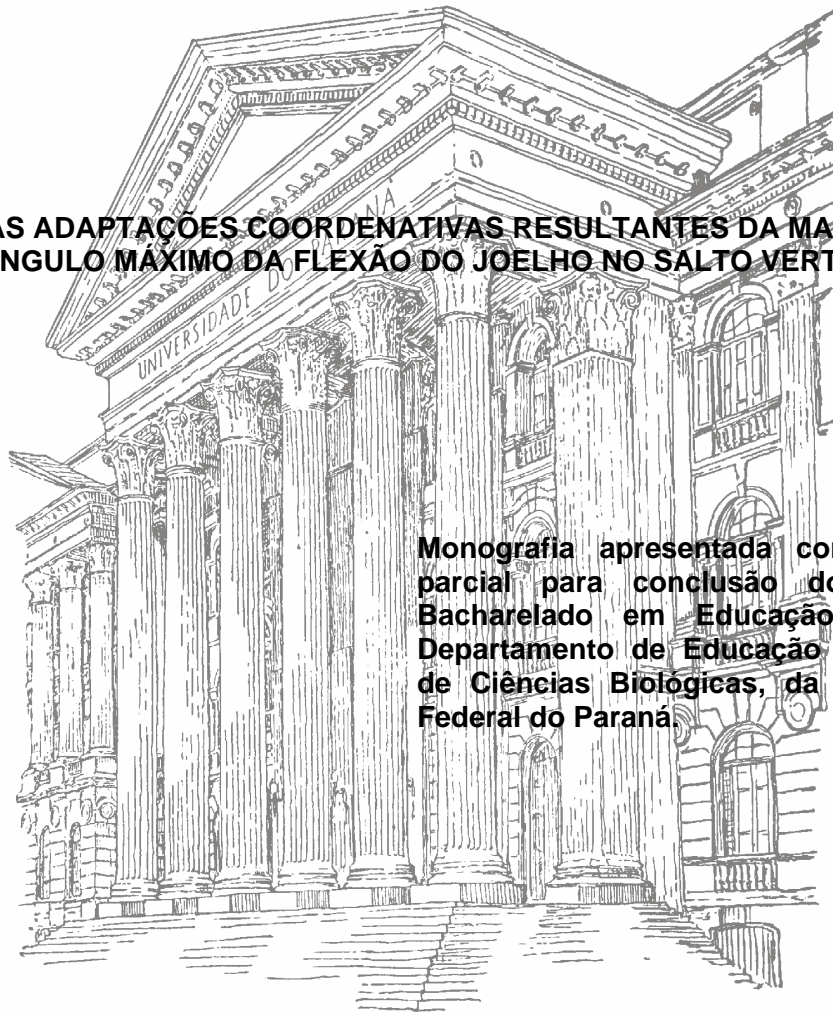


**GIOVANI DOMICIANO FORMENTON**

**ANÁLISE DAS ADAPTAÇÕES COORDENATIVAS RESULTANTES DA MANIPULAÇÃO  
DO ÂNGULO MÁXIMO DA FLEXÃO DO JOELHO NO SALTO VERTICAL**



**Monografia apresentada como requisito  
parcial para conclusão do Curso de  
Bacharelado em Educação Física, do  
Departamento de Educação Física, Setor  
de Ciências Biológicas, da Universidade  
Federal do Paraná.**

**CURITIBA**

**2006**

**GIOVANI DOMICIANO FORMENTON**

**ANÁLISE DAS ADAPTAÇÕES COORDENATIVAS RESULTANTES DA MANIPULAÇÃO  
DO ÂNGULO MÁXIMO DA FLEXÃO DO JOELHO NO SALTO VERTICAL**

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Bacharelado em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

**ORIENTADOR: ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus fiel que me mostra o caminho.

A minha família que me ama. Aos colaboradores Diógenes Silveira e Pietro Formenton. À minha mãe que tem me incentivado. À minha amada Tila que me ama e me ajudou muito, tanto na confecção deste trabalho quanto me apoiando em meus momentos de dificuldade. Obrigado a todos esses que amo e que me amam e que sofreram e se felicitaram comigo.

Ele é a imagem do Deus invisível (...)  
Pois nEle tudo foi criado (...)  
Tudo foi criado por Ele e para Ele,  
e Ele, existe antes de tudo;  
tudo nEle se mantém,  
Ele é a cabeça do corpo que é a Igreja.  
Ele é o começo (...)  
a fim de ocupar em tudo o primeiro lugar.  
e tudo reconciliar por meio dEle e para Ele  
(...) tendo estabelecido a paz pelo  
sangue de sua cruz.  
(Cl 1, 15-20)

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 HIPÓTESES.....	3
<b>2.0 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 SALTO VERTICAL.....	4
2.1.1 Performance do salto vertical.....	4
2.1.1.1 Técnica.....	4
2.1.1.2 Variáveis cinemáticas.....	6
2.1.1.3 Variáveis cinéticas.....	7
2.1.1.4 Variáveis físicas.....	8
2.2 COORDENAÇÃO DO SALTO VERTICAL.....	9
2.2.1 Músculos uni e bi-articulares.....	10
2.3 STRETCHING-SHORTENING CYCLE.....	11
<b>3.0 METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
3.1 Amostra.....	12
3.2 Procedimentos.....	12
3.2.1 Adaptação.....	12
3.2.2 Coleta de dados.....	13
3.2.3 Local de filmagem da coleta de dados.....	14
3.3 MODELO BIOMECÂNICO.....	15

3.4	VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	15
3.5	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	16
<b>4.0</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>5.0</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>6.0</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi demonstrar as mudanças que ocorrem no movimento do salto vertical, devido à reorganização do sistema neuromuscular, com o intuito de adaptar o movimento à determinada limitação. Seis atletas saudáveis, praticantes de basquetebol, realizaram três sessões de saltos verticais. A primeira condição ocorreu sem limitação do movimento a fim de estabelecer o padrão do salto de cada atleta. As outras duas sessões foram realizadas com um mecanismo de manipulação, que limitou o ângulo máximo de flexão do joelho. Mesmo impondo uma limitação, que causou mudanças significativas nas características do movimento, o salto foi realizado sem queda significativa na performance. Isso mostra como o sistema neuromuscular é capaz de reorganizar o movimento para que não houvesse uma diminuição na performance do salto.

## **ABSTRACT**

The aim of this investigation was to demonstrate the modifications that befall in the vertical jump movement, due to the neuromuscular system reorganization, intending to adapt the movement to specified limitation. Six health basketball players have performed three vertical jump sessions. The first session occurs with no limitations in the movement, in order to set the athletes' jumps standard movement. The followed sessions have been performed with the subjects wearing a manipulation mechanism that limited the maximum flexion angle of the knee. Notwithstanding a limitation was imposed (which produced significant modifications in the property of the movement) the jump was performed without significant decrease in the performance. These results show how the neuromuscular system is able to reorganize the task, preventing any decline of performance.

## 1.0 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A explosão muscular tem ganhado cada dia mais importância em esportes de alto nível, de forma que o treinamento tem sido direcionado quase que exclusivamente para o desenvolvimento dos movimentos explosivos. Em especial, o salto vertical tem grande importância na prática esportiva. Apesar dos treinamentos serem em geral direcionados para o desenvolvimento de força explosiva, cada vez mais se tem demonstrado que variáveis mecânicas têm importância determinante no desenvolvimento da força explosiva (Davis et al 2003; Aragón-Vargas e Gross 1997; Bobbert et al 1996, in Bobbert e Casius, 2005).

O salto vertical tem sido um importante indicador de performances explosivas (Vanezis e Lees, 2005). Muitos estudos têm descrito variáveis que influenciam a performance desse movimento (Davis et al, 2003; Aragón-Vargas e Gross, 1997). Aragón-Vargas e Gross (1997) mostram que a força tem correlação de baixa a moderada com a performance do salto vertical, e que não há correlação de influência direta entre a performance do salto vertical e as variáveis cinemáticas que demonstram a coordenação dos grupos musculares.

Em contrapartida, estudos mais recentes como o de Rodacki e Fowler (2002) comprovam que o aumento da força dos membros inferior através do treinamento com peso não garante o aumento no desempenho do salto vertical, somente a melhora na coordenação do salto pode garantir a otimização na utilização dessa força adquirida com o treinamento. Enquanto o treinamento específico do movimento, que garante o desenvolvimento conjunto da força e da coordenação do salto, melhora de forma significativa o desempenho do salto vertical.

A partir desses estudos, nos quais são demonstradas a importância do desenvolvimento da técnica e da coordenação no salto vertical, Vanezis e Lees (2005) afirmam uma concordância na literatura de que a técnica é um fator importante para o sucesso no salto vertical, assim como encontraram evidências que sugerem que a coordenação inter-segmento também seja um fator importante para o que o desempenho do salto seja bem sucedido.

Considerando a importância que a coordenação tem para o bom desempenho do salto vertical e, apesar de ser um movimento complexo, a possibilidade do estudo das variações na coordenação do movimento multi-articular através do salto vertical,

esse tem sido usado atualmente para o desenvolvimento de estudos sobre a coordenação nesse tipo de movimento.

Rodacki e Fowler (2001) perceberam, através de estudos com limitação do movimento, que o sistema neuromuscular é capaz de produzir uma coordenação do movimento consistente mesmo em condições experimentais de acordo com a demanda da tarefa e limitações impostas na estrutura do movimento. Além do estudo acerca do aspecto coordenativo, limitações no movimento do salto são encontradas em muitos esportes dinâmicos tais como vôlei e o basquete, sendo assim, os atletas devem reorganizar o movimento para se adaptarem a determinada limitação. Por ser um movimento básico desses esportes, o atleta adquire um padrão, que aparenta ser o melhor para o desempenho do salto. A modificação desse padrão pode ocasionar uma queda do desempenho do movimento, pois a tarefa do salto adquire, através de uma limitação, uma nova demanda. Demanda essa que exige do atleta uma reorganização do movimento, o que pode acarretar uma queda na performance.

A atuação do joelho no salto vertical parece ser fundamental para o controle do movimento. Eloranta (1994) afirma que se a posição do joelho for tomada como critério, o molde da atividade dos músculos agonistas do quadril, joelho e tornozelo, são sempre idênticos. Confere-se então ao joelho uma função importante na coordenação desse movimento. A partir de uma limitação dessa articulação, uma modificação na estrutura coordenativa do salto pode acarretar a diminuição do desempenho.

O presente estudo tem o propósito de analisar as mudanças cinemáticas decorrente da manipulação da angulação máxima de flexão do joelho no salto vertical.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Gerais

- Descrever as mudanças cinemáticas ocorridas acerca das articulações envolvidas no salto vertical como decorrência da manipulação do ângulo máximo do joelho durante o salto.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever as características topológicas do salto vertical com controle da angulação máxima do joelho.
- Comparar os movimentos com e sem limitação do padrão de movimento do indivíduo.
- Analisar o processo de adaptação coordenativa a partir da limitação do movimento.
- Observar se há variação significativa no desempenho devido à limitação do movimento.
- Observar e descrever mudanças na interação dos seguimentos do salto devida à limitação do movimento.

### 1.3 HIPÓTESE

H<sub>0</sub>: não haverá diferenças entre a mecânica do movimento livre com a mecânica do movimento manipulado.

H<sub>1</sub>: haverá mudanças cinemáticas no comportamento corporal e nos seguimentos envolvidos no salto vertical em decorrência da manipulação do ângulo do joelho.

H<sub>2</sub>: haverá mudanças na interação entre as articulações envolvidas no salto vertical.

H<sub>3</sub>: haverá uma diminuição do desempenho em decorrência da manipulação do ângulo máximo do joelho

## 2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SALTO VERTICAL

Há um consenso entre os estudiosos de que o salto vertical é uma das formas mais utilizadas de determinação da potência dos membros inferiores por técnicos e profissionais da área de educação física.

Já existem vários estudos objetivando o desempenho do salto vertical. Entretanto esse movimento vem sendo utilizado como uma forma prática de se estudar o modo com que o corpo humano se comporta. Isso se dá através de estudos sobre o movimento (Selbie e Caldwell, 1996; Aragón-Vargas e Gross, 1997a, b; Kollias et al, 2000; Davis et al, 2003; Vanezis e Lees, 2005; Bobbert e Casius, 2005), e através de pesquisas acerca da coordenação e interações neuro-musculares (Bobbert e Van Zandwijk, 1999; Trimble et al, 2000; Rodacki e Fowler, 2001 e 2002).

Para compreender tais relações do salto vertical como movimento do corpo humano e seu controle é necessário antes entender como este movimento ocorre e quais variáveis são responsáveis para o desempenho máximo desse movimento.

#### 2.1.1 Performance Do Salto Vertical

##### 2.1.1.1 Técnica

A técnica tem sido creditada como fator decisivo para a melhora da performance do salto vertical, já que a modificação das características genéticas da musculatura é impossível e que o aumento da força dos membros inferiores não resulta necessariamente no aumento do desempenho no salto vertical (Rodacki e Fowler, 2002).

A literatura tem utilizado um modelo de quatro segmentos rígidos que são o pé, a perna, a coxa e um quarto segmento formado por cabeça, tronco e braços. Esses segmentos são ligados pelas articulações do quadril, joelho e tornozelo (Aragón-Vargas e Gross, 1997; Vanezis e Lees, 2005; Selbie e Caldwell, 1996; Bobbert e Casius, 2005; Rodacki e Fowler, 2002). Tais articulações são movidas por um complexo sistema muscular formado por músculos uni e bi-articulares. Ao redor da articulação do quadril é encontrado o Glúteo Máximo (extensor uni-articular do quadril), os Ísquios-tibiais (músculos bi-articulares que participam da extensão do quadril) e Reto-Femoral (músculo bi-articular que tem como principal função ser

extensor do joelho). Ao redor do joelho observamos a atuação do Reto-Femoral, Vastos (extensores uni-articulares do joelho), Ísquios-tibiais e Gastrocnêmio (músculo bi-articular que tem como função inicial flexor plantar). Atuando na articulação do tornozelo são encontrados o Gastrocnêmio e o Soleus (músculo uni-articular). Este modelo de organização muscular pode ser encontrado em Bobbert e Casius (2005) e Bobbert e van Zandwijk (1999). O indivíduo deve organizar esses segmentos a fim de gerar força contra o solo com o intuito de elevar seu centro de massa de forma a alcançar a maior altura com o menor gasto energético. Cada indivíduo configura seu movimento de forma a alcançar esses objetivos.

Siebel e Caldwell (1996) sugerem que cada configuração dos segmentos envolvidos no movimento demande determinada coordenação para alcançar a melhor estratégia para a realização do salto. Vanezis e Lees (2005) encontraram uma contribuição, das articulações envolvidas na performance de bons saltadores, de 28%, 29% e 43% para o tornozelo, joelho e quadril respectivamente, apesar de terem apresentado certa incoerência na literatura.

Tais influências dessas articulações no momento do salto são creditadas por Aragón-Vargas e Gross (1997) às variáveis cinéticas do mecanismo de funcionamento das articulações e que o posicionamento destas no momento da saída do solo não é de importância tão grande como as variáveis que expressam a potência que é desenvolvida pelo sistema articular.

A posição inicial do salto vertical também tem sido discutida como um fator técnico determinante para o desempenho do salto. Segundo a literatura o salto precedido de contra-movimento alcança alturas maiores do que aquele que é realizado a partir de uma posição de agachamento. (Bobbert e Casius, 2005; Selbie e Caldwell, 1996; Vanezis e Lees, 2005). Essa diferença na altura do salto foi relatada por Bobbert e Casius (2005) como sendo de 2 a 4 cm entre indivíduos e de até 2,5 cm em estudo de simulação.

Vários estudos têm buscado entender essa diferença e vários mecanismos têm sido propostos para explicar tais diferenças. Bobbert e Casius (2005) indicam que a força de reação do solo durante o salto com contra-movimento tem um pico mais elevado que no salto sem o contra-movimento. Em seu estudo de simulação os autores sugerem que os músculos extensores do quadril produzem mais força e, em consequência, trabalho nos primeiros 30% de sua amplitude articular na fase concêntrica do movimento. Eles explicam que essa diferença na altura dos saltos

pode ocorrer devido ao estado de ativação do salto com contra-movimento que é desenvolvido durante a fase excêntrica, portanto antecedendo o instante atribuído ao salto sem contra-movimento, onde o estado de ativação ocorre já durante a fase de propulsão. Isso possibilita ao músculo a geração de mais força naquele movimento com relação a este outro. Apesar desse pico de força mais elevado no salto de contra-movimento, o pico de impulso negativo do centro de massa não é uma boa referência para a performance do salto vertical (Aragón-Vargas e Gross, 1997).

#### 2.1.1.2 Variáveis cinemáticas

A cinemática engloba a descrição do movimento em si, sem estudar suas causas. Relações temporais, de velocidade, aceleração e posicionamento são descritas em uma análise cinemática do salto vertical. Variáveis cinemáticas são utilizadas tanto para a descrição da técnica como para o estudo da coordenação durante o salto.

Aragón-Vargas e Gross (1997) realizando uma análise funcional da movimentação do indivíduo no momento do salto constataram que a velocidade vertical do centro de massa do indivíduo no momento da saída do salto pode determinar até 93% da variação na performance do salto, enquanto um modelo que abranja a velocidade vertical do centro de massa no momento de saída do solo e o posicionamento vertical desse centro de massa pode expressar 95% da variação na performance do salto vertical. Essas variáveis foram encontradas também em outros estudos como sendo responsáveis parciais pelo desempenho do salto vertical (Bobbert e van Ingen Schenau, 1988 in Kollias et al, 2001).

O estudo de Aragón-Vargas e Gross (1997) continua desenhando os melhores modelos para a predição das influências na variação da performance do salto vertical. Em um segundo nível de análise, eles apresentam modelos que participam em até 88% da performance do movimento, esses modelos englobam três variáveis cinemáticas: amplitude do movimento, a média da aceleração vertical e o tempo de propulsão.

Em um último momento os autores fazem uma análise dos seguimentos envolvidos no salto vertical, e desenvolvem modelos que é razão para 60% da variação na performance do salto vertical. Apenas duas variáveis cinemáticas

participaram desse nível de análise: o pico de aceleração durante a fase negativa (salto realizado com contra-movimento) do joelho e quadril.

Apesar da participação das variáveis cinemáticas como influenciadoras da performance do salto vertical tanto no segundo nível de análise (corpo inteiro) tanto quanto no terceiro nível (análise dos segmentos), as variáveis cinéticas tiveram maior participação do que as variáveis cinemáticas na determinação de modelos que influenciam tal performance.

Não foi encontrada diferença significativa entre o grupo de maus saltadores e bons saltadores quando comparados os comportamentos cinemáticos das articulações que atuam no salto vertical (Aragón-Vargas e Gross, 1997; Vanezis e Lees, 2005), com exceção do tornozelo (Vanezis e Lees, 2005). Entretanto Rodacki e Fowler (2001) assumem que há um aumento das forças de reações e dos momentos da articulação do joelho com o aumento da profundidade do ângulo de flexão do joelho em exercícios com contra-movimento.

#### 2.1.1.3 Variáveis cinéticas

As variáveis cinéticas vêm nos determinar como o estudo das forças atuantes em um sistema pode interpretar o funcionamento do mesmo. Variáveis como força, potência, torque e momento têm um papel fundamental no entendimento da performance do salto vertical (Vanezis e Lees, 2005; Bobbert e Casius, 2005; Kollilas et al, 2000; Aragón-Vargas e Gross, 1997).

O aumento da força de reação do solo indica com clareza um aumento na altura do salto (Bobbert e Casius, 2005). Isso pode ser causado, por exemplo, pelo aumento de produção de força e trabalho dos músculos extensores do quadril, no começo da fase concêntrica do movimento (Bobbert e Casius, 2005).

Segundo Vanezis e Lees (2005) a maior diferença entre bons e maus saltadores parece ser os momentos e potências musculares. Além disso, um maior pico de potência articular leva o grupo de melhores saltadores a um maior trabalho realizado em cada articulação.

O abrangente estudo realizado por Aragón-Vargas e Gross (1997) determina importantes variáveis que justificam de 60% (para as variáveis nos níveis de segmento) a 88% (para as variáveis nos níveis de corpo inteiro). As melhores variáveis para a constituição de um modelo para a predição da performance do salto vertical são o pico e a média de potência mecânica. No nível de análise por

segmentos o pico de potência do quadril, a força de extensão do joelho e as variáveis de torque do quadril são os melhores preditores. Outra variável importante para a predição do desempenho do salto vertical é o pico de potência do joelho.

#### 2.1.1.4 Variáveis Físicas

Vários autores citam que as características fisiológicas da musculatura, como os componentes elásticos em série e o tipo de fibra predominante, têm vital importância na determinação da performance do salto vertical (Selbie e Caldwell, 1996; Vanezis e Lees, 2005; Davis et al, 2003).

Davis et al (2003) encontraram, por análise de regressão, variáveis físicas que influenciam a performance do salto vertical. Porcentagem de gordura corporal foi a variável que teve maior influência na performance do salto, sendo que quanto menor a porcentagem de gordura corporal, melhor o desempenho no movimento em questão. A idade teve uma relação significativa com a performance do salto vertical, considerando que eles analisaram indivíduos com idade entre 20 e 37 anos, quanto maior a idade maior a performance no salto vertical. O teste de Margaria-Kalamen também apresentou um índice grande de relação com a performance do salto vertical, sendo que quanto menor o tempo do teste, maior a performance no salto. Outra variável com a mesma forma de relação com a performance foi o equilíbrio, que quanto maior o tempo no teste de equilíbrio menor o desempenho no salto vertical.

O teste de equilíbrio foi explicado como indicador do tipo de fibra muscular predominante, já que o indivíduo que tem uma predisposição genética a fibras do tipo I tem maior dificuldade em realizar tarefas de explosão muscular, e maior facilidade em manter o equilíbrio, já que a esse tipo de fibra é creditada a responsabilidade pela postura (Davis et al, 2003).

Vanezis e Lees (2005) concluíram que as características da musculatura exercem um papel mais importante que a técnica na altura máxima alcançada no salto vertical. Em contrapartida vários estudos comprovam associação moderada da força com a performance do salto vertical (Aragón-Vargas e Gross, 1997).

Aragón-Vargas e Gross (1997) ainda sugerem que além da composição das fibras musculares, a forma com que a estratégia de coordenação é traçada permite uma maior atuação na curva de força/velocidade.

Aragón-Vargas e Gross (1997) mostram ainda que há apenas uma moderada relação entre força e performance do salto vertical. Rodacki e Fowler (2002) demonstram que o treinamento com peso apresenta um menor ganho na performance do salto do que o treinamento específico.

## 2.2 COORDENAÇÃO DO SALTO VERTICAL

Movimentos complexos, como o salto vertical, permitem várias estratégias para a realização do movimento (Selbie e Caldwell, 1996). Essa estratégia é determinada como coordenação e depende do tempo e seqüência do movimento dos segmentos corporais bem como a relação entre eles (Rodacki, Fowler, Bennet, 2001 in Rodacki e Fowler, 2002).

Selbie e Caldwell (1996) ilustram o fato que cada fase do movimento do salto tem um “objetivo” a alcançar, e que os seguimentos envolvidos em determinada fase devem se organizar para alcançar esse objetivo. Segundo os autores, a estratégia mais viável será selecionada para coordenar essas fases a fim de determinar a melhor estrutura do salto.

Bobbert e van Ingen Schenau (1988 in Selbie e Caldwell, 1996) sugerem que exista uma seqüência de coordenação de segmentos no sentido proximal para o distal e que essa seqüência é a mais eficaz para o salto vertical. Essa seqüência não foi encontrada como essencial para a realização do salto máximo em trabalhos posteriores (Selbie e Caldwell, 1996; Aragón-Vargas e Gross, 1997; Rodacki e Fowler, 2002).

Apesar do consenso na literatura em que a coordenação tem um papel fundamental para o desempenho do salto vertical, Aragón-Vargas e Gross (1997) constataram que as variáveis de coordenação não têm influencia significativa na performance do salto vertical.

Rodacki e Fowler (2002) apresentam resultados em que o treino específico tem maiores ganhos na performance do salto, e que é necessário para que o indivíduo reorganize seu movimento em relação ao desenvolvimento de força, otimizando a coordenação de seu salto. Dessa forma ele apresenta a importância da coordenação para o desempenho eficaz do salto vertical.

### 2.2.1 Músculos Uni e Bi-articulares

Bobbert e van Ingen Schenau (1988 in Selbie e Caldwell, 1996) sugerem que a ativação proximal-distal durante a fase concêntrica do salto é eficaz devido à associação da atuação dos músculos bi-articulares com os músculos que atravessam apenas uma articulação. Essa associação possibilita a transferência de energia acumulada de uma articulação proximal para uma distal.

Selbie e Caldwell (1996) não encontrando, através de simulações, a necessidade de uma coordenação proximal-distal, sugerem que a importância da associação dos músculos uni-articulares com os músculos bi-articulares se dê em prol da melhor estratégia para a coordenação dos vários movimentos realizados pelos segmentos envolvidos no salto vertical. Os autores citam ainda Jacob e van Ingen Schenau (1992) e Voigt et al (1995) para indicar que os músculos bi-articulares têm um papel importante no controle da direção do vetor da força de reação do solo durante o salto.

Rodacki e Fowler (2002) mostram que a extensão inicial do quadril ocorre após 47% da fase de contra-movimento, enquanto o Semi-tendinoso mostrou sua ativação máxima 75% após a fase de contra-movimento. Segundo os autores, o que garante que o quadril será estendido antes das outras articulações é a ativação dos músculos bi-articulares durante a fase de propulsão, o que garante também a liberação máxima de energia para a extensão do joelho. Sendo assim os músculos bi-articulares são mecanismos essenciais para o controle e sincronização do movimento (Rodacki e Fowler, 2002).

Zajac (1993 in Rodacki e Fowler, 2002) propõem que um músculo bi-articular pode funcionar acelerando uma de suas articulações para o lado oposto ao torque que ele produz na articulação. Durante a fase de transição, entre a fase excêntrica e a concêntrica do movimento, que há um momento de uma condição “quase-isométrica” que é mais pronunciada nos músculos bi-articulares. Isso pode ocorrer devido ao papel desses músculos, os músculos uni-articulares têm que contrair em todo seu alcance para contribuir com uma grande quantidade de energia, enquanto os músculos bi-articulares transportam a energia produzida para o músculo antagonista proximal (Jacobs e van Ingen Schenau, 1992 in Rodacki e Fowler, 2002).

### 2.3 STRETCHING-SHORTENING CYCLE

Uma das explicações com maior aceitação acerca da eficiência do contra-movimento é o fato dele possibilitar uma fase de estiramento muscular (durante a fase excêntrica), uma fase de transferência e a fase de encurtamento muscular (concêntrica) logo em seguida. À seqüência dessas três fases é dado o nome de *stretching-shortening cycle*. Komi (2000) sugere duas explicações, já encontradas na literatura, para a explicação do porque movimentos que realizam este ciclo têm um melhor desempenho do que os movimentos que não possibilitam esse ciclo. A primeira é que os componentes elásticos em série permitem o armazenamento da energia elástica durante a fase de transição. Isso possibilita a transferência de energia de uma fase para a outra, possibilitando a geração de uma maior quantidade de força por parte do músculo. Outra explicação possível é que os fusos musculares proporcionem reflexos facilitadores do movimento ao serem estirados.

Trimble et al (2000) demonstram que com a ativação intencional do motoneurônio responsável por esse reflexo a capacidade de gerar força é aumentada mesmo com movimentos isométricos. Isso nos mostra que é possível que no momento do estiramento muscular durante a fase excêntrica os fusos musculares sejam ativados e acionem o reflexo facilitador na fase concêntrica aumentando o desempenho.

A comprovação dessa facilitação não descaracteriza a pressuposição inicial de que há uma transferência de energia elástica durante a fase de transição.

Apesar desses estudos Aragón-Vargas e Gross (1997) mostram que os indicadores do *stretching-shortening cycle* durante o salto têm baixa relação com a variação na performance salto.

### 3.0 METODOLOGIA

#### 3.1 AMOSTRA

A amostra foi constituída por oito atletas masculinos de basquetebol ( $20,83 \pm 3,13$  anos;  $85,67 \pm 8,52$  Kg;  $1,90 \pm 0,05$  m), voluntários para o presente estudo. Foram selecionados sujeitos saudáveis, praticantes regulares da modalidade ( $8,33 \pm 4,5$  anos), participantes de treinamento pelo menos duas vezes por semana, por um período médio de oito meses que antecederam o início do estudo.

Antes do início dos testes todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos e assinaram um termo livre e esclarecido de participação e consentimento. Todos os atletas declararam-se livres de qualquer tipo de lesão ou incapacidade que pudesse interferir no desempenho.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS

Para a análise cinemática do salto, uma filmagem em alta frequência (120Hz) foi necessária, ao longo de três dias. No primeiro dia de coleta o movimento do salto foi realizado de forma livre (sem nenhuma instrução). No segundo e terceiro dias de coleta, os saltos foram realizados com um mecanismo de manipulação do movimento que limitou o ângulo do joelho durante o salto. A Figura 1 demonstra o mecanismo de manipulação utilizado. No primeiro dia todos os indivíduos saltaram sem o mecanismo de manipulação. No segundo dia metade dos participantes saltaram com o manipulador a quinze graus a mais (ângulo mais obtuso) e a outra metade dos participantes saltaram com o manipulador regulado em quinze graus a menos (ângulo mais agudo) do ângulo preferido do participante, o qual foi obtido no primeiro dia de coleta. Um intervalo de 72 horas para a recuperação dos participantes foi imposto entre as sessões. Os procedimentos abaixo foram seguidos durante os três dias de coletada.

##### 3.2.1 Adaptação

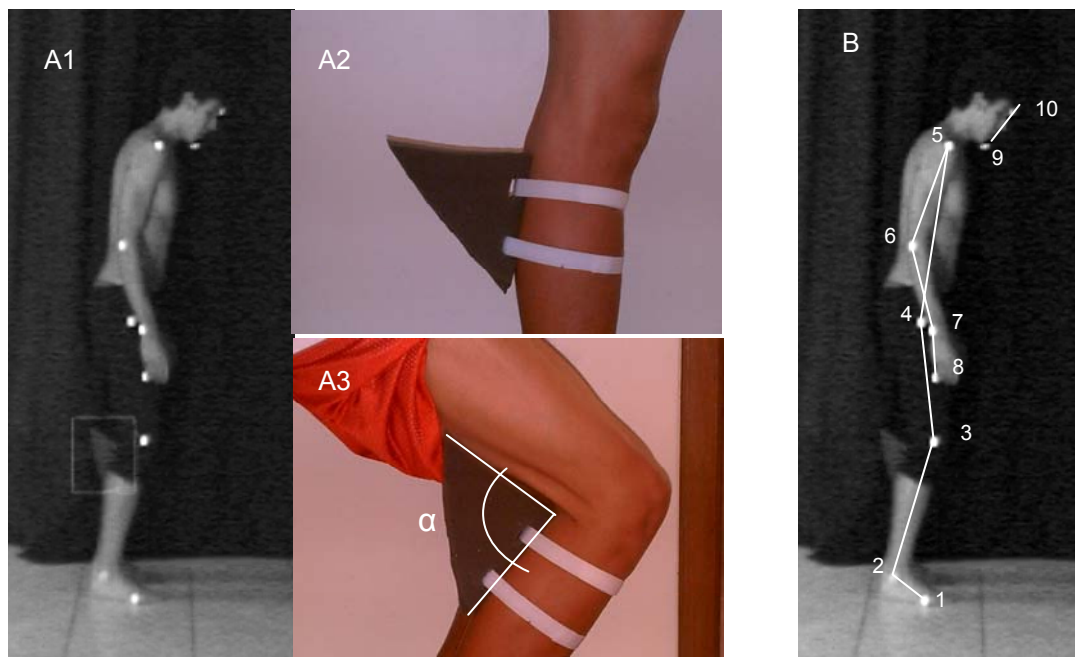
Um aquecimento de 10-15 minutos foi realizado, de forma que fosse composto por alongamentos, exercícios livres e específicos, não controlados. Um acompanhamento foi realizado pelos aplicadores com o intuito de evitar fadiga. Após o aquecimento os atletas receberam marcas sobre alguns pontos anatômicos para

análise cinemática por um único avaliador (vide item 3.3). Os participantes praticaram saltos submáximos para familiarização com o mecanismo de manipulação do ângulo e/ou de análise cinemática.

### 3.2.2 Coleta de Dados

Em cada dia de coleta foram filmados três saltos de cada atleta. No primeiro dia todos os atletas saltaram sem o mecanismo de manipulação do joelho. A partir dos dados coletados pôde-se determinar a média do ângulo de flexão máxima do joelho do sujeito mensurado através dos três saltos filmados nessa sessão.

*Figura 1 – Limitador do movimento (manipulação do ângulo de flexão do joelho). No detalhe o ângulo de limitação.*



A figura A1 apresenta a posição do manipulador (em destaque); a figura A2 e A3 apresentam apenas o mecanismo de manipulação com o ângulo ( $\alpha$ ) a ser manipulado em destaque na figura A3. A figura B apresenta o modelo anatômico com os seguintes pontos: (1) eixo articular da quinta falange do pé – base do quinto metatarso-falangeano; (2) tornozelo – maléolo lateral da fibula; (3) joelho – epicôndilo lateral do fêmur; (4) quadril – trocânter maior do fêmur; (5) ombro - acrômio; (6) cotovelo – epicôndilo lateral; (7) punho – processo; (8) dedo – quinta falange distal (9) queixo – protuberância mental da mandíbula; (10) cabeça – glabella. A figura B também apresenta os segmentos formados por esses pontos: (1-2) pé; (2-3) perna; (3-4) coxa; (4-5) tronco; (5-6) braço; (6-7) Antebraço; (7-8) mão; e (9-10) cabeça. Os ângulos utilizados nesse estudo foram: (1-2-3) tornozelo; (2-3-4) joelho; e (3-4-5) quadril. Os ângulos foram medidos considerando o ponto proximal como origem, o tornozelo e o quadril no sentido horário e o joelho no sentido anti-horário.

No segundo e no terceiro dias foram realizadas as séries com o mecanismo de manipulação. Uma espuma densa de 30 milímetros de espessura em formato triangular foi fixada à panturrilha do atleta pelo lado adjacente ao ângulo desejado.

Esse ângulo formado pelo mecanismo limitou o ângulo máximo de flexão do joelho. De forma alternada os atletas realizaram os saltos do segundo dia com quinze graus a menos ou com quinze graus a mais da média da angulação de flexão máxima do joelho quantificada na primeira sessão. No terceiro dia de coleta os participantes saltaram com o manipulador regulado à medida oposta à do segundo dia, fazendo com que todos os participantes tivessem saltado três séries diferentes. Dessa forma todos os participantes realizaram uma sessão sem limitação (nat), uma segunda sessão com o manipulador regulado a quinze graus a mais (nat+15) e uma terceira sessão com o manipulador regulado para quinze graus a menos (nat-15). Nos três dias foram filmados três saltos e entre cada salto o sujeito repousos por três minutos. Os procedimentos gerais são apresentados no quadro 1.

### 3.2.3 Local de Filmagem da Coleta de Dados

Para a quantificação do movimento do salto vertical foram utilizados parâmetros cinemáticos que permitiram, através das relações espaço-temporal, a descrição dos movimentos realizados ao redor das articulações do quadril, joelho e tornozelo. A literatura reporta o salto vertical como um movimento executado em um plano bidimensional (Aragón-Vargas e Gross, 1997; Bobbert e Van Zandwijk, 1999; Selbie e Caldwell, 1996; Bobbert e Casius, 2005). A análise foi possível a partir da filmagem dos saltos foi realizada por uma filmadora (JVC GR-DVL 9800E, JVC, Japão) posicionada perpendicularmente no plano sagital direito do atleta a 5,5 metros de distância do atleta, a uma altura de 114 cm e a uma frequência de 100 Hz. A área de execução foi calibrada antes do início da coleta através de um objeto retangular (2,04 m de altura x 0,74m de largura).

*Quadro 01 – Procedimentos de coleta de dados*

ORDEM	DESCRIÇÃO DA TAREFA	TEMPO APROX.
1	aquecimento	10 minutos
2	Colocação dos marcadores cutâneos e do limitador; instrução dos procedimentos	3 minutos
3	Salto para adaptação	2 minutos
4	Filmagem dos três saltos	7 minutos
Tempo total estimado		22 minutos

As imagens foram armazenadas em uma fita de vídeo (VHS-C) e em seguida transferida para um computador e analisadas por um único avaliador, familiarizado com o software específico (Dgeeme). A digitalização se deu de forma manual através da identificação dos marcadores do modelo biomecânico.

### 3.3 MODELO BIOMECÂNICO

Para a determinação dos segmentos foi utilizado um conjunto de marcadores em formato de  $\frac{1}{2}$  esfera (35 mm de diâmetro), que foram aderidos ao sujeito através de uma fita adesiva dupla-face sobre os seguintes pontos anatômicos, determinados pelo modelo antropométrico Full Body Right Side apresentado pelo software (Fig 1B): (1) eixo articular da quinta falange do pé – base do quinto metatarsofalangeano; (2) tornozelo – maléolo lateral da fíbula; (3) joelho – epicôndilo lateral do fêmur; (4) quadril – trocânter maior do fêmur; (5) ombro - acrômio; (6) cotovelo – epicôndilo lateral; (7) punho – processo; (8) dedo – quinta falange distal (9) queixo – protuberância mental da mandíbula; (10) cabeça – glabella. Os segmentos determinados por esses pontos anatômicos foram: pé (1-2); perna (2-3); coxa (3-4); tronco (4-5); braço (5-6); antebraço (6-7); mão (7-8); cabeça (9-10). O centro de gravidade foi definido pelo software. Os ângulos analisados serão o tornozelo, joelho e quadril.

### 3.4 VARIÁVEIS DE ESTUDO

Para a análise das estratégias coordenativas para realização algumas variáveis de descrição do movimento foram selecionadas e são apresentadas nos Quadros 2, 3 e 4, apresentados acima. No Quadro 2 são apresentadas as características comportamentais do centro de massa, tais como velocidade e deslocamento, e as características do salto em si, como tempo de duração. As variáveis a níveis de segmento, como magnitude de deslocamento, velocidade e variáveis temporais são apresentados no Quadro 3. As variáveis estudadas sobre a interação dos segmentos estão apresentadas no Quadro 4. Para a determinação da altura do salto foi utilizada a fórmula que multiplica o quadrado do tempo do salto pela aceleração da gravidade em uma razão para oito, ou seja:

$$h = \frac{g \times t^2}{8},$$

sendo que  $t$  foi determinado pelo tempo em que o sujeito está sem contacto com o solo.

Quadro 2 – Descrição das variáveis analisadas a partir do centro de massa.

VARIAVEL	DESCRIÇÃO
Deslocamento total*	Diferença entre a posição inicial do CM e sua posição final (D).
Deslocamento na fase negativa	Diferença do CM na posição final da fase negativa e a posição inicial do CM (Dfneg).
Deslocamento na fase de propulsão	Diferença da posição do CM no momento inicial da propulsão para a posição final do CM (Dfprop).
Menor posição do CM <sup>1</sup>	Menor altura que o CM atinge; separa a fase negativa da fase de propulsão (hm).
Posição no TO <sup>1</sup>	Altura do centro de massa relativa à altura do indivíduo no momento do ultimo contato do pé com o solo (hM).
Tempo total do salto	Tempo total de duração do salto (t).
Tempo em que ocorre a transição	Momento do salto em que ocorre a transição entre as duas fases; momento do menor valor para posição do CM (thm).
Tempo de contra-movimento	Tempo de duração da fase negativa do salto (tfneg).
Tempo de propulsão*	Tempo de duração da fase concêntrica do salto (tfprop).
Velocidade média	Velocidade média do CM durante o salto (Vm)
Velocidade média da fase negativa	Módulo da velocidade média do CM durante a fase negativa (Vmfneg).
Velocidade média da fase de propulsão	Velocidade média do CM durante a fase de propulsão (Vmprop).
Velocidade no TO*	Velocidade do CM durante o TO (VTO)

\*: Variáveis com influencia significativa para a performance no salto vertical (Aragón-Vargas e Gross, 1997); <sup>1</sup>: normalizados pela altura corporal (altura).

### 3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para estabelecer a diferença entre as condições (salto natural; natural +15 graus; natural –15 graus) foi utilizado o teste de comparação não-paramétrica Friedman ANOVA, através de um software específico (Statistica 7). Também através desse software foi realizado o post-hoc Scheffé para comparar as condições entre si.

Quadro 03 – Variáveis de descrição dos movimentos articulares (os ângulos a que as variáveis se referem serão indicados por “k”, o qual deve ser substituído por “t” para tornozelo, “j” para joelho e “q” para quadril).

	VARIAVEIS	DESCRIÇÃO/DEFINIÇÃO DA VARIÁVEL
MAGNITUDE DE DESLOCAMENTO	Deslocamento angular	Deslocamento angular da articulação medida entre os segmentos (Dak).
	Ângulo máximo	Ângulo máximo que uma articulação atinge durante o movimento ( $\hat{A}Mk$ ).
	Ângulo mínimo	Ângulo mínimo que uma articulação atinge durante o movimento ( $\hat{A}mk$ )*.
	Deslocamento na fase negativa	Deslocamento angular na fase negativa do salto; módulo da diferença entre o ângulo final e o ângulo inicial na fase de contra-movimento (negativa), medido em graus (Dfnegk).
	Deslocamento na fase de propulsão	Deslocamento na fase concêntrica do movimento; módulo da diferença entre o ângulo final e o ângulo inicial da fase de propulsão medido em graus (Dfpropk).
VELOCIDADE ANGULAR	Velocidade angular média	Velocidade angular média da articulação medida durante todo o movimento (graus/s) ( $V\hat{A}k$ ).
	Velocidade angular na fase negativa	Módulo da Velocidade angular média de uma articulação durante a fase excêntrica, medida em graus/s ( $V\hat{A}fnegk$ ).
	Velocidade angular na fase de propulsão	Velocidade angular média de uma articulação durante a fase concêntrica, medida em graus/s ( $V\hat{A}fpropk$ ).
	Velocidade angular no TO	Velocidade angular da articulação no momento em que o sujeito deixa o solo medida em graus/s ( $V\hat{A}TOk$ )
TEMPO	Tempo do menor ângulo	Momento de ocorrência do ângulo mínimo de uma articulação em porcentagem do movimento ( $t\hat{A}mk$ )

\*: Ângulo mínimo do joelho é a variável controlada pelo estudo e denominada ângulo máximo de flexão do joelho.

Quadro 4 – Variáveis de interação dos movimentos articulares

VARIÁVEL	DEFINIÇÃO
Tempo relativo de ativação das articulações Tornozelo e Joelho	Diferença do pico de flexão do Tornozelo para o pico de flexão do joelho (diftj).
Tempo relativo de ativação das articulações Joelho e Quadril	Diferença do pico de flexão do Joelho para o pico de flexão do Quadril (difjq).

#### 4.0 RESULTADOS

A Tabela 4.1 apresenta as variáveis e as médias para cada condição (nat; nat+15; e nat-15), demonstrando o resultado da comparação entre os grupos.

As variáveis de análise do centro de massa que apresentaram diferenças significativas entre nat e nat+15, e entre nat+15 e nat-15 foram o deslocamento na fase negativa ( $D_{fneg}$ ), deslocamento na fase de propulsão ( $D_{fprop}$ ), e duração da fase de propulsão ( $t_{fprop}$ ). As variáveis tempo total do salto ( $t$ ) e duração da fase negativa ( $t_{fneg}$ ) apresentaram diferenças apenas para a comparação entre nat e nat+15. A variável velocidade média na fase negativa ( $V_{mfneg}$ ) apresentou diferença entre nat e nat-15 e entre nat-15 e nat+15. As variáveis deslocamento total ( $D$ ) e velocidade no momento de perda de contato com o solo ( $V_{TO}$ ), que segundo Aragón-Vargas e Gross (1997) são as mais importantes para o desempenho do salto, não apresentaram diferenças significativas.

A análise das variáveis da descrição do movimento articular indica diferenças significativas entre nat e nat+15 bem como entre nat-15 e nat+15 para as variáveis ângulo mínimo do joelho ( $\hat{A}_{mj}$ ), ângulo mínimo do quadril ( $\hat{A}_{mq}$ ), deslocamento do joelho na fase negativa ( $D_{fnegj}$ ), deslocamento do quadril na fase negativa ( $D_{fnegq}$ ), deslocamento do joelho na fase de propulsão ( $D_{fpropj}$ ) e deslocamento do quadril na fase de propulsão ( $D_{fpropq}$ ). Algumas variáveis relacionadas à velocidade apresentaram diferenças apenas para a comparação entre nat e nat+15, são elas: velocidade média angular do tornozelo na fase de propulsão ( $V\hat{A}_{fprop}$ ), velocidade média angular do joelho na fase de propulsão ( $V\hat{A}_{fpropj}$ ) e velocidade angular do quadril no momento da perda do contato com o solo ( $V\hat{A}_{TOq}$ ).

As variáveis de interação das articulações foram significativamente diferentes apenas para nat e nat+15. A altura do salto não foi diferente quando comparadas as condições, indicando que não houve queda no desempenho.

Tabela 4.1- Média das variáveis para cada seção (nat; nat+15; e nat-15) e comparação entre elas.

Variável*	nat-15		nat		nat+15	
	média	sd ±	média	sd ±	média	sd ±
Altura do salto (cm)	49,789	4,67	52,672	5,88	47,333	6,091
<b>Análise do CM</b>						
D (m)	0,234	0,032	0,235	0,02	0,218	0,028
Dfneg (m)	0,292	0,071	0,305	0,054	0,214 <sup>†‡</sup>	0,059
Dfprop (m)	0,526	0,077	0,540	0,063	0,433 <sup>†‡</sup>	0,065
hm (m)	0,369	0,045	0,386	0,051	0,408	0,043
hM (m)	0,645	0,010	0,670	0,02	0,639	0,024
t (s)	0,682	0,083	0,793	0,122	0,593	0,063
thm (%)	59,667	4,158	63,222	7,48	61,444	3,167
tfneg (s)	0,402	0,068	0,500	0,134	0,358 <sup>†</sup>	0,036
tfprop (s)	0,279	0,037	0,293	0,05	0,233 <sup>†‡</sup>	0,034
Vm (m/s)	0,364	0,049	0,319	0,05	0,387	0,053
Vmfneg ( m/s )	0,747 <sup>*</sup>	0,17	0,654	0,2	0,603	0,157
Vmfprop (m/s)	1,918	0,086	1,842	0,178	1,882	0,105
VTO (m/s)	3,402	0,091	3,518	0,172	3,292	0,225
<b>Análise dos segmentos</b>						
Dat (°)	44,816	4,3	42,375	6,3	43,117	3,673
Daj (°)	21,530	5,817	20,979	6,678	20,564	6,277
Daq (°)	25,218	7,687	25,501	8,348	21,543	8,324
ÂMt (°)	151,543	5,141	150,517	6,166	149,983	6,135
ÂMj (°)	179,689	6,812	180,835	4,65	179,728	6,456
ÂMq (°)	173,240	6,104	173,771	4,867	176,278	5,743
Âmt (°)	87,260	4,562	88,664	3,348	88,448	3,281
Âmj (°)	92,353	7,697	94,734	6,954	102,388 <sup>†‡</sup>	9,173
Âmq (°)	75,042	22,927	64,113	12,479	94,163 <sup>†‡</sup>	20,125
Dfnegt (°)	17,206	5,582	16,894	5,038	16,303	3,419
Dfnegj (°)	63,923	6,067	61,021	5,646	53,510 <sup>†‡</sup>	4,279
Dfnegq (°)	69,390	20,734	77,010	18,037	57,797 <sup>†‡</sup>	14,478
Dfpropt (°)	62,022	6,33	59,142	9,518	59,420	5,939
Dfpropj (°)	85,453	5,427	82,016	9,339	74,090 <sup>†‡</sup>	7,215
Dfpropq (°)	95,117	19,879	102,511	16,07	79,308 <sup>†‡</sup>	16,448
VÂt (°/s)	70,149	8,576	59,054	10,787	76,963	8,549
VÂj (°/s)	36,609	7,752	32,461	9,245	38,981	8,389
VÂq (°/s)	40,818	12,955	37,193	15,72	39,389	15,004
VÂfnegt ( °/s )	43,842	13,162	33,016	13,719	38,819	17,67
VÂfnegj ( °/s )	163,891	31,709	128,988	42,361	150,976	22,387
VÂfnegq ( °/s )	176,946	45,184	166,491	45,603	162,812	35,3
VÂfpropt (°/s)	233,481	29,924	208,850	34,914	265,181 <sup>†</sup>	45,012
VÂfpropj (°/s)	320,560	32,847	284,524	46,702	329,586 <sup>†</sup>	42,529
VÂfpropq (°/s)	345,518	33,056	353,986	28,446	344,470	34,204
VÂTOt (°/s)	722,322	249,799	913,358	365,481	735,007	390,226
VÂTOj (°/s)	1016,699	42,587	1022,873	154,354	950,238	188,951
VÂTOq (°/s)	687,331	73,552	762,514	98,478	634,288 <sup>†</sup>	141,709
TÂmt (%)	57,167	10,163	60,833	13,366	64,667	6,268
tÂmj (%)	64,889	5,29	71,333	7,480	68,278	3,708
tÂmq (%)	51,056	4,805	54,611	6,93	54,556	4,929
<b>Análise da interação das articulações</b>						
difjq (s)	0,093	0,037	0,132	0,037	0,081 <sup>†</sup>	0,034
difj (s)	-0,052	0,045	-0,081	0,087	-0,023 <sup>†</sup>	0,051

\*: As siglas estão indicadas nos quadros 1, 2 e 3; †: Variáveis que apresentam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado o valor de nat ao valor de nat+15; ‡: Variáveis que apresentam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado

o valor de nat-15 ao valor de nat+15; \*:Variáveis que apresentam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado o valor de nat ao valor de nat-15.

## 5.0 DISCUSSÃO

A altura do salto não foi diferente em nenhuma das três comparações, indicando que não houve queda na performance do movimento. Isso pode ser explicado pelo fato de que o deslocamento total (D) e velocidade no momento da perda de contato com o solo (VTO), que segundo Aragón-Vargas e Gross (1997) são as variáveis de maior influência na performance do salto vertical, não apresentaram diferenças significativas. A única variável que apresentou diferença significativa nesse estudo e que para Aragón-Vargas e Gross (1997), foi a duração da fase de propulsão (tfprop). Mesmo assim, esses autores indicam uma baixa influência na performance do salto vertical para essa variável.

O deslocamento da fase negativa (Dfneg) e o deslocamento na fase de propulsão (Dfprop) apresentaram diferenças na comparação entre nat e nat+15 e quando comparado nat-15 a nat+15. Isso significa que a limitação da angulação máxima de flexão do joelho influenciou todo movimento corporal, tornando o espaço percorrido pelo centro de massa menor nos saltos nat+15. Esse fato é resultado da diferença encontrado nessas duas comparações para o ângulo mínimo do joelho e do quadril ( $\hat{A}mj$  e  $\hat{A}mq$ ).

O tempo de salto foi significativamente maior na condição natural. Este fato é compreendido na comparação de nat com nat+15, já que os deslocamentos das fases do salto nessas condições foram diferentes entre si. O mesmo não ocorre entre nat-15 e nat+15. Isso poderia ser justificado pelo fato do módulo da velocidade média na fase negativa (Vmfneg) ter sido significativamente maior em nat-15. Essa justificativa não ocorre, pois a duração da fase negativa (tfneg) não é diferente entre essas condições.

Não houve muitas diferenças significativas entre nat e nat-15. Entretanto a velocidade média da fase negativa (Vmfneg) apresentou esse quadro. O módulo da velocidade média na fase negativa foi maior em nat-15 do que em nat e nat+15. Isso não pode ser justificado por diferenças nas velocidades angulares, pois essas não apresentaram nenhuma diferença entre as condições. Apesar do ângulo mínimo do joelho ( $\hat{A}mj$ ) não ter apresentado diferenças entre nat e nat-15, acredita-se que os participantes ao passarem pela fase de adaptação notaram que deveriam flexionar mais o joelho que o natural. Apesar disso não ter ocorrido na prática, o aumento da

velocidade na fase negativa pode ser um indicativo de adaptação à limitação, na tentativa de tornar o salto limitado similar ao natural.

A análise das variáveis articular resultou em uma diferença significativa para o ângulo mínimo do joelho ( $\hat{\Delta}m_j$ ) e o ângulo mínimo do quadril ( $\hat{\Delta}m_q$ ) para a comparação entre nat e nat+15 e para comparação entre nat-15 e nat+15. A diferença na variável do ângulo mínimo do joelho indica que o mecanismo de manipulação funcionou com eficiência como limitador do movimento quando regulado  $15^\circ$  a mais que a angulação natural de flexão do joelho. A mesma eficiência não ocorre quando se trata de uma regulação angular em  $15^\circ$  a menos da natural para o ângulo máximo de flexão do joelho. O resultado desse aumento na angulação máxima de flexão do joelho resultou na diminuição do deslocamento dessa articulação em nat+15 tanto na fase de propulsão quanto na fase negativa do salto. Apesar disso, essa diferença não ocorreu quando calculado o deslocamento angular total do salto.

O ângulo mínimo do quadril ( $\hat{\Delta}m_q$ ) foi maior em nat+15 do que em nat e nat-15. Essa diferença deve ter sido resultante da limitação que a manipulação do ângulo do joelho ocasionou ao ciclo do movimento corporal durante o salto. Isso pode ser aceito já que o deslocamento da fase negativa ( $D_{fneg}$ ) e o deslocamento na fase de propulsão ( $D_{fprop}$ ) foram diferentes tanto para o centro de massa quanto para o joelho e o quadril. Acredita-se que tendo determinado um ângulo de flexão do joelho maior do que o natural limitou-se a amplitude do movimento do joelho – como mostra o deslocamento do joelho na fase negativa ( $D_{fnegj}$ ) e o deslocamento do joelho na fase de propulsão ( $D_{fpropj}$ ). Essa queda na amplitude articular do joelho força o sujeito a reorganizar o movimento, tendo em vista que a amplitude do deslocamento do centro de massa também foi limitada. A queda do ângulo mínimo do quadril ( $\hat{\Delta}m_q$ ) é resultado dessa reorganização. Sendo o ângulo mínimo do quadril maior em nat+15, o deslocamento do quadril na fase negativa ( $D_{fnegq}$ ) e o deslocamento do quadril na fase de propulsão ( $D_{fpropq}$ ) diminuem.

Tendo em vista que a limitação do movimento acarretou as modificações supracitadas no padrão do movimento, as diferenças encontradas nas variáveis de velocidade são ocasionadas pela reestruturação do padrão do movimento para que o mecanismo neuromuscular se adaptasse à nova demanda exigida pela tarefa.

As velocidades angulares apresentaram modificações para as variáveis: velocidade angular do tornozelo na fase de propulsão ( $V_{\hat{\Delta}propt}$ ) e velocidade

angular do joelho na fase de propulsão ( $V\hat{A}propj$ ), sendo elas maiores em nat+15 do que em nat. Rodacki e Fowler (2001) encontraram diferenças significativas na velocidade do joelho no fim da fase de propulsão, quando realizado o estudo de limitação de um movimento similar ao salto vertical. Essas modificações podem ter se resultado da adaptação à falta de espaço de deslocamento, aumentando a velocidade angular na tentativa de evitar a queda do desempenho. A velocidade do quadril no momento de perda de contato com o solo ( $V\hat{A}TOq$ ) também se apresentou diferente para nat+15 quando comparado a nat. Entretanto, essa modificação, que é um provável resultado da diminuição da amplitude articular, não acarretou alterações significativas em outra variável.

As interações das articulações entre si ( $diftj$  e  $difjq$ ) apresentaram-se diferentes em nat+15 quando comparado a nat. Isso representa que houve de fato uma reorganização da ativação da musculatura causando essa diferença, como uma forma encontrada pelo sistema neuromuscular de se adaptar à nova demanda da tarefa. Resultados similares foram encontrados nos estudos de Rodacki e Fowler (2001). A diferença da ativação do joelho em relação ao quadril foi menor em nat+15 do que em nat, o que deve ter sido ocasionado pelo menor espaço de tempo da fase negativa, da fase de propulsão e do tempo total do salto. A ativação no tornozelo com relação ao joelho foi diferente também em nat+15 com relação a nat, sendo seu módulo menor na condição de nat+15.

Houve diferença em algumas variáveis relacionadas ao movimento do salto. Porém nenhuma delas influenciou suficientemente o movimento a fim de diminuir a sua performance. As diferenças apresentadas nas variáveis de deslocamento e tempo foram ocasionadas pela limitação do movimento. A diferença na duração da fase de propulsão, apesar de influenciar a performance, não modificou o desempenho da tarefa. Isso deve ter ocorrido pelas adaptações realizadas pelo sistema neuromuscular representadas pelas variáveis de diferença entre a ativação do joelho e tornozelo ( $difjq$  e  $diftj$ ) e pelas variáveis de velocidade. À essas adaptações são atribuídas a manutenção da performance.

## 6.0 CONCLUSÃO

Apesar de que algumas variáveis (como velocidade angular de cada articulação, ângulo máximo de cada articulação, deslocamento de cada articulação), importantes para a descrição e, por conseguinte, para a caracterização de um movimento terem apresentado diferenças significativas com a limitação do movimento, somado ao fato que a ativação dos segmentos responsáveis pela coordenação articular do salto ter diferido do padrão, não houve diferença na performance do movimento, dado que não houve diferença na maioria das variáveis que determinam a performance do salto vertical. Justifica-se esse fato pela capacidade do sistema neuromuscular em se adaptar a novas demandas causadas por limitações em movimentos com um padrão já estabelecido pelo sujeito.

Rejeita-se, portanto  $H_0$ , confirmando diferenças significativas entre a condição natural e de limitação do movimento em nível corporal e articular, aceitando então  $H_1$ . Aceita-se  $H_2$  pela limitação ter instituído diferenças significativas na interação das articulações, confirmando mudança na coordenação do salto. Rejeita-se  $H_3$  pela limitação do movimento, e como consequência a alteração na demanda da tarefa, não ter afetado a performance do movimento.

Para futuros estudos são sugeridas análises cinemática e cinética da limitação do movimento do salto, acompanhadas com uma análise eletro-miográfica. Estudos a cerca do efeito do treinamento com o movimento limitado também são sugeridos, bem como estudos com outras formas de limitações de movimentos multi-articulares.

## REFÊRENCIAS

- ARAGÓN-VARGAS, L. F. & GROSS, M. M. Kinesiological Factors in Vertical Jump Performance: Difference Among Individuals. *Journal of Applied Biomechanics*. V 13 p 24-44. 1997
- BOBBERT, M. F. & CASIUS, L. J. R. Is the Effect of a Countermovement on Jump Height due to Active State Development? *Medicine and Science in Sports & Exercise*. V 37 p 440-446. 2005
- BOBBERT, M. F. & VAN ZANDWIJK, J. P. Sensitivity of Vertical Jumping Performance to Changes in Muscle Stimulation Onset Times: a Simulation Study. *Biological Cybernetics*. V 81 p 101-108. 1999
- DAVIS, D. S. et al. Physical Characteristics that Predict Vertical Jump Performance in Recreational Male Athletes. *Physical Therapy in Sports*. V 4 p 167-174. 2003
- ELORANTA, V. Activity Pattern of Leg Musculature During Jumping Movements. *Journal of Human Movement Studies*. V 26 p 113-130. 1994
- KOLLIAS, I. et al. Using Principal Components Analysis to Identify Individuals Differences in Vertical Jump Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. V 72 p 63-67. 2001
- KOMI, P. V. Stretch-Shortening Cycle: a Powerful Model to Study Normal and Fatigued Muscle. *Journal of Biomechanics*. v 33 p 1197-1206. 2000
- RODACKI, A. L. F. & FOWLER, N. E. Intermuscular Coordination During Pendulum Rebound Exercises. *Journal of Sports Sciences*. V 19 p 411-425. 2001
- RODACKI, A. L. F. & FOWLER, N. E. The Specificity of Two Training Programs on Vertical Jump Coordination. *Brazilian Journal of Biomechanics*. V 4 p 27-35. 2002
- SELBIE, W. S. & CALDWELL, G. E. A Simulation Study of Vertical Jumping from Different Starting Postures. *Journal of Biomechanics*. V 29 p 1137-1146. 1996
- TRIMBLE, M. H.; KUKULKA, C. G. & THOMAS, R. S. Reflex During the Stretch-Shortening Cycle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. V 10 p 179-187. 2000
- VANESIS, A. & LEES, A. A Biomechanical Analysis of Good and Poor Performers of the Vertical Jump. *Ergonomics*. v 48 p 1594-1603. 2005