes para a execução do salto de mãos com o resultado apontado pela análise biomecânica.

3.3. Hipóteses

- Os parâmetros mais importantes para a boa execução do salto de mãos são: “velocidade do MI livre”, “força de impulsão do MI de apoio”, “força de impulsão dos MMSS”, “ângulo dos ombros no apoio ao solo” e “ângulo do quadril na fase de voo”.
- Existe uma correlação significativa e positiva entre os parâmetros: “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e “velocidade do MI livre”; “ângulo dos ombros no apoio das mãos” e “força de impulsão dos MMSS”; “força de impulsão dos MMSS” e “altura máxima do CG na fase de voo”. E uma correlação significativa e negativa entre os parâmetros: “ângulo dos cotovelos no apoio das mãos” e “força de impulsão dos MMSS”; “tempo de contato das mãos” e “força de impulsão do MMSS”.
- A perspectiva dos treinadores sobre os parâmetros mais importantes para a execução do salto de mãos estará de acordo com o resultado apontado pela análise biomecânica.

4. Material e Métodos

4.1. Amostra

A amostra é composta por 13 atletas com idades entre 9 e 11 anos completos no ano de 2017, que fazem parte das equipas iniciadas da 1ª Divisão da Ginástica Artística Feminina de Portugal. Foram indicadas atletas da faixa etária supracitada, capazes de executar o movimento salto de mãos, pelos treinadores de dois clubes da região norte de Portugal. Os encarregados de educação das ginastas foram informados da pesquisa e assinaram um termo de consentimento informado, livre e esclarecido para participação em investigação de acordo com a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo (Apêndice 1).

A tabela 1 caracteriza a amostra apresentando os valores mínimos, máximos, as médias e os desvios-padrão da idade, da massa e da altura das atletas. As participantes estavam livres de lesões na época da coleta.

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Estatísticas Descritivas					
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	13	9	11	9,85	0,80
Massa (kg)	13	22,42	52,00	33,48	8,29
Altura (cm)	13	124	151	137,85	8,25
Volume de treino (h/sem)	13	14,00	21,00	17,19	2,57
N válido (listwise)	13				

4.2. Instrumentos

As atletas executaram o salto de mãos no Laboratório de Biomecânica da Universidade do Porto (LABIOME). Foi utilizado um sistema de captura de movimento *Qualisys Track Manager* (*Qualisys AB*, Suécia), que conta atualmente com 11 câmeras infravermelhas com frequência de amostragem de 200Hz e uma webcam com uma frequência de captura de 30 quadros por segundo. Em sincronia foram utilizadas 4 plataformas de força *Bertec* (modelo 4060-15, *Bertec Inc.*, EUA) a registrar a uma frequência de 2000 Hz. O espaço

em que o movimento foi realizado continha um volume de cerca de 5,5m de comprimento por 1m de largura e 1,5m de altura, e foi calibrado a cada dia de recolha com um valor residual nunca superior a 0,8 mm. O movimento foi captado também por duas câmeras *Canon EOS 1100D* (*Canon*, Japão), com frequência de captura de 29 quadros por segundo, posicionadas perpendicularmente e à frente da execução.

Foi utilizado um colchão de chegada com dimensões iguais a 1,80m de comprimento, 1,30m de largura e 0,20m de altura para recepção do salto de mãos. O colchão foi posicionado ao final do volume calibrado na direção do movimento.

Marcadores retroreflectivos foram colocados sobre pontos anatômicos relevantes para a modelação do movimento de todo o corpo em 3D, nomeadamente: acrômio direito e esquerdo, incisura jugular do esterno, epicôndilo lateral e medial do úmero direito e esquerdo, processo estilóide da ulna e do rádio direito e esquerdo, parte proximal dos ossos metacarpais 1 e 5, espinha íliaca antero-superior, espinha íliaca pósterio-superior, trocanter maior do fêmur direito e esquerdo, epicôndilo lateral e medial do fêmur direito e esquerdo, cabeça da fíbula, tuberosidade da tíbia, maléolo lateral e medial, parte proximal dos ossos metatarsais 1, 3 e 5. Adicionalmente foi utilizada uma faixa na cabeça com 4 marcadores (2 no osso frontal e 2 no osso occipital) e clusters de marcadores colocados para melhorar a capacidade de tracking do sistema de captura de movimento sobre os seguintes segmentos corporais: coxa direita e esquerda (1 cluster de 4 marcadores em cada coxa), perna direita e esquerda (1 cluster de 4 marcadores em cada panturrilha), peito (1 cluster de 3 marcadores no processo xifóide), e costas (1 cluster de 3 marcadores entre as escápulas). O posicionamento dos marcadores pode ser visualizado na figura 17, apresentada a seguir.

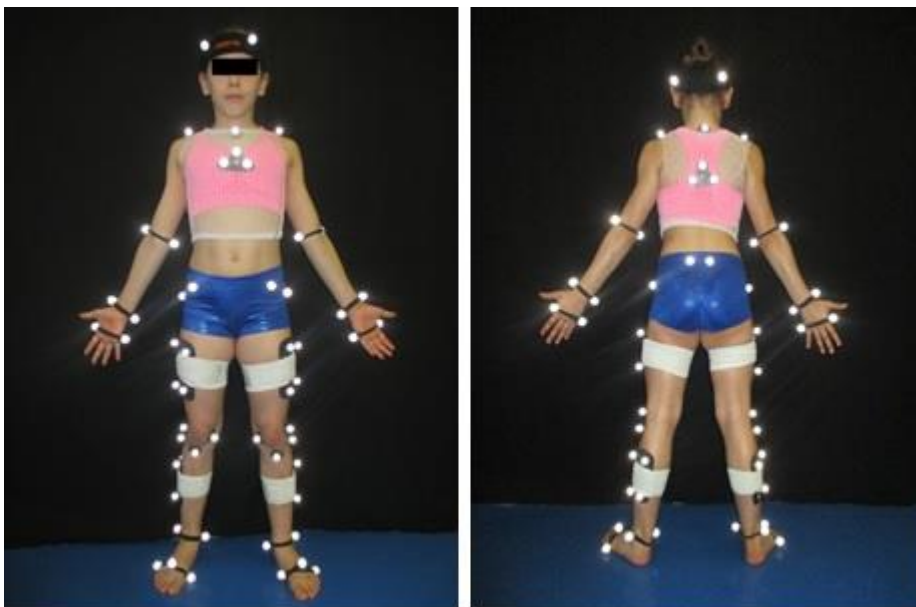


Figura 17. Posicionamento dos marcadores para modelação do corpo em 3D.

Os dados foram posteriormente processados e analisados com recurso ao software *Visual3D* (*C-Motion*, EUA). Dados de movimento foram filtrados com um filtro passa-baixo de 6 Hz para remover eventuais artefactos de movimento. Todos os dados de força foram normalizados ao peso corporal do sujeito e à duração da fase de apoio no solo.

4.3. Procedimentos

Foi realizado um estudo piloto, no LABIOMEPE, com uma atleta da equipe juvenil do Sport Club do Porto, no qual foi possível calcular o tempo médio para a recolha, identificar o melhor posicionamento do colchão de chegada e o volume ideal a ser calibrado, definir a configuração dos marcadores e treinar os pesquisadores para sua colocação, demarcar o posicionamento das câmeras adicionais e antecipar problemas e erros.

As recolhas tiveram início na semana seguinte à realização do estudo piloto e perduraram por mais quatro semanas. Cada atleta foi ao LABIOMEPE apenas uma vez e a recolha teve duração aproximada de 40 minutos. A pesquisadora contou com uma pessoa para ajudar a colocar os marcadores e uma pessoa para operar as câmeras adicionais.

No início da recolha foram medidos a altura e o peso das crianças e registrado o tempo de prática, a idade, o volume de treino e o histórico de lesões de cada uma. Após a colocação dos marcadores de acordo com a configuração pré-estabelecida, as atletas foram fotografadas na posição anatômica no plano frontal anterior e posterior e no plano sagital direito e esquerdo. Na sequência, a criança deveria colocar-se sobre as plataformas de força na posição anatômica para facilitar a identificação posterior dos marcadores no sistema *Qualisys Track Manager* (*Qualisys AB, Suécia*). As atletas realizaram, então, alguns exercícios para verificação do funcionamento do equipamento e familiarização com o solo do laboratório. A seguir, receberam a instrução verbal para que executassem o salto de mãos da melhor forma possível, com pequena corrida e chamada a partir de um cone que delimitava o volume calibrado. Foram realizadas 5 tentativas válidas de execução do movimento. A tentativa foi considerada válida se a criança executou o movimento dentro do volume calibrado, colocando o pé de apoio em uma das plataformas de força e as mãos em outra, e chegando com os dois pés juntos no colchão.

Caso algum marcador se descolasse durante a recolha, era avaliada a importância do mesmo na reconstrução do modelo 3D. Se fosse possível reconstruir o segmento corporal na ausência desse marcador, este era descartado. Caso contrário, o marcador era recolocado e repetia-se o procedimento de registro da configuração em posição anatômica no sistema *Qualisys Track Manager* (*Qualisys AB, Suécia*).

A melhor execução de cada atleta, de acordo com a definição da literatura científica, foi utilizada para análise biomecânica. Os parâmetros biomecânicos considerados foram adaptados de Živčić-Marković et al. (2012) e são:

- Comprimento do afundo (m).
- Distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos (m).
- Força de impulsão do MI de apoio (% do peso corporal).
- Velocidades média e máxima do MI livre (m/s).
- Velocidades média e máxima do MI de apoio (m/s).

- Velocidade média do CG até o apoio das mãos (m/s).
- Tempo de contato das mãos no solo (s).
- Força de impulsão dos MMSS no apoio das mãos no solo (% do peso corporal).
- Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°).
- Ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°).
- Diferença entre os ângulos dos ombros no apoio das mãos no solo (°).
- Ângulo do cotovelo do lado dominante no apoio das mãos no solo (°).
- Ângulo do cotovelo do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°).
- Diferença entre os ângulos dos cotovelos no apoio das mãos no solo (°).
- Ângulo do CG no instante de saída das mãos do solo (°).
- Altura do CG no instante de saída das mãos do solo (% da altura da atleta).
- Velocidade do CG no instante de saída das mãos do solo (m/s).
- Ângulo do quadril do lado dominante durante a fase de voo (°).
- Ângulo do quadril do lado não dominante durante a fase de voo (°).
- Diferença entre os ângulos do quadril durante a fase de voo (°).
- Altura máxima do CG na fase de voo (% da altura da atleta).
- Tempo de voo (s).

Para medir o comprimento do afundo, foi considerada a distância entre o pé de apoio e o pé do MI livre, e para a distância entre o pé e a mão, foi considerada a distância entre o centro articular do pé de apoio e do punho mais próximo. O tempo de contato das mãos tem início no primeiro instante em que as mãos tocam o solo e encerra-se no último toque. Já o tempo de voo considera o primeiro instante sem nenhum contato das mãos até o primeiro toque dos pés. As alturas atingidas pelo CG foram calculadas em relação ao solo e foram normalizadas pela altura das atletas. As forças de impulsão do MI de apoio e dos MMSS foram medidas por plataformas de força e foram normalizadas pelo peso

das atletas. As mãos foram apoiadas em uma mesma plataforma; portanto, não foi possível identificar assimetrias na produção da força pelos MMSS dominante e não dominante. A velocidade foi medida pelo deslocamento linear dos MMII e do CG em função do tempo. Para o cálculo dos ângulos articulares, foi usada a posição anatômica como referência. Nessa posição, todas as articulações se encontram com 0°. Foram considerados só os movimentos em relação ao eixo médio-lateral, sendo que os movimentos de flexão possuem sinal positivo e os movimentos de extensão possuem sinal negativo. Ao invés de comparar o ângulo da articulação do lado direito, por exemplo, foram comparados os ângulos articulares dos lados dominante e não dominante. O lado dominante é o lado do MI de apoio e corresponde à direita para todas as atletas exceto ID03, ID06 e ID07. A diferença entre os ângulos foi calculada pela subtração entre o ângulo da articulação do lado dominante e o ângulo da articulação do lado não dominante, indicando a assimetria. O ângulo do CG na saída das mãos representa a inclinação do CG em relação ao solo e é calculado pelo ângulo suplementar ao formado pela origem do sistema de coordenadas no laboratório, as mãos e o CG. O ângulo do quadril foi calculado no instante em que o CG atingiu altura máxima na fase de voo.

Um vídeo, filmado no plano frontal e sagital, com a melhor tentativa de cada ginasta, foi enviado a 12 treinadores de GAF para classificação das atletas. Os treinadores classificaram as atletas de 1 a 13, sendo 1 a melhor execução do salto de mãos e 13 a pior, e elencaram as 3 variáveis mais importantes para a performance do movimento de acordo com a sua percepção (Apêndice 2).

Através dos procedimentos estatísticos será possível determinar a relação dos parâmetros biomecânicos analisados com a classificação das atletas.

4.4. Procedimentos estatísticos

A classificação das atletas foi definida pela média entre as classificações de todos os treinadores obtida através da análise da estatística descritiva. A concordância entre os treinadores foi estabelecida através do coeficiente de concordância de *Kendall*.

A determinação dos parâmetros biomecânicos mais importantes foi feita através da correlação de *Spearman* entre as variáveis e a média das classificações. A correlação de *Spearman* estabelece uma relação entre as variáveis, que pode ser positiva ou negativa, e varia de intensidade: fraca, moderada ou forte. A correlação foi significativa sempre que o valor de prova mostrou-se inferior ao nível de significância de 0,05. Em alguns casos, a correlação foi significativa ao nível de significância de 0,01. Para entender quais dessas variáveis mais influenciaram a média das classificações, foi realizada uma regressão linear múltipla, com o método *stepwise*. Esse procedimento estatístico permite-nos dizer o quanto a variação de um parâmetro influencia a variação de outro.

A correlação entre os parâmetros biomecânicos foi feita através do coeficiente de correlação de *Spearman*. A correlação foi significativa sempre que o valor de prova mostrou-se inferior ao nível de significância de 0,05. Em alguns casos, a correlação foi significativa ao nível de significância de 0,01.

Os parâmetros mais citados como importantes para os treinadores para a execução do salto de mãos foram definidos através da análise estatística descritiva de frequência.

Todos os procedimentos estatísticos foram feitos no programa *IBM SPSS Statistics 24* (IBM Inc., EUA).

5. Resultados

5.1. Classificação

Os treinadores avaliaram a execução do salto de mãos das 13 ginastas através do vídeo e cada um definiu uma classificação entre elas, ordenando das melhores para as piores. Na tabela 2 está apresentada a estatística descritiva das classificações dos treinadores. As atletas estão representadas por ID01 a ID13 e é possível verificar a menor e a maior colocação de cada ginasta, a média das colocações e os respectivos desvios padrão. A colocação 1 representa a melhor atleta e 13 a pior atleta; portanto, quanto menor a média, melhor a classificação da ginasta. A partir da média obtemos a classificação das atletas (da melhor para a pior): ID03, ID07, ID08, ID09, ID02, ID12, ID04, ID11, ID10, ID13, ID06, ID01, ID05.

Tabela 2. Estatística descritiva da classificação das ginastas pelos treinadores avaliadores

Ginastas	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
ID01	12	7,00	12,00	10,333	1,723
ID02	12	2,00	11,00	5,416	2,968
ID03	12	1,00	4,00	1,416	,900
ID04	12	4,00	12,00	8,166	2,516
ID05	12	12,00	13,00	12,916	,288
ID06	12	6,00	13,00	9,416	2,065
ID07	12	1,00	5,00	2,250	1,356
ID08	12	2,00	7,00	4,500	1,446
ID09	12	3,00	11,00	5,000	2,763
ID10	12	5,00	12,00	8,666	2,059
ID11	12	3,00	12,00	8,583	2,644
ID12	12	3,00	8,00	5,500	1,507
ID13	12	3,00	12,00	8,833	2,757
N válido (listwise)	12				

Na tabela 3 apresentamos a concordância entre os treinadores, calculada através do coeficiente de concordância de *Kendall*. Este foi de 0,718 ($p < 0,01$), indicando uma alta concordância entre as classificações realizadas pelos 12 treinadores.

Tabela 3. Concordância entre os treinadores

Estatísticas de teste	
N	12
W de Kendall ^a	,718
Qui-quadrado	103,418
GI	12
Significância Assint.	,000

a. Coeficiente de Concordância de Kendall

5.2. Estatísticas Descritivas

Na tabela 4 estão apresentadas as estatísticas descritivas referentes às variáveis de tempo e distância, com os valores mínimos, máximos, as médias e os desvios-padrão.

Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis de tempo e distância

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Comprimento do afundo (m)	13	,60	,85	,740	,072
Distância entre pé e mão (m)	13	,55	1,04	,756	,127
Tempo de contato das mãos (s)	13	,20	,38	,279	,058
Altura do CG na saída das mãos do solo (normalizada pela altura da atleta)	13	,47	,57	,528	,024
Tempo de voo (s)	13	,12	,24	,174	,032
Altura máxima do CG na fase de voo (normalizada pela altura da atleta)	13	,50	,58	,533	,018
N válido (listwise)	13				

Na tabela 5 estão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis cinéticas força de impulsão dos MMSS e força de impulsão do MI de apoio, com os valores mínimos, máximos, as médias e os desvios-padrão.

Tabela 5. Estatísticas descritivas das variáveis cinéticas

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Força de impulsão do MI de apoio (normalizada pelo peso da atleta)	13	2,21	2,90	2,527	,214
Força de impulsão dos MMSS (normalizada pelo peso da atleta)	13	1,25	4,26	2,250	,867
N válido (listwise)	13				

Na tabela 6 estão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis referentes às velocidades, com os valores mínimos, máximos, as médias e os desvios-padrão.

Tabela 6. Estatísticas descritivas das variáveis de velocidade

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Velocidade máxima do MI livre (m/s)	13	10,12	12,26	11,249	,560
Velocidade média do MI livre (m/s)	13	5,56	6,57	6,016	,259
Velocidade máxima do MI de apoio (m/s)	13	10,23	12,38	11,470	,635
Velocidade média do MI de apoio (m/s)	13	5,21	6,43	5,863	,307
Velocidade média do CG até o apoio das mãos (m/s)	13	1,89	2,91	2,691	,272
Velocidade resultante do CG na saída das mãos do solo (m/s)	13	2,18	2,63	2,396	,162
N válido (listwise)	13				

Na tabela 7 estão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis angulares, com os valores mínimos, máximos, as médias e os desvios-padrão.

Tabela 7. Estatísticas descritivas das variáveis de angulação.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	13	132,19	150,13	140,555	6,00880
Ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	13	127,30	152,84	137,994	7,52606
Diferença entre os ângulos dos ombros no apoio das mãos no solo (°)	13	-6,16	14,10	2,560	5,75379
Ângulo do cotovelo do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	13	17,00	38,35	24,743	6,406
Ângulo do cotovelo do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	13	9,93	54,33	24,173	11,410
Diferença entre os ângulos dos cotovelos no apoio das mãos no solo (°)	13	-25,35	18,31	,570	12,721
Ângulo do CG na saída das mãos do solo (°)	13	52,41	77,28	64,897	7,43177
Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)	13	-16,27	54,27	11,287	16,587
Ângulo do quadril do lado não dominante na fase de voo (°)	13	-45,26	-5,71	-30,323	9,805
Diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo (°)	13	12,20	59,78	41,596	12,755
N válido (listwise)	13				

5.3. Parâmetros determinantes

O principal objetivo do estudo era identificar os parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do elemento salto de mãos da GAF. Para tal, foram utilizados a correlação de *Spearman* e a regressão linear múltipla. Em um primeiro momento foi realizada a correlação de *Spearman* entre todas as variáveis e a média das classificações, definindo os parâmetros que mais influenciaram a classificação. A partir daí, foi feita uma regressão linear múltipla com a média das classificações enquanto variável dependente e os parâmetros que com ela apresentaram correlação significativa enquanto variáveis independentes. As tabelas 8, 9, 10 e 11 apresentam a média das variáveis com seus respectivos desvios-padrão, o coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ) e o valor de prova (sig.). Na tabela 8 apresentamos a correlação entre as variáveis de tempo e distância e a média das classificações. Nenhum desses parâmetros apresentou correlação significativa com a classificação.

Tabela 8. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de tempo e distância

	Média	Desvio padrão	ρ	Sig.
Média das classificações	7,00	3,30	1,000	
Comprimento do afundo (m)	,740	,072	,401	,174
Distância entre pé e mão (m)	,756	,127	,000	1,00
Tempo de contato das mãos (s)	,279	,058	,418	,155
Tempo de voo (s)	,174	,032	-,333	,266
Altura do CG na saída das mãos do solo (normalizada pela altura da atleta)	,528	,024	-,440	,133
Altura máxima do CG na fase de voo (normalizada pela altura da atleta)	,533	,018	-,434	,138
N válido (listwise)	13			

Na tabela 9 apresentamos a correlação entre as variáveis cinéticas e a média das classificações. A correlação foi significativa apenas entre a força de impulsão do MI de apoio e a média das classificações ($p=-0,648$, $p<0,05$).

Tabela 9. Correlação entre a média das classificações e as variáveis cinéticas.

	Média	Desvio padrão	ρ	Sig.
Média das classificações	7,00	3,30	1,000	
Força de impulsão do MI de apoio (normalizada pelo peso da atleta)	2,527	,214	-,648*	,017
Força de impulsão dos MMSS (normalizada pelo peso da atleta)	2,250	,867	-,242	,426
N válido (listwise)	13			

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral)

A tabela 10 apresenta a correlação entre os parâmetros de velocidade e a média das classificações. Nenhuma dessas correlações mostrou-se significativa.

Tabela 10. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de velocidade.

	Média	Desvio padrão	ρ	Sig.
Média das classificações	7,00	3,30	1,000	
Velocidade máxima do MI livre (m/s)	11,249	,560	,522	,067
Velocidade média do MI livre (m/s)	6,016	,259	-,176	,566
Velocidade máxima do MI de apoio (m/s)	11,470	,635	-,181	,553
Velocidade média do MI de apoio (m/s)	5,863	,307	-,099	,748
Velocidade média do CG até o apoio das mãos (m/s)	2,691	,272	-,027	,929
Velocidade resultante do CG na saída das mãos do solo (m/s)	2,396	,162	,132	,668
N válido (listwise)	13			

A tabela 11 apresenta a correlação entre os parâmetros angulares e a média das classificações. A correlação mostrou-se significativa para as variáveis: “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” ($p=-0,687$, $p=0,01$); “ângulo do CG na saída das mãos do solo” ($p=-0,643$, $p<0,05$); “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” ($p=0,824$, $p<0,01$); e “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($p=0,863$, $p<0,01$).

Tabela 11. Correlação entre a média das classificações e as variáveis de angulação.

	Média	Desvio padrão	ρ	Sig.
Média das classificações	7,00	3,30	1,000	
Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	140,555	6,008	-,687**	,010
Ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	137,994	7,526	-,368	,216
Diferença entre os ângulos dos ombros no apoio das mãos no solo (°)	2,560	5,753	-,060	,845
Ângulo do cotovelo do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	24,743	6,406	-,104	,734
Ângulo do cotovelo do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	24,173	11,410	,016	,957
Diferença entre os ângulos dos cotovelos no apoio das mãos no solo (°)	,570	12,721	,011	,972
Ângulo do CG na saída das mãos do solo (°)	64,897	7,431	-,643*	,018
Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)	11,287	16,587	,824**	,001
Ângulo do quadril do lado não dominante na fase de voo (°)	-30,323	9,805	,132	,668
Diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo (°)	41,596	12,755	,863**	,000
N válido (listwise)	13			

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Com a correlação de *Spearman* foram identificados os parâmetros que mais influenciaram a classificação das ginastas: “força de impulsão do MI de apoio”; “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo”; “ângulo do CG na saída das mãos do solo”; “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo”; e “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo”. Para a regressão linear múltipla foi escolhido o método *stepwise*, que analisa a influência dos parâmetros preditores na variação da variável dependente e inclui apenas aquelas que apresentam participação significativa. A tabela 12 apresenta a sumarização do modelo com o coeficiente de correlação R, o valor de R quadrado, o R quadrado ajustado e o erro padrão. Por esta tabela observamos que, dos parâmetros que apresentaram correlação significativa com a classificação, os principais preditores da mesma foram o “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” e o “ângulo do ombro do lado dominante durante o apoio das mãos”. Considerando o valor de R quadrado ajustado, que é mais preciso que o R quadrado por não sofrer aumentos com a inclusão de variáveis pouco significativas, verificamos que esses parâmetros são responsáveis por aproximadamente 85% da variação da classificação.

Tabela 12. Sumarização do modelo da regressão linear múltipla.

Sumarização do modelo				
Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,875 ^a	,766	,745	1,66681
2	,937 ^b	,877	,853	1,26723

a. Preditores: (Constante), Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)

b. Preditores: (Constante), Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°), Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)

A tabela 13 apresenta os resultados da ANOVA, que testa a significância estatística de cada modelo da regressão múltipla. Estão apresentados a soma dos quadrados, os graus de liberdade, o quadrado médio, o valor de F e o valor de prova. Por essa tabela identificamos que ambos os modelos explicam significativamente a variação da variável classificação ($p < 0,001$).

Tabela 13. Resultado da ANOVA da regressão linear múltipla.

ANOVA ^a						
Modelo		Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	100,147	1	100,147	36,047	,000 ^b
	Resíduo	30,561	11	2,778		
	Total	130,708	12			
2	Regressão	114,650	2	57,325	35,697	,000 ^c
	Resíduo	16,059	10	1,606		
	Total	130,708	12			

a. Variável Dependente: Média das Classificações

b. Preditores: (Constante), Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)

c. Preditores: (Constante), Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°), Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)

A tabela 14 apresenta os coeficientes não padronizados, os coeficientes padronizados, o valor de t e o valor de prova. O valor B faz parte da equação de regressão ($y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_nX_n + \varepsilon$ em que y é a variável dependente, x a variável independente, B o coeficiente não padronizado referente à constante e às variáveis independentes e ε os resíduos) e indica a contribuição individual de cada parâmetro no modelo. Esse valor permite-nos entender a relação da variável preditora com a variável dependente. No entanto, o coeficiente padronizado *Beta* permite-nos interpretar com mais facilidade a influência das variáveis preditoras, pois não depende da unidade de medida das mesmas. O coeficiente *Beta* é padronizado em função do desvio padrão. Analisando o segundo modelo, observamos que o aumento de um desvio padrão da variável “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” provoca o aumento de 0,638 desvio padrão da “média da classificação”. Do mesmo modo, o aumento de um desvio padrão da variável “ângulo do ombro do lado dominante no apoio

das mãos no solo” provoca a diminuição de 0,409 desvio padrão da variável “média da classificação”. A tabela mostra-nos, ainda, que ambas variáveis contribuem significativamente para o modelo. As variáveis “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” e “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” apresentaram valores de prova menores que o nível de significância ($p < 0,01$ e $p < 0,05$ respectivamente).

Tabela 14. Coeficientes do modelo da regressão linear múltipla.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		
		B	Erro Padrão	Beta	T	Sig.
1	(Constante)	5,034	,566		8,887	,000
	Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)	,174	,029	,875	6,004	,000
2	(Constante)	37,162	10,700		3,473	,006
	Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)	,127	,027	,638	4,682	,001
	Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	-,225	,075	-,409	-3,005	,013

a. Variável Dependente: Média das Classificações

5.4. Correlações entre as variáveis

Para entender a relação entre as variáveis e a influência que uma exerce sobre a outra, foi aplicada a correlação de *Spearman*. Esse procedimento foi feito entre todas as variáveis e não apenas entre as que se esperava uma correlação significativa. Isso resultou em muitas correlações, e decidimos apresentar aqui apenas as correlações significativas e relevantes.

A tabela 15 apresenta as correlações entre as variáveis de tempo e distância. Foram encontradas correlações positivas e moderadas entre o “tempo de voo” e a “altura do CG na saída das mãos do solo” ($p = 0,633$, $p < 0,05$), e entre o “tempo

de voo” e a “altura máxima do CG na fase voo” ($p=0,655$, $p<0,05$). Uma correlação positiva e muito forte foi encontrada entre “altura do CG na saída das mãos do solo” e “altura máxima do CG na fase de voo” ($p=0,989$, $p<0,01$). Há ainda uma correlação negativa e forte entre a “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e o “tempo de contato das mãos” ($p=-0,776$, $p<0,01$).

Tabela 15. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância.

		Tempo de voo (s)	Distância entre pé e mão (m)	Altura do CG na saída das mãos do solo	Tempo de contato das mãos (s)	Altura máxima do CG na fase de voo
Tempo de voo (s)	ρ	1,000	,206	,633*	-,501	,655*
	Sig.	.	,499	,020	,081	,015
Distância entre pé e mão (m)	ρ	,206	1,000	,231	-,776**	,203
	Sig.	,499	.	,448	,002	,505
Altura do CG na saída das mãos do solo (normalizada pela altura da atleta)	ρ	,633*	,231	1,000	-,424	,989**
	Sig.	,020	,448	.	,149	,000
Tempo de contato das mãos (s)	ρ	-,501	-,776**	-,424	1,000	-,435
	Sig.	,081	,002	,149	.	,138
Altura do CG na fase de voo (normalizada pela altura da atleta)	ρ	,655*	,203	,989**	-,435	1,000
	Sig.	,015	,505	,000	,138	.
	N	13	13	13	13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

A tabela 16 apresenta as correlações significativas entre as variáveis cinéticas e as variáveis de tempo e distância. Pode-se observar uma correlação positiva e forte entre a “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e a “força de impulsão dos MMSS” ($p=0,775$, $p<0,01$); correlações positivas e moderadas entre a “força de impulsão dos MMSS” e a “altura do CG na saída das mãos do solo” ($p=0,599$, $p<0,05$), e entre a “força de impulsão dos MMSS” e a “altura do CG na fase de voo” ($p=0,610$, $p<0,05$); uma correlação negativa e moderada entre a “força de impulsão do MI de apoio” e o “tempo de contato das mãos” ($p=-0,641$, $p<0,05$); uma correlação negativa e forte entre o “tempo de contato das mãos” e a “força de impulsão dos MMSS” ($p=-0,834$, $p<0,01$).

Tabela 16. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância e as cinéticas.

		Força de impulsão do MI de apoio (normalizada pelo peso da atleta)	Força de impulsão dos MMSS (normalizada pelo peso do atleta)
Distância entre pé e mão (m)	ρ	,093	,775**
	Sig.	,762	,002
Altura do CG na saída das mãos do solo (normalizada pela altura da atleta)	ρ	,500	,599*
	Sig.	,082	,031
Tempo de contato das mãos (s)	ρ	-,641*	-,834**
	Sig.	,018	,000
Altura máxima do CG na fase de voo (normalizada pela altura da atleta)	ρ	,516	,610*
	Sig.	,071	,027
	N	13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral)

A tabela 17 apresenta as correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância e as variáveis de velocidade. Pode-se observar uma correlação positiva e moderada entre a “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e o “tempo de voo” ($\rho=0,586$, $p<0,05$), entre a “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e a “velocidade média do MI livre” ($\rho=0,648$, $p<0,05$), e entre a “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e a “velocidade média do MI de apoio” ($\rho=0,687$, $p=0,01$). Uma correlação negativa e moderada foi encontrada entre a “velocidade média do MI livre” e o “tempo de contato das mãos” ($\rho=-0,586$, $p<0,05$). A tabela indica, também, uma correlação positiva e forte entre as variáveis “velocidade média do MI de apoio” e “velocidade média do MI livre” ($\rho=0,846$, $p<0,01$).

Tabela 17. Correlações significativas entre as variáveis de tempo e distância e de velocidade.

		Velocidade média do MI livre (m/s)	Velocidade média do MI de apoio (m/s)	Velocidade média do CG até o apoio das mãos (m/s)
Tempo de contato das mãos (s)	ρ	-,586*	-,498	-,501
	Sig.	,035	,083	,081
Tempo de voo (s)	ρ	,363	,223	,586*
	Sig.	,223	,464	,035
Velocidade média do MI livre (m/s)	ρ	1,000	,846**	,648*
	Sig.	.	,000	,017
Velocidade média do MI de apoio (m/s)	ρ	,846**	1,000	,687**
	Sig.	,000	.	,010
Velocidade média do CG até o apoio das mãos (m/s)	ρ	,648*	,687**	1,000
	Sig.	,017	,010	.
	N	13	13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

A tabela 18 apresenta as correlações significativas entre as variáveis cinéticas e angulares. Foram encontradas correlações positivas e moderadas entre as variáveis “força de impulsão do MI de apoio” e o “ângulo do CG na saída das mãos do solo” ($\rho=0,604$, $p<0,05$), entre a “força de impulsão dos MMSS” e o “ângulo do CG na saída das mãos do solo” ($\rho=0,560$, $p<0,05$), e entre o “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” e a “força de impulsão dos MMSS” ($\rho=0,577$, $p<0,05$). Podemos observar uma correlação negativa e moderada entre a “força de impulsão do MI de apoio” e a “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($\rho=-0,665$, $p<0,05$).

Tabela 18. Correlações significativas entre as variáveis cinéticas e angulares.

	Força de impulsão do MI de apoio (normalizada pelo peso da atleta)	Força de impulsão dos MMSS (normalizada pelo peso do atleta)
Ângulo do CG na saída das mãos do solo (°)	ρ ,604*	,560*
	Sig. ,029	,046
Ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	ρ ,335	,577*
	Sig. ,263	,039
Diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo (°)	ρ -,665*	-,385
	Sig. ,013	,194
	N 13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

A tabela 19 apresenta as correlações entre as variáveis angulares e de tempo e distância. Observa-se uma correlação positiva e forte entre as variáveis “ângulo do CG na saída das mãos do solo” e o “tempo de voo” ($\rho=0,759$, $p<0,01$). Foram encontradas, também, correlações positivas e moderadas entre as variáveis

“ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” e “altura do CG na saída das mãos do solo” ($p=0,593$, $p<0,05$), entre “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” e “altura do CG na saída das mãos do solo” ($p=0,648$, $p<0,05$), entre “tempo de contato das mãos” e “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($p=0,553$, $p=0,05$), e entre “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” e “altura máxima do CG na fase de voo” ($p=0,637$, $p<0,05$). A tabela nos mostra ainda uma correlação negativa e forte entre o “ângulo do CG na saída das mãos do solo” e o “tempo de contato das mãos” ($p=-0,746$, $p<0,01$).

Tabela 19. Correlações significativas entre as variáveis angulares e de tempo e distância.

		Ângulo do CG na saída das mãos do solo (°)	Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	Ângulo do ombro não dominante no apoio das mãos no solo (°)	Diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo (°)
Tempo de voo (s)	ρ	,759**	,204	,338	-,322
	Sig.	,003	,505	,258	,284
Altura do CG na saída das mãos do solo (normalizada pela altura da atleta)	ρ	,429	,593*	,648*	-,500
	Sig.	,144	,033	,017	,082
Tempo de contato das mãos (s)	ρ	-,746**	-,151	-,454	,553*
	Sig.	,003	,622	,119	,050
Altura máxima do CG na fase de voo (normalizada pela altura)	ρ	,429	,533	,637*	-,500
	Sig.	,144	,061	,019	,082
	N	13	13	13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

A tabela 20 apresenta as correlações significativas entre as variáveis angulares e de velocidade. O único parâmetro de velocidade que apresentou correlações significativas com as variáveis angulares foi a “velocidade máxima do MI livre”. Essa variável correlaciona-se negativa e fortemente com o “ângulo do ombro dominante no apoio das mãos no solo” ($\rho=-0,742$, $p<0,01$); negativa e moderadamente com o “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” ($\rho=-0,560$, $p<0,05$); e positiva e moderadamente com o “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” ($\rho=0,610$, $p<0,05$).

Tabela 20. Correlações significativas entre variáveis angulares e de velocidade.

		Ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo (°)	Ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo (°)	Ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo (°)
Velocidade máxima do MI livre (m/s)	ρ	-,742**	-,560*	,610*
	Sig.	,004	,046	,027
	N	13	13	13

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

5.5. Perspectiva dos treinadores

Os treinadores foram solicitados a marcar as três variáveis mais importantes, em sua opinião, para a execução do elemento salto de mãos. Os treinadores deveriam selecionar dentre as seguintes variáveis: “comprimento do afundo”; “distância entre pé de apoio e apoio das mãos”; “força de impulsão do MI de apoio”; “velocidade do MI livre”; “força de impulsão dos MMSS”; “ângulo dos MMSS no apoio das mãos no solo”; “ângulo do quadril na fase de voo”; “altura

máxima do CG na fase de voo”. O gráfico 1 apresenta a frequência com que as variáveis foram apontadas pelos treinadores. Pelo gráfico podemos observar que as três variáveis mais vezes indicadas foram: “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos”, citada por 8 treinadores; “força de impulsão dos MMSS”, citada por 8 treinadores; e “velocidade do MI livre”, citada por 7 treinadores. A variável “altura do CG na fase de voo” não foi marcada por nenhum treinador como sendo uma das variáveis mais importantes. Foi pedido ainda que os treinadores indicassem se consideram a posição da cabeça como uma importante variável, e ela foi citada por 7 treinadores. Porém, como não foi feita análise biomecânica desta variável, ela não foi incluída nos resultados.

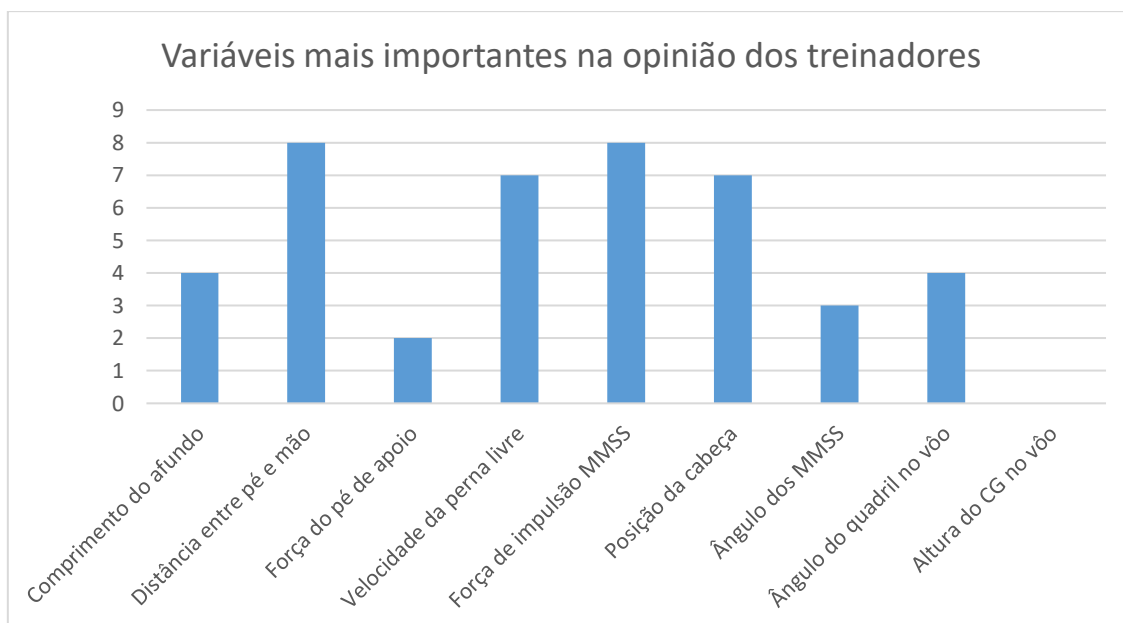


Gráfico 1. Frequência com que as variáveis foram apontadas pelos treinadores

6. Discussão

6.1. Parâmetros determinantes

A primeira hipótese estabelecia que as variáveis determinantes para a execução do salto de mãos seriam a velocidade da perna livre, a força de apoio das mãos no solo, o ângulo dos ombros no apoio ao solo e o ângulo do quadril na fase de voo. De acordo com os resultados encontrados, a hipótese não se confirmou por completo. As variáveis que apresentaram correlação significativa com a média das classificações realizadas pelos treinadores foram: “força de impulsão do MI de apoio” ($p=-0,648$, $p<0,05$); “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” ($p=-0,687$, $p=0,01$); “ângulo do CG na saída das mãos do solo” ($p=-0,643$, $p<0,05$); “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” ($p=0,824$, $p<0,01$); “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($p=0,863$, $p<0,01$). Desses parâmetros, os principais responsáveis pela variação da média da classificação foram o “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” e o “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo”.

Nesta pesquisa, foi encontrada uma correlação negativa e moderada entre a variável “força de impulsão do MI de apoio” e a média das classificações ($p=-0,648$, $p<0,05$), o que significa que quanto maior foi a força de impulsão, melhor classificada foi a ginasta. A forte extensão do MI de apoio aumenta o momento angular já provocado pela inclinação do tronco, e, combinada com o lançamento do MI livre, provoca a rotação do corpo para frente (FIG, 2006; Hay, 1981). Segundo o manual técnico proposto pela FIG (2006), essa variável é um dos quatro pontos-chave para a execução do elemento. A força de impulsão do MI de apoio é, inclusive, citada por vários autores como determinante para a execução do salto de mãos (Araújo, 2013; FIG, 2006; Hay, 1981; Smith, 1993).

Uma correlação negativa e moderada foi apontada entre o “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” e a média das classificações ($p=-0,687$, $p=0,01$), indicando que quanto maior foi o ângulo de flexão do ombro, melhor classificada foi a ginasta. A relação entre a flexibilidade e a execução do salto de mãos já foi anteriormente estudada por Nelson e Metzger (1994), que encontraram uma correlação positiva e significativa entre a variação do impulso

e a amplitude de movimento dos ombros. Os autores afirmam que o apoio das mãos no solo envolvendo baixos ângulos de flexão do ombro, representando notável desalinhamento dos ombros em relação às mãos, resulta numa grande dissipação das forças de reação do solo e na execução de um elemento com baixa estética. A posição estendida dos braços e do corpo é destacada como fundamental para a performance do salto de mãos pela literatura científica (Araújo, 2013; FIG, 2006; Nelson & Metzging, 1994; Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996; Živčić-Marković et al., 2012), além de ser critério de penalização pela arbitragem caso não atingida. De acordo com o manual técnico da FIG (2006), a posição estendida dos braços e corpo é um dos quatro pontos-chave para a execução do elemento. É importante observar que a correlação foi significativa para o ombro do lado dominante, mas não para o lado não dominante. Há diferença entre os ângulos do ombro dominante e não dominante para todas as ginastas, representando uma assimetria em menor ou maior grau. Exell et al. (2016), investigaram a assimetria em variáveis cinéticas e cinemáticas durante a execução do salto de mãos, e encontraram grande assimetria na angulação do ombro no apoio das mãos no solo e uma tendência a maiores valores do lado não dominante. Pelos resultados encontrados por esta pesquisa a angulação dos ombros no momento de apoio das mãos ao solo é preditora de uma boa performance do elemento; porém, seria necessária a realização de outro estudo para entender melhor as diferenças de angulação entre os ombros e a influência para a execução do elemento.

A variável “ângulo do CG na saída das mãos do solo” apresentou uma correlação negativa e moderada com a média das classificações ($\rho = -0,643$, $p < 0,05$), o que significa que quanto maior foi o ângulo em relação ao solo, melhor classificada foi a ginasta. A variável não foi citada pela literatura científica como determinante para a execução do salto de mãos em específico, mas é muito estudada para os elementos que apresentam fase de voo de forma geral. Segundo Hay (1981), o corpo, ao sair do solo, tem sua trajetória de voo definida de acordo com a altura, velocidade e ângulo do CG no momento do *take-off*. O autor destaca, ainda, que quando a ginasta está no ar, o único modo de controlar a rotação é através de ajustes em seu momento de inércia, aproximando ou distanciando os segmentos

corporais do eixo de rotação; porém, essas modificações são limitadas pela estética e regulamento técnico do elemento. Smith (1993) afirma que, quanto maior o ângulo do CG na saída do solo, mais alto será o salto, maior o tempo de voo e menor a distância percorrida. O ângulo ótimo depende do elemento que está sendo realizado. No caso do salto de mãos, um ângulo baixo do CG em relação ao solo no instante do *take-off*, representa uma demora na saída das mãos do solo, um maior tempo de contato e consequentemente uma menor produção de força explosiva pelos MMSS, resultando em uma pior execução do elemento. O ângulo do CG apresentou média de 64,89°, com os dois maiores valores 77,28° e 74,19° pertencendo à 3ª e à 1ª colocada, respectivamente, e os dois menores valores 52,41° e 52,67° pertencendo à 11ª colocada e à 9ª colocada, respectivamente.

Como discutido anteriormente, a posição estendida é uma exigência estética, técnica e biomecânica para a execução do salto de mãos (Araújo, 2013; FIG, 2006; Nelson & Metzger, 1994; Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996; Živčić-Marković et al., 2012). Um ângulo positivo do quadril representa a flexão da articulação, o que não é desejável durante a fase de voo. As variáveis “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” e “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” apresentaram correlação positiva e forte com a média das classificações ($p=0,824$, $p<0,01$ e $p=0,863$, $p<0,01$, respectivamente). Quanto maior foi o ângulo do quadril do lado dominante e quanto maior foi a diferença entre os ângulos dos quadris, pior classificada foi a ginasta. O ângulo do quadril na fase de voo depende da força de lançamento dos MMII, sendo que o MI de apoio é o último a ser lançado e precisa de velocidade para encontrar com o MI livre e atingir a posição estendida. Considerando a força de impulsão do MI de apoio uma das variáveis mais importantes para a execução do salto de mãos, é compreensível que a correlação entre o ângulo do quadril na fase de voo e a média das classificações tenha sido significativa para o lado dominante, mesmo que não tenha sido para o lado não dominante. A diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo representa uma demora da ginasta em juntar as pernas e mantê-las estendidas durante a fase de voo e recepção.

6.2. Correlações entre as variáveis

A segunda hipótese estabelecia correlações importantes entre as variáveis. Das correlações apresentadas pela hipótese confirmaram-se: “ângulo dos ombros no apoio das mãos no solo” e “força de impulsão dos MMSS”; “tempo de contato das mãos” e “força de impulsão dos MMSS”; “força de impulsão dos MMSS” e “altura máxima do CG na fase de voo”.

Foi encontrada uma correlação positiva e moderada entre o “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” e a “força de impulsão dos MMSS” ($\rho=0,577$, $p<0,05$), o que indica que quanto maior foi o ângulo do ombro, maior foi a força de impulsão das mãos. Esse resultado é corroborado pelo estudo realizado por Nelson e Metzing (1994) sobre flexibilidade articular e aplicação de forças na execução do salto de mãos, que concluiu que quanto maior o grau de flexão do ombro, maior a tendência de produção de grandes impulsos. Os autores afirmam que baixos ângulos de flexão do ombro no apoio das mãos no solo representam notável desalinhamento dos ombros em relação às mãos e resultam em grande dissipação das forças de reação do solo, além da execução de um elemento com baixa estética. Em concordância, Araújo (2013) destaca os ombros avançados em relação ao apoio das mãos como sendo um erro frequente. A posição estendida é apontada pela literatura científica como fundamental para a execução do salto de mãos (Araújo, 2013; FIG, 2006; Nelson & Metzing, 1994; Smolevskiy & Gaverdovskiy, 1996; Živčić-Marković et al., 2012). A mesma correlação não se observou, porém, para o lado dominante, o que indica a necessidade de um estudo mais aprofundado para compreender melhor as diferenças de angulação entre os ombros e a influência para a execução do elemento.

O “tempo de contato das mãos no solo” e a “força de impulsão dos MMSS” apresentaram uma correlação negativa e forte ($\rho=-0,834$, $p<0,01$), o que significa que quanto maior foi o tempo de contato das mãos no solo, menor foi a força de impulsão dos MMSS. Segundo Smolevskiy e Gaverdovskiy (1996), a repulsão é sempre muito rápida, apesar de ser um processo complexo e caracterizado por fases. No início do contato das mãos no solo, ocorre uma fase de amortização

do movimento, com a realização de uma ação muscular excêntrica, em que é gerada e armazenada energia elástica. Na sequência, há a fase do impulso com o início da ação muscular concêntrica e o aproveitamento da energia elástica. De acordo com Coutinho (2016), quanto mais rápida for essa fase, mais potente será a ação do músculo. Por fim, há a saída das mãos do solo e o término da ação concêntrica. Coutinho (2016) apresenta a curva de produção da força em função do tempo, em que se é possível observar um rápido aumento no início, até aproximadamente 200 ms, e um crescimento contínuo até atingir um pico de força e o platô da força máxima por volta dos 500ms. Por ser um movimento rápido, o tempo de contato das mãos com o solo no salto de mãos não permite atingir o valor máximo de força; portanto, é fundamental que as ginastas sejam capazes de produzir altos valores de força no menor tempo possível. Essa pode ser entendida como a definição de força explosiva. Segundo Carvalho e Carvalho (2006), a força explosiva é o resultado da relação entre a força produzida e o tempo necessário disponível. Nessa pesquisa, o tempo de contato médio das mãos no solo foi de 280ms. O resultado encontrado é reforçado pelo estudo realizado por Nelson e Metzger (1994), que indicou uma associação entre maiores scores de performance do salto de mãos e menores tempos de contato das mãos no solo.

As variáveis “força de impulsão dos MMSS” e “altura máxima do CG na fase de voo” apresentaram uma correlação positiva e moderada ($\rho=0,610$, $p<0,05$), o que indica que quanto maior foi a força de impulsão dos MMSS, maior a altura atingida pelo CG durante a fase de voo. De acordo com a 3ª Lei de Newton, toda ação gera uma reação na mesma direção e intensidade, com sentido oposto. Desse modo, a impulsão dos MMSS no solo gera uma força de reação que promove a elevação do corpo e a rotação no sentido anterior. Segundo Hay (1981), ao contrair a musculatura dos MMSS, impulsionando as mãos vigorosamente contra o solo, a ginasta desenvolve a elevação necessária para se projetar para cima e passar para a fase aérea do salto de mãos. Smith (1993), afirma que a direção e a velocidade da trajetória do CG durante o voo são determinadas pela intensidade e direção do vetor quantidade de movimento resultante, combinação da quantidade de movimento gerada pela força de

impulsão dos MMII, força de impulsão dos MMSS e momento horizontal. Segundo o autor, para melhor execução, é necessário aumentar a força de impulsão dos MMII, aumentar a força de impulsão dos MMSS e realizar a repulsão assim que há o contato das mãos com o solo.

A hipótese estabelecia, ainda, correlação positiva entre as variáveis “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e “velocidade do MI livre”, e correlação negativa entre o “ângulo dos cotovelos no apoio das mãos” e a “força de impulsão dos MMSS”. Nenhuma dessas correlações confirmou-se como significativa. O salto de mãos é um elemento de solo no qual a atleta, partindo da posição de pé, executa uma rotação de 360° em torno de um eixo transversal situado no apoio das mãos no solo. Para que uma rotação ocorra, é preciso que seja aplicada uma força fora do CG de um corpo (Hall, 2013). O efeito rotacional criado por essa força é conhecido como torque, e pode ser traduzido pela equação $T = Fd$. Segundo Hall (2013), quanto maior o torque sobre o eixo de rotação, maior a tendência desta ocorrer. Considerando que o torque é o produto da força pela distância, quanto maior a força aplicada, e quanto maior a distância perpendicular da linha de ação da força e o eixo de rotação, maior o torque. Para a execução do salto de mãos, é preciso que as mãos estejam apoiadas longe do MI de apoio, de modo que haja maior torque e a rotação ocorra com mais facilidade. Foi colocada a hipótese de que quanto maior a distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos, maior seria a velocidade do MI livre por ser maior o torque. Porém, observou-se que, justamente pelo torque ser maior, maior a facilidade de rotação, não há a necessidade de produzir grandes velocidades do MI livre. Mais à frente discutiremos os parâmetros que se correlacionaram com a velocidade do MI livre.

A posição estendida dos braços é frequentemente citada pela literatura científica como fundamental para uma execução estética e tecnicamente correta do salto de mãos. Para essa pesquisa, então, foi apresentada a hipótese de que a flexão dos cotovelos influenciaria negativamente a força de impulsão dos MMSS. Segundo Nelson e Metzing (1994), apoiar os braços não estendidos no solo, resulta em uma grande dissipação da força de reação do mesmo, reduzindo o impulso dos MMSS e a estética do movimento. A correlação encontrada, porém,

não foi significativa. Outros estudos são necessários para se confirmar essa hipótese. É possível, também, que o apoio fletido dos cotovelos, seguido por sua rápida e explosiva extensão, contribua com a repulsão dos ombros para a impulsão dos MMSS; no entanto, este é um erro muito grave (Smolevskiy e Gaverdovskiy, 1996). Manter os cotovelos estendidos é uma exigência do Código de Pontuação da GAF (FIG, 2017), sendo passível de descontos de 0,1, 0,3 ou 0,5 pontos, dependendo do ângulo de flexão.

O procedimento estatístico Correlação de *Spearman* foi aplicado entre todos os parâmetros avaliados, o que resultou em muitas correlações. A seguir vamos discutir as correlações não citadas pela hipótese. Foram encontradas correlações positivas e moderadas entre a “velocidade do CG até o apoio das mãos no solo” e o “tempo de voo” ($p=0,586$, $p<0,05$); entre a “altura do CG na saída das mãos do solo” e o “tempo de voo” ($p=0,633$, $p<0,05$); e entre a “altura máxima do CG durante a fase de voo” e o “tempo de voo” ($p=0,655$, $p<0,05$). Foi encontrada também uma correlação positiva e forte entre o “ângulo do CG na saída das mãos do solo” e o “tempo de voo” ($p=0,759$, $p<0,01$). Essas correlações indicam que quanto maior foi a velocidade, a altura e o ângulo do CG, maior foi o tempo de voo. Tais correlações estão relacionadas com a trajetória do projétil. Como dito anteriormente, a trajetória do CG é determinada no momento da impulsão dos MMSS no solo a partir do ângulo, altura e velocidade de saída do CG (Hay, 1981; Smith, 1993; Vilas-Boas, 2016). O “ângulo do CG na saída das mãos do solo” apresentou correlação positiva e moderada com a “força de impulsão do MI de apoio” ($p=0,604$, $p<0,05$) e com a “força de impulsão dos MMSS” ($p=0,560$, $p<0,05$), o que significa que quanto maior foi a força de impulsão do MI de apoio e dos MMSS, maior foi o ângulo de saída do CG. Segundo Smith (1993), é importante que o vetor da quantidade de movimento resultante do CG no início da fase de voo seja o mais próximo possível da vertical, de modo que o ângulo do CG nesse instante não deve ser muito menor que 90° . Em concordância com os resultados encontrados por essa pesquisa, o autor destaca o aumento da força de impulsão dos MMSS e do MI de apoio para que o vetor da quantidade de movimento resultante do CG seja mais próximo da vertical. As correlações positivas e moderadas encontradas

entre a variável “altura do CG na saída das mãos do solo” e as variáveis “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” ($p=0,593$, $p<0,05$) e “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” ($p=0,648$, $p<0,05$), indicam que quanto maior foi o ângulo dos ombros, maior foi a altura do CG. Um menor ângulo dos ombros no apoio das mãos no solo, representa um corpo pouco estendido e desalinhado, e conseqüentemente menor altura do CG. A variável “altura do CG na saída das mãos do solo” apresentou uma correlação positiva e muito forte com a “altura máxima do CG na fase de voo” ($p=0,989$, $p<0,01$), ou seja, quanto maior a altura no *take-off*, maior a altura atingida na fase de voo. A trajetória do CG é definida no instante do *take-off* através dos valores de altura, ângulo e velocidade (Hall, 2013; Hay, 1981; Smith, 1993), justificando assim a correlação tão forte entre as variáveis de altura, medidas em instantes diferentes. Além disso, os valores máximos da altura na fase de voo são muito próximos aos valores da altura na saída, provavelmente pela dificuldade das ginastas em elevarem seu próprio corpo através da repulsão. Assim como a “altura máxima do CG na fase de voo”, a variável “altura do CG na saída das mãos do solo” também apresentou uma correlação positiva e moderada com a “força de impulsão dos MMSS” ($p=0,599$, $p<0,05$), o que significa que quanto maior foi a força de impulsão dos MMSS, maior foi a altura do CG na saída das mãos do solo. A variável “altura do CG na saída das mãos do solo” foi medida no último instante de contato das mãos com o solo, instante em que já havia sido produzida a força de repulsão dos MMSS, influenciando a altura do CG da mesma forma que à altura máxima atingida.

Os resultados mostraram uma correlação positiva e forte entre as variáveis “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e “força de impulsão dos MMSS” ($p=0,775$, $p<0,01$), o que significa que quanto maior foi a distância do apoio das mãos para o pé de apoio, maior foi a impulsão dos MMSS. A variável “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” apresentou, também, uma correlação negativa e forte com o “tempo de contato das mãos no solo” ($p=-0,776$, $p<0,01$), indicando que quanto maior foi a distância do apoio das mãos para o pé de apoio, menor foi o tempo de contato das mãos no solo. Para que a rotação ocorra com maior facilidade na execução do salto de mãos, é preciso

que as mãos estejam apoiadas longe do MI de apoio, de modo que haja maior torque. A chamada, com o corpo inclinado para frente, permite à ginasta a posição ótima para a aplicação das forças e a rápida rotação do corpo (FIG, 2006; Hay, 1981). Quanto mais longe as mãos forem apoiadas em relação ao pé, mais rígido e estendido estará o corpo, maior o alinhamento dos ombros com os punhos, menor será a dissipação da força de reação do solo, o que irá produzir um impulso maior e mais rápido.

A variável “tempo de contato das mãos no solo” apresentou correlação negativa e forte com o “ângulo do CG na saída das mãos do solo” ($p=-0,746$, $p<0,01$), e, ainda, correlação negativa e moderada com as variáveis “velocidade média do MI livre” ($p=-0,586$, $p<0,05$) e “força de impulsão do MI de apoio” ($p=-0,641$, $p<0,05$), indicando que quanto maior foi o tempo de contato das mãos, menor foi o ângulo do CG na saída das mãos do solo, a velocidade do MI livre e a força de impulsão do MI de apoio. A variável “tempo de contato das mãos no solo” apresentou, também, uma correlação positiva e moderada com a “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($p=0,553$, $p=0,05$), ou seja, quanto maior foi o tempo de contato das mãos, maior foi a diferença entre os ângulos do quadril. Essas correlações estão interligadas e representam a influência da explosão e da velocidade na execução do salto de mãos. Quanto menor a velocidade do MI livre e quanto menor a força do MI de apoio, mais lento e menos explosivo é o movimento, consequentemente maior é o tempo de contato das mãos no solo. Quanto maior é o tempo de contato das mãos no solo, menor é o ângulo do CG na saída das mãos do solo, tornando o movimento longo, baixo e com menor tempo de voo (Smith, 1993). Nesse sentido, outras correlações contribuem para esclarecer a influência da velocidade para a execução do elemento: “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e o “tempo de voo” ($p=0,586$, $p<0,05$); “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e a “velocidade média do MI livre” ($p=0,648$, $p<0,05$), e entre a “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e a “velocidade média do MI de apoio” ($p=0,687$, $p=0,01$); “velocidade média do MI de apoio” e “velocidade média do MI livre” ($p=0,846$, $p<0,01$), “força de impulsão do MI de apoio” e “diferença entre os ângulos do quadril na fase de voo” ($p=-0,665$, $p<0,05$). Essas correlações

informam-nos que, quanto maior a velocidade do CG até o apoio das mãos, maior o tempo de voo e maior a velocidade dos MMII; do mesmo modo, quanto maior a velocidade do MI livre, maior a velocidade do MI de apoio. Como demonstrado por esses resultados, a literatura destaca a importância da corrida no desenvolvimento do momento horizontal para a realização do salto de mãos (FIG, 2006, Smith, 1993). A diferença entre os ângulos do quadril representa uma demora das ginastas em juntar os MMII e mantê-los estendidos e pode ser provocada pela falta de força de impulsão do MI de apoio como indicado pela correlação entre tais variáveis. O único parâmetro de velocidade que apresentou correlações significativas com as variáveis angulares foi a “velocidade máxima do MI livre”. Essa variável correlaciona-se negativa e fortemente com o “ângulo do ombro dominante no apoio das mãos no solo” ($p=-0,742$, $p<0,01$); negativa e moderadamente com o “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” ($p=-0,560$, $p<0,05$); e positiva e moderadamente com o “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” ($p=0,610$, $p<0,05$). Através dessas correlações, observamos que quanto maior foi a velocidade do MI livre, menor foi o ângulo dos ombros no apoio. Segundo Russel (2015), a extensão excessiva do quadril, provocada por uma velocidade muito alta do MI livre, leva a uma extensão exagerada do tronco devido à 3ª Lei de Newton, o que pode refletir no avanço dos ombros no apoio das mãos no solo e em menores ângulos da articulação.

6.3. *Perspectiva dos treinadores*

Os resultados apresentados pelo gráfico 1 mostram-nos que as variáveis mais importantes para a execução do salto de mãos na perspectiva dos treinadores foram: “distância entre o pé de apoio e as mãos”, “força de impulsão dos MMSS” e “velocidade do MI livre”. A regressão linear múltipla com o método *stepwise* indicou os parâmetros “ângulo do ombro do lado dominante no apoio das mãos no solo” e o “ângulo do quadril do lado dominante na fase de voo” como os principais preditores da classificação. Como foram os próprios treinadores que estabeleceram a classificação entre as atletas para a comparação das variáveis, era esperado que houvesse uma concordância entre os parâmetros definidos pelo procedimento estatístico e os parâmetros por eles indicados como mais

importantes; porém, não foi o que se observou. Não houve concordância entre a perspectiva dos treinadores e o resultado indicado pela análise biomecânica, rejeitando a terceira hipótese do trabalho. É possível que os treinadores tenham avaliado a execução com parâmetros diferentes dos que citaram como mais importantes. Os parâmetros citados pelos treinadores são indicados também pela literatura científica como fundamentais para a execução do salto de mãos (Araújo, 2013; Hay, 1981; Smolevskiy e Gaverdovskiy, 1996). Porém, não são os principais critérios de penalização pela arbitragem. Como descrito no item “Erros e penalizações” da revisão de literatura, os principais descontos dos árbitros estão relacionados aos ângulos articulares, por exemplo quadril e os joelhos flexionados durante o voo, pernas e joelhos afastados, ombros avançados no apoio das mãos, cotovelos flexionados na repulsão. É necessário ter em mente que as atletas são avaliadas por árbitros que não possuem recursos de avaliação biomecânica quantitativa, baseando suas notas no que vêem no instante da execução, sendo, assim, a estética um fator ainda importante na GAF.

É possível, também, que haja uma inconsistência entre o que os treinadores visualizaram em vídeo e os valores reais quantificados pela avaliação biomecânica. Essa inconsistência pode ser fruto de desconhecimento por parte dos treinadores, inexperiência e/ou falta de prática em análise biomecânica qualitativa. No entanto, o foco dessa pesquisa não é a formação profissional e experiência dos treinadores, sendo necessário testar essa hipótese através de um estudo mais aprofundado nessas questões.

Em concordância com a literatura científica (Araújo, 2013; FIG, 2006; Smolevskiy e Gaverdovskiy, 1996), 7 dos 12 treinadores indicaram a posição da cabeça como parâmetro muito importante para a execução do salto de mãos; porém, o instrumento utilizado não possibilitou aferir com precisão a trajetória da cabeça. É necessário a realização de outro estudo, com um instrumento mais adequado, para compreender a influência da posição da cabeça na execução do salto de mãos.

7. Conclusão

Os resultados dessa pesquisa sugerem que os principais parâmetros para uma boa execução do salto de mãos no solo são o “ângulo do ombro no apoio das mãos no solo” e o “ângulo do quadril na fase de voo”. Maiores ângulos de flexão do ombro e menores ângulos de flexão do quadril foram associados a bons índices de classificação aos olhos de treinadores da modalidade. É possível melhorar a execução do salto de mãos também com o aumento da força de impulsão do MI de apoio; com uma saída do solo mais próxima da vertical, com maiores valores de ângulo do CG e com uma menor assimetria na angulação do quadril.

O grande número de correlações entre as variáveis indica uma relação de interdependência entre elas, o que dificulta a análise de parâmetros isolados, mas pode ser uma ótima ferramenta para auxiliar os treinadores na correção de erros e na indicação do que modificar para melhorar a execução do elemento. As principais correlações positivas encontradas foram: “ângulo do ombro do lado não dominante no apoio das mãos no solo” e “força de impulsão dos MMSS”; “força de impulsão do MI de apoio” e “ângulo do CG na saída das mãos do solo”; “força de impulsão dos MMSS” e “ângulo do CG na saída das mãos do solo”; “distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos” e “força de impulsão dos MMSS”; “velocidade média do CG até o apoio das mãos” e “velocidade média dos MMII”. E as principais correlações negativas encontradas foram: “tempo de contato das mãos no solo” e “força de impulsão dos MMSS”; “tempo de contato das mãos no solo” e “ângulo do CG na saída das mãos do solo”.

Algumas correlações mostraram-se significativas apenas para o lado dominante (referente ao MI de apoio), enquanto outras mostraram-se significativas apenas para o lado não dominante. A assimetria entre os membros é comum na GA e está relacionada à performance e aos mecanismos de lesão (Exell et al., 2016). Segundo os autores, a assimetria pode estar relacionada a movimentos compensatórios, com o objetivo de ajustar o padrão de movimento, mas, também, pode estar associada à produção da força ou absorção do impacto, favorecendo o acontecimento de lesões. Para melhor compreender as

diferenças entre os lados dominante e não dominante dos MMSS e MMII, e as implicações da assimetria para a execução do salto de mãos, é fundamental a realização de um estudo mais aprofundado.

O resultado indicou uma discordância entre a perspectiva dos treinadores sobre os parâmetros mais importantes para a execução do salto de mãos e os parâmetros indicados pela análise biomecânica. Entretanto, as variáveis citadas pelos treinadores apresentaram correlações com outras variáveis, inclusive com os parâmetros apontados na correlação e regressão como preditores da classificação; por isso, devem ser consideradas importantes no ensino e na correção do movimento.

A GA é uma modalidade ampla, com uma vasta gama de elementos e uma carência de estudos sobre a biomecânica específica dos exercícios. Esta pesquisa buscou contribuir com a investigação científica da área e ampliar o conhecimento dos treinadores. A amostra, no entanto, é pequena e restrita a uma faixa etária, sendo recomendável analisar o elemento salto de mãos em outras categorias e com maior número de atletas.

8. Referências

Abdel-Baser, E. A. (2010). Comparison of take-off dynamics in the forward handspring followed by forward somersault tuck on the floor. *World Journal of Sport Sciences* 3 (S): 132-137. Retrieved from: <http://www.idosi.org/wjss/3%28S%2910/16.pdf>

Aleixo, I. M. S. (1998). *O ensino da Ginástica Olímpica, no aparelho solo, para crianças de 7 e 8 anos* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Aleixo, I. M. S. (2010). *O ensino da ginástica artística no treino de crianças e jovens: estudo quasi-experimental aplicado em jovens praticantes brasileiras* (Tese de doutorado). Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Araújo, C. M. R. (2013). *Ginástica - Manual de ajudas*. Porto: Porto Editora.

Arkaev, L., & Suchilin, N. G. (2004). *Gymnastics: how to create champions*. Oxford: Meyer & Meyer Verlag.

Carrasco, R. (1982). *Ginástica Olímpica: Pedagogia dos aparelhos* (B. Turquetti, L. Henk, Trad.). São Paulo: Editora Manole

Carvalho, C., & Carvalho, A. (2006). Não se deve identificar força explosiva com potência muscular, ainda que existam algumas relações entre ambas. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6(2), 241-248.

Confederação Brasileira de Ginástica (2017). *Regulamento técnico da Ginástica Artística Feminina Categorias Pré Infantil e Infantil*. Aracaju, Brasil: CBG

Coutinho, J. (2016). *Pliometria: sequência racional*. Coleção Treinamento Esportivo. Recuperado de: <http://treinamentoesportivo.com/>

Čuk, I., & Marinšek, M. (2013). Landing quality in artistic gymnastics is related to landing symmetry. *Biology of sport*, 30(1), 29. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3944558/pdf/JBS-30-1029818.pdf>. DOI: 10.5604/20831862.1029818

Exell, T. A., Robinson, G., & Irwin, G. (2016). Asymmetry analysis of the arm segments during forward handspring on floor. *European journal of sport science*, 16(5), 545-552. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1115558>.

Farana, R., Uchytíl, J., Zahradník, D., & Jandačka, D. (2013). Kinematic analysis of “Lou Yun” vaults performed by top level male gymnasts: relationship between kinematic variables and judges’ score. *Acta Gymnica*, 43(1), 17-25.

Federação de Ginástica de Portugal. (2017). *Programa técnico competitivo de Ginástica Artística Feminina*. Lisboa, Portugal: FGP

Federação Internacional de Ginástica. (2006). *Women’s Artistic Gymnastics: Technical manual Level I*. Lausanne, Switzerland: FIG.

Federação Internacional de Ginástica. (2010). *Gimnasia de Trampolin: Manual Técnico Nivel I*. Lausanne, Switzerland: FIG.

Federação Internacional de Ginástica. (2015). *Age group development and competition program for Women’s Artistic Gymnastics*
Recuperado de: <http://www.fig-docs.com/website/agegroup/manuals/Agegroup-wag-manual-e.pdf>

Federação Internacional de Ginástica. (2016). *About Artistic Gymnastic*. Recuperado de: <http://www.fig-gymnastics.com/site/page/view?id=253>

Federação Internacional de Ginástica. (2017). *2017-2020 Code of Points: Women's Artistic Gymnastics*. Lausanne, Switzerland: FIG.

Federação Internacional de Ginástica. (2018). *Apparatus description*. Recuperado de: <http://www.fig-gymnastics.com/site/page/view?id=498>

Hall, S. J. (2013). *Biomecânica básica* (6ª ed.) (D. Campos, D. Futuro, Trad.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Hay, J. G. (1981) *Biomecânica das Técnicas Desportivas* (S. Corrêa, Trad.). Rio de Janeiro: Ed. Interamericana.

Herholz, E. (2007) *History of floor exercise*. Retrieved from http://www.gymmedia.com/ag/history/appa/floor/history_fx.htm

Internacional Olympic Committee (2018). Game Results: Artistic Gymnastics. Retrieved from <https://www.olympic.org/athens-1896/gymnastics-artistic>

Knudson, D. (2007). *Fundamentals of biomechanics* (2nd ed.). New York: Springer Science & Business Media.

Leguet, J. (1987). *As ações motoras em ginástica esportiva* (B. Gurovitz, M. Favilla, Trad.). São Paulo: Manole.

Nelson, N. G., & Metzinger, M. (1994). Joint mobility and force application during the thrust phase of the front handspring on floor exercise. In A. Barabas & G. Fabian (eds.), *Biomechanics in sports XII: proceedings of the 12th symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*, Budapest, International Society of Biomechanics in Sports, c1995, 241-244.

Nista-Piccolo, V. N. (2005) Pedagogia da Ginástica Artística. In: Nunomura, M.; Nista-Piccolo, V. N. *Compreendendo a ginástica artística* (pp.27-36). São Paulo: Phorte.

Nunomura, M., & Oliveira, M. S. (2014). O perfil, as motivações e os desafios dos técnicos de Ginástica Artística no Brasil. In L. M. Schiavon, M. A. C. Bortoleto, M. Nunomura & E. de Toledo (Org.), *Ginástica de alto rendimento* (pp. 65-88). Várzea Paulista: Fontoura.

Nunomura, M., & Tsukamoto, M. H. C. (2005). Fundamentos da Ginástica Artística. In: M. Nunomura, & V. N. Nista-Piccolo, *Compreendendo a ginástica artística* (pp.37-58). São Paulo: Phorte.

Oliveira, M. S., & Bortoleto, M. A. C. (2011). Apontamentos sobre a evolução histórica, material e morfológica dos aparelhos da ginástica artística masculina. *Journal of Physical Education*, 22(2), 283-295.

Pastor, F. S. (2003). *Gimnasia artística: los fundamentos de la técnica*. Madrid: Biblioteca Nueva.

Prassas, S. (1999). Biomechanical research in gymnastics: What is done, what is needed. *Applied Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Perth, Australia. Recuperado de <http://ro.ecu.edu.au/ecuworks/7129>

Prassas, S., Kwon, Y. H., & Sands, W. A. (2006). Biomechanical research in artistic gymnastics: a review. *Sports biomechanics*, 5(2), 261-291.

Públio, N. S. (2005). Origem da Ginástica Olímpica. In: M. Nunomura, & V. N. Nista-Piccolo, *Compreendendo a ginástica artística* (pp.15-26). São Paulo: Phorte.

Roble, O. J., Nunomura, M., & Oliveira, M. S. (2013). O que a ginástica artística tem de artística?: considerações a partir de uma análise estética. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 27(4), 543-551.

Russell, K. (2014). Desafios da Ginástica: uma visão de 50 anos de experiência como técnico e em ensino. In L. M. Schiavon, M. A. C. Bortoleto, M. Nunomura & E. de Toledo (Org.), *Ginástica de alto rendimento* (pp. 25-41). Várzea Paulista: Fontoura.

Russell, K. (2015, outubro). Biomechanics in competitive artistic gymnastics. *IV Seminário Internacional de Ginástica Artística e Rítmica de Competição*, São Paulo, SP, Brasil.

Sands, W. A. (2011). Biomechanics for gymnastics. In M. Jemni (Ed), *The science of Gymnastics* (pp. 55-105). London: Routledge.

Smith, T. (1993). *Biomecánica y gymnasia* (N. Girons, Trad.). Barcelona: Paidotribo,

Smolevskiy, V. & Gaverdovskiy, I. (1996). *Tratado general de gymnasia artistica desportiva*. Barcelona: Paidotribo.

Vilas-Boas, J. P. (2016). Biomecânica do Desporto. In Instituto Português do Desporto e Juventude, *Manual de formação de treinadores – Grau II*.

Recuperado de: <http://www.idesporto.pt/conteudo.aspx?id=191&idMenu=53>

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement* (4th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.

Živčić-Marković, K., Sporiš, G., Čavar, I., Aleksić-Veljković, A., & Milanović, Z. (2012). Biomechanical evaluation of exercises for performing a forward handspring-Case study. *Journal of human kinetics*, 34(1), 21-32.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Declaração de consentimento

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

de acordo com a Declaração de Helsínquia¹ e a Convenção de Oviedo²

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorrecto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Título do estudo: Parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do salto de mãos na Ginástica Artística Feminina

Enquadramento: Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Mestrado em Desporto para Crianças e Jovens. Orientador: Prof. Dr. Carlos Araújo

Explicação do estudo: O estudo tem como objetivo compreender os parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do elemento salto de mãos. Para tal, a amostra é composta por 10 atletas da categoria Iniciada da 1ª Divisão da Ginástica Artística Feminina. A coleta será realizada no Laboratório de Biomecânica da Universidade do Porto e tem duração aproximada de 30min. Serão colocados marcadores no corpo da ginasta e esta será filmada durante as 5 tentativas de execução do movimento. Na sequência os marcadores serão retirados e encerra a participação da atleta.

Condições e financiamento: O estudo é financiado pelo próprio investigador e não acarreta ônus para os participantes. A participação dos sujeitos é voluntária.

Confidencialidade e anonimato: Os dados são confidenciais e serão utilizados exclusivamente para o presente estudo.

Agradeço a disponibilidade e a participação,

Rosa Amaral Ramos,
932968062
rosamaral@gmail.com

Assinatura:
.....

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela/s pessoa/s que acima assina/m. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pela investigadora.

Nome:

Assinatura:
..... Data: /..... /.....

SE NÃO FOR O PRÓPRIO A ASSINAR POR IDADE OU INCAPACIDADE (se o menor tiver discernimento deve <u>também</u> assinar em cima, se consentir)						
NOME:						
...						
BI/CD Nº: DATA OU VALIDADE /..... /.....						
GRAU	DE	PARENTESCO	OU	TIPO	DE	REPRESENTAÇÃO:
.....						
ASSINATURA						
.....						



Esta ficha de avaliação técnica foi desenvolvida como parte integrante da pesquisa denominada “Parâmetros biomecânicos determinantes para a execução do salto de mãos na Ginástica Artística Feminina” de autoria da estudante de mestrado Rosa Amaral Ramos, com orientação do professor Carlos Araújo e co-orientação da professora Filipa Sousa, com o objetivo de compreender as variáveis determinantes para a execução do salto de mãos. Agradeço imensamente a sua contribuição.

Ficha de avaliação técnica

1. Marque com X as três variáveis que, na sua opinião, são mais importantes para a execução do salto de mãos.

- () Comprimento do afundo
- () Distância entre o pé de apoio e o apoio das mãos
- () Força de impulsão da perna de apoio no solo
- () Velocidade da perna livre
- () Força de impulsão de membros superiores no momento de apoio no solo (sem flexão de cotovelos)
- () Posição da cabeça no momento da impulsão de membros superiores (se considerar esse item das três variáveis mais importantes favor marcar mais uma variável com um *. Nesse caso, e apenas nesse caso, serão 4 variáveis)
- () Ângulo do tronco / membros superiores no momento do apoio das mãos
- () Colocação da bacia durante a fase de voo (corpo aberto)
- () Altura máxima do centro de gravidade durante a fase de voo

2. Veja os vídeos e classifique as atletas de acordo com a execução do salto de mãos: da melhor para a pior (1ª a 13ª)

1ª) Atleta nº ____ 2ª) Atleta nº ____ 3ª) Atleta nº ____ 4ª) Atleta nº ____

5ª) Atleta nº ____ 6ª) Atleta nº ____ 7ª) Atleta nº ____ 8ª) Atleta nº ____

9ª) Atleta nº ____ 10ª) Atleta nº ____ 11ª) Atleta nº ____ 12ª) Atleta nº ____

13ª) Atleta nº ____