

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

**RESPOSTAS CINEMÁTICAS, CINÉTICAS E NEUROMUSCULARES DE  
DIFERENTES SALTOS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA**

**Dissertação de Mestrado**

**Patrícia Dias Pantoja**

Porto Alegre, julho de 2012

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

**Patrícia Dias Pantoja**

**RESPOSTAS CINEMÁTICAS, CINÉTICAS E NEUROMUSCULARES DE  
DIFERENTES SALTOS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau acadêmico de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel**

Porto Alegre julho de 2012

**Patrícia Dias Pantoja**

**RESPOSTAS CINEMÁTICAS, CINÉTICAS E NEUROMUSCULARES DE  
DIFERENTES SALTOS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Educação Física  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Porto Alegre, julho de 2012

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:**

Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Prof. Dr. Aluísio Ávila

Prof. Dr. Leonardo Tartaruga

Porto Alegre, agosto de 2012

Orientador: Luiz Fernando Martins Krueh

Mestrando: Patrícia Dias Pantoja

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho se tornou possível devido à contribuição de muitas pessoas durante estes dois anos, e inclusive naqueles anos que antecederam o meu ingresso no curso de mestrado. Gostaria de agradecer ao prof. Krueel pela orientação e por todas as oportunidades oferecidas desde os tempos da graduação, pela amizade e pela confiança no meu trabalho, e por ter possibilitado a realização do sonho de pesquisar sobre a patinação artística sobre rodas.

Aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Leonardo Tartaruga, por contribuir com a minha formação desde a época em que fui monitora na disciplina de natação, pelo incentivo à pesquisa, contribuindo também com o meu aprendizado em biomecânica, por toda a paciência em me auxiliar com o aprendizado da construção de rotinas no *software* Labview, assim como pela amizade e por todo o apoio no decorrer dos anos; Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai, por aceitar o convite para avaliação deste trabalho e pelas contribuições com a construção do mesmo; e Prof. Dr. Aluísio Ávila, também por aceitar o convite e por contribuir com este trabalho, abrindo as portas do IBTeC e me recebendo de braços abertos, permitindo a utilização dos equipamentos e do espaço do laboratório de biomecânica.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano e aos funcionários do LAPEX, por todo o auxílio e apoio durante estes dois anos de mestrado.

À empresa Miotec, por ter concedido a utilização do eletromiógrafo *Wireless*, ter auxiliado constantemente para o funcionamento do equipamento, e por ter sempre me recebido com toda cordialidade.

À Patinart Academia de Patinação, especialmente ao técnico e amigo Leo Bengochea e à monitora, amiga e colega Bárbara Fujita, por terem apoiado este estudo desde o início, por ceder horários de aulas para que eu pudesse utilizar o ginásio para a realização das coletas, bem como pelas oportunidades oferecidas, que contribuem com a minha experiência como patinadora, coreógrafa e técnica.

Aos proprietários do ginásio Sindimetal, Wanderlei e Miriam, por também apoiar este trabalho desde o início, não medindo esforços para que eu conseguisse horários e abrindo as portas inclusive em finais de semana.

Às técnicas Janaína Espíndola e Fabiane Knak, por apoiarem o estudo tornando possível a realização das coletas com os seus atletas.

Aos patinadores avaliados neste estudo, pela participação, paciência e disponibilidade para ajudar.

Ao meu orientando André Mello, por todo o esforço, disponibilidade e dedicação na participação deste trabalho.

Um agradecimento especial às amigas e colegas do GPAT, Ana Carolina Kanitz, Stéphanie Pinto e Giane Liedtke, pelas contribuições com as coletas e análises deste estudo. Obrigada por toda a força e por me fazerem sorrir inclusive nos momentos mais difíceis. Agradeço também os colegas Eduardo Cadore, Rodrigo Delevatti e Rodrigo Ferrari pelo auxílio durante as coletas. Às minhas colegas de mestrado Maira Schoenel e Amanda Antunes, pela parceria e apoio durante este período de estudos, e a todos os colegas do GPAT por todas as conversas e por todo o aprendizado que tenho com vocês.

À Prof. Dr. Cristine Alberton, pela amizade e pelos ensinamentos desde a época da minha graduação, pela ajuda nas coletas e nas análises deste trabalho, por servir como exemplo e inspiração, e por acreditar em mim e me apoiar em todos os momentos.

Ao Prof. Marcus Tartaruga, pela ajuda e disponibilidade durante as coletas deste estudo, fornecendo também os equipamentos necessários.

Aos amigos do Locomotion, Alberito, Henrique, Rodrigo, Jorge e Naty, pela ajuda e pelo apoio durante este trabalho.

Aos amigos do IBTeC, Roberta, Alexandre, Emanuele, Caroline e Aline, bem como ao Prof. Dr. Milton Zaro, por também terem me recebido sempre com cordialidade, me ajudando e me apoiando para a realização deste trabalho.

Às amostras que participaram do teste de reprodutibilidade e validade, muito obrigada pela participação e pela disposição em ajudar.

Para finalizar, agradeço à minha família, em especial ao meu pai Celso, à minha mãe Laura e ao meu irmão Celso, por me apoiarem em todas as etapas da minha vida, pelo carinho e pelos ensinamentos, que fazem com que eu evolua cada vez mais nos caminhos que percorro, e agradeço também ao meu outro maninho, o Tito, um lindo poodle-maltês que foi meu companheiro fiel durante as muitas horas de estudo, incluindo aquelas que aconteceram no quarto turno.

Agradeço a Deus pelas bênçãos e pelas oportunidades que tenho, por ter colocado todos vocês em meu caminho, e pelos ensinamentos com os quais me deparo durante as diversas experiências da vida.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar as respostas cinemáticas e neuromusculares de diferentes saltos da patinação artística sobre rodas, com e sem patins, as respostas cinéticas dos mesmos saltos sem patins, e as respostas cinéticas e cinemáticas do *countermovement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ) e *squat jump* (SJ), em patinadores de elite. Foram avaliados quatro patinadores de elite do Rio Grande do Sul, sendo estes uma mulher e um homem da categoria Junior e uma mulher e um homem da categoria Sênior. Os sujeitos participaram de três sessões: a primeira foi destinada à coleta das medidas antropométricas e à realização da contração isométrica voluntária máxima para normalização da eletromiografia, a segunda foi destinada à coleta das variáveis cinéticas, cinemáticas e neuromusculares sem patins, no laboratório, e a terceira foi destinada à coleta das variáveis neuromusculares e cinemáticas durante os saltos realizados com patins, no ginásio. Foram avaliados quatro saltos da patinação artística: *Axel* simples, *Axel* duplo, *Mapes* duplo e *Mapes* triplo. Os sujeitos executaram três saltos de cada tipo e foi selecionado aquele que estava melhor localizado dentro da zona de filmagem e que apresentou a melhor qualidade de execução. De acordo com os resultados, os patinadores homens foram mais potentes do que as mulheres durante os saltos verticais CMJ, DJ e SJ. Nos saltos da patinação os quatro atletas apresentaram maior impulso, potência máxima, altura e velocidade rotacional durante os saltos com mais rotações do que durante os saltos com menos rotações, enquanto a velocidade horizontal no *take-off* foi menor nos saltos com mais rotações. Na comparação entre os saltos *Axel* e *Mapes*, os patinadores demonstraram maior duração da propulsão no salto *Axel* do que no *Mapes*. Quanto à análise eletromiográfica, os músculos gastrocnêmio lateral, reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral e glúteo máximo, apresentaram maior ativação durante os saltos com mais rotações, principalmente nas fases de propulsão e voo. Sugere-se que os resultados obtidos no presente estudo sejam considerados no planejamento de um treinamento específico, já que podem ser importantes para o desenvolvimento dos patinadores de elite, provavelmente sendo úteis também para os patinadores de outros níveis que almejam alcançar o nível internacional e obter sucesso em competições.

**Palavras-chave:** Patinação artística, cinemática, força de reação do solo, ativação muscular

## ABSTRACT

The aim of the present study was to analyze the kinematic and neuromuscular responses of different roller figure skating jumps, with and without skates, the kinetic responses of the same jumps without skates and the kinetic and kinematic responses of the *countermovement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ) and *squat jump* (SJ), in elite skaters. Four elite skaters from Rio Grande do Sul were evaluated, including one Junior female, one Junior male, one Senior female and one Senior male. Each one took part in three experimental sessions: the first one was to collect the anthropometric data and to perform the maximum voluntary isometric contraction for electromyography normalization, the second one was to collect the kinetic, kinematic and neuromuscular variables, without skates, at the laboratory, and the third one was to collect the neuromuscular and kinematic variables during the jumps executed with skates, at the rink. Four roller figure skating jumps were evaluated: single *Axel*, double *Axel*, double *Mapes* and triple *Mapes*. Subjects executed three jumps of each type and one was selected for analysis based on the best recording area and on the overall quality of the jump. According to the results, male skaters were more powerful than female skaters during the vertical jumps CMJ, DJ and SJ. During the roller figure skating jumps, the four skaters demonstrated higher impulse, maximal power, height and rotational velocity during jumps with more rotations than during jumps with less rotation, while the horizontal velocity at *take-off* was lower in the jumps with more rotations. Comparing the *Axel* and *Mapes* jumps, the skaters demonstrated more duration at the propulsion phase in the *Axel* jump than in the *Mapes*. In regard to the electromyographic response, the lateral gastrocnemius, rectus femoris, vastus lateralis, biceps femoris and gluteus maximus, showed more activation in the jumps with more rotations and mainly in the propulsion and flight phases. It is suggested that the results obtained in this study are considered in planning a specific training, since they may be important for the development of elite skaters, probably being also useful for skaters of other levels that aim to achieve the international level and succeed in competitions.

**Keywords:** artistic skating, kinematics, ground reaction force, muscle activation

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1- Objetivo Geral .....	23
1.2- Objetivos Específicos .....	23
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>26</b>
2.1- A HISTÓRIA DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA.....	26
2.2- TIPOS BÁSICOS DE SALTOS VERTICAIS E OS SALTOS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA.....	29
2.3- RESPOSTAS BIOMECÂNICAS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA.....	37
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
3.1- AMOSTRA .....	47
3.2- VARIÁVEIS .....	47
3.2.1- Variáveis independentes .....	47
3.2.2- Variáveis dependentes.....	48
3.2.2.1- Variáveis cinemáticas.....	48
3.2.2.2- Variáveis cinéticas.....	49
3.2.2.3- Variáveis neuromusculares.....	49
3.2.3- Variáveis de caracterização da amostra.....	50
3.3- PROCEDIMENTO DA COLETA DE DADOS.....	50
3.3.1- Medidas Antropométricas.....	51
3.3.2- Variáveis Cinemáticas.....	51
3.3.3- Ativação Muscular .....	55
3.3.4- Contração Isométrica Voluntária Máxima.....	57
3.3.4.1- Teste de Reprodutibilidade e Validade do Equipamento Miotool <i>Wireless</i> .....	59
3.3.5- Variáveis Cinéticas.....	61
3.4- TRATAMENTO DOS DADOS .....	62
3.4.1- Dados das Variáveis Cinemáticas.....	62
3.4.2- Dados de Ativação Muscular.....	65
3.4.3- Dados Cinéticos .....	66
3.5- TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	67
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
4.1- CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	68
4.2- RESPOSTAS CINÉTICAS E CINEMÁTICAS DOS SALTOS VERTICAIS.....	68
4.3- RESPOSTAS CINÉTICAS E CINEMÁTICAS DOS SALTOS DA PATINAÇÃO.....	70
4.4- RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS.....	74

<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>6. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS.....</b>	<b>102</b>
6.1- ANÁLISES PARA FUTUROS ESTUDOS.....	103
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO 1: AUTORIZAÇÃO FGP.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 2: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO - ATLETA.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 3: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO - TÉCNICO.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO 4: FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 5: TABELAS DO TESTE DE REPRODUTIBILIDADE E VALIDADE.....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 6: GRÁFICO DO TESTE DE REPRODUTIBILIDADE E VALIDADE.....</b>	<b>127</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- . Imagem dos saltos verticais <i>countermovement jump</i> (a), <i>drop jump</i> (b) e <i>squat jump</i> (c), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.....	31
Figura 2- Imagem dos saltos Axel simples (a) e Axel duplo (b), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.....	39
Figura 3- Imagem dos saltos Mapes duplo (a) e Mapes triplo (b), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.....	39
Figura 4- Representação esquemática do posicionamento dos marcadores reflexivos nas referências anatômicas.....	52
Figura 5- Imagem dos marcadores reflexivos e da cinta utilizada para fixar o equipamento <i>Wireless</i> nos sujeitos.....	52
Figura 6- Imagem do posicionamento das câmeras no ginásio.....	53
Figura 7- Imagem posicionamento das câmeras no ginásio (lado direito).....	54
Figura 8- Imagem do calibrador tridimensional utilizado para a coleta cinemática com patins.....	54
Figura 9- Imagem do mapeamento realizado com lâminas transparentes para controle do posicionamento dos eletrodos.....	57
Figura 10- Representação esquemática dos ângulos do quadril e do joelho (extensão completa = 180°).....	64
Figura 11. Exemplo do recorte eletromiográfico e envelope RMS, de um salto da patinação realizado por um dos sujeitos.....	66
Figura 12- Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto <i>Axel/</i> simples e as duas curvas à direita são referentes ao salto <i>Axel/</i> duplo, realizados com patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.....	77
Figura 13- Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto <i>Mapes</i> duplo e as duas curvas à direita são referentes ao salto <i>Mapes</i> triplo, realizados com patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.....	78
Figura 14- Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à	

- esquerda são referentes ao salto *Axel* simples e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Axel* duplo, realizados sem patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino..... 79
- Figura 15- Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto *Mapes* duplo e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Mapes* triplo, realizados sem patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino..... 80
- Figura 16- Gráficos de dispersão da atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo. À esquerda estão os gráficos referentes ao teste de reprodutibilidade e à direita estão os gráficos referentes ao teste de validade..... 127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização dos patinadores que competem na categoria Junior Feminino (JF) e Masculino (JM), e Sênior Feminino (SF) e Masculino (SM). Os valores representam a idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra e gordura corporal.....	68
Tabela 2- Valores de impulso total absoluto, impulso total relativo e potência máxima dos saltos countermovement jump (CMJ), drop jump (DJ) e squat jump (SJ), nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	69
Tabela 3- Valores de altura, duração da propulsão e velocidade vertical dos saltos countermovement jump (CMJ), drop jump (DJ) e squat jump (SJ), nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	69
Tabela 4- Valores de impulso total absoluto, impulso total relativo e potência máxima relativa dos saltos <i>Axel</i> simples (As), <i>Axel</i> duplo (Ad), <i>Mapes</i> duplo (Md) e <i>Mapes</i> triplo (Mt), realizados sem patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	71
Tabela 5- Valores de altura, velocidade vertical e duração da propulsão dos saltos <i>Axel</i> simples (As), <i>Axel</i> duplo (Ad), <i>Mapes</i> duplo (Md) e <i>Mapes</i> triplo (Mt), realizados sem patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	71
Tabela 6- Valores de altura, duração da propulsão e velocidade vertical no instante do <i>take-off</i> , dos saltos <i>Axel</i> simples (As), <i>Axel</i> duplo (Ad), <i>Mapes</i> duplo (Md) e <i>Mapes</i> triplo (Mt), realizados com patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	72
Tabela 7- Valores de velocidade horizontal no instante do <i>take-off</i> , velocidade rotacional, tempo de voo e inclinação dos saltos <i>Axel</i> simples (As), <i>Axel</i> duplo (Ad), <i>Mapes</i> duplo (Md) e <i>Mapes</i> triplo (Mt), realizados com patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	73
Tabela 8- Valores angulares (°) do quadril direito no último instante da preparação e do joelho esquerdo no último instante da preparação e da propulsão, nos saltos <i>Axel</i> simples (As), <i>Axel</i> duplo (Ad), <i>Mapes</i> duplo (Md) e <i>Mapes</i> triplo (Mt), nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).....	73
Tabela 9- Percentuais referentes às fases dos saltos (preparação, propulsão, voo e aterrissagem), executados com patins, de cada patinador.....	76
Tabela 10- Percentuais referentes às fases dos saltos (preparação, propulsão, voo e aterrissagem), executados sem patins, de cada patinador.....	76
Tabela 11- Caracterização das participantes do teste de validade e reprodutibilidade através das médias, desvios padrão (DP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra e gordura corporal.....	126

Tabela 12- Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) dos valores rmsEMG dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM), durante as contrações isométricas voluntárias máximas entre as coletas com uma semana de diferença.....	126
Tabela 13- Valores do intervalo de confiança referente à diferença dos valores rmsEMG dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM), obtidos com o equipamento Wireless e USB, durante as contrações isométricas voluntárias máximas.....	126

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Percentual
°	Graus
$\alpha$	Nível de significância
Ad	<i>Axel</i> duplo
As	<i>Axel</i> simples
Ater	Aterrissagem
BF	Bíceps femoral
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
CIVM	Contração isométrica voluntária máxima
cm	Centímetros
CMJ	<i>Countermovement jump</i>
DJ	<i>Drop jump</i>
DP	Desvio-padrão
EMG	Eletromiográfico
EsEF	Escola de Educação Física
g	Gravidade
GL	Gastrocnêmio lateral
GM	Glúteo máximo
Hz	Hertz
IBTeC	Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos
ICC	Coeficiente de correlação intraclasse
JF	Junior feminino
JM	Junior masculino
kg	quilogramas
LAPEX	Laboratório de Pesquisa do Exercício
LED	Light-emmiting diode
m	Metros
Md	<i>Mapes</i> duplo
mm	Milímetros

ms	Milisegundos
m.s <sup>-1</sup>	Metros por segundo
Mt	<i>Mapes</i> triplo
N.s	Newton vezes segundo
Prep	Preparação
Prop	Propulsão
rmsEMG	<i>Root mean square</i> da eletromiografia
RF	Reto femoral
rot.s <sup>-1</sup>	Rotações por segundo
s	Segundos
SF	Sênior feminino
SJ	<i>Squat jump</i>
SM	Sênior masculino
TA	Tibial Anterior
t <sub>voo</sub>	Tempo de voo
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
V <sub>i</sub>	Velocidade vertical no instante do <i>take-off</i>
VL	Vasto lateral
VM	Vasto medial
W.kg <sup>-1</sup>	Watts por quilograma

## 1. INTRODUÇÃO

A patinação artística sobre rodas, assim como a executada sobre o gelo, é um esporte que envolve a beleza de movimentos artísticos com o vigor de uma performance atlética. Nas competições da modalidade livre individual, as coreografias que são apresentadas incluem sequências de passos, corrupios, saltos, figuras e passos de transição (entre saltos e corrupios), que devem ser executados com boa técnica, velocidade, fluidez e em harmonia com a música. O patinador que compete no nível internacional deve apresentar duas coreografias, uma de 2 minutos e 15 segundos e outra de 4 minutos (programa curto e longo, respectivamente). Os saltos executados na coreografia geralmente são a causa de pontuações altas e de bons resultados em uma competição de alto nível, visto que são poucos os patinadores que conseguem dominar saltos triplos, realizando-os com precisão e velocidade. Os melhores saltadores executam a propulsão de maneira mais ativa e explosiva, com uma posição fechada de braços e pernas durante a fase de voo (próximos do eixo axial; braços contra o peito), o que permite a execução do número necessário de rotações (ALESHINSKY et al., 1988).

Segundo King (2005), para que uma boa execução de um salto na patinação artística no gelo seja alcançada, os patinadores precisam se concentrar em exercícios para os músculos extensores dos membros inferiores durante contrações concêntricas e excêntricas. Alguns estudos de patinação no gelo indicam que os músculos considerados importantes para os saltos são o quadríceps, os isquiotibiais, o glúteo máximo e o gastrocnêmio (ALESHINSKY et al., 1988; POE et al., 1994; KING, 2005). No entanto, é difícil encontrar estudos que apresentem dados de ativação muscular durante a execução de elementos técnicos da

patinação artística. Aleshinsky et al. (1988) afirmam que parece haver diferenças significativas na produção de força do quadríceps e dos isquiotibiais entre a perna de propulsão e a de aterrissagem dos patinadores do gelo. Kho (1996) ao analisar a propulsão e a aterrissagem dos saltos *Loop* simples e duplo de patinadores do gelo, encontrou que as duas fases do salto duplo demonstraram maior ativação dos músculos avaliados (vasto lateral, gastrocnêmio lateral, tibial anterior e bíceps femoral) em comparação com o salto simples. Além disso, o músculo tibial anterior foi o menos ativado durante a fase de propulsão dos saltos, em comparação com os demais músculos avaliados, e o músculo gastrocnêmio demonstrou uma alta ativação no momento de flexão plantar para propelir o corpo para cima. O músculo glúteo máximo parece ter uma atuação importante nos saltos da patinação, mas não foi avaliado no estudo de Kho (1996). De acordo com King (2004), provavelmente o glúteo máximo deve ser o principal extensor do quadril durante os saltos dos patinadores. O desenvolvimento deste músculo, para Aleshinsky et al. (1988), deve ser considerado como um dos fatores cruciais para a realização de grandes saltos. Portanto, pode-se observar que existem algumas informações na literatura a respeito da ativação muscular na patinação artística, no entanto, apesar destas informações, ainda são necessários estudos que verifiquem e demonstrem os dados de ativação dos diversos músculos durante a execução dos saltos da patinação.

A análise das respostas cinemáticas e cinéticas dos patinadores também é fundamental para a compreensão e desenvolvimento das necessidades físicas e técnicas de um patinador. A posição do corpo do patinador no ar durante um salto, por exemplo, será determinante para que ele consiga executar o número de

rotações necessário e finalizar adequadamente o salto. No estudo de King et al. (1994) os saltos de melhor execução apresentaram uma inclinação para trás em relação à direção do movimento, de 5° a 10°, indicando que pode existir uma inclinação ideal no ar, independente do tipo de salto realizado. Esta inclinação de 5° a 10° parece permitir que o patinador mantenha o equilíbrio durante a aterrissagem. Além da posição do corpo, a altura e o tempo de voo dos saltos, que dependem da velocidade vertical do patinador, são extremamente importantes já que também influenciam no número de rotações que podem ser realizadas. A capacidade de executar saltos com maior número de rotações também irá depender da velocidade rotacional, e novamente a posição do corpo irá influenciar, pois uma posição mais fechada durante a propulsão e o voo, produzirá maior velocidade de rotação (KING et al., 1994; POE et al., 1994; KING, 2005).

King et al. (1994) avaliaram em seu estudo os saltos *Axel* simples, duplo e triplo, em patinadores de elite, e encontraram que a velocidade rotacional durante a fase de voo desses patinadores demonstrou ser maior para o salto *Axel* triplo em comparação com os demais saltos avaliados. Os autores sugerem uma relação entre a posição do corpo e a velocidade rotacional, já que aquele que demonstrou uma posição mais aberta durante a fase de voo demonstrou também uma rotação mais lenta. Ao contrário, o patinador que demonstrou a posição mais fechada demonstrou também uma rotação mais rápida. Além disso, os patinadores também aumentaram a velocidade rotacional durante o *Axel* triplo alcançando a posição mais fechada mais cedo e segurando esta posição por mais tempo.

Com relação à velocidade vertical do patinador, esta é desenvolvida durante a fase de propulsão do salto, onde o patinador executa a extensão do quadril e do

joelho e até certo ponto uma flexão plantar do tornozelo, aplicando forças contra o solo (KING, 2004). Existem estudos que demonstram que a velocidade vertical e a altura são similares entre saltos de diferentes rotações (*Axel* simples, duplo e triplo), mas quando o mesmo salto é comparado entre os diferentes patinadores, aqueles que conseguem executar saltos com maior número de rotações (*Axel* triplo), produzem a maior velocidade vertical durante a propulsão (KING et al., 1994; LOCKWOOD e GERVAIS, 1996; ALBERT e MILLER, 1996, KING, 1997). Estudos já apresentaram também uma diferença significativa entre homens e mulheres, com os homens apresentando maiores valores de velocidade vertical durante a propulsão destes saltos (ALBERT e MILLER, 1996; KING, 1997). King (2004) afirma que as velocidades verticais características para os saltos *Axel*, executados sobre o gelo, estão entre 2,5 e 3,0 m.s<sup>-1</sup>.

Um impulso vertical deve ser produzido para que seja gerada, conseqüentemente, uma velocidade vertical (KING, 2004). A produção adequada de força contra o solo durante a fase de propulsão é fundamental para que o patinador alcance o melhor tempo de voo e velocidade vertical de um determinado salto. Na análise do impulso vertical de patinadores do gelo, realizando saltos verticais sem patins, os homens demonstraram impulsos verticais mais altos do que as mulheres e, além disso, os homens apresentaram em comparação com as mulheres um perfil de força de “pico-duplo”, ocasionado provavelmente por uma extensão mais forçada da perna de propulsão, no final desta fase (DAINTY apud KING, 2004). O resultado deste estudo sugere que as patinadoras podem se beneficiar com a execução de um “empurrão” mais forçado no gelo durante a propulsão, no entanto mais estudos são necessários para confirmar esta hipótese.

Outros parâmetros cinéticos, como a potência máxima relativa, podem ser obtidos em testes em que são executados os saltos verticais *countermovement jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e *drop jump* (DJ), que servem como ferramentas válidas e relevantes para medir a capacidade dos membros inferiores de atletas (KOMI e BOSCO, 1978; YOUNG et al., 1995). Diversos estudos encontraram alta reprodutibilidade para os testes com saltos verticais, comprovando que podem ser utilizados para a mensuração do desenvolvimento da potência do salto (SLINDE et al., 2008; CORMACK et al., 2008; CORMIE et al., 2009; MCLELLAN et al., 2010). Sendo a potência um fator importante para os patinadores artísticos, é fundamental a determinação deste parâmetro cinético, já que ele pode promover uma melhora no desempenho do salto (POE et al., 1994). Além disso, a avaliação através dos saltos verticais também é importante visto que a inclusão de exercícios pliométricos nos programas de treinamento irá desenvolver o ciclo alongamento-encurtamento dos membros inferiores destes atletas, aprimorando conseqüentemente o desempenho em competições (POE et al., 1994; KING, 2005).

A duração da fase de propulsão também pode influenciar no desempenho de um salto e esta variável parece apresentar valores distintos dependendo do salto executado. Com relação à duração da fase de propulsão dos saltos na patinação, de acordo com King (2005), esta variável raramente tem sido documentada. A autora afirma, porém, que uma duração logo abaixo dos 0,2 s (200 ms) parece ser típica em *Toe Loops* quádruplos da patinação no gelo. Esta é uma duração que se aproxima da documentada no estudo de Bobbert et al. (1986), durante a execução do DJ que apresentou menor amplitude de movimento e maior potência nas articulações do joelho e tornozelo. A duração encontrada no estudo de Bobbert et

al. (1986) para este DJ foi menor que 200 ms, enquanto a duração do DJ executado com grande amplitude de movimento (flexionando o quadril e os joelhos consideravelmente antes da propulsão) apresentou duração maior que 260 ms. No estudo de Albert e Miller (1996) onde foi avaliado o salto *Axel* de patinadores no gelo, a duração da fase de propulsão dos saltos *Axel* simples e duplo de homens foi de 0,29 s, enquanto para as mulheres foi de 0,27 s no *Axel* simples e 0,25 s no *Axel* duplo. Esta duração da fase de propulsão, diferentemente do salto *Toe Loop*, se aproxima mais do valor que foi encontrado durante o CMJ e o DJ de maior amplitude, no estudo de Bobbert et al. (1986).

Existem diversos estudos que determinam diferentes parâmetros da patinação no gelo (LOCKWOOD e GERVAIS, 1996; KOVACS et al., 2004; TAYLOR e PSYCHARAKIS, 2009; ARBOUR, 2012), no entanto, não são encontrados na literatura estudos da patinação artística sobre rodas que determinem parâmetros neuromusculares, cinéticos e cinemáticos, que influenciam no desempenho das rotinas de competição e que podem auxiliar na estruturação dos programas de condicionamento físico e treino específico desta modalidade. A patinação artística sobre rodas parece ser similar à patinação no gelo em diversos aspectos, mas pode apresentar algumas diferenças com relação à execução de alguns elementos técnicos e possivelmente em alguns aspectos neuromusculares também. A avaliação destes parâmetros em patinadores de elite pode contribuir para o desenvolvimento de patinadores que visam alcançar o nível internacional. Portanto, justifica-se o seguinte problema: quais são as características cinemáticas, cinéticas e neuromusculares de patinadores artísticos sobre rodas, que competem no nível

internacional, durante a execução de diferentes saltos da patinação artística e diferentes saltos verticais?

### 1.1- OBJETIVO GERAL

Analisar e comparar as respostas cinemáticas e neuromusculares de diferentes saltos da patinação artística sobre rodas, com e sem patins, as respostas cinéticas dos mesmos saltos executados sem patins, e as respostas cinéticas e cinemáticas durante a execução dos saltos verticais DJ, CMJ e SJ, em patinadores de elite.

### 1.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a altura, a velocidade vertical e horizontal no instante do *take-off*, a velocidade rotacional máxima durante a fase de voo, o tempo de voo, a duração da fase de propulsão, a inclinação do tronco no instante da altura máxima, o ângulo da articulação do joelho esquerdo no último instante da fase de preparação e de propulsão, e o ângulo do quadril direito no último instante da fase de propulsão, nos saltos *Mapes duplo*, *Mapes triplo*, *Axel simples* e *Axel duplo*, com patins;
- Determinar a altura, a velocidade vertical no instante do *take-off*, e a duração da propulsão dos saltos *Mapes duplo* e *triplo* e *Axel simples* e *duplo*, sem patins;

- Determinar a potência máxima relativa e o impulso vertical total absoluto e relativo, dos saltos *Mapes* duplo e triplo e *Axel* simples e duplo, sem patins;
- Determinar a potência máxima relativa, o impulso vertical total absoluto e relativo, a duração da propulsão, a velocidade vertical no instante do *take-off* e a altura, nos diferentes saltos verticais (CMJ, DJ e SJ);
- Determinar o comportamento do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, porção curta do bíceps femoral e glúteo máximo, durante as diferentes fases dos saltos *Mapes* duplo e triplo, e *Axel* simples e duplo, com e sem patins;
- Comparar a altura, a velocidade vertical e horizontal no instante do *take-off*, a velocidade rotacional máxima durante a fase de voo, o tempo de voo, a duração da fase de propulsão, a inclinação do tronco no instante da altura máxima, o ângulo da articulação do joelho esquerdo no último instante da fase de preparação e de propulsão, e o ângulo do quadril direito no último instante da fase de propulsão, entre os saltos *Mapes* duplo e triplo e *Axel* simples e duplo, com patins, e entre os mesmos saltos executados pelos diferentes sujeitos;
- Comparar a altura, a velocidade vertical no instante do *take-off* e a duração da fase de propulsão entre os saltos *Mapes* duplo e triplo e *Axel* simples e duplo, realizados com patins e sem patins;
- Comparar a potência máxima relativa e o impulso vertical total absoluto e relativo, entre os saltos *Mapes* duplo e triplo e *Axel* simples e duplo, sem patins, e entre os diferentes sujeitos na mesma situação;

- Comparar a potência máxima relativa, o impulso vertical total absoluto e relativo, a duração da propulsão, a velocidade vertical no instante do *take-off* e a altura, entre os saltos verticais SJ, DJ e CMJ, e entre os diferentes sujeitos na mesma situação;
- Comparar o comportamento do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, porção curta do bíceps femoral e glúteo máximo, nas diferentes fases dos saltos e entre os saltos *Axel* simples e *Axel* duplo, *Mapes* duplo e *Mapes* triplo, com e sem patins, e entre os diferentes sujeitos na mesma situação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- A HISTÓRIA DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA SOBRE RODAS

A patinação artística é uma atividade que pode ser praticada tanto no gelo quanto em outras pistas e os patins utilizados são diferentes para cada um destes dois tipos de prática (DUARTE, 2003). A patinação artística sobre rodas surgiu através de um patinador do gelo holandês, entusiasta, que não podia suportar ficar sem patinar na primavera e no verão. Antes da criação dos patins com rodas, esta modalidade era uma prática restrita apenas ao inverno, já que os lagos congelados que eram utilizados para patinação, descongelavam. Para simular os patins do gelo, este entusiasta criou patins com rodas com diversos carretéis de madeira em linha, e começou a patinar no solo pavimentado. No entanto, foi em 1743 que o primeiro uso dos patins de rodas foi registrado, durante uma peça inglesa tendo como inventor o belga John Joseph Merlin. Por não saber utilizar os patins com rodas, Merlin passou por um acidente e não se ouviu falar em patinação com rodas até 1790. A partir deste ano, através de uma invenção de um novo modelo de patins, criado pelo Francês Van Lede, os patins passaram a ser vistos em apresentações de balé clássico, óperas e nas ruas de Paris, ganhando toda a Europa com diferentes patins sendo inventados para capacitar os mesmos movimentos realizados no gelo. A invenção que revolucionou a indústria de patins de rodas, no entanto, foi a do americano James L. Plimpton, em 1863, com a criação de um novo modelo de patins que permitia a execução de viradas. Plimpton também fundou a associação de patinadores de Nova Iorque para promover o

esporte, e criou a primeira pista pública para a prática desse esporte nos Estados Unidos (PHILLIPS, 1979; TURNER, 1997).

A popularização do esporte e a base para o estilo livre de patinação ocorreram através das apresentações do bailarino e campeão de patinação no gelo Jackson Haines por volta de 1865. Antes de Haines, a patinação artística sobre rodas era principalmente praticada como uma forma de atividade social. Com sua variedade de fantasias, boa interpretação da música e movimentos de ginástica e balé sobre patins no gelo e sobre patins de rodas, Haines revolucionou a patinação artística. Ele provou para todos o que acreditava: que um bom patinador poderia patinar igualmente bem no gelo e sobre rodas (TURNER, 1997; DUARTE, 2003; McDILL, 2011). Com a virada do século, o desenvolvimento dos patins continuou com a criação de novos modelos, permitindo um maior aprimoramento desta modalidade e provocando a abertura de um número maior de riques de patinação. A modalidade passou a ser praticada pelo próprio prazer de sua prática, em vez de servir apenas para um objetivo social. Os praticantes podiam dançar, brincar e realizar diferentes movimentos com maior facilidade do que nos tempos antigos (PHILLIPS, 1979).

A patinação competitiva sobre rodas inclui atualmente oito modalidades: figuras obrigatórias, livre individual tradicional sobre patins de quatro rodas e sobre patins de rodas *inline* (três rodas), dupla de levantamento, dupla de dança, dança individual, grupo de show e grupo de precisão. Esta revisão irá se concentrar apenas na modalidade livre individual tradicional sobre patins de quatro rodas. A maioria dos elementos executados no estilo livre de patinação veio das competições antigas de figuras básicas realizadas sobre os patins (demonstrações

de deslizamento em eixos internos e externos dos patins, cruzadas, viradas e laços). Nestas competições, após a execução das figuras básicas era permitido que o patinador realizasse uma figura própria ou algum outro movimento para demonstrar a sua habilidade. Através da melhora das habilidades de patinadores sobre o gelo e apresentações que estes faziam executando os mesmos movimentos sobre os patins de rodas, os patinadores sobre rodas sentiram-se inspirados a desenvolver estes movimentos, o que ocasionou o desenvolvimento do estilo livre na patinação sobre rodas. Esta modalidade, assim como na patinação sobre o gelo, inclui a execução de saltos, corrupios, sequências de passos, sequências de espirais e movimentos de transição entre estes elementos (KING, 2005; SMITH, 2000). Em competições de nível internacional os patinadores devem executar um programa curto de 2 minutos e 15 segundos com elementos e ordem obrigatórios e um programa longo de 4 minutos com requerimento de alguns itens, mas sem a obrigação de realizar toda a rotina em uma determinada ordem.

Os saltos incluídos nas coreografias, nestas competições, são geralmente a causa de pontuações altas. O homem responsável pela criação do salto de uma volta e meia, denominado *Axel*, e que acrescentou um grande nível de dificuldade para a patinação no gelo na época de 1880, foi o patinador Norueguês Axel Paulsen (ALBERT E MILLER, 1996). Segundo a história, Axel Paulsen estava patinando sobre o gelo e desenvolveu o salto *Axel* enquanto saltava sobre um barril. Mais tarde, o patinador apresentou o salto no Campeonato Internacional de Patinação no Gelo, em 1882. Outros saltos também foram criados por patinadores sobre o gelo entre 1900 e 1930. Quanto à patinação sobre rodas, no primeiro Campeonato Nacional Americano, em 1939, os competidores seniores conseguiam

apenas executar os saltos com uma rotação. No entanto, nesta mesma época um patinador do gelo demonstrou que todos os saltos executados no gelo, inclusive os duplos que eram os mais difíceis, poderiam ser executados tão bem sobre os patins de rodas quanto sobre o gelo. Em 1940 o americano Skippy Baxter apresentou um salto duplo executado sobre rodas, inspirando e encorajando os patinadores e promovendo assim o desenvolvimento dos saltos na patinação artística sobre rodas. Quase 20 anos depois, em 1959, os primeiros saltos triplos sobre rodas foram executados pelo patinador Gene Harless (TURNER, 1997).

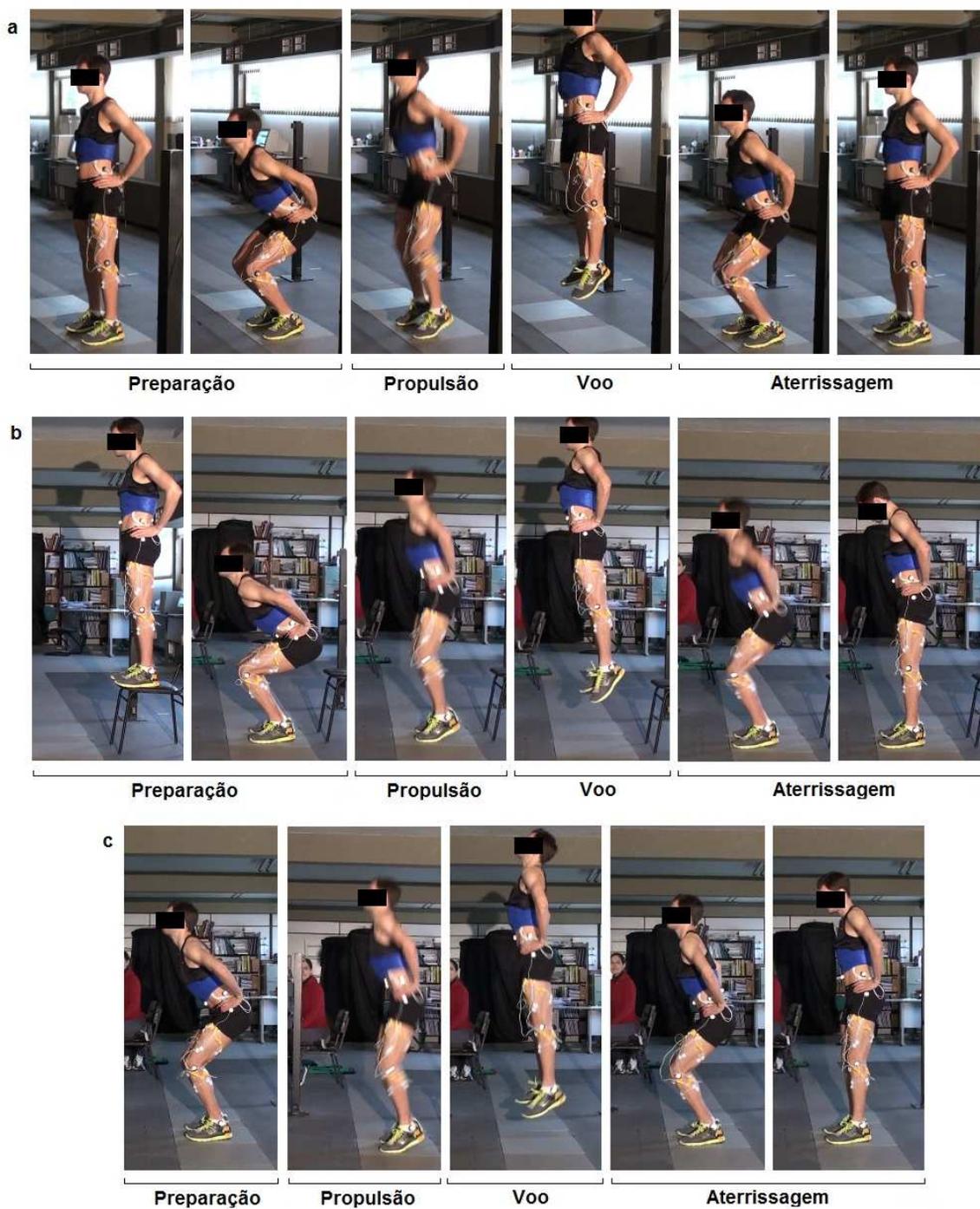
## 2.2- TIPOS BÁSICOS DE SALTOS VERTICAIS E OS SALTOS DA PATINAÇÃO

O estudo dos saltos verticais pode ser uma ferramenta muito útil para a preparação física de patinadores artísticos, visto que a aquisição deste conhecimento pode resultar em um melhor planejamento do treinamento específico destes atletas, podendo trazer maiores benefícios no desempenho dos saltos e conseqüentemente um melhor resultado em competições (POE et al., 1994; KING, 2005). Dessa maneira, será apresentada em seguida uma revisão dos saltos verticais básicos.

Há três tipos de saltos verticais básicos que são muito utilizados em diversos esportes (YOUNG et al., 1995; JENSEN e EBBEN, 2003; KOTZAMANIDIS et al., 2005; SANTOS e JANEIRA, 2008; McBRIDE et al., 2008; MASCI et al., 2010; McLELLAN et al., 2010): o *countermovement jump* (CMJ), que parte da posição ereta e envolve o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) incluindo a ação excêntrica-concêntrica dos membros inferiores; o *drop jump* (DJ), no qual o

indivíduo cai de uma determinada altura e realiza um salto subsequente também envolvendo o CAE, e o *squat jump* ou *static jump* (SJ), que consiste do salto a partir de uma posição estática com os joelhos flexionados, não envolvendo dessa maneira, o CAE (figura 1). Tem sido demonstrado por diversos pesquisadores que a altura do salto vertical, por exemplo, é maior no CMJ e DJ quando estes são comparados com o SJ, devido à combinação da utilização da energia elástica com a potenciação do reflexo de estiramento no músculo ativado, o que não ocorre no SJ (MARKOVIC, 2007; McBRIDE et al., 2008; VILLARREAL et al., 2009; EARP et al., 2010). Já quando a comparação ocorre entre os dois exercícios pliométricos que envolvem o CAE, os resultados podem ser similares (KOMI e BOSCO, 1978; McBRIDE et al., 2008; EARP et al., 2010).

A natureza elástica das fibras musculares permite um armazenamento de energia durante o trabalho excêntrico (alongamento muscular) do CAE, que será reutilizada em seguida durante o trabalho concêntrico (encurtamento muscular), diminuindo as necessidades metabólicas no músculo (KUROKAWA et al., 2003; WILSON e FLANAGAN, 2008). Além disso, o mecanismo do reflexo de estiramento também pode contribuir no desempenho dos saltos verticais ao provocar o recrutamento de unidades motoras adicionais e o conseqüente aumento da contração muscular (LUNDIN e BERG, 1991; BOBBERT et al., 1996; WILMORE e COSTILL, 2001). No CMJ e DJ, os efeitos do reflexo de estiramento e das propriedades elásticas podem ser potencializados de acordo com a velocidade de alongamento e o tempo após o alongamento, antes da transição para a ação



**Figura 1.** Imagem dos saltos verticais *countermovement jump* (a), *drop jump* (b) e *squat jump* (c), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.

concêntrica, ou seja, antes do início do encurtamento muscular (CAVAGNA e CITTERIO, 1974). Ao realizar estes exercícios, deve-se ter um alongamento rápido e dinâmico, sendo que no final deste alongamento deve-se imediatamente realizar a transição para a fase ascendente do salto para um melhor aproveitamento da atividade reflexa e maximização na utilização da energia elástica. Se o alongamento final for mantido e houver alguma demora antes de acontecer a transição para a fase ascendente do salto, parte da energia armazenada será dissipada na forma de calor, resultando em um período maior do tempo de contato com o solo e um desempenho prejudicado do salto (LUNDING e BERG, 1991; WILSON e FLANAGAN, 2008; TURNER et al., 2010).

Alguns estudos têm analisado a atividade EMG nos exercícios SJ, CMJ e DJ (BOBBERT et al, 1986; EBBEN et al., 2008; McBRIDE et al., 2008). McBride et al. (2008) avaliaram jogadores de basquete e de vôlei e encontraram que a ativação dos músculos vasto lateral, vasto medial e bíceps femoral não apresentou diferença entre a fase concêntrica dos três tipos de salto. Esta resposta pode indicar que a ativação destes músculos durante a fase concêntrica, não é um fator que contribui para o aumento do desempenho de variáveis do salto como a altura do salto, o valor de pico da produção de força concêntrica e a velocidade na fase concêntrica, observado, por exemplo, durante o CMJ e o DJ, em comparação com o SJ. Ao considerar que não há atividade excêntrica durante o SJ, o autor sugere que o aumento do desempenho concêntrico observado durante o CMJ e o DJ, deve ser um resultado de atividade muscular durante a fase excêntrica deste salto, já que o mecanismo de absorção e reutilização da energia elástica pode ser um fator contribuinte neste caso (KUROKAWA et al., 2003) e o tempo da liberação da

energia elástica absorvida nos tendões pode ser otimizado com o aumento da atividade muscular excêntrica (FINNI et al, 2000). Comparando o DJ com o CMJ, McBride et al. (2008) verificaram em seu estudo uma maior atividade excêntrica dos músculos vasto lateral e vasto medial, e uma pré-atividade tanto destes músculos quanto do bíceps femoral (esta última foi definida para o CMJ nos 100 ms antes da fase excêntrica, e definida no DJ como os 100 ms antes do contato com o solo), durante o DJ, que foi acompanhada também por uma maior produção de força concêntrica.

Como já foi discutida anteriormente, a velocidade de alongamento e encurtamento, bem como o tempo no alongamento final antes da transição para a fase ascendente do salto, são fundamentais para potencializá-lo (CAVAGNA e CITTERIO, 1974; WILSON e FLANAGAN, 2008). De acordo com Komi e Gollhofer (1997) um CAE efetivo requer três elementos críticos: uma pré-ativação do músculo antes da ação excêntrica, uma curta e rápida fase excêntrica, e uma transição imediata entre a ação excêntrica e a concêntrica (curto período de tempo durante o alongamento antes da transição para a concêntrica). O autor indica que o CMJ não preenche estes critérios que são essenciais, por exemplo, para ativação do reflexo de estiramento. Um menor tempo de contato com o solo causa um melhor retorno da energia elástica armazenada durante a fase excêntrica. Wilson e Flanagan (2008) também afirmam que o CMJ não atende aos critérios de maior velocidade de alongamento e menor tempo de contato, da mesma maneira que um DJ, sendo este último mais recomendável para o desenvolvimento de um CAE rápido.

Deve-se ter um cuidado com a execução do DJ, no entanto, visto que ele pode apresentar um desempenho similar ao de um CMJ. Bobbert et al. (1986) ao

avaliarem DJs (40 cm) e CMJs de atletas jogadores de handebol, encontraram que uma parte dos sujeitos, executando o DJ com grande amplitude de movimento (flexionando o quadril e os joelhos consideravelmente antes da propulsão), apresentava uma fase de propulsão com duração maior do que 260 ms, e uma potência e altura similares à do CMJ. A outra parte dos sujeitos, executando o DJ com uma amplitude menor, apresentou uma duração da fase de propulsão menor que 200 ms, acompanhada por uma maior potência nas articulações do joelho e tornozelo, em comparação com o CMJ, embora a altura tenha sido similar entre os dois tipos de salto. Em outro estudo o autor encontrou maior valor de potência, mas uma menor altura, para o DJ com menor duração da propulsão e menor amplitude de movimento do que para o CMJ e o DJ com maior duração da propulsão e maior amplitude de movimento (BOBBERT et al., 1987b). Dessa maneira, deve ser realizada uma avaliação apropriada do salto para verificar se a sua execução está atendendo aos objetivos propostos.

Diversos estudos têm analisado as diferenças entre homens e mulheres quanto ao desempenho do salto vertical (KOMI e BOSCO, 1978; JENSEN e EBBEN, 2003; VILLARREAL et al., 2009; MUJIKÁ et al., 2009). No estudo de Riggs e Sheppard (2009) foram avaliadas a altura e a potência dos saltos verticais SJ e CMJ, em homens e mulheres atletas de elite de vôlei de praia, e foi demonstrado que os homens desta população são capazes de alcançar uma altura significativamente maior do que as mulheres em ambos os saltos. Entretanto, ao analisar a potência máxima relativa, foi encontrada diferença significativa entre homens e mulheres apenas para o salto SJ, com os homens apresentando os maiores valores. Johnson e Behamonde (1996) e Mihalik et al. (2008) encontraram

diferenças no CMJ de homens e mulheres, indicando que os homens têm altura e potência absoluta maiores, sendo a potência 26-31% maior para os homens no estudo de Mihalik et al. (2008). Vale ressaltar, porém, que nestes dois estudos o CMJ foi realizado com a ajuda dos braços, o que causa um aumento no desempenho do salto, podendo alterar a magnitude da diferença entre homens e mulheres (HARMAN et al., 1990; WALSH et al., 2007; SLINDE et al., 2008). Walsh et al. (2007) encontraram para o CMJ, sem a ajuda dos braços, uma diferença de altura de 28% e de potência de 38% entre homens e mulheres fisicamente ativos. Perez-Gomez et al. (2008) sugerem que a diferença encontrada entre a potência de homens e mulheres pode ser atribuída a uma menor quantidade de massa muscular nos membros inferiores das mulheres.

Existem muitos estudos demonstrando que há melhora significativa na altura e potência do salto após um programa de pliometria (MYER et al., 2006; MARKOVIC 2007; MIHALIK et al., 2008). A inclusão de um treinamento pliométrico como parte da preparação física de atletas pode ser fundamental para um melhor desempenho esportivo, no entanto como cada esporte tem suas características, é importante que os exercícios de pliometria sejam específicos para que os objetivos sejam alcançados (BOBBERT et al., 1986; VILLARREAL et al., 2009). Recomenda-se, também, que os indivíduos submetidos à pliometria sejam suficientemente treinados em força para suportar as cargas pliométricas (FATOUROS et al., 2000) e que se tenha um cuidado com a realização de sessões exaustivas de treinamento pliométrico, devido à possibilidade de lesões (TWIST et al., 2008).

De acordo com King (2005), exercícios pliométricos como o CMJ e o DJ, que acentuam o uso do CAE, realizados com rápidas contrações concêntricas e

excêntricas, são eficazes para treinar os músculos extensores dos membros inferiores, que são fundamentais para uma boa execução do salto na patinação. Segundo a autora, os patinadores devem realizar exercícios pliométricos unilaterais e bilaterais, sendo que nos bilaterais os atletas podem variar a posição das pernas, se aproximando melhor dos movimentos assimétricos utilizados em alguns saltos da patinação. É importante lembrar que a altura do DJ também deve ser adequada e as várias instruções que podem ser dadas para a realização do DJ e CMJ (ex.: enfatizando a altura ou o menor tempo de contato), podem provocar alterações nas suas características técnicas e conseqüentemente nas suas performances (YOUNG et al., 1995; RUAN e LI, 2008). Como a técnica utilizada nos saltos deve se aproximar da realidade do esporte praticado, é fundamental que os preparadores físicos forneçam as instruções adequadas.

Associando a utilização do CAE e o desempenho durante os saltos verticais, com os saltos da patinação artística, pode-se dizer que o salto realizado de maneira isolada na patinação, ou seja, sem estar em combinação com outros saltos, acontece como um CMJ onde é executada uma contração excêntrica antes da contração concêntrica do salto, enfatizando a utilização do CAE (KING, 2005). Quando o salto é executado em combinação, ou seja, uma série de saltos seguidos, o segundo salto e os que vêm em seguida podem ser considerados como DJ, já que há uma queda de uma determinada altura (altura do primeiro salto) com a execução imediata do salto após a aterrissagem. As combinações de salto na patinação artística sobre rodas geralmente variam de três a cinco saltos. O patinador deve, portanto, controlar a aterrissagem do primeiro salto e rapidamente acelerar para saltar novamente, como em um DJ. De acordo com Poe et al. (1994),

os patinadores podem executar em sua preparação DJs com caixas de várias alturas tendo o controle na aterrissagem, acelerando em seguida para saltar com a rotação necessária (simples, dupla, tripla) e finalizando o exercício com a aterrissagem em uma perna, como na patinação. Os braços também devem ser utilizados no exercício, com o mesmo movimento que realizam durante o salto na patinação. Este tipo de exercício permite a prática e desenvolvimento da potência necessária para a realização de saltos em combinação, bem como a prática do movimento dos braços que ajuda na rotação do salto.

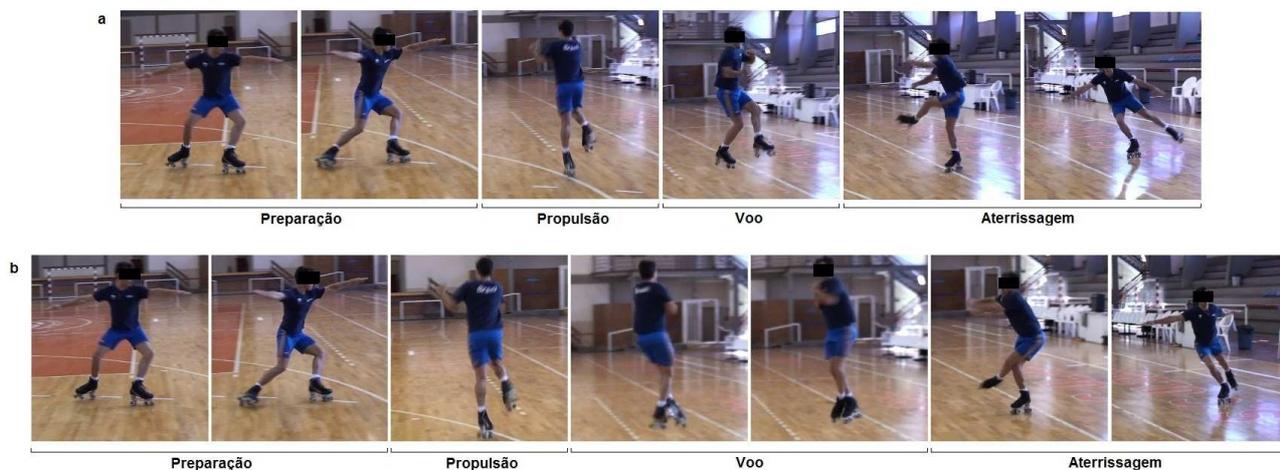
### 2.3- RESPOSTAS BIOMECÂNICAS DOS SALTOS DA PATINAÇÃO ARTÍSTICA

Na patinação artística sobre rodas, nove tipos de salto são realizados atualmente nas competições da modalidade livre individual, no nível internacional (classe A). São eles: *Axel*, *Boeckle*, *Mapes*, *Toe Walley*, *Salchow*, *Flip*, *Lutz*, *Loop* e *Euler* (mais considerado como salto de transição) (COMITE INTERNATIONAL DE PATINAGE ARTISTIQUE, 2012). Os saltos podem ser executados com uma (salto simples); duas (salto duplo); três (salto triplo) rotações e assim por diante, com exceção do *Axel* simples que inclui uma volta e meia (no caso do *Axel* duplo, são duas voltas e meia). As rotações são no sentido anti-horário e os saltos são finalizados sobre a perna direita, com exceção do salto *Euler*, que é finalizado sobre a esquerda. Vale ressaltar que existem patinadores canhotos, que executam todos os elementos técnicos de forma contrária, executando os saltos, por exemplo, com a rotação no sentido horário e finalizando sobre a perna esquerda. Os tipos de salto podem ser diferenciados principalmente pela sua fase de preparação e propulsão, ou mais especificamente, pelo pé e o eixo (lateral interna ou externa do patim) no

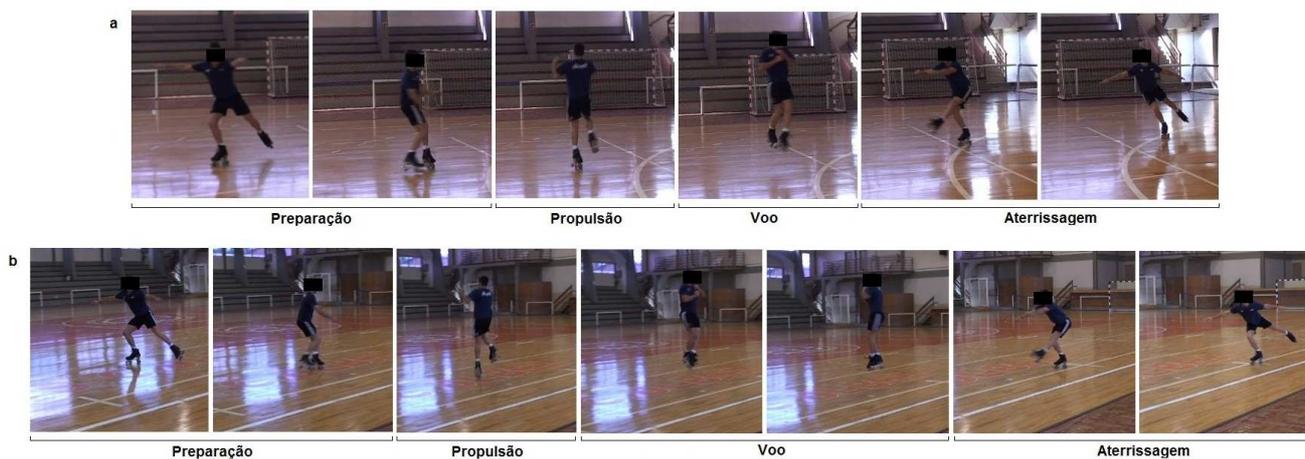
qual o patinador está deslizando durante a preparação; se ele prepara de frente ou de costas; o pé que o patinador utiliza durante a fase de propulsão; e se o patinador utiliza ou não o freio durante a fase de propulsão. No salto *Axel*, por exemplo, a propulsão é executada com o patinador deslizando de frente (Figura 2), e é por esta razão que ele inclui meia volta em comparação com os outros saltos (KING, 2004). Tradicionalmente os saltos que são executados a partir da propulsão com o freio incluem o *Mapes* (Figura 3); o *Toe Walley*; o *Flip* e o *Lutz*. Entretanto, os patinadores sobre rodas executam também o salto *Salchow* a partir do freio, e utilizam o freio como auxílio no salto *Loop* triplo (três rotações no ar).

Segundo estudos de patinação no gelo, os músculos que são considerados muito importantes para os saltos incluem o quadríceps, os isquiotibiais, o gastrocnêmio, o adutor magno e o glúteo máximo (ALESHINSKY et al., 1988; POE et al., 1994; KING, 2005). No entanto, são encontrados poucos estudos que demonstrem as respostas de ativação muscular durante a execução de exercícios da patinação artística (KHO, 1996). Taylor e Psycharakis (2009) avaliaram em seu estudo a ativação do gastrocnêmio medial, reto femoral, bíceps femoral e dos músculos adutores, na perna de propulsão e aterrissagem de um patinador de nível nacional, executando os saltos *Toe Loop* e *Flip*, simples e duplo (uma e duas rotações). O salto *Toe Loop* é similar ao *Mapes* da patinação sobre rodas, onde a propulsão acontece a partir da perna esquerda e a aterrissagem acontece sobre a perna direita. Já no salto *Flip*, tanto na patinação sobre o gelo quanto na patinação sobre rodas, a propulsão e a aterrissagem acontecem na perna direita. Os autores encontraram maior ativação de todos os músculos durante a propulsão dos saltos com mais rotação do que durante a propulsão dos saltos com menos rotação,

sendo a maior diferença percentual observada no bíceps femoral durante o salto *Toe Loop*. Para o salto *Flip*, a maior diferença percentual foi observada nos músculos adutores. Além disso, o músculo reto femoral foi o que apresentou a maior contribuição durante a propulsão do salto *Toe Loop*, enquanto os adutores apresentaram a menor contribuição.



**Figura 2.** Imagem dos saltos *Axel*/ simples (a) e *Axel*/ duplo (b), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.



**Figura 3.** Imagem dos saltos *Mapes* duplo (a) e *Mapes* triplo (b), nas suas diferentes fases: preparação, propulsão, voo e aterrissagem.

Além da ativação muscular, as respostas cinemáticas e cinéticas dos saltos também precisam ser avaliadas para que se tenha um melhor conhecimento acerca da técnica envolvida no movimento. Atualmente, para que se tenha sucesso em competições de alto nível da patinação artística, é necessário executar uma boa coreografia, com bons corrupios, passos difíceis, mas principalmente com saltos triplos precisos. Estes saltos requerem uma excelente propulsão, altura e uma posição ótima do corpo, que permita a sua melhor execução, levando a uma finalização no tempo certo e da maneira mais estável possível (SMITH, 2000). De acordo com Aleshinsky et al. (1988), o valor de um salto é baseado não somente na sua altura mas também na qualidade da sua rotação durante a fase de voo. Patinadores que executam saltos com mais rotações têm a capacidade de trazer de forma mais efetiva os braços e as pernas para perto do centro (eixo axial), comprimindo os braços contra o peito e as pernas uma contra a outra, o que resulta em uma rotação mais rápida, auxiliando o atleta a completar o número de rotações necessárias (ALESHINSKY et al., 1988; KING et al., 1994). Dessa maneira, para aumentar o número de rotações de um salto é necessário que o patinador aumente a altura e/ou execute uma rotação mais rápida (KING et al., 1994).

A velocidade vertical também pode ser considerada um parâmetro importante, já que influencia na altura adquirida durante o salto. Tem sido demonstrado nos estudos de análise biomecânica dos saltos da patinação no gelo, que a velocidade vertical é similar entre o salto *Axel* simples, duplo e triplo, apresentando valores médios entre 2,3 e 3,4 m.s<sup>-1</sup>, dependendo dos patinadores que estão sendo avaliados (KING et al., 1994; ALBERT e MILLER, 1996, KING, 1997). Existe uma diferença significativa desta variável entre patinadores que

sabem executar saltos com mais rotações, em comparação com aqueles que não sabem, e também entre homens e mulheres, com os homens e os patinadores que executam saltos mais difíceis (maior número de rotações) apresentando maiores valores de velocidade vertical durante a propulsão destes saltos (ALBERT e MILLER, 1996; KING, 1997).

Ao avaliar os saltos *Axel* simples, duplo e triplo de cinco homens, patinadores de elite, King et al. (1994) encontraram que devido às velocidades verticais similares durante a fase de propulsão, os patinadores não apresentaram valores de altura diferentes entre os três tipos de salto e demonstraram valores também similares no tempo de voo. No entanto, quando o mesmo salto foi comparado entre os patinadores, aqueles que conseguiam executar saltos com maior número de rotações (*Axel* triplo), produziram a maior velocidade vertical durante a propulsão. Outro estudo também encontrou uma resposta similar comparando saltos simples, duplos e triplos, onde a altura não apresentou diferença significativa entre os diferentes saltos (LOCKWOOD e GERVAIS, 1996). Segundo King (2005), a altura e o tempo de voo irão depender da velocidade vertical no momento da propulsão, mas o tempo de voo pode ainda depender da posição de aterrissagem do patinador, já que quando o patinador executa uma aterrissagem com o tornozelo, o joelho ou o quadril levemente flexionado, ele atrasa este processo ganhando alguns centésimos de segundo. Enquanto isto pode não parecer um aumento significativo no tempo de voo, dependendo da velocidade rotacional do patinador, este aumento pode ocasionar em um acréscimo de 10 a 20° na rotação. Este acréscimo pode ser fundamental para que o salto seja executado com o número completo de rotações, o que leva a uma pontuação mais alta em campeonatos. Tempos de voo entre 0,5 s

e 0,7 s são geralmente encontrados na maioria dos tipos de salto da patinação sobre o gelo (KING et al., 1994; KING, 2004).

A amplitude de movimento articular também pode influenciar no desempenho dos saltos. De acordo com King (2005), a amplitude de movimento das articulações durante a propulsão varia entre os patinadores e entre os diferentes saltos. Entretanto, para os saltos que partem do freio, o joelho da perna de propulsão tipicamente estende a partir de uma flexão de 140 a 130° até uma flexão de 170°, enquanto o joelho da perna de deslize pode estender a partir de uma flexão de 120 a 90° até os 160°. Em um estudo onde foi realizada a avaliação do salto *Lutz* triplo, cuja propulsão parte do freio na perna direita, foi demonstrado que os patinadores flexionavam o joelho da perna de propulsão entre 140° e 125°, no momento em que o freio encostava no solo, flexionando mais 5 a 10° antes do início da fase de propulsão. No final da fase de propulsão, o joelho apresentou um ângulo de 150 a 165°. Já o joelho da perna de deslize atingiu a máxima flexão entre 140° e 90°, estendendo até 155 a 170° (KING et al., 2001). Outro estudo avaliou o salto *Toe Loop* quádruplo, onde a propulsão acontece na perna esquerda, e os patinadores apresentaram uma flexão do joelho da perna de propulsão entre 143° e 130°, no momento em que o freio encostou o solo, flexionando aproximadamente mais 5° antes do início da fase de propulsão. No final da fase de propulsão, o joelho estendeu até um ângulo de 151 a 169°. A perna de deslize alcançou a flexão máxima entre 130° e 115°, estendendo até 150° a 175° (KING et al., 2002b).

A amplitude de movimento das articulações, dependendo da velocidade do movimento, também pode provocar alterações na duração da propulsão de um salto. A duração da fase de propulsão dos saltos na patinação, de acordo com King

(2005), raramente tem sido documentada. Porém, a autora afirma que uma duração logo abaixo dos 0,2 s (200 ms) parece ser típica em *Toe Loops* quádruplos da patinação no gelo (salto *Mapes* na patinação sobre rodas). Esta é uma duração que se aproxima daquela documentada por Bobbert et al. (1986), durante a execução do DJ que levou à maior potência nas articulações do joelho e tornozelo, em comparação com o DJ de maior amplitude e o CMJ. Kho (1996) ao avaliar a propulsão do salto *Loop* simples e duplo da patinação, também encontrou uma duração de 200 ms. Já Albert e Miller (1996) avaliaram o salto *Axel* de patinadores do gelo e encontraram que a duração da fase de propulsão dos saltos *Axel* simples e duplo de homens foi de 0,29 s, enquanto para as mulheres foi de 0,27 s no *Axel* simples e 0,25 s no *Axel* duplo. Esta duração da fase de propulsão, diferentemente do salto *Toe Loop* e *Loop*, se aproxima mais do valor que foi encontrado durante o CMJ no estudo de Bobbert et al. (1986).

Para que se tenha um melhor conhecimento dos saltos executados na patinação artística, também é importante a análise das forças aplicadas no solo para que o patinador alcance o melhor desempenho. Entretanto, infelizmente são encontrados poucos estudos que apresentem estes parâmetros nesta modalidade esportiva (LOCKWOOD e GERVAIS, 1996; KHO, 1996). Ao comparar homens e mulheres atletas da patinação sobre o gelo, Dainty apud King (2004) encontrou maiores valores de impulso vertical durante os saltos verticais dos homens, executados fora do gelo. Neste estudo, os homens apresentaram um perfil de força de “pico-duplo” que se acredita ter sido produzido por uma extensão mais forçada da perna de propulsão. A partir deste dado, é sugerido que as patinadoras podem ser beneficiadas com a execução de um empurrão mais forçado durante a

propulsão, assim como os homens. Além disso, o movimento dos braços e da perna livre, para cima, durante os saltos da patinação artística, também influencia as forças aplicadas no solo durante a propulsão e tem o potencial de aumentar o impulso e a velocidade vertical, produzidos nesta fase. O movimento de extensão do tronco durante a propulsão também contribui de maneira importante na produção do impulso para o salto (KING, 2005).

Outro fator que parece influenciar na execução de alguns saltos é a pré-rotação durante a fase de propulsão. King (2002d) avaliou o salto *Toe Loop* quádruplo durante o Campeonato Nacional Americano *State Farm* do ano 2000, onde quatro patinadores executaram o salto. Foram analisadas cinco execuções bem sucedidas e quatro mal sucedidas (patinadores caíram) e os resultados demonstraram que a maior diferença entre os saltos bem executados e aqueles mal executados, estava na maior pré-rotação observada durante a fase de propulsão dos saltos bem executados. Os patinadores que não apresentaram sucesso na execução do salto terminavam 43% da última rotação após a aterrissagem. No estudo de Albert e Miller (1996), onde foi avaliada a fase de propulsão do salto *Axel* simples e duplo, os patinadores também apresentaram uma pré-rotação, principalmente no *Axel* duplo e principalmente aqueles patinadores que já executavam o *Axel* triplo. É mais difícil para o patinador vencer a força centrífuga aproximando os braços e a perna livre em direção ao eixo de rotação, durante a fase de voo de saltos com múltiplas rotações. Dessa maneira, alguns patinadores têm a tendência de iniciar os saltos em uma posição mais fechada, com pré-rotação do corpo.

Uma posição mais fechada ou uma pré-rotação pode provocar um aumento na velocidade rotacional na fase de propulsão dos saltos da patinação (ALBERT e MILLER, 1996; KING, 2004). No estudo de King (1994), onde foram avaliados os saltos *Axel* simples, duplo e triplo, em patinadores homens, foi encontrado que entre os diferentes saltos a velocidade rotacional durante a fase de voo demonstrou ser maior para o salto *Axel* triplo, em comparação com os demais saltos avaliados. Os autores sugerem que a posição mais fechada do corpo durante a propulsão (menor ângulo de flexão do quadril), fazendo com que os braços e as pernas se aproximassem do corpo do patinador mais cedo na fase de voo do *Axel* triplo, pode ter sido responsável por esta resposta.

Neste estudo, a relação entre a posição do corpo e a velocidade rotacional, ficou evidente quando foram comparados os saltos *Axel* triplo dos diferentes patinadores. Aquele que demonstrou uma posição mais aberta durante a fase de voo demonstrou também uma rotação mais lenta e ao contrário, o patinador que demonstrou a posição mais fechada demonstrou também uma rotação mais rápida. Os patinadores, portanto, aumentaram a velocidade rotacional durante o *Axel* triplo alcançando a posição mais fechada mais cedo e segurando esta posição por mais tempo.

Apesar de aumentar a velocidade rotacional na propulsão do salto, a pré-rotação pode não ser sempre desejável, já que provoca uma diminuição da velocidade horizontal no momento do *take-off* (KING, 2004). King (1997) avaliou em seu estudo o *take-off* dos saltos *Axel* simples, duplo e triplo, em patinadores de elite (patinação sobre o gelo), e encontrou que os patinadores mais experientes demonstraram uma posição mais aberta no *take-off*, ou seja, com menos pré-

rotação. Segundo Aleshinsky (1988) os melhores patinadores conseguem saltar com menos pré-rotação e conseguem aproximar os braços e as pernas do eixo de rotação de maneira mais rápida, na fase de voo. Na avaliação do salto *Toe Loop* quádruplo da patinação sobre o gelo, contudo, a pré-rotação parece ser fundamental para que os braços e as pernas se aproximem do eixo de rotação mais cedo, permitindo o alcance de uma maior velocidade rotacional durante o salto (KING, 2002b; KING, 2002c).

Pode-se concluir com esta revisão, que existem informações de alguns estudos da patinação no gelo sobre as variáveis biomecânicas, que auxiliam a ter um melhor conhecimento da técnica e das necessidades de um patinador artístico. No entanto, a patinação artística sobre rodas em comparação com a patinação no gelo, apresenta diferenças em alguns elementos técnicos. Com isso, se faz necessária a análise destes parâmetros em patinadores artísticos sobre rodas, já que não são encontrados estudos na literatura científica que abordem estas variáveis nestes patinadores.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo de casos (VENTURA, 2007). Optou-se por este tipo de modelo já que são poucos os atletas do Rio Grande do Sul que conseguem realizar saltos triplos. Vale ressaltar que são atletas integrantes da seleção brasileira em campeonatos Mundiais.

#### 3.1- AMOSTRA

A amostra foi composta por quatro patinadores de elite do Rio Grande do Sul, que competem em campeonatos mundiais, sendo estes uma mulher e um homem da categoria Junior e uma mulher e um homem da categoria Sênior. Os sujeitos foram convidados em parceria com a Federação Gaúcha de Patinagem para participarem do estudo (Anexo 1). Como critérios de exclusão, os patinadores não poderiam apresentar lesão ou ingerir um medicamento que provocasse algum efeito no desempenho dos saltos avaliados. Ao ingressar na pesquisa, todos os atletas leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 2). Para os atletas menores de idade, o termo de consentimento foi assinado por um responsável e, além disso, um termo de consentimento também foi assinado pelo técnico responsável pelo atleta (Anexo 3).

#### 3.2- VARIÁVEIS

##### 3.2.1- Variáveis independentes

- Diferentes tipos de saltos

### 3.2.2- Variáveis dependentes

#### 3.2.2.1- Variáveis cinemáticas

- **Altura do salto:** considerada como o ponto mais alto alcançado pelo centro de massa, durante a fase de voo;
- **Velocidade vertical e horizontal:** considerada como velocidade vertical ascendente e horizontal ântero-posterior do centro de massa, no instante do *take-off*;
- **Velocidade rotacional:** considerada como a máxima velocidade rotacional da cintura escapular do patinador em torno do eixo vertical, alcançada durante a fase de voo (KING et al., 1994);
- **Duração da fase de propulsão:** para os saltos *Axel* simples e duplo, e *Mapes* duplo e triplo, a duração da propulsão foi considerada como o tempo a partir do valor mínimo do deslocamento do centro de massa ou do marcador do quadril, no caso dos saltos executados sem patins, até o último contato do pé esquerdo com o solo. Para os saltos verticais, a duração da propulsão foi considerada da mesma forma, mas até o último contato de ambos os pés;
- **Tempo de voo:** foi considerado como o tempo entre o último contato com o solo na fase de propulsão até o primeiro momento de contato na aterrissagem;
- **Inclinação do tronco:** considerada como o ângulo entre o eixo longitudinal do patinador e o eixo vertical projetado perpendicularmente ao solo no plano

paralelo à direção do salto do patinador, e foi medida na altura máxima do salto (KING et al., 1994);

- **Ângulo das articulações do quadril e do joelho:** foi considerado o ângulo do joelho esquerdo no último instante da fase de preparação e propulsão dos saltos, e foi considerado o ângulo do quadril direito no último instante da fase de propulsão dos saltos (extensão completa 180°) (KING et al., 1994; KING et al., 2002b).

#### 3.2.2.2- Variáveis cinéticas

- **Impulso vertical total absoluto e relativo:** considerado como a área sob a curva força-tempo a partir do instante de aceleração negativa (positiva no caso do SJ), até o último contato com o solo. Para obtenção do impulso relativo, os valores foram divididos pela massa corporal dos sujeitos.
- **Potência máxima relativa:** considerada como o produto da força e da velocidade vertical no instante do *take-off*, dividida pela massa corporal.

#### 3.2.2.3- Variáveis neuromusculares

- **Análise temporal dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, glúteo máximo, porção curta do bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral:** foi analisado o percentual da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) durante as fases de cada salto, a partir da aquisição dos dados eletromiográficos de cada um destes músculos.

### 3.2.3- Variáveis de caracterização da amostra

- Massa corporal
- Estatura
- Idade
- % Massa corporal magra
- % Gordura corporal

### 3.3- PROCEDIMENTO DA COLETA DE DADOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Foram realizadas três sessões destinadas às coletas cinemáticas, neuromusculares e cinéticas. A coleta das medidas antropométricas, o preenchimento da ficha de dados individuais (Anexo 4) e a assinatura do termo de consentimento, aconteceram na primeira sessão. Ainda nesta sessão, os sujeitos realizaram a contração isométrica voluntária máxima para que os valores da atividade muscular pudessem ser normalizados. A segunda sessão foi destinada à coleta das variáveis cinéticas, cinemáticas e neuromusculares sem patins, e os patinadores compareceram ao laboratório de biomecânica do Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos (IBTeC) em Novo Hamburgo. A terceira sessão foi destinada à coleta das variáveis cinemáticas e neuromusculares com patins, e os patinadores compareceram no ginásio Sindimetal em Novo Hamburgo.

Abaixo estão detalhados os procedimentos da coleta de cada dado.

### 3.3.1- Medidas Antropométricas

Para medida de massa corporal foi utilizada uma balança analógica (ASIMED), com resolução de 0,1 kg, e para a medida de estatura foi utilizado um estadiômetro (ASIMED), com resolução de 1 mm. Após, foram medidas as dobras cutâneas triceptal, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-ílica, abdominal e coxa, com um plicômetro (CESCORF), com resolução de 0,1 mm. Com estes dados, foi estimada a densidade corporal utilizando-se o protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1978) para homens e Jackson et al. (1980) para mulheres. A composição corporal foi estimada por meio da fórmula de Siri apud Heyward e Stolarczyk (2000), e foi utilizado um fator de correção para atletas, conforme descrito por Heyward e Wagner (2004).

### 3.3.2- Variáveis Cinemáticas

A análise cinemática foi realizada durante a execução dos seguintes saltos da patinação: *Mapes* duplo e triplo, e *Axel* simples e duplo. Antes do início do teste no ginásio foram fixados 22 marcadores reflexivos bilateralmente (Figuras 4 e 5), através de uma fita dupla face (Fita FORTE 3M- dupla face VHB), nas seguintes referências anatômicas formando um modelo de 12 segmentos: base do quinto metatarso, calcâneo, maléolo lateral, epicôndilo lateral do fêmur, trocânter maior do fêmur, crista ílica, ponto médio anterior e posterior entre as cristas, processo estilóide da ulna, epicôndilo lateral do úmero, acrômio da escápula e osso temporal (KING et al., 1994; PAPPAS et al., 2007). A coleta aconteceu no ginásio em Novo

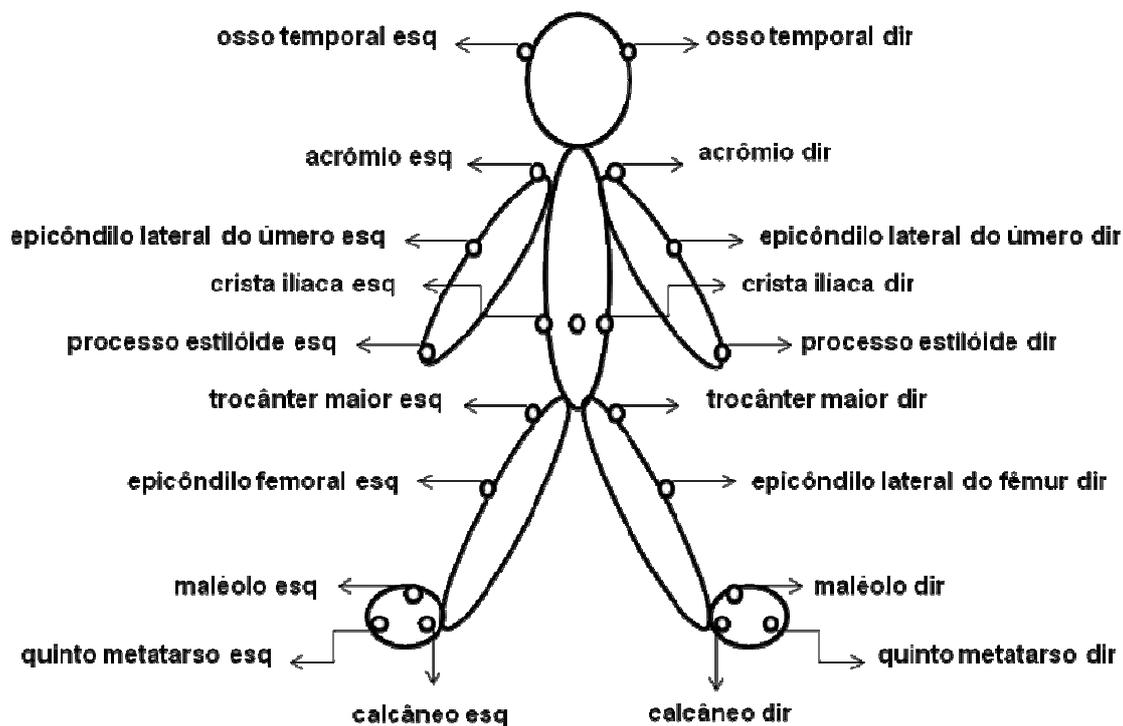


Figura 4. Representação esquemática do posicionamento dos marcadores reflexivos nas referências anatômicas.



Figura 5. Imagem dos marcadores reflexivos e da cinta utilizada para fixar o equipamento *Wireless* nos sujeitos.

Hamburgo e foram posicionadas quatro câmeras nos quatro cantos da metade da quadra do ginásio (Figuras 6 e 7), garantindo que cada ponto fosse captado por pelo menos duas câmeras durante o movimento. Durante a coleta de um sujeito, foram utilizadas quatro câmeras na frequência de 200 Hz (modelo *MotionVision DALLSTAR CA-D6*), e devido à impossibilidade de se utilizar as mesmas câmeras nas coletas dos demais sujeitos, estas foram realizadas com quatro câmeras na frequência de 240 Hz (*CASIO EXILIN FH25*). As quatro câmeras foram sincronizadas através da utilização de um LED em cada câmera, onde estes eram acionados ao mesmo tempo. Antes do início do teste e após o posicionamento e ajuste das câmeras, foi realizada a filmagem de um calibrador tridimensional (*Peak Performance Technologies Inc., Englewood, USA*) (Figura 8) e após, a filmagem da postura do sujeito na posição ortostática.



**Figura 6.** Imagem do posicionamento das câmeras no ginásio.



**Figura 7.** Imagem do posicionamento das câmeras no ginásio (lado direito).



**Figura 8.** Imagem do calibrador tridimensional utilizado para a coleta cinemática com patins.

O espaço de coleta, onde os sujeitos saltaram, foi delimitado com fitas adesivas no solo. Os atletas executaram de 2 a 4 saltos como prática antes do início da coleta, e durante a coleta executaram três saltos de cada tipo. A ordem dos tipos de saltos foi definida por sorteio. Entre a prática e o teste foi respeitado um intervalo de no mínimo 3 minutos, bem como entre os diferentes saltos durante o teste. Entre as três execuções de um mesmo salto, um intervalo de no mínimo 1 minuto foi respeitado. As imagens das câmeras de 200 Hz foram transmitidas para um computador e gravadas através do sistema de cinematria SPICA com o

software de aquisição DMAS 6.0. As imagens das câmeras de 240 Hz foram gravadas através de um cartão de memória (Kingston 16GB) e transferidas para o computador para posterior análise. O salto selecionado para análise foi aquele que estava melhor localizado dentro da zona de filmagem e que apresentou a melhor qualidade de execução (finalização mais estável) (KING et al., 1994).

Para a aquisição das variáveis cinemáticas, tanto para os saltos da patinação sem patins quanto para os saltos verticais, foi utilizada uma câmera de 200 Hz, posicionada em um plano sagital em relação ao movimento. Foi aplicado o mesmo protocolo utilizado no ginásio, no entanto foi utilizado o calibrador bidimensional, e foram posicionados apenas os marcadores reflexivos na crista ilíaca (esquerda, direita, ponto médio posterior e ponto médio anterior), com o objetivo de analisar as variáveis altura, velocidade vertical no *take-off* e duração da propulsão.

### 3.3.3- Ativação Muscular

Os sinais eletromiográficos dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, glúteo máximo, gastrocnêmio lateral, tibial anterior e porção curta do bíceps femoral, foram coletados na perna esquerda dos sujeitos, durante a execução dos saltos *Axel* simples e duplo e *Mapes* duplo e triplo. Antes de determinar o posicionamento dos eletrodos, foi realizada uma depilação e limpeza da pele por abrasão na região de interesse, com algodão umedecido em álcool para retirar as células mortas e diminuir a impedância da pele (DeLUCA, 1997). A seguir, eletrodos de superfície com configuração bipolar modelo Mini Medi-Trace 100 (Kendall

Meditrace) foram posicionados longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos avaliados, de acordo com as recomendações do SENIAM (2011). Uma distância de 30 mm entre o centro dos eletrodos foi respeitada, e o nível de resistência entre os eletrodos e a pele foi medido por um multímetro (modelo DT-830, SMART) em cada coleta e mantido abaixo de 3000 Ohms (NARICI et al., 1989). Além disso, um eletrodo de referência foi posicionado sobre a tuberosidade da tíbia esquerda (CHIMERA et al., 2004). A ativação foi coletada nas três execuções de cada tipo de salto com uma frequência de amostragem de 2000 Hz, seguindo o Teorema de Nyquist (DA ROCHA et al., 2008; HORI et al., 2009), através do equipamento Miotool *Wireless* (MIOTEC) composto por um sistema de oito canais e variação de ganho de 250 a 2000 vezes, que foi fixado na cintura do patinador com uma cinta (Figura 5). Este sinal foi transmitido para um *Notebook* (DELL E5410), via wireless, sendo gravado através do *software* Miograph.

Foi realizado um controle do posicionamento dos eletrodos através de um mapeamento com lâminas transparentes (Figura 9), onde foram desenhadas as posições dos eletrodos referentes aos pontos anatômicos e também os sinais da pele dos sujeitos (NARICI et al., 1989), para que na coleta da CIVM, na coleta com patins e na coleta sem patins, os eletrodos tivessem a mesma posição. A atividade EMG foi alinhada com a aquisição dos dados cinemáticos, através de um marcador no *software* Miograph e da utilização de um LED em cada câmera (McNITT-GRAY et al., 2001).



**Figura 9.** Imagem do mapeamento realizado com lâminas transparentes para controle do posicionamento dos eletrodos.

### 3.3.4- Contração Isométrica Voluntária Máxima

A contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, porção curta do bíceps femoral, glúteo máximo, tibial anterior e gastrocnêmio lateral, foi utilizada para a normalização da amplitude do sinal eletromiográfico (KNUTSON et al., 1994). Para tanto, foi realizada uma coleta de CIVM para cada músculo, com a contração dos grupos musculares em que cada um dos músculos supracitados atua como agonista. Cada CIVM foi realizada durante 5 s contra resistência fixa em equipamentos de musculação, com a utilização de uma célula de carga para que o sinal eletromiográfico fosse analisado no segundo mais estável da produção de força. Por meio de um goniômetro (PROFISIOMED), foram medidos os ângulos do quadril, do joelho e do tornozelo, para realização das contrações voluntárias máximas.

Para os músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, considerados agonistas dos grupos musculares extensores do joelho, o registro do sinal EMG durante a CIVM aconteceu com os indivíduos sentados com os quadris flexionados em 90° e o joelho esquerdo flexionado em 120°. A célula de carga foi fixada

perpendicularmente à perna do sujeito, com uma extremidade na parte fixa da cadeira extensora e a outra na parte móvel. Para o músculo bíceps femoral porção curta, considerado agonista dos flexores do joelho, o registro do sinal EMG ocorreu com os indivíduos em decúbito ventral e o joelho esquerdo flexionado em 120°. A célula de carga foi fixada perpendicularmente em um gancho de uma barra fixa, através de um mosquetão, e com o auxílio de uma corrente, a outra extremidade da célula foi fixada no tornozelo do sujeito, através de outro mosquetão preso no gancho de uma tornozeleira.

Para o músculo tibial anterior e gastrocnêmio lateral, considerados agonistas dos grupos musculares flexores dorsais e flexores plantares do tornozelo, respectivamente, o registro do sinal EMG aconteceu com os indivíduos na posição ortostática, posicionados em cima de um banco, com o pé esquerdo à frente e o tornozelo mantido na posição neutra. A célula de carga, para a CIVM dos flexores dorsais, foi fixada com um mosquetão em um gancho próximo ao chão, perpendicularmente ao pé esquerdo do sujeito, e a outra extremidade foi fixada em um gancho de uma tornozeleira posicionada no pé do sujeito. Para a CIVM dos flexores plantares, a célula de carga foi fixada no gancho da tornozeleira posicionada no pé do sujeito, e a outra extremidade da célula foi fixada com o auxílio de um mosquetão e uma corrente em uma barra fixa, acima do pé do sujeito. Finalmente, para o glúteo máximo, considerado agonista dos extensores do quadril, o registro do sinal EMG durante a CIVM foi adquirido com os indivíduos em decúbito dorsal, com o quadril em 90°. A célula de carga foi fixada perpendicularmente em um gancho de uma barra fixa, através de um mosquetão, e

com o auxílio de uma corrente, a outra extremidade da célula foi fixada na tornozela posicionada no tornozelo do sujeito.

#### 3.3.4.1- Teste de Validade e Reprodutibilidade do Equipamento Miotool Wireless

A validade e a reprodutibilidade do equipamento *Miotool Wireless* foram testadas em 10 mulheres, estudantes universitárias, não treinadas em qualquer tipo de exercício físico por no mínimo 3 meses. Para este teste, os sujeitos realizaram o protocolo de CIVM, onde eram executadas três repetições de CIVM de 5 segundos, com intervalo de 2 minutos entre as repetições, e foi escolhida para análise a repetição que apresentou a maior amplitude do sinal eletromiográfico e a maior estabilidade no sinal obtido pela célula de carga. Os eletrodos para análise eletromiográfica, foram posicionados com o mesmo método utilizado nos patinadores e foi analisada a ativação dos mesmos músculos da perna esquerda das amostras.

Para o teste de validade do equipamento *Wireless*, o protocolo das CIVMs foi realizado também no equipamento Miotool 400 (MIOTEC) composto por um sistema de 4 canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal, variação de ganho de 200 a 1000 vezes e entrada USB. A coleta com este equipamento foi realizada na mesma sessão em que foi utilizado o equipamento Miotool *Wireless*. Durante a sessão, o protocolo com as diferentes CIVMs era aplicado primeiro com um equipamento e depois com o outro, sendo que esta ordem era definida de maneira aleatória para cada amostra. Para o teste de reprodutibilidade das CIVMs,

com o equipamento Miotool *Wireless*, o protocolo foi aplicado novamente com uma semana de diferença entre as sessões.

Na análise da reprodutibilidade foram observados valores significativos do ICC, que variaram de 0,6 a 0,8 para o sinal eletromiográfico dos músculos gastrocnêmio lateral, bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral e glúteo máximo, indicando que o sinal destes músculos pode ser reproduzido em coletas realizadas em dias diferentes, com uma semana de intervalo. Apenas dois músculos dos sete analisados, o músculo tibial anterior e o vasto medial, não apresentaram um ICC significativo. O sinal eletromiográfico destes músculos, portanto, deve ser interpretado com cautela no presente estudo já que não foram reprodutíveis em dias diferentes. Estudos que analisem a reprodutibilidade destes músculos com um maior número amostral, são necessários para confirmar estes dados. Quanto à validade do sinal obtido com o equipamento *Wireless* em comparação com o equipamento USB, podemos observar uma boa concordância entre os equipamentos, para todos os músculos, já que o viés obtido pelo gráfico do teste de *Bland-Altman* não apresenta diferença estatisticamente significativa e o intervalo de confiança obtido é aceitável, levando em consideração a característica do sinal eletromiográfico. Dessa maneira, o equipamento *Wireless* pode ser utilizado para a mensuração da ativação muscular.

Maiores detalhes podem ser observados no Anexo 5 que inclui as Tabelas 9 (indica a caracterização das participantes, através de média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo), 10 (resultados do teste de reprodutibilidade) e 11 (resultados do teste de validade do equipamento Miotool *Wireless*), e no Anexo 6 que inclui a Figura 16 (gráficos do ICC e do teste de *Bland-Altman*).

### 3.3.5- Variáveis Cinéticas

Para a aquisição dos dados cinéticos, ou seja, impulso vertical total e potência máxima relativa, os patinadores executaram sem patins, os saltos *Mapes* duplo e triplo, *Axel* simples e duplo, e os saltos verticais DJ, CMJ e SJ, sobre uma plataforma de força (AMTI modelo OR6-7-2000). No salto *Mapes*, os patinadores sustentam o peso do corpo somente na perna direita (perna esquerda fica suspensa à frente e estendida) e na fase de preparação a perna esquerda, que estava à frente, é lançada para trás e os patinadores executam uma transferência de peso, apoiando-se sobre o ante pé esquerdo, produzindo em seguida uma impulsão para realizar o salto. Após completar as duas rotações no ar no duplo ou as três no triplo, os patinadores aterrissam sobre o pé direito com a perna esquerda à frente e finalizam passando a perna esquerda para trás (Figura 3). No salto *Axel*, os patinadores sustentam o peso do corpo sobre a perna esquerda e executam uma fase excêntrica na preparação, sobre esta perna, executando a propulsão do salto em seguida. Após completar uma rotação e meia no ar, no *Axel* simples ou duas rotações e meia no duplo, os patinadores aterrissam sobre o pé direito com a perna esquerda à frente, finalizando com a passagem desta perna para trás. Os braços durante os saltos são mantidos em compressão contra o peito (figura 2).

Com relação à execução dos saltos verticais, para o SJ os sujeitos se posicionaram com os joelhos flexionados, os pés paralelos e afastados, e em seguida executaram o salto a partir desta posição realizando, portanto, somente a ação concêntrica; para a execução do CMJ, os sujeitos permaneceram em posição ereta e executaram o salto através da flexão e extensão dos joelhos, realizando

desta maneira uma contração excêntrica e concêntrica; para a execução do DJ, os sujeitos foram posicionados em cima de uma cadeira fixa, com uma altura de 43 cm, caíram desta altura e realizaram um salto subsequente, da mesma forma que o CMJ, com ação excêntrica e concêntrica (Figura 1). Os atletas executaram os saltos verticais com as mãos posicionadas na cintura (CORMACK, 2008).

Para a aplicação do protocolo de aquisição das variáveis cinéticas, os atletas foram posicionados sobre a plataforma para realizarem o salto, e a ordem dos saltos foi definida por sorteio. Para o teste, foram executados três saltos de cada tipo e sempre foi permitida a execução de 2 a 4 saltos para a prática. No caso dos saltos da patinação, os patinadores foram instruídos para saltar da mesma maneira como executam com os patins. O sinal foi captado pela plataforma com uma frequência de amostragem de 2000 Hz, de acordo com o Teorema de Nyquist. Foi respeitado um intervalo de 1 minuto entre cada execução e 3 minutos entre cada tipo de salto, e foi considerado para avaliação um salto de cada tipo para cada patinador.

### 3.4 - TRATAMENTO DOS DADOS

#### 3.4.1 - Dados das Variáveis Cinemáticas

A avaliação dos saltos com patins foi realizada através de uma análise tridimensional (3D), e sem patins através de uma análise bidimensional, a partir da digitalização das imagens e posterior reconstrução espacial do movimento, no

*software* Skillspector versão 1.3. Os dados de posição e de velocidade foram exportados do Skillspector em arquivos de texto e estes foram utilizados em rotinas criadas no *software* Labview versão 8.5, para filtragem. Para a obtenção do centro de massa nos saltos com patins, a análise foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Winter (1990) utilizando-se os seguintes segmentos: tronco-pescoço-cabeça; antebraço-mão; braço; coxa; perna; pé. Para a filtragem foi utilizado um filtro passa baixa *Butterworth*, 4ª ordem, com frequência de corte de 3 a 8 Hz, determinada através da análise residual de Winter (WINTER, 1990; OKAZAKI et al., 2007). Esta análise foi realizada através de uma rotina criada no programa Matlab versão 7.10.

Para a aquisição da inclinação no instante de altura máxima, foram utilizados os valores de posição do acrômio esquerdo e direito e da crista ilíaca esquerda e direita, com as coordenadas x e y, e foi calculado o ponto médio entre os acrômios e entre as cristas para a definição do eixo longitudinal do patinador. Em seguida, foi obtido o valor da inclinação do eixo longitudinal do patinador com relação à reta vertical ( $90^\circ$ ) que parte do solo ( $0^\circ$ ) e que está em um plano paralelo à direção e sentido em que o patinador se desloca durante o salto. Os ângulos do joelho esquerdo e quadril direito em um espaço tridimensional foram obtidos pelo *software* Skillspector através dos marcadores posicionados no maléolo lateral, epicôndilo femoral, trocânter maior e acrômio (Figura 10).

Os saltos avaliados foram divididos em diferentes fases de movimento, para facilitar a análise das variáveis cinemáticas. Para os saltos *Mapes* duplo e triplo (Figura 3), estas fases foram consideradas da seguinte maneira: **fase de**

**preparação**, a partir do início do movimento da perna esquerda para trás até o valor mínimo do centro de massa, onde o patinador está apoiado no ante pé esquerdo; **fase de propulsão**, a partir deste valor mínimo do centro de massa até o último contato do pé esquerdo com o solo; **fase de voo**, a partir do primeiro momento sem contato com o solo até o momento da aterrissagem; **fase de aterrissagem**, a partir do primeiro contato do pé direito com o solo até a finalização do salto (onde o atleta faz a passagem da perna esquerda para trás). Para os saltos *Axel* simples e duplo (figura 2) estas fases foram consideradas da seguinte maneira: **fase de preparação**, a partir do primeiro contato do pé esquerdo com o solo até o valor mínimo do centro de massa; **fase de propulsão**, a partir deste valor mínimo do centro de massa até o último contato do pé esquerdo com o solo; **fase de voo**, a partir do primeiro momento sem contato com o solo até o momento da aterrissagem; **fase de aterrissagem**, a partir do primeiro contato do pé direito com o solo até a finalização do salto.

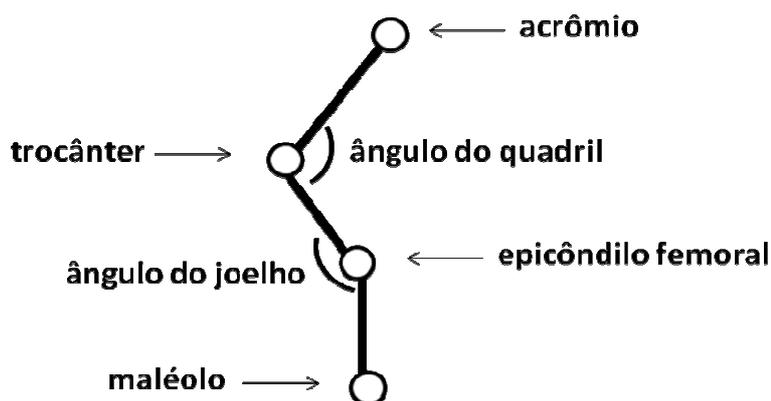
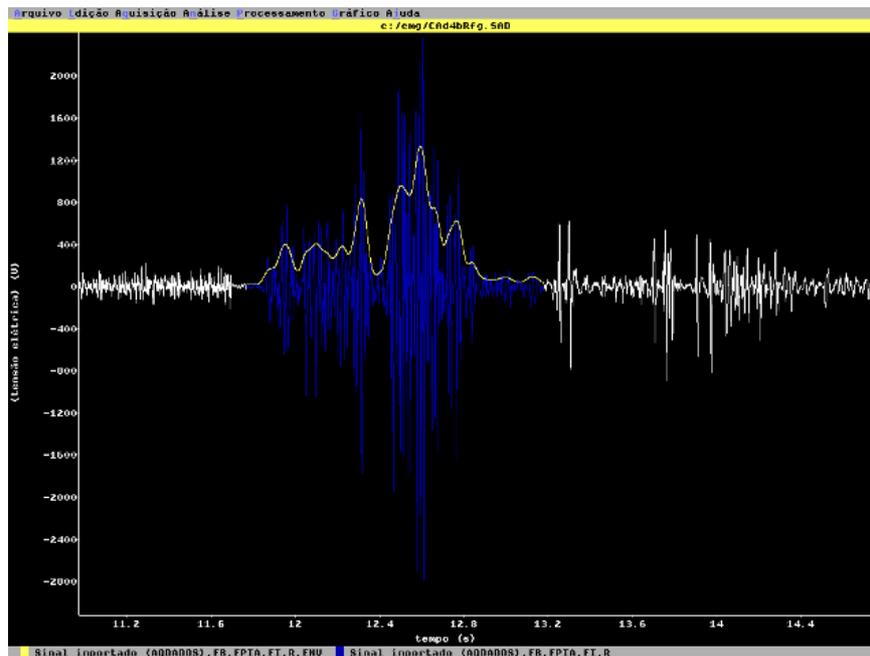


Figura 10. Representação esquemática dos ângulos do quadril e do joelho (extensão completa = 180°).

### 3.4.2- Dados de Ativação Muscular

Os dados de eletromiografia captados pelo *software* Miograph foram gravados e analisados posteriormente através do *software* SAD32. Para que esta análise no SAD32 fosse possível, os arquivos de texto exportados do Miograph foram convertidos para arquivos dat através de uma rotina utilizada no *software* Matlab versão 5.3. Em seguida, estes arquivos eram importados no SAD para que o sinal eletromiográfico fosse filtrado, utilizando-se filtros do tipo passa-banda *Butterworth*, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 20 e 500 Hz. Os sinais de ativação obtidos durante os saltos da patinação foram recortados de acordo com o tempo do salto obtido pela cinemática, e analisados através do envelope RMS com janelamento móvel do tipo *Hamming*, considerando que cada janela representa 15% do tempo total do salto (Figura 11). Para os valores da CIVM foi realizado um recorte de 1 s na fase mais estável do sinal, verificada pelo sinal da célula de carga, e foi obtido o valor *root mean square* (RMS) correspondente. Este valor foi utilizado para normalizar a atividade eletromiográfica dos saltos.



**Figura 11.** Exemplo do recorte eletromiográfico e envelope RMS, de um salto da patinação realizado por um dos sujeitos.

### 3.4.3 - Dados Cinéticos

O sinal captado pela plataforma de força foi gravado em um computador através do *software* AMTI NetForce (*Advanced Mechanical Technology, Inc*) versão 2.4 e analisado através do *software* Labview 8.5. Primeiramente, foi realizada a filtragem do sinal, utilizando-se filtros do tipo passa-baixa *Butterworth* de 4ª ordem, com frequência de corte de 20 Hz. Em seguida, foram analisadas as curvas de produção de força dos quatro sujeitos, nos 4 saltos da patinação e nos 3 saltos verticais. Foi analisada a curva de produção de força obtida a partir do início do salto até o último contato com o solo. O impulso vertical total foi calculado como a integral da curva força-tempo, a partir do momento em que a força começava a diminuir (aceleração negativa; início da fase excêntrica) até o momento do *take-off*. Para o SJ, o impulso foi calculado a partir do momento de aumento na força

(aceleração positiva). O impulso vertical exercido pelo peso dos sujeitos foi removido (KIRBY et al., 2011).

A potência máxima relativa foi calculada como o produto da força e da velocidade vertical no instante do *take-off*. A velocidade vertical neste instante ( $V_i$ ) foi calculada através da seguinte equação, sendo o tempo de voo ( $t_{voo}$ ) obtido através da análise cinemática (KOMI e BOSCO, 1978; LINTHORNE, 2001):

$$V_i = \frac{g \cdot t_{voo}}{2}$$

onde  $g$  = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

### 3.5- TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Foi realizada a análise descritiva através de média e desvio-padrão, para a comparação entre os diferentes saltos dos patinadores. Para o teste de validade do equipamento Miotool *Wireless* com o equipamento Miotool 400 foi utilizado o teste estatístico de *Bland-Altman*, e para o teste de reprodutibilidade da CIVM entre dias diferentes, com a utilização do Miotool *Wireless*, foi realizada a análise dos coeficientes de correlação intraclassa (ICC). Antes da aplicação destes testes foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. O nível de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$ . Foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 17.0 para o teste de correlação intraclassa e o programa *Analyse it 2.26*, para Excel, para a aplicação do teste de *Bland-Altman*.

## 4. RESULTADOS

### 4.1- CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Participaram do estudo quatro atletas de elite do Rio Grande do Sul, patinadores artísticos sobre rodas do nível internacional, e que representam o Brasil no campeonato mundial. As variáveis de caracterização destes atletas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos patinadores que competem na categoria Junior Feminino (JF) e Masculino (JM), e Sênior Feminino (SF) e Masculino (SM). Os valores representam a idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra e gordura corporal.

Variáveis	JF	SF	JM	SM
Idade (anos)	17	23	19	25
Estatura (m)	1,62	1,60	1,74	1,72
Massa Corporal (kg)	53,2	54,4	64,2	67,7
Massa Corporal Magra (%)	87,6	78,1	87,8	90,9
Gordura Corporal (%)	12,4	21,9	12,2	9,1

### 4.2- RESPOSTAS CINÉTICAS E CINEMÁTICAS DOS SALTOS VERTICAIS

Os valores das variáveis cinéticas e cinemáticas dos saltos verticais CMJ, DJ e SJ estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Pode-se observar que a potência máxima relativa e o impulso absoluto e relativo apresentaram valores maiores para os patinadores homens em todos os saltos, sendo o patinador SM o que demonstra maior impulso e potência máxima, em comparação com os demais patinadores. Na comparação entre os saltos, com exceção da patinadora SF, os patinadores apresentaram uma potência máxima relativa maior no SJ e no CMJ do que no DJ.

Diferentemente da potência máxima relativa, o impulso total relativo e absoluto de todos os patinadores foi maior para o salto DJ.

Tabela 2 – Valores de impulso total absoluto, impulso total relativo e potência máxima dos saltos *countermovement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ) e *squat jump* (SJ), nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Impulso (N.s)			Impulso relativo *			Potência máx (W.kg <sup>-1</sup> )		
	CMJ	DJ	SJ	CMJ	DJ	SJ	CMJ	DJ	SJ
JF	123,1	282,3	143,5	2,2	5,0	2,6	79,4	73,9	76,2
JM	152,2	314,8	174,0	2,4	5,0	2,7	83,5	75,5	85,8
SF	93,2	248,9	124,7	1,6	4,3	2,2	55,5	56,0	58,6
SM	171,0	362,9	193,1	2,5	5,3	2,8	91,8	85,7	90,5
Média	134,9	302,2	158,8	2,2	4,9	2,6	77,5	72,5	77,8
DP	34,1	48,6	30,6	0,4	0,4	0,3	15,6	12,3	14,1

\*Corresponde ao impulso total dividido pela massa corporal.

Tabela 3 – Valores de altura, duração da propulsão e velocidade vertical dos saltos *countermovement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ) e *squat jump* (SJ), nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Altura (cm)			Duração da Propulsão (s)			Velocidade Ver (m.s <sup>-1</sup> )		
	CMJ	DJ	SJ	CMJ	DJ	SJ	CMJ	DJ	SJ
JF	40	41	36	0,32	0,30	0,23	2,52	2,59	2,48
JM	43	42	37	0,24	0,28	0,18	2,90	2,88	2,72
SF	32	33	31	0,32	0,31	0,24	2,46	2,43	2,40
SM	46	48	42	0,29	0,28	0,17	2,94	2,96	2,82
Média	40,2	41,0	36,5	0,29	0,29	0,20	2,70	2,71	2,60
DP	6,0	6,2	4,5	0,04	0,02	0,03	0,25	0,25	0,20

A altura, a velocidade vertical e a duração da propulsão na comparação entre os saltos foram menores para o SJ e maiores para o CMJ e DJ, apresentando similaridade entre estes dois últimos saltos. Já na comparação entre os sujeitos, o comportamento da altura e da velocidade vertical foi maior para os homens, onde o patinador SM também apresentou os maiores valores nos três saltos verticais.

#### 4.3- RESPOSTAS CINÉTICAS E CINEMÁTICAS DOS SALTOS DA PATINAÇÃO

Os valores das variáveis cinéticas e cinemáticas dos saltos da patinação, realizados sem patins, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5. Para as variáveis cinéticas nos quatro saltos analisados, os atletas homens apresentaram valores maiores do que aqueles observados para as mulheres. Os patinadores demonstraram um impulso absoluto, impulso relativo e uma potência máxima relativa, maiores para os saltos com mais rotação (*Axel* duplo e *Mapes* triplo) do que para aqueles com menos rotação (*Axel* simples e *Mapes* triplo), com exceção do patinador Junior Masculino que demonstrou uma potência máxima um pouco maior durante o *Axel* simples do que durante o *Axel* duplo. Com relação às variáveis cinemáticas, os patinadores homens também apresentaram maior altura e velocidade vertical em comparação com as mulheres, e na comparação entre os saltos, a maior altura e velocidade vertical também foram observadas principalmente nos saltos com maior rotação. Quanto à duração da propulsão, esta foi frequentemente maior para os saltos *Axel* simples e duplo do que para os saltos *Mapes* duplo e triplo, apesar da patinadora Sênior Feminino não ter apresentado esta tendência.

Tabela 4 – Valores de impulso total absoluto, impulso total relativo e potência máxima relativa dos saltos *Axel* simples (As), *Axel* duplo (Ad), *Mapes* duplo (Md) e *Mapes* triplo (Mt), realizados sem patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Impulso (N.s)				Impulso relativo *				Potência máx (W.kg <sup>-1</sup> )			
	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt
JF	66,9	110,7	85,9	103,4	1,2	2,0	1,5	1,9	68,2	72,1	66,3	75,9
JM	115,1	159,6	115,1	157,7	1,8	2,5	1,8	2,5	92,7	91,5	82,3	93,2
SF	84,9	91,6	50,5	91,0	1,5	1,6	0,9	1,6	51,3	66,7	53,2	65,8
SM	132,4	140,4	147,0	150,0	1,9	2,1	2,1	2,2	86,7	89,6	90,7	93,1
Média	99,8	125,6	99,6	125,5	1,6	2,0	1,6	2,0	74,7	80,0	73,1	82,0
DP	29,4	30,3	41,2	33,2	0,3	0,4	0,5	0,4	18,8	12,4	16,7	13,5

\*Corresponde ao impulso total dividido pela massa corporal.

Tabela 5 – Valores de altura, duração da propulsão e velocidade vertical dos saltos *Axel* simples (As), *Axel* duplo (Ad), *Mapes* duplo (Md) e *Mapes* triplo (Mt), realizados sem patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Altura (cm)				Duração da Propulsão (s)				Velocidade Ver (m.s <sup>-1</sup> )			
	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt
JF	35	38	31	37	0,33	0,33	0,25	0,26	2,21	2,27	2,05	2,24
JM	37	43	33	40	0,25	0,24	0,16	0,15	2,38	2,55	2,25	2,50
SF	23	31	23	27	0,20	0,24	0,20	0,24	1,93	2,23	1,94	2,03
SM	37	40	37	40	0,20	0,21	0,18	0,20	2,39	2,34	2,38	2,38
Média	33,0	38,0	31,0	36,0	0,25	0,26	0,20	0,21	2,23	2,35	2,16	2,30
DP	6,7	5,1	5,9	6,2	0,06	0,05	0,04	0,05	0,21	0,14	0,20	0,20

Os resultados das variáveis cinemáticas, obtidos dos saltos realizados com patins no ginásio, estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8. Podemos observar similaridades e algumas pequenas diferenças na comparação dos saltos realizados com patins (Tabela 6) e sem patins (Tabela 5). A altura dos patinadores apresentou uma diferença de aproximadamente 3 cm no salto *Axel* duplo, 2 cm no *Mapes* duplo e 1 cm no salto *Mapes* triplo, sendo que nestes dois últimos saltos o valor foi maior na situação com patins. Na análise dos patinadores em ambas as situações,

foi encontrado que a altura e a velocidade vertical durante os saltos *Axel* simples e *Axel* duplo, demonstraram maiores valores para os homens do que para as mulheres, e na comparação entre estes saltos estas variáveis foram frequentemente maiores para o salto com mais rotação, o *Axel* duplo.

Este mesmo comportamento entre saltos de diferentes rotações foi encontrado na comparação entre os saltos *Mapes* duplo e triplo, nas duas situações. Ao comparar o salto *Axel* com o salto *Mapes*, também podemos observar que os saltos *Axel* simples e *Axel* duplo demonstraram maior duração da fase de propulsão tanto na situação sem patins (Tabela 5) como na com patins (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de altura, duração da propulsão e velocidade vertical no instante do *take-off*, dos saltos *Axel* simples (As), *Axel* duplo (Ad), *Mapes* duplo (Md) e *Mapes* triplo (Mt), realizados com patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Altura (cm)				Duração da Propulsão (s)				Velocidade Ver (m.s <sup>-1</sup> )			
	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt
JF	32	34	35	39	0,30	0,30	0,16	0,16	2,00	2,09	2,26	2,48
JM	38	39	34	39	0,23	0,24	0,12	0,12	2,60	2,50	2,27	2,40
SF	24	30	28	31	0,25	0,27	0,17	0,18	1,83	2,21	1,99	2,23
SM	37	38	35	40	0,29	0,28	0,15	0,14	2,46	2,48	2,24	2,50
Média	32,7	35,2	33,0	37,2	0,27	0,27	0,15	0,15	2,22	2,32	2,19	2,40
DP	6,4	4,1	4,2	4,2	0,03	0,02	0,02	0,03	0,37	0,20	0,13	0,12

Na análise destes saltos realizados com patins, no ginásio, embora tenha sido encontrada uma maior média de inclinação no instante de altura máxima para o salto *Axel* em comparação com o salto *Mapes* (Tabela 7), os resultados não foram consistentes entre os indivíduos. Ao analisarmos a velocidade rotacional durante a fase de voo dos saltos, e o tempo de voo (Tabela 7), observamos que os maiores valores foram encontrados durante os saltos com mais rotações (*Axel* duplo e

*Mapes* triplo), apesar da diferença para o tempo de voo ter sido muito pequena. Na comparação entre os patinadores, os maiores valores de velocidade rotacional foram encontrados para a atleta Junior Feminino e o atleta Sênior Masculino nos saltos com maior número de rotações. Quanto à velocidade horizontal (Tabela 7), podemos observar que os patinadores demonstraram um valor menor durante os saltos com mais rotação (*Axel* duplo e *Mapes* triplo), em comparação com os correspondentes de menos rotação (*Axel* simples e *Mapes* duplo), enquanto que na comparação entre os patinadores, os homens apresentaram maiores valores do que as mulheres em quase todos os saltos.

Tabela 7 – Valores de velocidade horizontal no instante do *take-off*, velocidade rotacional, tempo de voo e inclinação dos saltos *Axel* simples (As), *Axel* duplo (Ad), *Mapes* duplo (Md) e *Mapes* triplo (Mt), realizados com patins, nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Velocidade Hor (m.s <sup>-1</sup> )				Velocidade Rot (rot.s <sup>-1</sup> )				Tempo de voo (s)				Inclinação (°)			
	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt
JF	2,49	1,60	2,35	2,15	3,53	4,10	3,18	4,34	0,37	0,41	0,40	0,44	8,8	6,0	3,7	8,9
JM	2,87	2,62	3,17	2,44	3,00	3,90	2,90	4,00	0,46	0,48	0,44	0,47	6,0	5,7	2,6	3,5
SF	2,74	2,48	2,09	1,48	2,96	3,66	3,30	3,74	0,36	0,42	0,37	0,41	9,8	3,6	8,2	3,9
SM	3,22	2,57	2,56	1,86	3,06	4,25	3,13	4,60	0,44	0,45	0,47	0,50	4,6	7,5	4,3	2,9
Média	2,83	2,32	2,33	1,98	3,14	4,00	3,13	4,17	0,41	0,44	0,42	0,45	7,3	5,7	4,7	4,8
DP	0,30	0,48	0,24	0,41	0,26	0,26	0,17	0,38	0,05	0,03	0,05	0,04	2,4	1,6	2,4	2,7

Tabela 8 – Valores angulares (°) do quadril direito no último instante da propulsão e do joelho esquerdo no último instante da preparação e da propulsão, nos saltos *Axel* simples (As), *Axel* duplo (Ad), *Mapes* duplo (Md) e *Mapes* triplo (Mt), realizados com patins nos diferentes patinadores. Os valores também estão representados como média e desvio-padrão (DP).

Atleta	Ângulo Quadril Direito Prop.				Ângulo Joelho Esquerdo Prep.				Ângulo Joelho Esquerdo Prop.			
	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt	As	Ad	Md	Mt
JF	129,6	116,6	144,9	132,5	94,1	94,3	126,9	127,4	164,2	163,0	173,5	173,4
JM	134,2	139,2	168,4	169,6	127,0	126,5	127,5	129,5	172,1	171,4	173,0	174,2
SF	149,0	132,7	151,9	145,4	118,2	105,9	139,5	128,5	152,7	168,3	170,8	176,7
SM	142,6	132,8	142,9	139,7	107,7	109,0	120,1	117,7	165,1	166,1	143,7	148,7
Média	138,9	130,3	152,0	146,8	111,8	108,9	128,5	125,8	163,5	167,2	165,3	168,3
DP	8,6	9,6	11,5	16,1	14,2	13,3	8,0	5,4	8,1	3,5	14,4	13,1

Com relação aos resultados angulares obtidos durante os saltos com patins (Tabela 8), pode-se observar que nos saltos com mais rotações os patinadores flexionam mais o quadril direito no último instante da fase de propulsão do que para os saltos com menos rotações, com exceção do atleta Junior Masculino. Quanto às diferenças observadas para o ângulo do joelho entre os patinadores, no último instante da fase de preparação a atleta Junior Feminino apresenta a maior flexão do joelho esquerdo nos saltos *Axel* simples e *Axel* duplo. Neste mesmo instante, nos saltos *Mapes* duplo e *Mapes* triplo, o atleta Sênior Masculino apresentou a maior flexão do joelho em comparação com os demais patinadores.

Na comparação entre os saltos, a maior flexão do joelho esquerdo no último instante da preparação foi obtida nos saltos *Axel* simples e *Axel* duplo, com exceção do patinador Junior Masculino, que apresentou valores similares em todos os saltos. O ângulo do joelho esquerdo no último instante da fase de propulsão apresentou valores mais próximos da extensão completa para o patinador Junior Masculino, em todos os saltos avaliados, enquanto que o patinador Sênior Masculino apresentou menos extensão do joelho esquerdo neste mesmo instante, durante os saltos *Mapes* duplo e triplo.

#### 4.4- RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS DOS SALTOS DA PATINAÇÃO

Nas Tabelas 9 e 10, estão apresentados os percentuais correspondentes às fases dos saltos executados por cada patinador, com e sem patins, respectivamente. Os dados referentes à atividade eletromiográfica dos saltos *Axel* simples, *Axel* duplo, *Mapes* duplo e *Mapes* triplo, realizados com e sem patins pelos

patinadores, estão apresentados nas Figuras 12, 13, 14 e 15. Devido à perda de dados, os dados de ativação do patinador Sênior Masculino no salto *Mapes* duplo realizado com patins e no salto *Mapes* triplo realizado sem patins, não são apresentados.

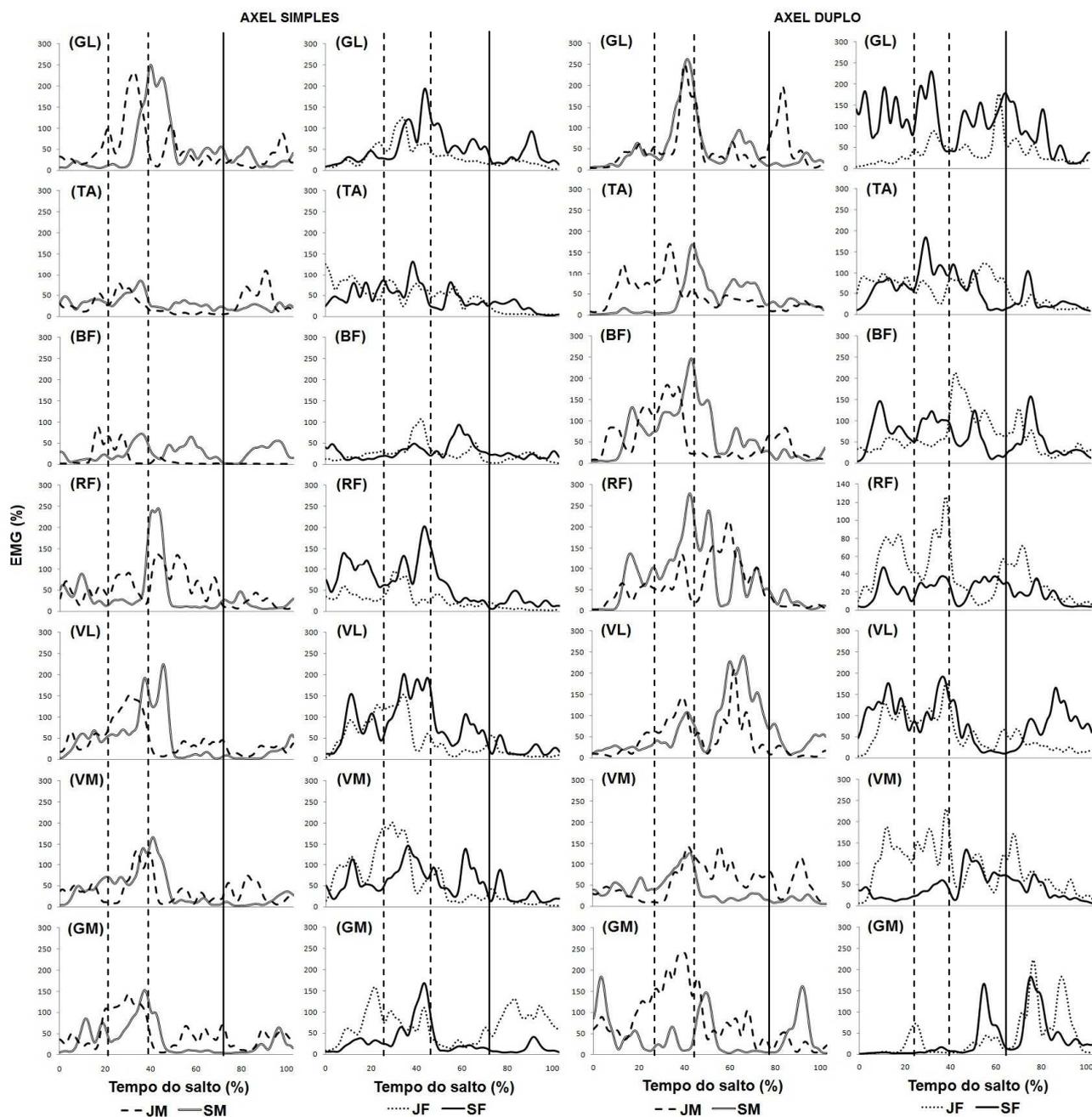
Analisando as curvas de ativação muscular, pode-se observar que na comparação entre os saltos de diferentes rotações executados com patins, os músculos gastrocnêmio lateral, reto femoral, bíceps femoral e vasto lateral, em geral ativaram em maior magnitude e maior duração, ou seja, em mais fases, nos saltos com mais rotações (*Axel* duplo e *Mapes* triplo). O glúteo máximo também apresentou este comportamento na comparação entre o *Mapes* duplo e triplo demonstrando maior ativação no salto triplo. Comparando o salto *Mapes* triplo com o *Axel* duplo, este músculo parece ser mais ativado durante o salto *Mapes* triplo realizado com e sem patins. Quanto à ativação nas diferentes fases dos saltos *Axel* e *Mapes*, na situação com e sem patins, praticamente todos os músculos demonstraram maior ativação nas fases de propulsão e voo. Para os saltos *Axel* duplo e *Mapes* triplo com e sem patins, o bíceps femoral parece ser frequentemente mais ativado durante a fase de voo.

Tabela 9. Percentuais referentes às fases dos saltos (preparação, propulsão, voo e aterrissagem), executados com patins, de cada patinador.

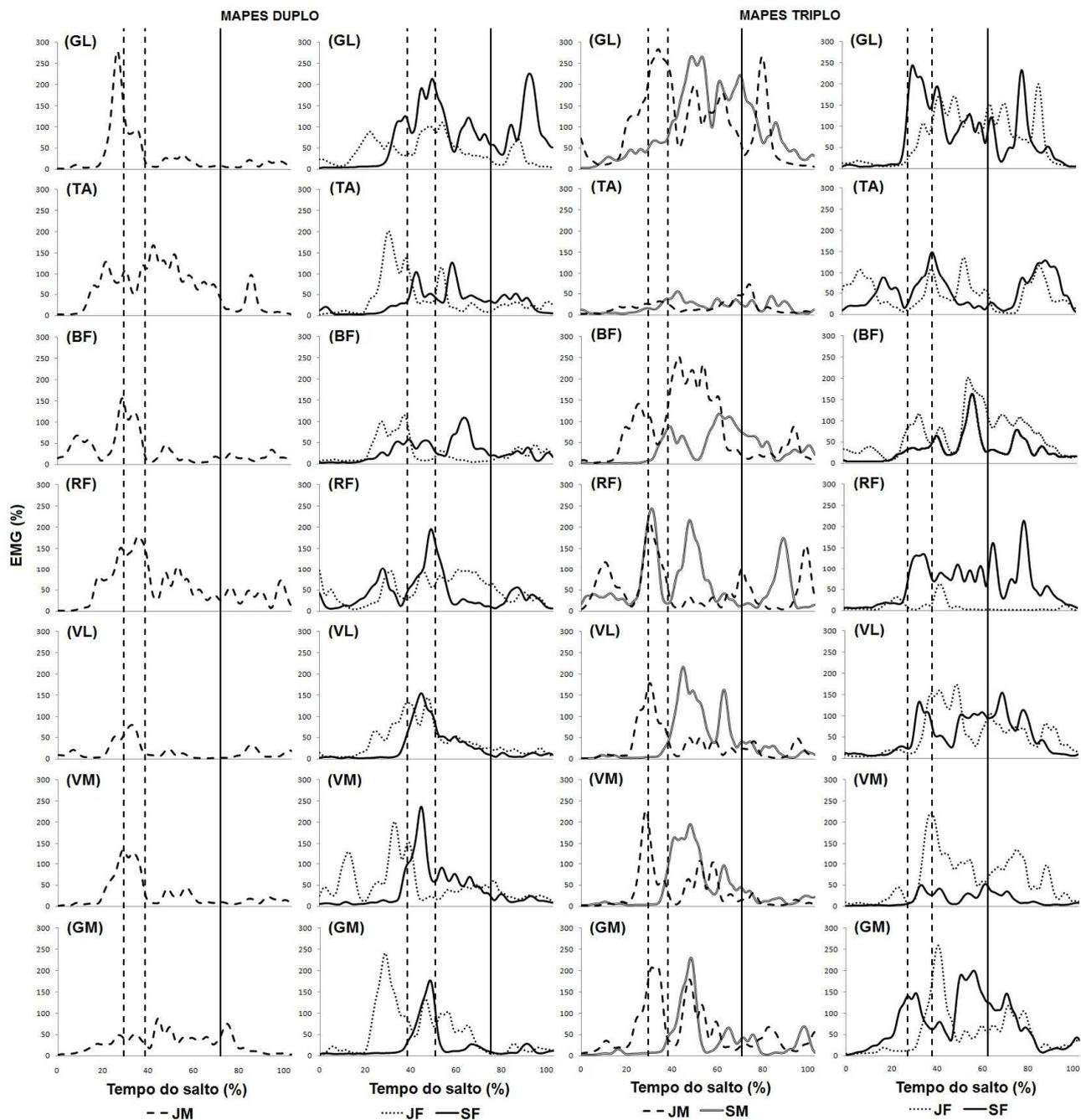
Atleta	As				Ad				Md				Mt			
	Prep	Prop	Voo	Ater												
<b>JF</b>	0-26	26-48	48-76	76-100	0-19	19-33	33-53	53-100	0-31	31-43	43-71	71-100	0-27	27-38	38-68	68-100
<b>JM</b>	0-20	20-37	37-72	72-100	0-26	26-43	43-77	77-100	0-27	27-37	37-71	71-100	0-29	29-38	38-71	71-100
<b>SF</b>	0-25	25-45	45-72	72-100	0-23	23-39	39-64	64-100	0-38	38-50	50-75	75-100	0-25	25-37	37-62	62-100
<b>SM</b>	0-20	20-42	42-76	76-100	0-21	20-41	41-74	74-100	-	-	-	-	0-36	36-45	45-77	77-100

Tabela 10. Percentuais referentes às fases dos saltos (preparação, propulsão, voo e aterrissagem), executados sem patins, de cada patinador.

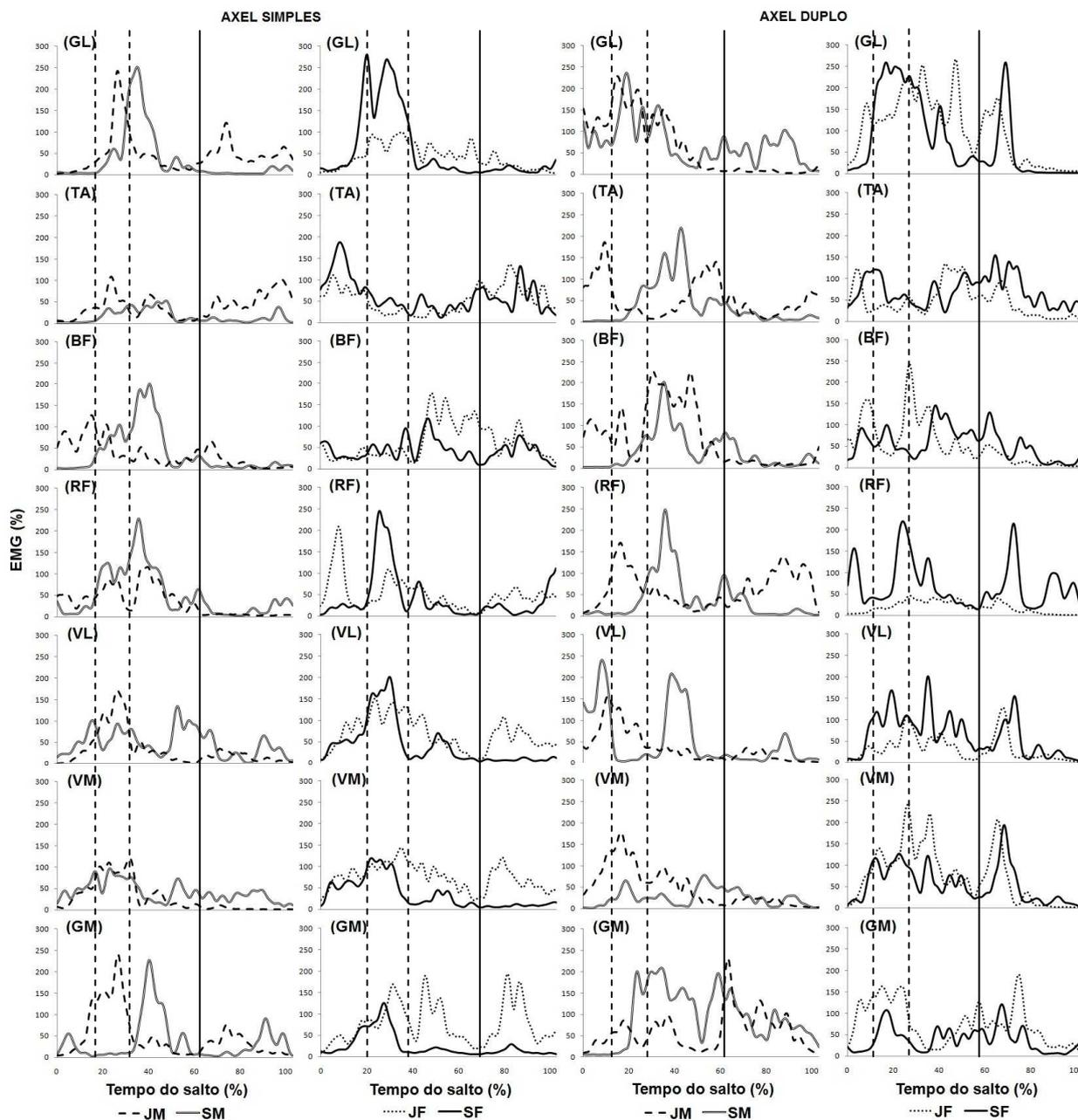
Atleta	As				Ad				Md				Mt			
	Prep	Prop	Voo	Ater												
<b>JF</b>	0-18	18-41	41-75	75-100	0-12	12-28	28-53	53-100	0-39	39-53	53-78	78-100	0-22	22-31	31-47	47-100
<b>JM</b>	0-16	16-31	31-62	62-100	0-13	13-27	27-61	61-100	0-32	32-39	39-62	62-100	0-36	36-44	44-74	74-100
<b>SF</b>	0-20	20-37	37-69	69-100	0-11	11-26	26-57	57-100	0-52	52-63	63-85	85-100	0-43	43-55	55-78	78-100
<b>SM</b>	0-19	19-35	35-73	73-100	0-17	17-32	32-71	71-100	0-47	47-58	58-87	87-100	-	-	-	-



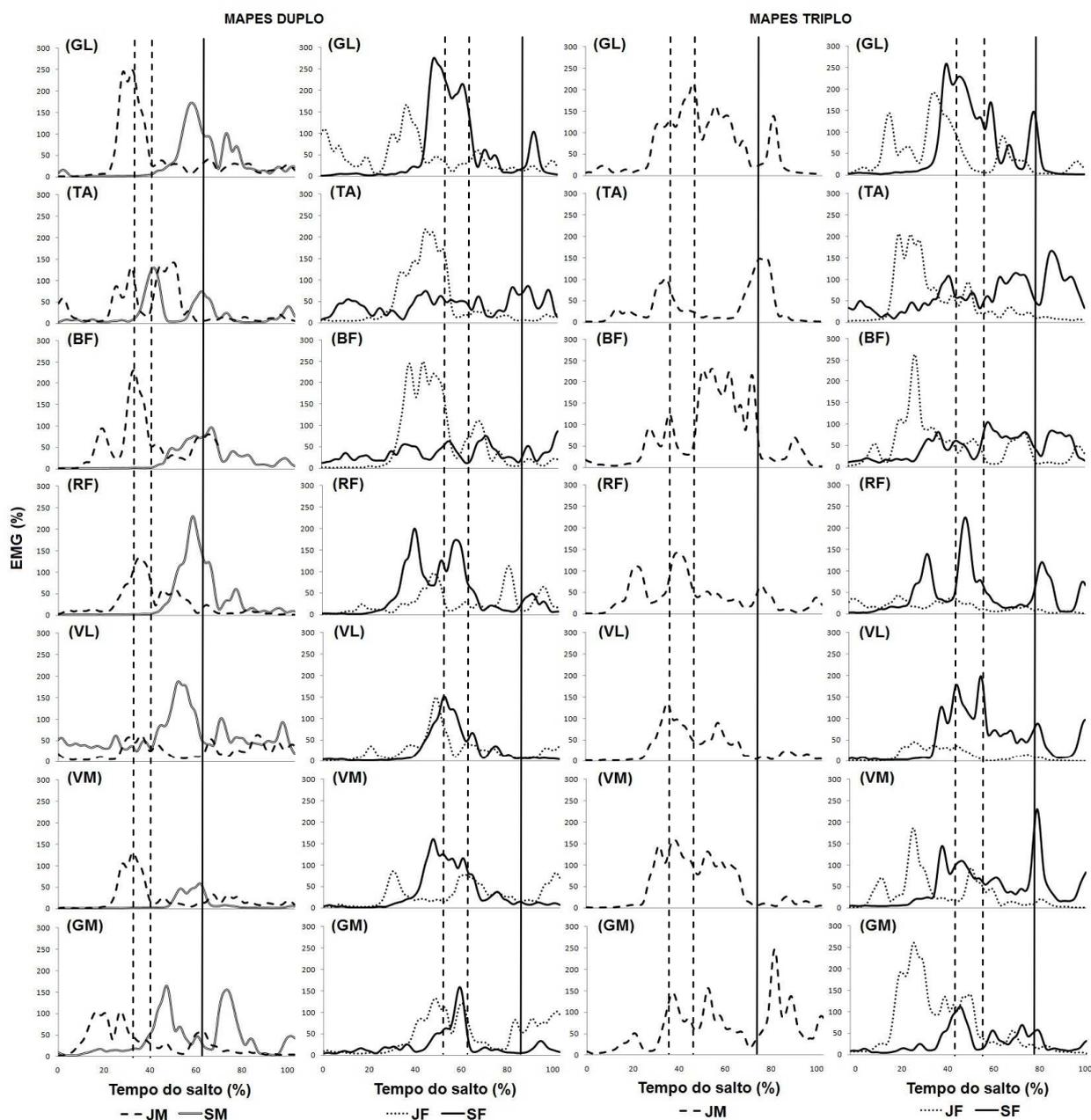
**Figura 12.** Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto *Axel* simples e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Axel* duplo, realizados com patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.



**Figura 13.** Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). As duas curvas à esquerda são referentes ao salto *Mapes* duplo e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Mapes* triplo, realizados com patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.



**Figura 14.** Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto *Axel* simples e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Axel* duplo, realizados sem patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.



**Figura 15.** Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM, dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). Às duas curvas à esquerda são referentes ao salto *Mapes duplo* e as duas curvas à direita são referentes ao salto *Mapes triplo*, realizados sem patins, pelos quatro patinadores: Junior Masculino (JM), Sênior Masculino (SM), Junior Feminino (JF), Sênior Feminino (SF). Espaço entre linhas pontilhadas determina a fase de propulsão e o espaço entre a segunda linha pontilhada e a linha sólida determina aproximadamente a fase de voo, dos patinadores Junior Masculino e Sênior Feminino.

## 5. DISCUSSÃO

Os dados do presente estudo apresentam algumas diferenças em relação aos mesmos dados observados em estudos realizados com atletas da patinação sobre o gelo e de diferentes esportes (BOBBERT et al., 1986; HAGUENAUER et al., 2006; MIHALIK et al., 2008; DOUDA et al., 2008). Em muitos estudos avaliando o desempenho dos saltos verticais, a altura tem sido a principal variável avaliada (YOUNG et al., 1995; MARKOVIC, 2007; HARA et al., 2008; VILLARREAL et al., 2009).

Haguenauer et al. (2006) analisaram patinadores do gelo (homens e mulheres) de nível nacional e internacional e encontraram uma altura de  $33,2 \pm 4,0$  cm durante o salto SJ. No estudo de Douda et al. (2008) as atletas de elite da ginástica rítmica apresentaram uma altura média de  $37,5 \pm 3,5$  cm durante o salto CMJ. Já as mulheres do vôlei de praia, apresentaram uma média de altura de  $36,1 \pm 6,3$  cm no SJ e  $38,6 \pm 5,8$  cm no CMJ, enquanto os homens apresentaram  $44,4 \pm 4,7$  cm no SJ e  $46,9 \pm 3,8$  cm no CMJ (RIGGS e SHEPPARD, 2009). Homens atletas do vôlei avaliados por Bobbert et al. (1987a) demonstraram uma altura de  $54,0 \pm 6,0$  cm no CMJ. No presente estudo, observamos que as patinadoras Junior e Sênior Feminino saltaram 40 e 32 cm no CMJ, e 36 e 31 cm no SJ, respectivamente. Os patinadores Junior e Sênior Masculino por sua vez, saltaram 43 e 46 cm no CMJ, e 37 e 42 cm no SJ, respectivamente. Quanto ao DJ, as patinadoras Junior e Sênior Feminino saltaram 41 e 33 cm e os patinadores Junior e Sênior Masculino 42 e 48 cm no DJ a partir de 43 cm. Analisando o salto DJ em homens atletas de vôlei, Laffaye et al. (2006) encontraram uma média de altura de  $41,8 \pm 4,2$  cm no DJ executado a partir de 30 cm, e uma média de altura de  $44,3 \pm 7,5$

cm no DJ executado a partir de uma altura de 60 cm.

Comparando o presente estudo com os estudos citados, podemos constatar primeiramente que a média do SJ dos patinadores sobre rodas ( $36,5 \pm 4,5$  cm) foi maior do que a observada durante o SJ dos patinadores do gelo avaliados no estudo de Haguenaer et al. (2006). A diferença entre os estudos, porém, pode ser devido aos diferentes métodos utilizados, já que no estudo de Haguenaer et al. (2006) o valor de  $33,2 \pm 4,0$  cm foi encontrado durante o SJ executado pelos atletas com os pés descalços. Com relação aos outros esportes, a patinadora Sênior Feminino saltou mais baixo do que as atletas de elite da ginástica rítmica e do que as atletas do vôlei de praia nos saltos CMJ e SJ, enquanto a patinadora JF saltou mais alto no CMJ e demonstrou um resultado similar durante o SJ, em comparação com as atletas do vôlei de praia. Os patinadores homens saltaram mais baixo do que os atletas do vôlei de praia no SJ e CMJ, embora o patinador SM tenha apresentado uma diferença muito pequena durante o CMJ, e mais baixo também que os atletas de vôlei do estudo de Bobbert et al. (1987a) durante o CMJ. Para o DJ, contudo, o patinador Sênior Masculino saltou mais alto do que os homens atletas do vôlei avaliados no estudo de Laffaye et al. (2006), enquanto que o patinador Junior Masculino apresentou um valor similar em comparação com o DJ a partir de 30 cm executado pelos atletas do vôlei, e um valor mais baixo do que o DJ a partir de 60 cm executado por estes atletas. Neste caso, devem ser consideradas as possíveis diferenças no desempenho do salto, ao realizar o salto DJ a partir de diferentes alturas.

Os patinadores realizaram o DJ a partir de uma altura de 43 cm. Jogadores de handebol avaliados por Bobbert et al. (1986) apresentaram uma média de

47,0±7,0 cm no DJ partindo de 40 cm de altura e com duração da propulsão correspondente a mais de 260 ms, que foi a duração encontrada para o DJ dos quatro patinadores do presente estudo. A altura de DJ utilizada no estudo de Bobbert et al. (1986) é uma altura mais próxima da utilizada para os patinadores, e na comparação do desempenho do salto, os jogadores de handebol saltaram em média 1 cm mais baixo do que o atleta Sênior Masculino do presente estudo. Uma altura de 45 cm foi utilizada por Young et al. (1995) no salto DJ, avaliado em homens experientes em esportes envolvendo saltos. A partir desta altura de DJ, sendo os sujeitos instruídos a saltar o mais alto possível, os homens saltaram em média 39,8±7,9 cm. Este resultado de altura é menor do que o encontrado no estudo de Bobbert et al. (1986) e no presente estudo para os atletas homens. Ruan e Li (2008) sugerem que cada sujeito tem a sua própria altura ótima para o salto DJ, e que saltos com altura além da ótima, não irão produzir mais potência e inclusive esta potência pode diminuir. Além disso, o treino com saltos verticais deve estar de acordo com a especificidade do esporte praticado (BOBBERT et al., 1986; VILLARREAL et al., 2009).

Comparando as duas mulheres e os dois homens analisados no presente estudo, separadamente, observamos os maiores valores de altura, bem como de potência e impulso para a patinadora JF e para o patinador SM. Estes achados podem sugerir que estas variáveis contribuem para o sucesso que estes dois atletas apresentam em competições nas suas respectivas categorias, já que ambos são os atuais medalhistas do campeonato Panamericano e já foram medalhistas também em campeonatos mundiais. Vale ressaltar que para o campeonato Panamericano são selecionados apenas um representante masculino e outro

feminino, que podem ser escolhidos tanto da categoria Junior quanto da categoria Sênior dependendo do desempenho de cada atleta.

Além da altura e da potência apresentarem diferenças entre os patinadores, estas variáveis também demonstram diferenças entre os tipos de salto. Podemos observar na Tabela 3 que a altura, assim como a velocidade vertical dos patinadores para o SJ, foi menor do que a observada para o CMJ e o DJ. É bem documentado na literatura que os valores de altura podem ser significativamente maiores para o DJ e CMJ em comparação com o SJ (LUNDIN e BERG, 1991; YOUNG et al., 1995; MARKOVIC, 2007; VILLARREAL et al., 2009; EARP et al., 2010). De acordo com estes estudos isto se deve à presença do CAE no CMJ e DJ, onde existe a combinação da utilização da energia elástica com a potenciação do reflexo de estiramento no músculo ativado. As possíveis diferenças entre um salto vertical que envolve um CAE lento, como o CMJ, e um salto que envolve um CAE rápido, como o DJ, podem estar relacionadas com a técnica dos saltos (posição do corpo, amplitude de movimento e tempo de contato com o solo), sendo a técnica um dos fatores mais importantes a serem considerados em um programa de treinamento pliométrico (YOUNG et al., 1995; BOBBERT et al., 1987a; WILSON e FLANAGAN, 2008). No presente estudo, entretanto, a altura dos patinadores durante o CMJ e o DJ apresentou uma diferença pequena.

Alguns estudos encontraram uma altura similar entre o salto DJ e CMJ (KOMI e BOSCO, 1978; BOBBERT et al., 1986; EARP et al., 2010). Bobbert et al. (1986) analisaram o CMJ e o DJ de homens jogadores de handebol, e foi encontrado que uma parte dos sujeitos executava o DJ com uma duração da propulsão de mais de 260 ms, apresentando respostas similares ao CMJ. O grupo

que realizou o DJ com uma duração de menos de 200 ms e menor amplitude de movimento, apresentou durante a fase de propulsão maior potência nas articulações do joelho e tornozelo, em comparação com o CMJ, porém a altura foi similar entre os dois tipos de salto. O autor sugere que a similaridade entre o CMJ e o DJ com duração da propulsão de mais de 260 ms, pode ocorrer devido a uma redução na influência do rápido pré-alongamento com o maior tempo. Se analisarmos a duração da propulsão do DJ executado pelos patinadores no presente estudo, podemos observar que esta foi maior do que 260 ms e a altura foi próxima da encontrada para o CMJ, como no estudo de Bobbert et al. (1986). O DJ neste caso estaria dentro da classificação de um CAE lento, onde ocorre uma maior amplitude de movimento e maior tempo de contato com o solo (maior que 250 ms) (SCHMIDTBLEICHER, 1992), e é possível que tenha ocorrido uma redução dos efeitos de um rápido pré-alongamento.

Diferentemente da altura e da velocidade vertical, a potência máxima relativa no presente estudo demonstrou valores menores para o DJ do que para o SJ e CMJ. A potência máxima do SJ e CMJ foi similar apesar da altura ter sido menor no SJ. Kirby et al. (2011) avaliaram os saltos SJ e CMJ e encontraram que o SJ realizado em uma profundidade auto-selecionada apresentou maiores valores de potência máxima, apesar dos valores de altura terem sido menores, em comparação com o CMJ. Quando a profundidade aumentou, a altura do salto foi significativamente maior do que a obtida na auto-selecionada, e a potência máxima significativamente menor. O autor afirma que a discrepância entre a potência máxima do SJ e do CMJ na profundidade auto-selecionada não é bem clara. No entanto, como a profundidade do CMJ foi maior do que a do SJ, é possível que ao

aumentar a profundidade os músculos sejam capazes de desenvolver um maior nível de força no início do encurtamento, o que poderia explicar a maior altura do CMJ em comparação com o SJ (BOBBERT et al., 1996). O autor ainda sugere que aumentando a profundidade uma maior força tenha sido desenvolvida durante o início do encurtamento muscular, mas como a força foi aplicada durante uma longa fase concêntrica, não foi obtido um pico de força alto. Como a potência máxima é o produto da força e da velocidade gerada na fase concêntrica, a profundidade que precisou de uma maior produção de força, enquanto ainda alcançou um nível moderado de velocidade, resultou nos maiores valores de potência máxima.

Segundo Arampatzis et al. (2001), a rigidez de membros inferiores influencia o desempenho atlético em diversos esportes, e pode ser controlada através do tempo de contato com o solo em atividades como o salto DJ. Em seu estudo foram avaliados DJs com diferentes tempos de contato, em homens atletas do decatlo, com o objetivo de determinar o efeito da rigidez da perna na potência mecânica e na velocidade vertical no *take-off*, durante o DJ. Foram separados 5 grupos do maior tempo de contato com o solo (grupo 1) ao menor tempo de contato com o solo (grupo 5).

O estudo demonstrou que a potência máxima relativa e média na fase de propulsão apresentou os maiores valores para o grupo 3, onde o tempo de contato estava entre o maior observado e o menor observado, e a menor potência mecânica na articulação do tornozelo foi encontrada para o grupo com o maior tempo de contato. Já a velocidade vertical no *take-off* apresentou os maiores valores para os três primeiros grupos, sem diferença estatística entre eles. Com estes resultados, o autor sugere que é possível maximizar a velocidade vertical em

diferentes valores de rigidez da perna e que parece existir uma rigidez ótima para maximizar a potência mecânica durante a fase de propulsão dos DJs. De acordo com o autor, a potência mecânica de todo o sistema depende da potência das articulações do joelho e do tornozelo. No presente estudo, não foram medidas as potências articulares e o tempo total de contato com o solo, no entanto, é possível que o menor valor de potência encontrado para o DJ seja um resultado de um maior tempo de contato, visto que a duração da propulsão deste salto foi maior do que o maior tempo de contato aplicado no DJ no estudo de Arampatzis et al. (2001).

Quanto à análise biomecânica dos saltos da patinação artística, comparando os diferentes patinadores, podemos observar nos resultados do presente estudo que a potência, assim como o impulso, também foram maiores para os homens do que para as mulheres em todos os saltos. Infelizmente não são encontrados estudos que tenham avaliado a potência do salto da patinação, e são poucos os que analisaram qualquer parâmetro cinético (LOCKWOOD e GERVAIS, 1996; KHO, 1996).

O estudo realizado por DAINTY apud KING (2004), que analisou a patinação sobre o gelo, demonstrou que o impulso vertical durante o salto fora do gelo tende a ser diferente entre homens e mulheres, com os homens apresentando maiores valores de impulso vertical em comparação com as mulheres. Devido a um perfil de força de “pico duplo” encontrado para os homens, possivelmente gerado a partir de uma extensão forçada da perna de propulsão, o autor sugere que as patinadoras podem se beneficiar com a execução de um “empurrão” mais sustentado durante a propulsão dos saltos. Além disso, Aleshinsky et al. (1988) também sugerem que os patinadores podem se beneficiar com uma maior extensão da perna, já que os

melhores patinadores demonstram maior extensão da perna de apoio no final da fase de propulsão dos saltos.

No presente estudo, na análise da curva de força dos saltos da patinação, não foi observado um perfil de força de “pico duplo” para os homens e para as mulheres. Além disso, se analisarmos os dados angulares obtidos nos saltos *Mapes* duplo e triplo, realizados com patins, observamos um ângulo similar de extensão do joelho esquerdo no final da propulsão entre as mulheres e o patinador Junior Masculino, e um menor grau de extensão para o patinador Sênior Masculino. No final da fase de propulsão dos saltos *Axel* simples e duplo, apenas o patinador Junior Masculino apresentou a maior extensão do joelho esquerdo. Sendo o patinador Sênior Masculino o que realiza os saltos mais difíceis e com maior número de rotações, é provável que a maior extensão da perna de apoio logo antes do voo não seja uma das principais características dos melhores patinadores. A divergência entre os resultados do presente estudo e aqueles obtidos nos estudos citados, quanto ao perfil de “pico duplo” na curva de força e quanto à extensão do joelho, pode estar relacionada com as possíveis diferenças técnicas entre os atletas que patinam sobre rodas e os que patinam sobre o gelo.

O impulso e a potência, bem como a altura e a velocidade vertical foram maiores para os saltos com maior rotação na situação sem patins. Nos saltos da patinação, o movimento ascendente da perna livre, bem como dos braços, afeta a força aplicada contra o solo durante o *take-off*, tendo o potencial de aumentar o impulso produzido nesta fase (KING, 2005). Na situação sem patins não foi mensurado o movimento da perna livre, entretanto, nos saltos realizados com patins, a flexão do quadril direito, ou seja, da perna livre no último instante da

propulsão, foi maior nos saltos com mais rotações. É possível que a maior flexão do quadril direito nos saltos com mais rotações também tenha acontecido nos saltos sem patins, podendo ser esta uma das razões para os maiores valores de impulso encontrados nestes saltos. Entretanto, são necessários outros estudos mensurando o movimento da perna livre nos saltos realizados sem patins, ou mensurando o impulso nos saltos com patins, para que estes dados sejam confirmados.

Diferentemente do presente estudo, King et al. (1994) demonstraram que patinadores homens executando os saltos *Axel* simples, duplo e triplo, flexionaram menos o quadril direito no *take-off* dos saltos com mais rotação do que nos saltos com menos rotação. Os autores sugerem que os patinadores podem ter adotado esta estratégia para atingir mais rápido uma posição de rotação mais fechada (mais próxima do eixo longitudinal), aumentando a velocidade rotacional.

Assim como na situação sem patins, a altura nos saltos realizados com patins no ginásio apresentou frequentemente valores maiores para os saltos com mais rotação do que para aqueles com menos rotação. Na comparação entre a situação com e sem patins para os saltos *Axel* e *Mapes*, a altura foi aproximadamente 3 cm maior no salto *Axel* duplo realizado sem patins, 2 cm maior no salto *Mapes* duplo realizado com patins, e 1 cm maior no salto *Mapes* triplo com patins.

No estudo de Kho (1996), onde foi feita a análise do salto *Loop* simples e duplo com patins sobre o gelo e no laboratório através de uma simulação da propulsão e da aterrissagem, técnicos de nível internacional da patinação sobre o gelo foram consultados a respeito das possíveis diferenças entre a execução dos saltos sobre o gelo e na situação do laboratório. Uma diferença óbvia entre as duas

condições foi a ausência de velocidade horizontal no salto realizado no laboratório. Além disso, a simulação da propulsão do salto pode ter subestimado a verdadeira impulsão dos saltos sobre o gelo, em virtude dos sujeitos terem utilizado os patins no laboratório. Sobre o gelo os patinadores para saltar utilizam o freio dos patins, e no laboratório, para não estragar a plataforma, utilizaram os patins com a proteção de plástico das lâminas.

No presente estudo, é provável que este efeito não tenha acontecido já que os atletas saltaram de tênis sobre a plataforma. A diferença de peso dos patins, a diferente técnica dos saltos *Axel* e *Mapes* e a ausência ou não da velocidade horizontal, contudo, podem ter sido responsáveis pelas diferenças de altura que foram encontradas entre as situações com e sem patins. O fato de no salto *Axel* os patinadores executarem o *take-off* a partir das rodas dos patins e não do freio como no salto *Mapes*, também pode ter contribuído para que na situação com patins os sujeitos tenham saltado com menos altura no *Axel* duplo do que na situação sem patins, onde eles não realizaram o salto a partir de uma situação de deslizamento na fase de propulsão.

Alguns estudos demonstraram uma similaridade na altura e na velocidade vertical, entre saltos de diferentes rotações realizados com os patins sobre o gelo (KING et al., 1994; LOCKWOOD e GERVAIS, 1996; ARBOUR, 2012). King et al. (1994) analisaram a altura dos saltos *Axel* simples, duplo e triplo de cinco homens patinadores de elite, e encontraram uma diferença de 3 cm entre a média de altura do *Axel* simples e duplo. Na interpretação dos resultados, a altura foi considerada similar entre estes saltos. No presente estudo, a média destes saltos de diferentes rotações apresentou 2,5 cm de diferença, porém é possível que uma pequena

diferença seja importante para completar o número de rotações necessário. Talvez com uma pequena diferença de altura, dependendo da velocidade rotacional do patinador durante a fase de voo, o atleta que não consegue executar um salto triplo completo, consiga modificar esta situação, completando o salto e melhorando o seu resultado nas competições.

Na comparação entre os patinadores, os homens demonstraram maiores valores de altura e velocidade vertical do que as mulheres durante os saltos *Axel* simples e *Axel* duplo. Esta resposta pode estar relacionada com o fato de os patinadores homens do presente estudo conseguirem executar o salto *Axel* duplo com o número completo de rotações, diferentemente das patinadoras. É possível que o aumento nos valores destas variáveis possa auxiliar no desenvolvimento destas patinadoras para a realização deste salto com o número completo de rotações. Alguns estudos demonstram que quando o mesmo salto é comparado entre patinadores que conseguem ou não realizar saltos com maior número de rotações, aqueles que executam o salto com mais rotações (por exemplo, *Axel* triplo comparado com *Axel* duplo) produzem maior velocidade vertical no *take-off* (ALBERT e MILLER, 1996; KING, 2005; ARBOUR, 2012).

King (2005) demonstra em seu estudo que homens patinadores do gelo que não executam o salto *Axel* triplo apresentam uma velocidade vertical de  $2,6 \pm 0,1$  m.s<sup>-1</sup> no *Axel* duplo, enquanto aqueles que já executam o salto *Axel* triplo apresentam uma velocidade vertical de  $3,4 \pm 0,3$  m.s<sup>-1</sup> no *Axel* duplo. Para o *Toe Loop* triplo da patinação sobre o gelo (similar ao salto *Mapes* triplo da patinação sobre rodas), os patinadores que ainda não conseguem executar o salto quádruplo apresentam em geral uma média de velocidade vertical correspondente a  $3,0 \pm 0,1$

$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $3,3\pm 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para aqueles que sabem o quádruplo) (KING, 2005). Estes valores se referem somente aos patinadores homens devido ao fato de que as mulheres geralmente não executam o salto *Axel* triplo ou o salto *Toe Loop* quádruplo. Durante o salto *Axel* duplo do presente estudo, os patinadores Junior e Sênior Masculino apresentaram uma velocidade vertical igual a  $2,50$  e  $2,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , enquanto durante o salto *Mapes* triplo, apresentaram uma velocidade vertical igual a  $2,4$  e  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Estes valores são menores do que os encontrados na patinação sobre o gelo. Vale ressaltar que os patinadores do presente estudo não executam o salto *Axel* triplo com o número completo de rotações, ou o salto *Mapes* quádruplo.

A diferença observada entre os patinadores sobre rodas e sobre o gelo reforça a importância do desenvolvimento da velocidade vertical para a execução de saltos com mais rotações. Além disso, as diferenças observadas na velocidade vertical do *Axel* duplo ou *Toe Loop* triplo (*Mapes* triplo), entre os patinadores do gelo, que também não executam o salto *Axel* triplo ou *Toe Loop* quádruplo (*Mapes* quádruplo), e os patinadores do presente estudo, podem estar relacionadas com as possíveis diferenças técnicas entre os patinadores, bem como pelo tipo de patins e superfície para patinar, distintos entre a patinação sobre o gelo e a patinação sobre rodas.

Ao analisarmos a velocidade horizontal no instante do *take-off*, podemos observar que os patinadores Junior e Sênior Masculino do presente estudo apresentaram  $2,87$  e  $3,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  no *Axel* simples, e  $2,62$  e  $2,57 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  no *Axel* duplo, respectivamente. As patinadoras, Junior e Sênior Feminino, apresentaram  $2,49$  e  $2,74 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  no *Axel* simples, e  $1,60$  e  $2,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  no *Axel* duplo, respectivamente. Os

valores encontrados no estudo de Albert e Miller (1996) foram maiores, com os homens apresentando  $4,3\pm 0,2$  e  $3,5\pm 0,3$  m.s<sup>-1</sup> nos saltos *Axel* simples e duplo, respectivamente, e as mulheres apresentando  $3,5\pm 0,3$  e  $2,7\pm 0,3$  m.s<sup>-1</sup> nos mesmos saltos. King et al. (1994) demonstraram resultados ainda maiores na avaliação destes saltos em homens patinadores do gelo ( $5,3\pm 1,2$  e  $4,7\pm 0,3$  m.s<sup>-1</sup> no *Axel* simples e duplo, respectivamente). Na comparação entre os saltos, podemos constatar que assim como no presente estudo os autores mencionados também encontraram valores de velocidade horizontal menores nos saltos com mais rotação do que naqueles com menos rotação.

Da mesma forma que para o salto *Mapes* triplo em comparação com o *Mapes* duplo no presente estudo, em um estudo que analisou o salto *Toe Loop* quádruplo de patinadores sobre o gelo, foram encontrados valores menores de velocidade horizontal em comparação com o salto *Toe Loop* triplo (similar ao salto *Mapes* triplo da patinação sobre rodas) (KING, 2002c). É provável que os movimentos combinados da perna livre e dos braços, bem como uma posição mais fechada no final da fase de propulsão, contribuam para a redução observada na velocidade horizontal (KING, 2004). Segundo King (2002c), para otimizar a velocidade horizontal e vertical no *take-off*, os patinadores devem se beneficiar de uma preparação veloz, mas controlada. Uma velocidade excessiva, que quebra o ritmo e o tempo do salto, será prejudicial.

A posição mais fechada do corpo durante os saltos com maior rotação, onde os braços e as pernas do patinador estão mais próximos do eixo de rotação, causa um aumento na velocidade rotacional no *take-off* e na fase de voo (ALESHINSKY et al., 1988; ALBERT e MILLER, 1996; KING, 2002a; KNOLL e HÄRTEL, 2005).

Provavelmente é por esta razão que foi encontrada uma maior velocidade rotacional durante a fase de voo nos saltos *Axel* duplo e *Mapes* triplo do presente estudo, assim como no salto *Axel* triplo e *Toe Loop* quádruplo de outros estudos analisando a patinação sobre o gelo (KING et al., 1994; KING, 2002b). No estudo que avaliou o salto *Axel* (KING et al., 1994), o valor obtido em patinadores do gelo durante o salto *Axel* simples foi menor ( $2,9 \pm 0,5 \text{ rot.s}^{-1}$ ) do que aquele demonstrado pelos patinadores do presente estudo ( $3,14 \pm 0,26 \text{ rot.s}^{-1}$ ), e o valor obtido no salto *Axel* duplo foi maior ( $4,3 \pm 0,2 \text{ rot.s}^{-1}$ ) do que o dos patinadores do presente estudo ( $4,00 \pm 0,26 \text{ rot.s}^{-1}$ ). No estudo que avaliou o salto *Toe Loop* (KING, 2002b), o valor obtido para o triplo ( $4,84 \text{ rot.s}^{-1}$ ) também foi maior em comparação com o salto *Mapes* triplo do presente estudo ( $4,17 \pm 0,38 \text{ rot.s}^{-1}$ ). Estas respostas podem ocorrer devido às diferentes posições adotadas pelos patinadores e ao tempo que levam para alcançar a posição mais fechada durante a fase de voo.

Uma posição mais fechada ou uma pré-rotação realizada no instante do *take-off* aumenta a velocidade rotacional na propulsão do salto, entretanto, esta técnica reduz a velocidade horizontal do patinador (ALBERT e MILLER, 1996). Talvez uma técnica melhor para completar as rotações fosse saltar com uma posição mais aberta (menos pré-rotação), evitando uma maior redução da velocidade horizontal, e permitindo uma maior produção de velocidade vertical (KING, 2004). No entanto, segundo Aleshinsky et al. (1988) deve-se ter maior força nos braços e nas pernas para fechar rapidamente a posição, indo contra a força centrífuga durante a fase de voo. Para o salto *Axel*, parece que os patinadores mais experientes e que tem uma classificação mais alta em campeonatos, utilizam uma posição mais aberta no *take-off*, ou seja, executam menos pré-rotação na

propulsão, apresentando maior velocidade horizontal e vertical durante o *take-off* do salto (KING, 1997; KING, 2004). Se observarmos os resultados de velocidade horizontal do presente estudo, para o salto *Axel* duplo as mulheres apresentaram uma menor velocidade horizontal em comparação com os homens, que pode ter sido causada por uma maior pré-rotação no instante do *take-off*. Talvez as patinadoras do presente estudo possam se beneficiar com a utilização de uma posição mais aberta na fase de propulsão do salto *Axel* duplo, completando o número de rotações neste salto.

Outro fator que pode contribuir para a melhor execução de um salto é a inclinação do eixo longitudinal do patinador no instante de altura máxima. No presente estudo, os patinadores demonstraram uma inclinação para trás em relação à direção do movimento que variou de 4,6 a 9,8° no *Axel* simples e 3,6 a 7,5° no *Axel* duplo. Nos saltos *Mapes* duplo e triplo, a inclinação chegou a alcançar valores menores variando de 2,6 a 8,2° e 2,9 a 8,9°, respectivamente. No estudo de King et al. (1994), onde foi avaliado o salto *Axel* com diferentes rotações em 5 homens patinadores de elite, os melhores saltos apresentaram uma inclinação de 5 a 10° para trás em relação à direção do movimento, indicando a possível existência de uma inclinação ideal no ar, independente do tipo de salto. De acordo com a autora, parece que uma inclinação de 5 a 10° para trás em relação à direção do movimento permite que o patinador mantenha um melhor equilíbrio durante a aterrissagem. No presente estudo, no entanto, as inclinações abaixo dos 5° não parecem ter prejudicado a aterrissagem dos patinadores.

Além da posição do corpo no ar, as posições e deslocamentos articulares, bem como a duração da propulsão, também podem ser importantes para maximizar

o desempenho em um salto da patinação. Para o salto *Mapes* triplo, no presente estudo, os patinadores demonstraram um ângulo de 117,7 a 129,5° do joelho esquerdo no final da preparação (logo antes da propulsão) e um ângulo de 148,7 a 176,7° no final da propulsão. Na avaliação do salto *Toe Loop* quádruplo da patinação sobre o gelo, os patinadores demonstraram uma flexão do joelho esquerdo (perna da propulsão) de aproximadamente 130 a 143°, no momento em que o freio encostava o solo, flexionando mais 5° logo antes da fase de propulsão, e uma extensão de 151 a 169° no instante do *take-off*, em saltos bem sucedidos (boa aterrissagem) (KING, 2002b). Os ângulos do joelho esquerdo encontrados no presente estudo parecem estar de acordo com os observados no salto *Toe Loop* quádruplo da patinação sobre o gelo, embora alguns patinadores do presente estudo tenham flexionado e estendido mais o joelho no final da preparação e propulsão do salto, respectivamente. Não se sabe, entretanto, se no salto *Toe Loop* triplo, que seria o mais próximo do *Mapes* triplo, esses valores permanecem os mesmos.

Em comparação com o salto *Axel*, podemos observar que em média o deslocamento angular do joelho esquerdo na fase de propulsão do salto *Mapes* é menor, já que no salto *Axel* o joelho esquerdo flexionou mais logo antes da propulsão e teve uma extensão similar a do salto *Mapes* no final da fase de propulsão, embora o patinador Junior Masculino tenha apresentado um deslocamento similar entre os diferentes saltos. Ao analisarmos a duração da propulsão, observamos que os patinadores também apresentaram uma duração menor para o salto *Mapes* do que para o *Axel* (0,12 a 0,17 s e 0,12 a 0,18 s nos

saltos *Mapes* duplo e triplo, respectivamente, e 0,23 a 0,30 s e 0,24 a 0,30 s nos saltos *Axel* simples e duplo, respectivamente).

Uma duração abaixo dos 0,2 s parece ser típica em *Toe Loops* quádruplos da patinação no gelo (KING, 2005). Já para o salto *Axel*, no estudo de Albert e Miller (1996) a duração da fase de propulsão dos saltos *Axel* simples e duplo foi de 0,29 s para os homens, enquanto para as mulheres foi de 0,27 s no *Axel* simples e 0,25 s no *Axel* duplo. Analisando no presente estudo os homens e as mulheres separadamente, encontramos para os patinadores Junior e Sênior Masculino uma duração da propulsão de 0,23 e 0,29 s durante o *Axel* simples e 0,24 e 0,28 s durante o *Axel* duplo, respectivamente, e para as patinadoras Junior e Sênior Feminino encontramos uma duração igual a 0,30 e 0,25 s durante o *Axel* simples e 0,30 e 0,27 s durante o *Axel* duplo, respectivamente. Novamente, os resultados do presente estudo parecem ser estar de acordo com os demonstrados nos estudos da patinação sobre o gelo, já que a duração da propulsão também apresenta valores maiores para o salto *Axel*. Estes resultados indicam uma diferença quanto à especificidade de cada salto, já que de acordo com a duração da propulsão o salto *Mapes* inclui um CAE rápido, enquanto o salto *Axel* inclui um CAE lento.

É importante que isto seja considerado no planejamento dos programas de preparação física dos patinadores, para que o desempenho seja maximizado em cada tipo de salto. O salto DJ com menor tempo de contato, por exemplo, poderia ser utilizado para auxiliar no desenvolvimento do patinador para o salto *Mapes*, enquanto um CMJ poderia ser utilizado para auxiliar no desenvolvimento para o salto *Axel*. Estes exercícios podem ser executados de maneira unilateral, com os sujeitos saltando a partir da perna esquerda ou de maneira bilateral com uma

variação na posição das pernas, para que estes saltos se aproximem mais dos saltos praticados na patinação.

Alguns pesquisadores que analisaram a patinação sobre o gelo, afirmam que a ativação de alguns grupos musculares como o quadríceps, os isquiotibiais e o gastrocnêmio, bem como a ativação do músculo glúteo máximo, são fundamentais para que se tenha sucesso nos saltos da patinação (ALESHINSKY et al., 1988; POE et al., 1994; KING, 2005). A contribuição dos músculos pode variar conforme o tipo de salto executado (*Toe Loop* ou *Mapes, Axel, Flip*), como foi observado no presente estudo para o músculo glúteo máximo, em que a ativação foi maior durante o salto *Mapes* do que durante o salto *Axel* na situação com patins. Estas informações a respeito da ativação dos músculos em diferentes tipos de salto também podem ser importantes para o planejamento específico de programas de treinamento, onde serão trabalhados principalmente os músculos que são fundamentais para a execução dos saltos incluídos nas coreografias dos patinadores.

Na análise do comportamento neuromuscular dos saltos avaliados com patins no presente estudo, os saltos com maior número de rotações demonstraram maior ativação, principalmente nas fases de propulsão e voo, dos músculos bíceps femoral, gastrocnêmio lateral, reto femoral, vasto lateral e glúteo máximo (este último principalmente para o salto *Mapes*), em comparação com os saltos com menos rotações. Este resultado está de acordo com os resultados de altura, velocidade vertical e rotacional, observados através da análise cinemática durante as fases de propulsão e voo.

Os resultados do presente estudo também estão de acordo com os obtidos no estudo de Taylor e Psycharakis (2009), que demonstraram maior ativação dos músculos da perna de propulsão nos saltos com mais rotações. Neste estudo foram avaliados o gastrocnêmio medial, o reto femoral, o bíceps femoral e os músculos adutores, em um patinador de nível nacional, executando os saltos *Toe Loop* e *Flip*, simples e duplo (uma e duas rotações). No estudo realizado por Kho (1996) também foi avaliada a ativação muscular durante a propulsão do salto da patinação, no entanto o salto avaliado foi o *Loop* simples e duplo, e os músculos avaliados foram o tibial anterior, o vasto lateral, o bíceps femoral e o gastrocnêmio lateral. Como no presente estudo e no estudo de Taylor e Psycharakis (2009), o salto com maior número de rotação avaliado por Kho (1996), ou seja, o *Loop* duplo apresentou em geral maior ativação em comparação com o *Loop* simples. Corroborando também com o presente estudo, os músculos que mais ativaram também apresentaram uma ativação maior do que a obtida durante a CIVM. A autora encontrou uma ativação próxima dos 250% da CIVM durante a propulsão do salto *Loop* duplo para o músculo gastrocnêmio lateral.

Os fatores que podem estar relacionados com os altos percentuais observados na atividade eletromiográfica, são a utilização da contração máxima isométrica para um movimento dinâmico rápido, a motivação do participante para a produção da contração máxima, ou alguma atividade física realizada pelos sujeitos antes dos testes, e que não foi informada (KHO, 1996). De qualquer forma, os sujeitos no presente estudo foram avisados para não executar nenhum treinamento antes dos testes e se teve o cuidado de realizar os testes em dias e horários que permitissem o atendimento deste critério.

Quanto às diferentes fases dos saltos, no presente estudo o gastrocnêmio lateral parece demonstrar grande contribuição na fase de propulsão dos saltos avaliados, o que pode indicar um grande aproveitamento do movimento de flexão plantar durante esta fase. Além disso, vale lembrar que o músculo bíceps femoral parece ser frequentemente ativado na fase de voo dos saltos com mais rotações. É possível que uma maior contração deste músculo ocorra para a manutenção da posição fechada na fase de voo destes saltos, onde os sujeitos comprimem a perna esquerda contra a direita. Esta também pode ser a causa de alguns músculos terem sido ativados por mais tempo durante os saltos com mais rotações.

As informações acerca da contribuição dos músculos nos diferentes saltos da patinação podem ser importantes para direcionar a preparação específica destes atletas. Um exemplo de treinamento que pode ser utilizado pelos patinadores e que estimula o sistema neuromuscular, promovendo a melhora no desempenho dos saltos, é o treinamento pliométrico (EBBEN e WATTS, 1998; SANTOS e JANEIRA, 2008; LEPHART et al., 2005). Wu et al. (2010) analisaram a altura e a ativação dos músculos gastrocnêmio lateral e sóleo, antes e após 8 semanas de treinamento pliométrico, e encontraram um aumento na altura do salto vertical (CMJ) e na ativação destes músculos, embora o aumento na ativação tenha sido estatisticamente significativo apenas para o sóleo. O aumento observado na ativação muscular, decorrente do treinamento, pode incluir um aumento no recrutamento e/ou na frequência de disparo das unidades motoras, bem como um aumento na sincronização destas unidades motoras, para que mais fibras musculares sejam ativadas ao mesmo tempo (SCHMIDTBLEICHER, 1992; WU et al., 2010).

De uma maneira geral, os músculos bíceps femoral, gastrocnêmio lateral, reto femoral, vasto lateral e glúteo máximo foram mais ativados durante os saltos com maior número de rotações para os atletas do presente estudo, principalmente nas fases de propulsão e voo. Este resultado é importante para o planejamento de um treinamento específico destes músculos, podendo trazer benefícios para os atletas avaliados, e provavelmente, para patinadores de outros níveis que almejam um dia realizar saltos triplos e obter sucesso em campeonatos internacionais.

## 6. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS

De acordo com os resultados, podemos concluir que os patinadores de elite analisados no presente estudo apresentaram o impulso, a potência máxima, a altura e a velocidade rotacional, maiores durante os saltos com maior número de rotações do que aqueles executados com menor número de rotações. Ao contrário destas variáveis, a velocidade horizontal no instante do *take-off* foi menor para os saltos com mais rotações.

Os resultados da duração da propulsão dos saltos também são importantes já que podem auxiliar no planejamento de um treinamento específico para os patinadores. No presente estudo, os patinadores apresentaram em média uma duração da propulsão menor para o salto *Mapes* do que para o *Axel*. Esta resposta pode indicar a diferença quanto à especificidade de cada salto, sugerindo a aplicação de exercícios envolvendo um CAE lento para o *Axel* e um CAE rápido para o *Mapes*. Os exercícios podem incluir a execução do CMJ ou do DJ, de maneira unilateral ou bilateral, sendo que nos bilaterais os atletas podem variar a posição das pernas, se aproximando melhor dos movimentos assimétricos utilizados em alguns saltos da patinação.

Quanto à ativação muscular, os resultados do presente estudo demonstraram maior ativação dos músculos gastrocnêmio lateral, reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral e glúteo máximo, nos saltos com maior número de rotações. O treinamento específico destes músculos pode ser fundamental para os patinadores que têm o objetivo de realizar saltos triplos. No entanto, é importante lembrar que a contribuição dos músculos pode variar com os diferentes tipos de

saltos e, portanto, a preparação específica deve incluir principalmente exercícios que se aproximem mais dos saltos realizados nas coreografias de competição.

#### 6.1- ANÁLISE PARA FUTUROS ESTUDOS

Com os dados do presente estudo, pretende-se fazer outras análises que possibilitem a aquisição de um conhecimento ainda maior acerca das estratégias utilizadas pelos patinadores de elite, nos saltos avaliados:

- Analisar o movimento de pré-rotação na fase de propulsão dos saltos, bem como o tempo para a aquisição da posição mais fechada durante a fase de voo;
- Analisar os ângulos de fase da cintura escapular e cintura pélvica nas fases de propulsão e voo;
- Analisar o movimento dos braços na fase de propulsão do salto.

## 7. REFERÊNCIAS

1. ALBERT, W.J.; MILLER, D.I. *Take-off* characteristics of single and double axel figure skating jumps. **J. Appl. Biomech.** 12: 72-87, 1996.
2. ALESHINSKY, S.Y.; McQUEEN, C.; PODOLSKY, A.; SMITH, A; VAN HANDEL, P. Strength and conditioning program for figure skating. **Nat. Strength Cond. Assoc. J.** 10(4): 26-30, 1988.
3. ARAMPATZIS, A.; SCHADE, F.; WALSH, M.; BRÜGGEMANN, G. Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. **J. Electromyo. Kinesiol.** 11: 355-364, 2001.
4. ARBOUR, K. The impact of impact: part II. **Professional Skater.** março/abril: 14-16, 2012. Disponível em: <[www.skatepsa.com](http://www.skatepsa.com)>. Acesso em: 14/06/2012.
5. BOBBERT, M.F.; MACKAY, M.; SCHINKELSHOEK, D.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. **Eur. J. Appl. Physiol.** 54: 566-573, 1986.
6. BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Drop jumping I: the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(4): 332-338, 1987a.

7. BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Drop jumping II: the influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(4): 339-346, 1987b.
8. BOBBERT, M.F.; GERRITSEN, K.G.M.; LITJENS, M.C.A.; VAN SOEST, A.J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Med. Sci. Sports Exerc.** 28(11): 1402-1412, 1996.
9. CAVAGNA, G.A.; CITTERIO, G. Effect of stretching on the elastic characteristics and the contractile component of frog striated muscle. **J. Physiol.** 239: 1-14, 1974.
10. CHIMERA, N.J.; SWANIK, K.A.; SWANIK C.B.; STRAUB, S.J. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. **J. Athletic Train.** 39(1): 24-31, 2004.
11. COMITE INTERNATIONAL DE PATINAGE ARTISTIQUE (U.S.A.). **Artistic roller skating: special regulations and sports rules.** Redwood City, California, 2012.
12. CORMACK, S.J.; NEWTON, R.U.; McGUIGAN, M.R.; DOYLE, T.L.A. Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. **Int. J. Sports Physiol. Per.** 3: 131-144, 2008.

13. CORMIE, P.; McBRIDE, J.M.; McCAULLEY, G.O. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. **J. Strength Cond Res.** 23(1): 177-186, 2009.
14. DA ROCHA, A.F.; CARVALHO, J.L.A.; BERGER, P.A.; NASCIMENTO, F.A.O. Processamento de Sinais Biológicos. In: LOURDES, M.B. **Informática em Saúde**. 1ª ed. Brasília: Eduel, 2008. v. 1, p. 397-426.
15. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13: 135-163, 1997.
16. DOUDA, H.T.; TOUBEKIS, A.G.; AVLONITI, A.A.; TOKMAKIDIS, S.P. Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. **Int. J. Sports Physiol. Per.** 3: 41-54, 2008.
17. DUARTE, O. **História dos esportes**. 4ª ed. São Paulo: Senac, 2003.
18. EARP, J.E.; KRAEMER, W.J.; NEWTON R.U.; COMSTOCK, B.A.; FRAGALA, M.S.; DUNN-LEWIS, C.; SOLOMON-HILL, G.; PENWELL, Z.R.; POWELL, M.D.; VOLEK, J.S.; DENEGAR, C.R.; HÄKKINEN, K.; MARESH, C.M. Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. **J. Strength Cond. Res.** 24(3): 722-729, 2010.

19. EBBEN, W.P.; WATTS, P.B. A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. **Strength Cond.** 20: 18-27, 1998.
20. EBBEN, W.; FLANAGAN, E.; JENSEN, R. Gender similarities in rate of force development and time to *take-off* during the countermovement jump. **J. Exerc. Physiol.** 10(6): 10-17, 2007.
21. EBBEN, W.P.; SIMENZ, C.; JENSEN, R.L. Evaluation of plyometric intensity using electromyography. **J. Strength Cond. Res.** 22(3): 861-868, 2008.
22. FATOUROS, I.G.; JAMURTAS, A.Z.; LEONTSINI, D.; TAXILDARIS, K.; AGGELOUSIS, N.; KOSTOPOULOS, N.; BUCKENMEYER, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. **J. Strength Cond. Res.** 14(4): 470-476, 2000.
23. FINNI, T.; KOMI, P.V.; LEPOLA, V. In vivo human triceps surae and quadriceps femoris muscle function in a squat jump and counter movement jump. **Eur. J. Appl. Physiol.** 83(4-5): 416-426, 2000.
24. FORTIN, J.D.; ROBERTS, D. Competitive figure skating injuries. **Pain Physician.** 6: 313-318, 2003.

25. HAGUENAUER, M.; LEGRENEUR, P.; MONTEIL, K.M. Influence of figure skating skates on vertical jumping performance. **J. Biomech.** 39: 699-707, 2006.
26. HARA, M.; SHIBAYAMA, A.; TAKESHITA, D; HAY, D.C.; FUKASHIRO, S. A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. **Hum. Mov. Sci.** 27: 636-648, 2008.
27. HARMAN, E.A.; ROSENSTEIN, M.T.; FRYKMAN, P.N.; ROSENSTEIN, R.M. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. **Med. Sci. Sports Exerc.** 22(6): 825-833, 1990.
28. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Avaliação da composição corporal aplicada.** São Paulo: Manole, 2000.
29. HEYWARD, V.H.; WAGNER, D.R. **Applied body composition assessment.** 2<sup>a</sup> ed. Champaign: Human Kinetics, 2004.
30. HORI, N.; NEWTON, R.U.; KAWAMORI, N.; McGUIGAN, M.R.; KRAEMER, W.J. Reliability of performance measurements derived from ground reaction force data during countermovement jump and the influence of sampling frequency. **J. Strength Cond. Res.** 23(3): 874-882, 2009.
31. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br. J. Nutrition.** 40: 497-504, 1978.

32. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
33. JENSEN, R.L.; EBBEN, W.P. Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. **J. Strength Cond. Res.** 17(2): 345-349, 2003.
34. JOHNSON, D.L.; BAHAMONDE, R. Power output estimate in university athletes. **J. Strength Cond. Res.** 10(3): 161-166, 1996.
35. KHO, M.E. **Bone-on-bone forces at the ankle and knee in figure skaters during loop jumps: clinical implications.** Dissertação de Mestrado - University of Waterloo, Waterloo, Canadá, 1996.
36. KING, D.L.; ARNOLD, A.S.; SMITH, S.L. A kinematic comparison of single, double, and triple axels. **J. Appl. Biomech.** 10: 51-60, 1994.
37. KING, D.L. Generating vertical velocity and angular momentum during skating jumps. **Professional Skater.** january/february: 10-12, 1997.
38. KING, D.; SMITH, S.; CASEY, K. How'd they do that triple lutz? Part I. **Skating.** 78(12): 48-49, 2001.

39. KING, D.; SMITH, S.; CASEY, K. How'd they do that triple lutz? Part II. **Skating**. 79(1): 64-65, 2002a.
40. KING, D.; SMITH, S.; CASEY, K. How'd they do that toe-loop? Part I. **Skating**. 79(3): 62-63, 2002b.
41. KING, D.; SMITH, S.; CASEY, K. How'd they do that toe-loop? Part II. **Skating** 79(4): 70-71, 2002c.
42. KING, D.L. A biomechanical analysis of successful and unsuccessful quadruple Toe Loop figure skating jumps. **Med. Sci. Sports Exerc.** 34(5): S1, p. 101, 2002d.
43. KING, D.L. Salto na patinação artística. In: ZATSIORSKY, V.M. **Biomecânica no esporte: performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 244-254.
44. KING, D.L. Performing triple and quadruple figure skating jumps: implications for training. **Can. J. Appl. Physiol.** 30(6): 743-753, 2005.
45. KIRBY, T.J.; McBRIDE, J.M.; HAINES, T.L.; DAYNE, A.M. Relative net vertical impulse determines jumping performance. **J. Appl. Biomech.** 27: 207-214, 2011.

46. KNOLL, K.; HÄRTEL, T. (2005). Biomechanical Conditions for Stabilizing Quadruple Figure Skating Jumps as a Process of Optimization. In: XXIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANIS IN SPORTS, v. 1, Beijing: The People Sport Press, 2005. p. 134-137.
47. KNUTSON, L.M.; SODERBERG, G.L.; BALLANTYNE, B.T.; CLARKE, W.R. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. **J. Electromyo. Kinesiol.** 4(1):47-59, 1994.
48. KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Med. Sci. Sports.** 10(4): 261-265, 1978.
49. KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A. Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. **J. Appl. Biomech.** 13: 389-415, 1997.
50. KOTZAMANIDIS, C.; CHATZOPOULOS, D.; MICHAELIDIS, C.; PAPAIAKOVOU, G.; PATIKAS, D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. **J. Strength Cond. Res.** 19 (2): 369-375, 2005.
51. KOVACS, E.J.; BIRMINGHAM, T.B.; FORWELL, L.; LITCHFIELD, R.B. Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs. **Clin. J. Sport Med.** 14(4): 215-224, 2004.

52. KUROKAWA, S.; FUKUNAGA, T.; NAGANO A.; FUKASHIRO, S. Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. **J. Appl. Physiol.** 95: 2306-2314, 2003.
53. LAFFAYE, G.; BARDY, B.; TAIAR, R. Upper-limb motion and drop jump: effect of expertise. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 46: 238-247, 2006.
54. LEPHART, S.M.; ABT, J.P.; FERRIS, C.M.; SELL, T.C.; NAGAI, T.; MYERS, J.B.; IRRGANG, J.J. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. **Br. J. Sports Med.** 39: 932-938, 2005.
55. LINTHORNE, N.P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. **Am. J. Physics.** 69(11): 1198-1204, 2001.
56. LOCKWOOD, K.L.; GERVAIS, P.L. Impact forces upon landing single, double and triple revolution jumps in figure skaters. **Clinical Biomech.** 12: S11, 1996.
57. LUNDIN, P.; BERG, W. A review of plyometric training. **Nat. Strength Cond. Assoc.** 13(6): 22-30, 1991.
58. MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **Br. J. Sports Med.** 41: 349-355, 2007.

59. MASCI, B.; VANNOZZI, G.; GIZZI, L.; BELLOTTI, P.; FELICI, F. Neuromechanical evidence of improved neuromuscular control around knee joint in volleyball players. **Eur. J. Appl. Physiol.** 108: 443-450, 2010.
60. McBRIDE, J.M.; McCAULLEY, G.O.; CORMIE, P. Influence of preactivity and eccentric muscle activity on concentric performance during vertical jumping. **J. Strength Cond. Res.** 22(3): 750-757, 2008.
61. McDILL, K. Jackson Haines: the man who revolutionized skating. **Professional Skater**. julho/agosto: 21-22, 2011. Disponível em: <[www.skatepsa.com](http://www.skatepsa.com)>. Acesso em: 14/06/2012.
62. McLELLAN, C.P.; LOVELL, D.I.; GASS, G.C. The role of rate of force development on vertical jump performance. **J. Strength Cond. Res.** 24:1-7, 2010.
63. McNITT-GRAY, J.L.; HESTER, D.M.E.; MATHIYAKOM, W.; MUNKASY, B.A. Mechanical demand and multijoint control during landing depend on orientation of the body segments relative to the reaction force. **J. Biomech.** 34: 1471-1482, 2001.
64. MIHALIK, J.P.; LIBBY, J.J.; BATTAGLINI, C.L.; McMURRAY, R.G. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. **J. Strength Cond. Res.** 22(1): 47-53, 2008.

65. MUJIK, I.; SANTISTEBAN, J.; IMPELLIZZERI, F.M.; CASTAGNA, C. Fitness determinants of success in men's and women's football. **J. Sports Sci.** 27(2): 107-114, 2009.
66. MYER, G.D.; FORD, K.R.; BRENT, J.L.; HEWETT, T.E. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. **J. Strength Cond. Res.** 20(2): 345-353, 2006.
67. NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **Eur. J. Appl. Physiol.** 59: 310-319, 1989.
68. OKAZAKI, V.H.A.; TEIXEIRA, L.A.; RODACKI, A.L.F. Eficácia da Análise Residual Para Determinar a Intensidade do Filtro na Cinemática. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, São Pedro-SP, Brasil, 2007. p. 1-5.
69. PAPPAS, E.; HAGINS, M.; SHEIKHZADEH, A.; NORDIN, M.; ROSE, D. Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. **Clin. J. Sport Med.** 17: 263-268, 2007.

70. PEREZ-GOMEZ, J.; RODRIGUEZ, G.V.; ARA, I.; OLMEDILLAS, H.; CHAVARREN, J.; GONZÁLEZ-HENRIQUEZ, J.J.; DORADO, C.; CALBET, J.A.L. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? **Eur. J. Appl. Physiol.** 102: 685-694, 2008.
71. PHILLIPS, A. **The complete book of roller skating**. New York: Workman, 1979.
72. POE, C.M.; O'BRYANT, H.S.; LAWS, D.E. Off-ice resistance and plyometric training for single figure skaters. **Strength Cond. J.** 16: 68-76, 1994.
73. RIGGS, M.P.; SHEPPARD, J.M. The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. **J. Human Sport Exerc.** 4(3): 221-236, 2009.
74. RUAN, M.; Li, L. Influence of a horizontal approach on the mechanical output during drop jumps. **Res. Q. Exerc. Sport.** 79(1): 1-9, 2008.
75. SANTOS, E.J.A.M.; JANEIRA, M.A.A.S. Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. **J. Strength Cond. Res.** 22(3): 903-909, 2008.
76. SENIAM – Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Disponível em: <[www.seniam.org](http://www.seniam.org)>. Acesso em: 08/03/2011.

77. SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In: KOMI, P.V. **Strength and power in sport**. Oxford: Blackwell, 1992. p. 381-395.
78. SMITH, A.D. The young skater. **Clin. Sports Med.** 19(4): 741-755, 2000.
79. SLINDE, F.; SUBER, C.; SUBER, L.; EDWÉN, C.E.; SVANTESSON, U. Test–retest reliability of three different countermovement jumping tests. **J. Strength Cond. Res.** 22(2): 640-644, 2008.
80. TAYLOR, C.L.; PSYCHARAKIS, S.G. A pilot study on electromyographic analysis of single and double revolution jumps in figure skating. **J. Exerc. Sci. Physiot.** 5(1): 14-19, 2009.
81. TURNER, J. **The history of roller skating**. Lincoln: National Museum of Roller Skating, 1997.
82. TURNER, A.N.; JEFFREYS, I. The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement. **Strength Cond. J.** 32(4): 87-99, 2010.
83. TWIST, C.; GLEESON, N.; ESTON, R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. **J. Sports Sci.** 26(10): 1073-1080, 2008.

84. VENTURA, M.M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Rev. SOCERJ**. 20(5): 383-386, 2007.
85. VILLARREAL, E.S.; KELLIS, E.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta- analysis. **J. Strength Cond. Res.** 23(2): 495-506, 2009.
86. WALSH, M.S.; BÖHM, H.; BUTTERFIELD, M.M.; SANTHOSAM, J. Gender bias in the effects of arms and countermovement on jumping performance. **J. Strength Cond. Res.** 21(2): 362-366, 2007.
87. WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. São Paulo: Manole, 2001.
88. WILSON, J.M. e FLANAGAN, E.P. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. **J. Strength Cond. Res.** 22(5): 1705-1715, 2008.
89. WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2<sup>a</sup> ed. New York: John Wiley, 1990.
90. WU, Y.K.; LIEN, Y.H.; LIN, K.H.; SHIH, T.T.F.; WANG, T.G.; WANG, H.K. Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. **Scand. J. Med. Sci. Sports.** 20: 80-86, 2010.

91. YOUNG, W.B.; PRYOR, J.F.; WILSON, G.J. Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop jump performance. **J. Strength Cond. Res.** 9(4): 232-236, 1995.

## ANEXO 1

Porto Alegre, 09 de março de 2011

### AUTORIZAÇÃO

Informamos que a Federação Gaúcha de Patinagem autoriza e apóia o trabalho de pesquisa intitulado: **Respostas cinemáticas, cinéticas e neuromusculares de diferentes saltos da patinação artística** que tem orientação do professor Luiz Fernando Martins Krueel e autoria de Patricia Dias Pantoja, técnica filiada a esta Federação e mestranda do curso de Pós-Graduação de Ciências do Movimento Humano da Faculdade de Educação Física da UFRGS.



Laura Dias Pantoja

Presidente

## ANEXO 2

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ATLETA

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo voluntariamente em participar do estudo "Respostas cinemáticas, cinéticas e neuromusculares de diferentes saltos da patinação artística". Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela mestrandia Patrícia Dias Pantoja, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e que envolverá a avaliação das medidas corporais, ativação muscular, taxa de produção de força, impulso vertical e medidas de variáveis cinemáticas. Eu entendo que estas avaliações serão realizadas em 3 sessões, uma no Laboratório de Pesquisa em Exercício da EsEF UFRGS em Porto Alegre, outra no ginásio Sindimetal em Novo Hamburgo, e a outra no Laboratório do IBTeC, também em Novo Hamburgo. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da dissertação da referida autora e pelo Programa anteriormente citados, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Eu, por meio desta, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Patrícia Dias Pantoja, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Dispor-me à preparação da pele, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool;
3. Dispor-me à fixação de eletrodos de superfície e à colocação de adesivos impermeáveis na região anterior da coxa e posterior da perna;
4. Realizar testes envolvendo a execução da contração isométrica máxima de músculos agonistas dos extensores do joelho, flexores do joelho, flexores dorsais, flexores plantares e extensores do quadril;
5. Realizar testes envolvendo a execução dos saltos Axel simples e duplo, e Mapes duplo e triplo, com patins e sem patins;

\* Eu entendo que durante os testes dos saltos:

1. Terei parte da região da coxa direita e da parte posterior da perna direita depilados com gilete descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão com álcool, para a colocação dos eletrodos de medida de ativação muscular;
2. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Patrícia Dias Pantoja, algum bolsista ou assistente.
3. Eu entendo que Patrícia Dias Pantoja e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;

\* Eu entendo que todos os dados relativos à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;

\* Eu entendo que não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;

\* Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação, não será providenciada nenhuma compensação financeira.

\* Eu entendo que não terá nenhum médico presente durante os testes. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência;

\* Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, com a autora do estudo Patrícia Dias Pantoja ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos. Telefone: (51) 33085820. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: (51) 33083629

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Participante (sujeito):

Nome completo: \_\_\_\_\_

Assinatura do sujeito ou responsável: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

#### CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS

Eu, \_\_\_\_\_  
permito que os pesquisadores obtenham fotografias de minha pessoa para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias ficarão sob propriedades e guarda dos pesquisadores do GPAT, sob orientação do Prof Dr. Luiz Fernando Martins Krueel e mestranda Patrícia Dias Pantoja.

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

### ANEXO 3

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TÉCNICO

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo voluntariamente em apoiar o estudo "Respostas cinemáticas, cinéticas e neuromusculares de diferentes saltos da patinação artística", permitindo a participação dos atletas filiados ao meu clube e que treinam sob minha responsabilidade. Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela mestrandia Patrícia Dias Pantoja, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e que envolverá a avaliação das medidas corporais, ativação muscular, taxa de produção de força, impulso vertical e medidas de variáveis cinemáticas. Eu entendo que estas avaliações serão realizadas em 3 sessões, uma no Laboratório de Pesquisa em Exercício da ESEF UFRGS em Porto Alegre, outra no ginásio Sindimetal em Novo Hamburgo, e a outra no Laboratório do IBTeC, também em Novo Hamburgo. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da dissertação da referida autora e pelo Programa anteriormente citados, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Eu, por meio desta, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Patrícia Dias Pantoja, bolsistas ou profissionais selecionados, para realizar os seguintes procedimentos nos meus atletas:

1. Adquirir as medidas corporais;
2. Executar a preparação da pele para análise eletromiográfica, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool;
3. Fixar eletrodos de superfície e colocar adesivos impermeáveis na região anterior da coxa e posterior da perna;
4. Realizar testes envolvendo a execução da contração isométrica máxima de músculos agonistas dos extensores do joelho, flexores do joelho, flexores dorsais, flexores plantares e extensores do quadril;
5. Realizar testes envolvendo a execução dos saltos Axel simples e duplo, e Mapes duplo e triplo, com patins e sem patins;

\* Eu entendo que durante os testes dos saltos:

1. Os atletas terão parte da região da coxa direita e da parte posterior da perna direita depilados com gilete descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão com álcool, para a colocação dos eletrodos de medida de ativação muscular;
2. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Patrícia Dias Pantoja, algum bolsista ou assistente.
3. Eu entendo que Patrícia Dias Pantoja e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;

\* Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente da participação dos atletas, não será providenciada nenhuma compensação financeira.

\* Eu entendo que não terá nenhum médico presente durante os testes. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência;

\* Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, com a autora do estudo Patrícia Dias Pantoja ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes à participação dos atletas no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos. Telefone: (51) 33085820. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: (51) 33083629

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Técnico:

Nome completo: \_\_\_\_\_

Assinatura do técnico: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

#### CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS

Eu, \_\_\_\_\_  
permito que os pesquisadores obtenham fotografias dos meus atletas para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, os atletas não devem ser identificados por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias ficarão sob propriedades e guarda dos pesquisadores do GPAT, sob orientação do Prof Dr. Luiz Fernando Martins Krueel e mestranda Patrícia Dias Pantoja.

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

**ANEXO 4****FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS**

Nome: \_\_\_\_\_

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

Endereço: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Fone: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Doenças ou Lesões:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Medicamentos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quando começou a patinar: \_\_\_\_\_

Observações:

---

---

---

## ANEXO 5

**Tabela 11** – Caracterização das participantes do teste de validade e reprodutibilidade através das médias, desvios padrão (DP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra e gordura corporal.

Variáveis	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Idade (anos)</b>	24,4	3,02	20	29
<b>Estatura (m)</b>	1,64	0,06	1,56	1,77
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	60,37	5,13	53,4	68,8
<b>Massa Corporal Magra (%)</b>	70,66	3,36	65,1	74,4
<b>Gordura Corporal (%)</b>	29,34	3,36	25,6	34,9

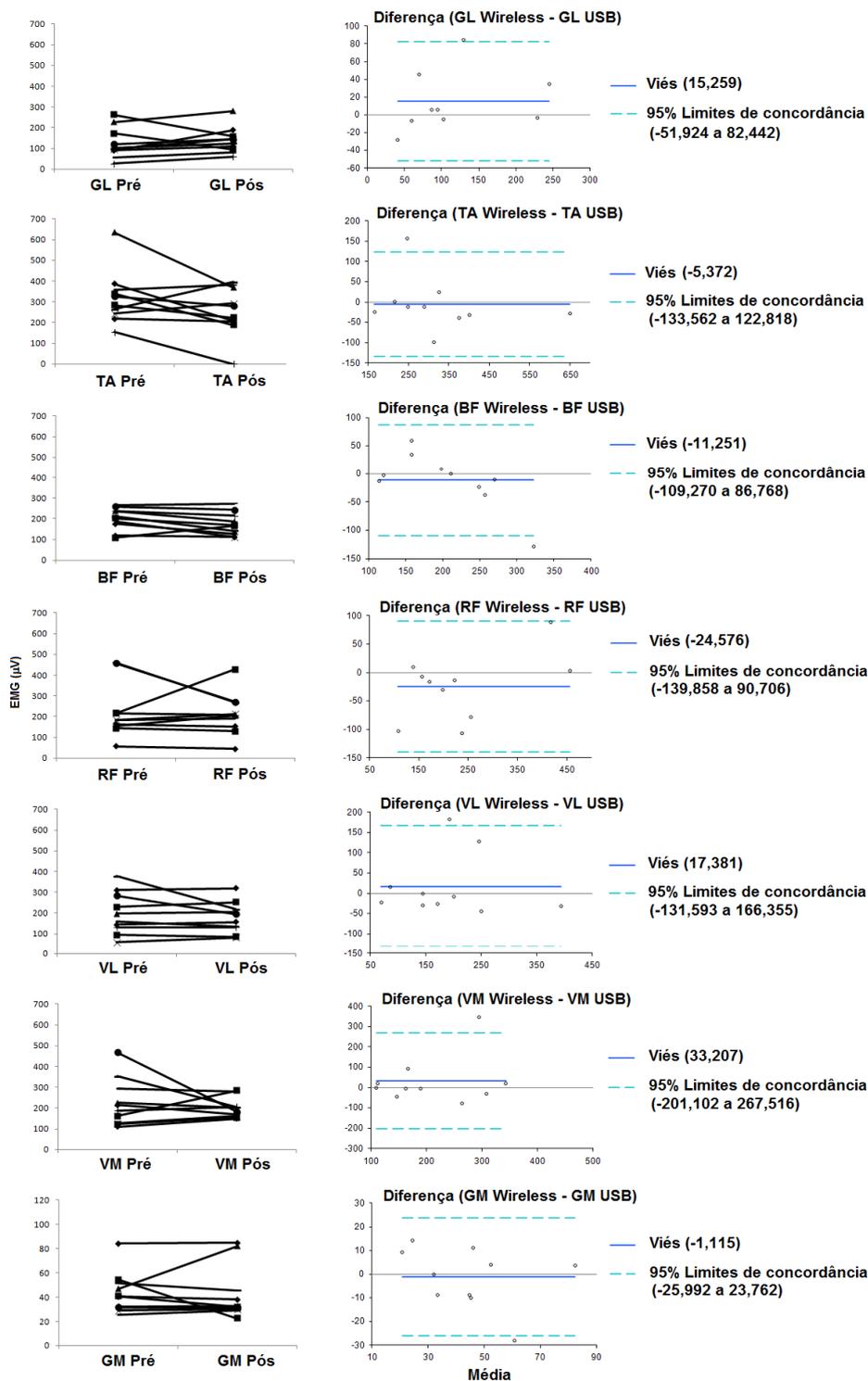
**Tabela 12** - Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC) dos valores rmsEMG dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM), durante as contrações isométricas voluntárias máximas entre as coletas com uma semana de diferença.

Músculo	ICC	Valor p
<b>GL</b>	0,621	0,021*
<b>TA</b>	0,421	0,099
<b>BF</b>	0,736	0,005*
<b>RF</b>	0,812	0,001*
<b>VL</b>	0,782	0,002*
<b>VM</b>	0,153	0,327
<b>GM</b>	0,601	0,025*

**Tabela 13** - Valores do intervalo de confiança referente à diferença dos valores rmsEMG dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM), obtidos com o equipamento Wireless e USB, durante as contrações isométricas voluntárias máximas.

Músculo	IC		Valor p
	Inferior	Superior	
<b>GL</b>	-11,089	41,607	0,705
<b>TA</b>	-52,159	41,415	0,801
<b>BF</b>	-47,027	24,525	0,465
<b>RF</b>	-66,652	17,5	0,134
<b>VL</b>	-36,992	71,754	0,488
<b>VM</b>	-52,312	118,726	0,368
<b>GM</b>	-10,195	7,965	0,787

## ANEXO 6



**Figura 16.** Gráficos de dispersão da atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM). À esquerda estão os gráficos referentes ao teste de reprodutibilidade e à direita estão os gráficos referentes ao teste de validade.