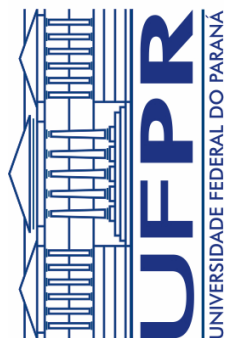


**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EDUARDO CATTO GALLINA**

**EFEITO DO TREINAMENTO SOB FADIGA  
NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL**



**CURITIBA  
2009**

**EDUARDO CATTO GALLINA**

**EFEITO DO TREINAMENTO SOB FADIGA  
NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL**

Dissertação de Mestrado defendida  
como pré-requisito para a obtenção  
do título de Mestre em Educação  
Física, no Departamento de  
Educação Física, no Setor de  
Ciências Biológicas da Universidade  
Federal do Paraná. Orientador Prof.  
Dr. André Luiz Félix Rodacki.

**CURITIBA  
2009**

**“A verdadeira alegria da descoberta é poder compartilhá-la”.**

***Autor Desconhecido***

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Maria Claudia, meus filhos João Pedro, Breno e Carolina, pelo apoio e amor dado desde o início da realização deste trabalho.

Aos meus pais, Nelso e Mabilia, pelo modelo de estar buscando sempre crescer na vida.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. André Luiz Félix Rodacki, pela sua dedicada orientação, pois através do seu incentivo incansável ajudou muito uma idéia tornar-se realidade.

Aos meus colegas de mestrado que tanto contribuíram com seu conhecimento e descontração nas dificuldades encontradas no laboratório.

Aos acadêmicos de Educação Física, envolvidos como voluntários nesta pesquisa, sem o qual não teria acontecido.

## RESUMO

O estudo objetivou verificar o efeito do treinamento sob fadiga no controle e no desempenho do salto vertical. Dezenove acadêmicos de Educação Física (estatura de  $1,88 \pm 0,05\text{m}$ , peso  $80 \pm 8\text{Kg}$ ), foram divididos em dois grupos: com fadiga (GCF,  $n=9$ ) e grupo sem fadiga (GSF,  $n=10$ ). Os atletas foram extratificados em quartis, em função do desempenho no salto vertical e a partir dos quais sorteados entre os dois grupos a fim de evitar a composição de grupos heterogêneos. Os grupos foram submetidos a 8 semanas de treinamento com duas sessões semanais de 2 (duas) horas de treinamento com e sem fadiga. O treinamento de fadiga foi controlado de forma que os sujeitos executassem saltos máximos em um mesmo volume de treinamento. A fadiga foi induzida pela manipulação da densidade dos movimentos. Dessa forma, o GSF saltou em intervalos entre 14-21s, enquanto o GCF em intervalos de 7s. Após seleção os participantes fizeram uma sessão de análise (pré), a qual foram repetidas (pós), o tratamento do programa de treinamento. Para comparar os efeitos dos diferentes protocolos de treinamento (GSF e GCF), um número de variáveis foram quantificadas para determinar as características contráteis e coordenativas. Estas variáveis foram comparadas em uma análise de multivariância (MANOVA) para medidas repetidas com um nível de significância superior a 95%. O GSF mostrou melhoria no desempenho de 3.1cm (7,5%;  $p<0.05$ ), enquanto GCF não mostrou alteração no desempenho em relação a sua condição de pré-teste (0.4cm;  $p>0.05$ ). O GSF demonstrou um maior ganho na elevação do centro de massa quando comparado com GCF ( $p<0.05$ ). A análise do impulso também demonstrou um melhor desempenho do que o grupo GCF. O pico de torque detectado no GSF demonstrou uma influência positiva em resposta aos estímulos de treinamento, onde ganhos médios de 32% foram observados, enquanto o GCF demonstrou ganhos médios de 6%. Os músculos agonistas (extensores quadril e joelho e plantiflexores) apresentaram ganhos médios de 33% no grupo GSF e de 10% no grupo GCF, o que indica que o treinamento sem fadiga possibilitou um ganho mais acentuado sobre as características contráteis musculares em função do que aqueles decorrentes do treinamento com fadiga. Tais achados também foram consistentes quando as taxas de desenvolvimento de torque foram analisadas, as

quais demonstraram uma melhor capacidade reativa (ex. habilidade de gerar elevados níveis de torque em curto período de tempo) em resposta ao treinamento sem fadiga. Portanto, os ganhos no salto vertical podem ser parcialmente atribuídos à melhoria nas propriedades contráteis musculares. Os aspectos espaciais e temporais do movimento não apresentaram alterações e indicaram uma estabilidade dos padrões de movimento empregados por ambos os grupos, que mantiveram inalteradas os parâmetros coordenativos do salto vertical.

Palavras-Chave: treinamento, fadiga, desempenho, salto vertical.

## ABSTRACT

The study aimed to verify the effect of fatigued and non-fatigued training on vertical jump performance and control. Nineteen physical Education undergraduate students (stature, weight) were assigned in two groups: fatigued (GCF,  $n=9$ ) and non-fatigued (GSF,  $n=10$ ). The athletes were stratified in quartiles according their vertical jump performance and then randomly divided in one of the groups in an attempt to avoid the formation of two heterogeneous groups. The groups were submitted to 8 weeks of training with 2 sessions/week of 2hours of vertical jumping training with and without fatigue in such a way that participants performed maximal vertical jumps using the same training volume. Fatigue was induced by controlling training density. Thus the GSF jumped in intervals between 14-21s, while the GCF in intervals of 7s. After being assigned, participants attended a pre-test session, which was repeated after the training period. To compare the effects of the different training protocols (GSF and GCF), a number of variables were quantified to determine the muscle contractile properties and coordination. These variables were compared using a multivariate analysis (MANOVA) for repeated measures and the significance level was set at 95%. The GSF showed performance improvements of 3.1cm (7,5%;  $p<0.05$ ), while GCF showed and unaltered performance with respect to their pre-test condition (0.4cm;  $p>0.05$ ). The GSF demonstrated a better ability to raise the centre of mass when compared to the GCF ( $p<0.05$ ). The analysis of the impulse also showed a better performance of the GCF group. The peak torque observed in the GSF after training showed a positive influence of the training stimulus, where mean gains of 32% were detected, while the GCF showed mean gains of 6%. The agonist muscles (hip and knee extensors and plantiflexors) presented mean gains of 33% in the GSF and 10% in the GCF and indicated that non-fatigued training provided a greater gain in the muscle contractile properties than the fatigued training. These findings were also consistent when the rate of force torque were analysed, which showed a greater reactive ability (i.e., the ability to produce greater torques in short time) in response to the non-fatigued training. Therefore, the vertical jump gains can be partially attributed to the muscle contractile properties. The spatial and temporal

aspects of the movement did not change and indicated a stable movement pattern applied by both groups, which kept unaltered the vertical jump coordination.

Keywords: Training, fatigue, performance, vertical jump



## LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1	- Dados reais das do CMJ na plataforma de força ( adaptado de PEREIRA, 2004).....	16
FIGURA 2	- Área de coleta de dados.....	47
FIGURA 3	- Modelo biomecânico utilizado na análise do salto vertical.....	48
FIGURA 4	- Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos músculos extensores do quadril .....	52
FIGURA 5	- Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos extensores do joelho.....	53
FIGURA 6	- Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos músculos plantiflexores do tornozelo.....	54
FIGURA 7	- Ângulos dos segmentos avaliados na cinemática (VICON)....	55
FIGURA 8	- Elevação média do centro de massa entre os grupos submetidos a treinamento com (GCF) e sem (GSF) fadiga antes (PRE) e após (POS) o treinamento.....	59
FIGURA 9	- Impulso vertical entre os grupos submetidos a treinamento com (GCF) e sem (GSF) fadiga antes (PRE) e após (POS) o treinamento.....	60
FIGURA 10	- Valores médios que demonstram deslocamento angulares do PRÉ (painel da esquerda) x PÓS (painel da direita) treinamento, nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.....	63
FIGURA 11	- Valores médios que demonstram velocidades angulares do PRÉ x PÓS treinamento, nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.....	64
FIGURA 12	- Plataforma de Força.....	79
FIGURA 13	- Opto Jump - vista frontal.....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de pico do torque, antes (PRE) e após (PÓS) o período de treinamento...	61
TABELA 2- Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) da taxa de desenvolvimento de torque, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.....	61
TABELA 3- Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) do pico de velocidade, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.....	65
TABELA 4- Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) do máximo deslocamento angular, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.....	65
TABELA 5 - Valores médios da duração do movimento e das fases excêntrica e concêntrica do salto vertical.....	66
TABELA 6 - Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) do instante do início da velocidade de deslocamento angular antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical com (GCF) e sem fadiga (GSF).....	66
TABELA 7- Descrição do protocolo de cada sessão de treinamento.....	81

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	01
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	04
1.1.1 Objetivo Geral	04
1.1.2 Objetivo Específico	04
1.2 Hipóteses	05
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	06
2.1 Treinamento Desportivo	06
2.1.1 O treinamento de força no contexto do treinamento desportivo	06
2.2 Conceitos de força	07
2.2.1 Tipos de contração muscular	08
2.2.2 Força da gravidade	08
2.2.3 Força e sua influência no desempenho desportivo	08
2.3 Fadiga	11
2.4 Biomecânica do salto vertical	12
2.4.1 Tipos de salto usados nas pesquisas com impulsão vertical	14
2.4.2 Fases do salto	15
2.5 Fatores intervenientes no desempenho do salto vertical	16
2.6 Testes utilizados para medir o salto vertical	19
2.6.1 Variações do “sargent jump test”	20
2.7 Estudos sobre o salto vertical	21
<b>3. MÉTODOS</b>	43
3.1. População	43
3.1.1 Seleção de amostra	43
3.2 Procedimentos	44

3.3 Análise.....	45
3.3.1 Cinemática.....	46
3.3.3.1 Área de coleta de dados.....	46
3.3.3.2 Localização e determinação dos pontos anatômicos.....	47
3.3.2 Plataforma de força.....	49
3.3.3 Opto Jump.....	49
3.3.4 Célula de carga.....	50
3.3.4.1 Articulação do quadril.....	51
3.3.4.2 Articulação do joelho.....	52
3.3.4.3 Articulação do tornozelo.....	53
3.4. Coleta de dados.....	54
3.5 Variáveis do estudo.....	56
3.5.1.Variáveis dependentes.....	56
3.6 Análise dos dados.....	56
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>74</b>
<b>8. APÊNDICES.....</b>	<b>81</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em vários esportes a necessidade de se ter um melhor desempenho no salto vertical é imprescindível e tem despertado interesse da comunidade científica por uma intensa busca de meios e métodos para aumentar essa capacidade. Apesar disso, nota-se na prática que a maioria dos procedimentos tem sido baseadas em abordagens do tipo ensaio-erro. Assim, a prescrição e o controle das densidades do treinamento têm sido aplicados a partir da experiência prática sem embasamento científico (BOBBERT et al., 1987, UGRINOWITSCH et al., 2007). Por exemplo, o número de ações motoras realizadas nos treinamentos técnicos e táticos são dificilmente quantificados e analisados em termos de desempenho.

O elevado número de saltos verticais efetuados durante os treinamentos, técnicos, táticos e físicos pode impor esforços de natureza diferenciada em relação aos estímulos presentes em condições de jogo. Além disso, quantidade de saltos verticais e o intervalo de recuperação aplicados no treinamento podem induzir a condição de fadiga que não ocorre em condições de jogo. Por exemplo, alguns estudos têm demonstrado que o número de saltos efetuados em condições de jogo, média de 17 saltos verticais por set são consideravelmente menores do que a média de saltos efetuada durante as sessões de treinamento (ROCHA e BARBANTI, 2007).

O intervalo entre os saltos verticais também parece diferir entre treinos e jogos. ESPER (2003a) indica que aproximadamente a metade dos saltos realizados em um jogo tem intervalos de até 5s no feminino, enquanto que para o masculino, esse intervalo é observado em 70% dos saltos. Em muitos casos, técnicos e preparadores físicos utilizam intervalos menores que 5s durante as sessões de treinamentos. Na prática o treinamento pode envolver exceder a três vezes o número de saltos realizados em jogo e representar uma carga elevada em termos de volume de treinamento a qual pode levar ao surgimento crônico de fadiga durante as sessões. Infelizmente, a literatura não reporta os números de saltos efetuados nas sessões de treinamento posto a grande variação nas atividades desenvolvidas nas diferentes fases aplicadas no treinamento específico. Dessa forma, pode-se inferir

que o elevado número de saltos efetuados e os reduzidos intervalos entre eles aplicados durante o treinamento podem induzir precocemente a estados de fadiga que podem levar a importantes reduções do desempenho. De fato, PEREIRA (2004) aplicou o conceito de potência crítica proposto inicialmente por MONOD E SCHERRER, (1965) em ações repetitivas de salto e observou a influência do intervalo sobre o desempenho máxima do salto vertical. UGRINOWITSCH et al., (2008) identificou que intervalos entre os saltos superiores a 7s possibilitam a manutenção do desempenho da altura do salto vertical por longos períodos de tempo, enquanto que intervalos mais curtos produzem uma diminuição acentuada na desempenho. Portanto, a discrepância dos estímulos utilizados no treinamento em relação ao jogo pode influenciar nos ganhos de capacidade de salto decorrentes do treinamento.

Nesse sentido, BOBBERT e VAN SOEST (1994) apontaram que o componente coordenativo mais importante para as ações de salto vertical é o correto “timing” das ações musculares que ocorrem do sentido proximal para o distal, significando que a articulação do quadril é utilizada inicialmente, seguida pela articulação do joelho e logo após pela do tornozelo. Esses autores concluíram que o aumento da força muscular só resulta em ganhos no desempenho do salto vertical quando houve uma re-otimização do controle do movimento. Dessa forma, é possível especular que se o estímulo imposto durante o treinamento produzir demandas (ex. fadiga) diferentes daquelas requeridas durante o jogo o controle poderá não ser o mais adequado, porque se treinando em condições de fadiga pode influenciar de maneira negativa no desempenho do salto vertical.

Fadiga é operacionalmente definida como a perda temporária da capacidade de manter determinado desempenho (ENOKA 2000). Conseqüentemente, os estímulos aplicados em condição de fadiga podem produzir resultados inferiores quando comparados a outros decorrentes de estímulos mais próximos às condições de jogo, onde os níveis de fadiga diferem daqueles aplicados no treinamento, levando a diminuição na capacidade de salto. Por outro lado, o treinamento sob condição de fadiga pode melhorar as capacidades contráteis musculares para

produzir elevadas quantidades de força, as quais podem não causar melhorias sobre o desempenho.

Bobbert & Van Soest (1994) argumentam que melhorias no desempenho estão intimamente associadas com a capacidade dos sujeitos em adequar o controle das ações às mudanças na capacidade muscular em gerar torque. Outros autores, (HUDSON, 1986; RODACKI 2001a) apontam para mudanças coordenativas quando os movimentos são treinados em condição de fadiga. Por exemplo, (HUDSON, 1986) demonstrou uma deterioração do padrão próximo-distal dos movimentos para um padrão mais simultâneo após a realização de exercícios extenuantes. Tais mudanças podem estar presentes quando o salto vertical é realizado em condições de fadiga e influenciar no controle do movimento e provocar desempenhos menos acentuados quando comparados a estímulos de treinamento que não envolvam fadiga. Portanto, este estudo tem como propósito comparar o efeito do treinamento do salto vertical aplicado em condições de fadiga em relação ao treinamento sem fadiga.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Este estudo tem por objetivo comparar as possíveis alterações do desempenho do salto vertical decorrente de duas condições de treinamento (com e sem indução de fadiga).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Analisar o efeito do treinamento sob fadiga na altura do salto vertical máximo;
- b) Determinar e comparar alterações de natureza coordenativas no salto vertical antes e após um período de treinamento de salto vertical com e sem fadiga;
- c) Determinar e comparar os valores na taxa de desenvolvimento de força (TDF) dos principais músculos envolvidos no salto vertical obtida antes e depois de um programa de treinamento com e sem fadiga.



## 1.2 Hipóteses

Para cumprir os objetivos do presente estudo, um conjunto de hipóteses sobre as variáveis foi levantado:

H<sub>1</sub>: Após o treinamento haverá uma melhora no desempenho do salto vertical em ambos os grupos, independente do nível da fadiga induzido.

H<sub>2</sub>: Após o treinamento haverá um maior aumento no desempenho no salto vertical do grupo não fadigado (GSF) em comparação ao grupo fadigado (GCF).

H<sub>3</sub>: Após o treinamento de salto vertical os grupos pesquisados terão aumento na taxa de desenvolvimento de torque (TDT).

H<sub>4</sub>: Após o treinamento de salto vertical os grupos pesquisados terão aumento no pico de torque.

H<sub>5</sub>: Após o treinamento do salto vertical acontecerão alterações coordenativas no salto vertical em ambos os grupos pesquisados.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Treinamento Desportivo

O homem sempre teve a necessidade de medir suas forças. Alguns documentos escritos proporcionam informação sobre as pesadas tarefas que a si mesmos tais homens se impunham, com a finalidade de ficar em boa forma no dia do combate supremo, do torneio ou da competição olímpica. Tanto atletas que aplicavam em seu corpo massagens de óleo ou se adestravam no pugilato, como os corredores que realizavam uma pequena marcha preparatória antes da competição, estes se entregavam na realidade a certas formas do treinamento MOLLET (1972).

“Este trecho retirado da obra Treinamento total de MOLLET (1972) ilustra como o desporto foi e ainda é parte integrante da cultura e da evolução humana; e dentro da construção histórica da área de conhecimento das ciências do desporto, o treinamento desportivo, associado a outras áreas do conhecimento mais modernas como a informática e a eletrônica têm apresentado grandes contribuições para a melhoria do desempenho desportiva, onde atletas e treinadores buscam constantemente a superação de limites, e também para a prática de atividades físicas por atletas amadores e não atletas. Esta evolução tecnológica alimenta os trabalhos de inúmeros pesquisadores que através dos resultados de suas pesquisas reforçam as bases teóricas das ciências na qual o treinamento se apóia para o seu desenvolvimento. (MOLLET 1972)”.

#### 2.1.1 O treinamento de força no contexto do treinamento desportivo

A força como uma caracterização mecânica é determinada pela direção, magnitude ou o ponto de aplicação. De acordo com a segunda lei da inércia de Newton, a força é igual à massa ( $m$ ) multiplicada pela velocidade de aceleração ( $a$ ), como a seguir:  $F = m \times a$ . Conseqüentemente, um atleta pode melhorar a força alterando um dos dois fatores, massa ou aceleração (BOMPA 2002).

## 2.2 Conceitos de força

Força é um conceito usado para definir a interação de um objeto com o que lhe cerca, inclusive outros objetos. Pode ser definida como um agente que produz ou tende a produzir uma mudança no estado de repouso ou de movimento de um objeto (ENOKA 2000).

O vigor máximo que um músculo ou um grupo muscular pode gerar é determinado força (WILMORE e COSTILL 2001). Segundo ROCHA e CALDAS (1978) força é a capacidade que permite ao músculo ou grupo de músculos vencerem uma resistência (oposição), ao movimento do qual ele é o agente motor. A força do indivíduo como capacidade física se relaciona com a superação da resistência externa e da contra-ação a esta resistência, por meio dos esforços musculares. As capacidades de força do desportista não podem se reduzir apenas às propriedades contráteis dos músculos, pois a manifestação direta dos esforços musculares é assegurada pela interação de diferentes sistemas funcionais do organismo (muscular, vegetativo, hormonal, entre outros). A revelação dos esforços musculares é a condição necessária para a realização de qualquer ação (gesto) motora, embora o caráter de manifestação da força possa ser muito diferente. Os desportistas revelam diversos tipos de capacidades de força, que dependem do valor do peso a superar (load), da velocidade de movimento e da duração do exercício.

Para ZATSIORSKY (1999) a força, ou força muscular é a capacidade de gerar a maior força máxima externa (fme). Sabe-se que em mecânica e física a força é definida como a medida instantânea da interação entre dois corpos. A força manifesta-se de três formas: ou o movimento de um corpo é alterado, ou o corpo é deformado, ou ambos. A força é um vetor de quantidade, ela é caracterizada pela magnitude, direção e ponto de aplicação.

### 2.2.1 Tipos de contração muscular

ENOKA (2002) afirma que se pode gerar contração muscular ou tensão pela força da gravidade, aparelhos isocinéticos, resistência fixa e estimulação elétrica.

### 2.2.2 Força da gravidade

Quando os atletas usam pesos livres, usualmente exercem força contra a ação da gravidade, a qual aumenta proporcionalmente à massa (carga) de um objeto. Pode se ganhar tensão no músculo tanto pela colaboração da gravidade como pela oposição ou resistência a ela. Em ambos os casos ocorrem uma contração dinâmica, que freqüentemente e equivocadamente é chamada de isotônica, das palavras gregas isos, significando igual, e tonikos, significando tensão. Definir isotônico como igual tensão é errado, principalmente porque a tensão muscular é uma função de um ângulo de flexão. Vencer a força da gravidade resulta em um tipo de contração que é comumente chamada de concêntrica (do latim centrum, significando ter um centro comum) e denota o caso no qual o músculo se encurta. Resistir à força da gravidade é um meio de desenvolver mais força, método que atletas usam com menos freqüência, apesar de ser extremamente efetivo. Isso significa que, em vez de levantar um peso (vencendo a força da gravidade), deve-se abaixá-lo vagarosamente, somando à força da gravidade. Durante essa contração excêntrica, os músculos realmente alongam-se durante a fase de estimulação.

### 2.2.3 Força e sua influência no desempenho desportiva

BADILLO e AYESTARÁN (2001) afirmam que a melhora da força constitui-se em fator importante em todas as atividades desportivas, sendo inclusive, em alguns casos, determinante. Se desenvolvida de uma maneira correta, nunca pode ser prejudicial para o desportista.

Força e desempenho: BADILLO e AYESTARÁN (2001) afirmam que a força desempenha um papel decisivo na boa execução técnica. Em muitos casos, a falha técnica não é produzida por falta de coordenação ou habilidade, mas por falta de

força nos grupos musculares que intervêm em uma fase concreta do movimento. “A velocidade de ação e o modelo do movimento poderiam influenciar no recrutamento da unidade motora em um músculo. O mesmo ocorre em músculos dentro de um grupo muscular. Alguns músculos em um grupo funcional podem ser preferencialmente ativados sobre outros, dependendo da velocidade, do tipo de ação e do modelo do movimento. Algumas adaptações neurais ao treinamento de força podem consistir em alterações na natureza da ativação preferencial de músculos dentro de um grupo. A coordenação aperfeiçoada levaria a uma ativação mais eficiente de todos os músculos envolvidos e a mais eficiente ativação de unidades motoras em cada músculo (SIMÃO 2003)”.

Força e potência: a velocidade de execução está estreitamente relacionada com a força. Quanto maior a resistência, maior a relação entre ambas. Uma boa aplicação de força pode levar a uma melhora da potência, o que se traduz em uma velocidade mais alta de deslocamento ou de execução de um gesto desportivo. Um incremento da potência de 19% associou-se a um incremento de 4% da velocidade de nado (SHARP et al., 1982, apud BADILLO e AYESTARÁN 2001).

A potência mecânica máxima é alcançada na extensão intermediária da força e da velocidade. Quando a velocidade do movimento aumenta, a força executada diminui. A eficiência alcança o seu maior valor quando a velocidade é ao redor de 20% da velocidade máxima, com a maior potência mecânica em velocidades de cerca de um terço do máximo. Desde que a força e a velocidade são inversamente relacionadas, a potência é máxima quando a magnitude da força e da velocidade são ótimas, cerca de um terço dos níveis máximos da velocidade máxima e cerca da metade da força máxima. Como consequência, a potência máxima é aproximadamente igual a um sexto do valor que poderia ser alcançado se um indivíduo fosse capaz de exercer simultaneamente a força máxima e a máxima velocidade.

Força e velocidade: a velocidade de movimento decresce à medida que a resistência externa (carga) aumenta. Por exemplo, se um atleta lança implementos de diferentes pesos, à distância do lançamento (e a velocidade inicial do

implemento) aumenta à medida que o peso do implemento diminui. A força ( $F_{mm}$  – máxima maximorum) é alcançada quando a velocidade é pequena; e, inversamente, a velocidade máxima ( $V_{mm}$  – máxima maximorum) é atingida quando a resistência externa é próxima de zero. Vários movimentos desportivos abrangem diferentes partes das curvas de força e velocidade (ZATSIORSKY 1999).

Segundo ZATSIORSKY (1999) é impossível exercer uma alta força em movimentos muito rápidos. As magnitudes da força e da velocidade desenvolvidas na extensão intermediária da curva de força-velocidade dependem da força isométrica máxima maximorum, em outras palavras, a força máxima de um atleta determina os valores de força que podem ser aplicados em condições dinâmicas. Muitos pesquisadores têm quantificado tradicionalmente as capacidades de desempenho por meio da força estática e da força dinâmica. Ambos os termos representam medidas do torque muscular resultante, a diferença sendo se o comprimento do músculo se modifica ou não.

Sabe-se com base na relação torque versus velocidade que o torque máximo que um músculo pode exercer diminui à medida que a velocidade de encurtamento aumenta. Isso significa que medidas de força dinâmica dependem em grande parte de velocidade com que o comprimento do músculo se altera. Além disso, uma caracterização perfeita da força dinâmica requer que o torque máximo seja medido em várias velocidades. Esses procedimentos podem ser simplificados, entretanto, com a medida do pico de potência produzida pelo sistema, que representa a combinação de força e velocidade e produz o efeito mecânico máximo (ENOKA, 2000).

DINTIMAN et al., (1999) sugerem que um indivíduo deve possuir uma força de membros inferiores (medida com uma repetição máxima no leg press) de aproximadamente duas vezes e meia o seu peso corporal para ter uma boa possibilidade de mover-se e manter seu corpo em movimento em altas velocidades. Força e resistência: a força, embora possa estar situada em um extremo oposto ao da resistência também está relacionada com essa capacidade e pode influir na

melhora do rendimento, sempre que o treinamento realizado se ajustar às necessidades de cada especialidade desportiva.

Poucos estudos têm considerado o exame das adaptações cardiovasculares durante o treinamento de força. Essas adaptações ao treinamento cardiovascular podem promover reduções na frequência cardíaca e na pressão arterial em repouso. Observa-se que o desempenho de uma atividade de treinamento de força resulta em uma resposta de pressão, que impacta o sistema cardiovascular. Além disso, dados indicam que o desempenho do treinamento de força de longo tempo pode resultar em adaptações positivas do sistema cardiovascular no repouso e durante o trabalho (SIMÃO 2003).

A força possui grande importância no gesto desportivo, onde apenas sua avaliação é suficiente para poder dirigir corretamente muitos aspectos do treinamento. Por exemplo, o componente dinâmico da estrutura de um movimento é determinado pela correta aplicação da força: portanto, a medição dessa força permite que avaliemos um aspecto importante, talvez o mais importante, da qualidade técnica: seu componente dinâmico. Um efeito positivo ou negativo do treinamento sobre a técnica e, portanto, sobre o resultado pode ser motivado pela utilização de cargas (de força) inadequadas: sejam elas excessivas ou reduzidas provocam distorção na técnica e no desenvolvimento incorreto da força específica. Observa-se freqüentemente, em estudos no treinamento de força, que a magnitude dos aumentos medidos depende de quão similar é o teste de força ao real exercício de treinamento (SIMÃO 2003) e, portanto é necessário adequar o tipo de trabalho de força a ser executado às peculiaridades técnicas de cada modalidade desportiva.

### 2.3 Fadiga

Um dos fatores que pode intervir na habilidade de realizar uma habilidade motora é a fadiga (ENOKA, 1995). Como o Voleibol é uma modalidade esportiva acíclica, dinâmica, com diversas formas de deslocamentos e movimentos (OKAZAKI, 2002; DAIUTO, 1991; MARQUES, 1980), a fadiga é uma variável que também se faz presente em diversas situações do jogo (WOOLSTENHULME et al., 2004). A fadiga

pode ser definida como a redução na capacidade do músculo gerar força, sendo que a causa da fadiga pode ser de origem central ou periférica em função do exercício, resultando na inabilidade de manter o desempenho de movimento (WOOLSTENHULME et al., 2004; JARIC et al., 1997), provocando uma inibição das estruturas responsáveis pelo controle motor, seja a nível periférico ou central (WEINECK, 1991). Em estudo analisando o efeito de uma rotina de treinamento de força demonstrou que a precisão do ataques e outras variáveis físicas (salto vertical e potência anaeróbica no teste de Wingate) não foram alteradas pela fadiga gerada (WOOLSTENHULME et al., 2004). Todavia, mesmo que não foram reportadas modificações na eficácia do arremesso no basquetebol (percentagem de acerto), este estudo não procurou analisar as modificações na eficiência do movimento (coordenação).

## 2.4 Biomecânica do salto vertical

Apresentaremos o conceito de alguns autores sobre a capacidade de salto. BARBANTI (1988) define a força de salto como a capacidade de vencer a força da gravidade alcançando alturas elevadas, para realizar movimentos técnicos do jogo e sua capacidade de imprimir aceleração ao próprio corpo, para superar o seu peso, no intuito de conseguir maior altura. A capacidade de salto depende do desenvolvimento da massa muscular e da velocidade de contração do músculo. Aqui é necessário ter força explosiva, ou seja, a capacidade de realizar força no mais curto período de tempo. Os saltos desempenham papel relevante na maioria dos jogos desportivos, como elemento fundamental do jogo (voleibol, basquetebol, handebol).

ENOKA (2000) caracterizou a gravidade no que é conhecido como a lei da gravidade de Newton: “todos os corpos atraem uns aos outros, com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa”. O módulo dessa atração, uma força conhecida como peso, depende da massa dos objetos envolvidos e da distância entre eles. O peso é uma expressão da quantidade da atração gravitacional entre um objeto e a terra. Sendo uma força, é medido em Newtons (N). Sem dúvida, o peso varia



proporcionalmente com a massa – quanto maior a massa, maior a atração. Peso é uma força (uma quantidade derivada), enquanto massa (uma medida básica do sistema internacional de medidas) é uma medida da quantidade de matéria. KELLER et al.,(1997) afirmam que duas grandezas estão estreitamente relacionadas com um objeto na superfície da terra ou próximo dela: a força gravitacional exercida pela terra sobre o objeto e o peso do objeto. Ainda segundo os autores, a massa de um objeto é uma medida de sua resistência a uma variação de sua velocidade, e o peso (P) de um objeto de massa (m) é igual à massa vezes aceleração da gravidade (g) ( $P = m \times g$ ).

ENOKA (2000) afirma que a força da gravidade produz uma aceleração constante de aproximadamente  $9,81 \text{ m/s}^2$  ao nível do mar. Em geral um objeto sob a ação de uma força experimenta uma aceleração, a aceleração representa a mudança na velocidade em relação ao tempo. A terceira lei de Newton diz que “a toda ação se opõe uma reação igual”; ou, as ações mútuas de um corpo sobre outro têm sempre direções opostas (KELLER, et al., 1997).

ENOKA (2000) afirma que o módulo do vetor peso total do corpo é determinado bem rápido pela leitura de seu valor no mostrador de uma balança de banheiro. A validade deste procedimento pode ser demonstrada por uma simples análise baseada na Lei da Aceleração de Newton, somatória de forças é igual à massa multiplicada pela aceleração. Uma vez que o peso só age na direção vertical (z), a análise pode ser restrita às componentes que agem verticalmente: o peso ( $F_p$ ) é direcionado para baixo, enquanto que a componente vertical força de reação do solo ( $F_z$ ) dirige-se para cima.

DURWARD et al., (2001) colocam que para um salto vertical e uma seqüência de aterrissagem, o sujeito geralmente começaria na posição vertical ereta e a atividade de saltar seria iniciada por rebaixamento do centro de massa pela flexão do quadril e do joelho.

Conforme o corpo é acelerado para cima, os quadris e joelhos estendem com a produção de forças no solo. Quando os membros estão completamente estendidos

(incluindo a flexão plantar da articulação do tornozelo), o corpo se levanta e a fase de vôo começa. Dependendo da quantidade de trabalho realizada pelos músculos, o corpo perderá contato com o solo com certa velocidade de decolagem. A velocidade de decolagem será reduzida pela ação da aceleração gravitacional ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) e uma altura máxima será atingida, após isto o corpo retornará ao solo e a fase de aterrissagem será iniciada.

DURWARD et al., (2001) afirmam que o contato inicial do pé no solo produzirá um grau de carga muito rápido, e forças muito acima de 200% por cento do peso corporal serão experimentadas. A recuperação do corpo, quando o contato com o solo é feito, significa que o contato será seguido por um período de acomodação até que o sujeito volte a ficar parado na posição vertical ereta.

#### 2.4.1 Tipos de salto usados nas pesquisas com impulsão vertical

Os principais tipos de saltos verticais utilizados nos trabalhos científicos são:

- O *Squat Jump*;
- O *Counter Movement Jump*;
- O *Drop Jump*.

Para KOMI (1978), o *Squat Jump* é um tipo de salto que parte da posição imóvel de meio agachamento, com uma forte e rápida extensão dos membros inferiores, tendo as mãos na cintura; o *Counter Movement Jump* é um tipo de salto no qual a força reativa é o efeito da força produzida por um “ciclo duplo” de trabalho muscular, aquele do alongamento-encurtamento, o encurtamento ocorre após um contra-movimento, ou seja, um movimento contrário que produz o alongamento da musculatura que vai se encurtar; e o *Drop Jump* é a altura do salto vertical alcançada imediatamente após cair no solo iniciando-se o salto a partir de degraus situados em diferentes alturas.

#### 2.4.2 Fases do salto

DURWARD et al., (2001) propuseram que as fases do salto são as seguintes:

*Fase a:* a área do gráfico de força abaixo da linha da metade do peso corporal (400 N) por pé indica que o peso do corpo não está sendo sustentado e que o corpo sofrerá aceleração para baixo. No final desta fase o corpo estará se movendo com a máxima velocidade para baixo.

*Fase b:* a segunda área é a desaceleração da velocidade para baixo até o corpo parar no ponto mais baixo antes da ação de saltar. O ponto mais baixo do movimento do centro de gravidade ocorre no final da *Fase dois*, e a porção sombreada da curva nas áreas 1 e 2 deve ser regular.

*Fase c:* A área grande e as grandes forças acima da linha da metade do peso corporal significam que o corpo acelerará verticalmente para cima e, assim, a área três representa a principal ação propulsora para a atividade de saltar. Quando a curva de força passa para menos da metade do peso corporal, haverá um pequeno retardamento nesta aceleração para cima antes do final da Fase três no momento da decolagem.

*Fase d:* Quando nenhuma força é aplicada ao solo, o corpo não está em contato com o mesmo, e esta é a fase de vôo. A duração da fase de vôo é importante porque o corpo pode ser considerado em vôo livre, e a primeira metade do tempo da fase de vôo apresentará velocidade para cima enquanto a segunda metade representará o retorno para o solo com velocidade para baixo. Portanto, é possível calcular a altura atingida no salto, conhecendo-se o tempo de vôo e o valor da aceleração gravitacional (9,81 m/s<sup>2</sup>).

*Fase e:* Quando o corpo chega ao solo, ocorre o contato inicial com a planta do pé seguido por um aumento muito rápido da força na medida em que a perna e o resto do corpo desaceleram rapidamente da velocidade para baixo. Valores de força

máxima bem acima de duas vezes o peso corporal são regularmente observadas em cada pé.

*Fase f:* Para recuperar a altura, o sujeito continua a aplicar uma força acima da metade do peso corporal por pé e o corpo acelera para cima novamente.

*Fase g:* Esta fase é a recuperação para a velocidade zero, com o centro de massa geralmente se aproximando da altura normal do sujeito em pé e a força sobre cada pé voltando à metade do peso corporal para cada pé (supondo simetria da carga por pé).

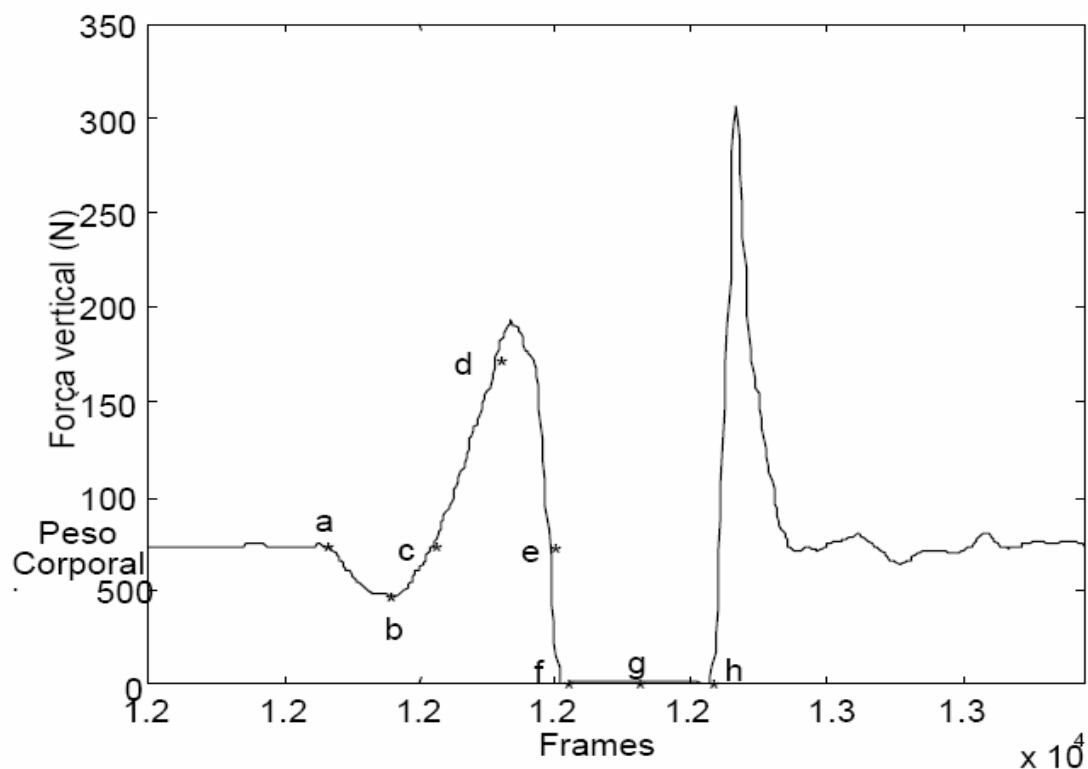


Figura 1: Dados reais das do CMJ na plataforma de força (adaptado de Pereira, 2004)

## 2.5 Fatores intervenientes no desempenho do salto vertical

Considerando que a capacidade de salto é uma manifestação de força relacionada à velocidade veremos a seguir considerações de alguns autores a

respeito de fatores intervenientes nesta capacidade. BURHKE/SCMIDTBLEICHER (apud WEINECK, 1989) afirmam que o componente vertical da curva de elevação da força depende principalmente de três fatores:

1º - Maior número de unidades motoras recrutadas não significa que elas estão coordenadas.

2º – A velocidade de contração das fibras musculares ativadas. Assim como demonstram pesquisas bioquímicas, o grau de impulsão dinâmica inicial está em correlação com a porcentagem de fibras **FT** – ao contrário do desenvolvimento do máximo de força em que estão empenhadas tanto as fibras **FT** como as **ST** (cf. BOSCO-KOMI, 1979, 275).

3º – A força de contração das fibras musculares empenhadas, ou seja, a secção transversal do músculo. Por força explosiva é necessário entender aí a capacidade de realizar uma elevação vertical em força: o aumento de força por unidade de tempo é essencial. A força explosiva depende da velocidade de contração das unidades motoras das fibras **FT**, do número das unidades motoras contraídas e da força de contração das fibras comprometidas.

Entende-se por força inicial, uma subcategoria da força explosiva: a capacidade de realizar uma elevação em força máxima no início da contração muscular. A força inicial condiciona o desempenho nos movimentos que exigem uma grande velocidade inicial; ela baseia-se na capacidade de empregar um número máximo de unidades motoras no início da contração e de executar uma força inicial elevada.

BADILLO e AYESTARÁN (2001) afirmam que o potencial de força, seu desenvolvimento e sua manifestação dependem de uma série de fatores que enumeraremos brevemente:

a) composição do músculo, área muscular: número e espessura de fibras, tipo de fibras, proporção de fibras rápidas e lentas, ângulo de inserção do

músculo, utilização das unidades motoras (*UMs*), recrutamento, frequência de impulso, sincronização, coordenação intermuscular. Fatores que contribuem para a contração, reflexo de alongamento, elasticidade muscular, redução da atividade de células inibidoras (Golgi).

b) fatores mecânicos: Número de pontes cruzadas ativas, conforme o estado de alongamento do músculo com relação à sua longitude de repouso.

BADILLO e AYESTARÁN (2001) afirmam que a capacidade do indivíduo de produzir força depende de diferentes fatores: - estruturais, ou relacionados com a composição do músculo; - nervosos, relacionados às unidades motoras; relacionados com o ciclo alongamento-encurtamento (CAE); hormonais.

ZATISIORSKY (1999) aponta alguns fatores que influenciam a produção de força:

a) elasticidade dos tendões e músculos: A elasticidade tem um papel importante para o incremento da produção motora dos movimentos desportivos. Se um tendão ou músculo é alongado, a energia elástica é armazenada dentro destas estruturas biológicas. Essa energia deformada é comprimida e utilizada para aumentar a produção motora na fase concêntrica do ciclo de alongamento e encurtamento;

b) mecanismos neurais: considerando que os mecanismos neurais governam a ação muscular reversível (ciclo alongamento-encurtamento) durante o salto e a aterrissagem do salto em profundidade. Após o encontro do pé com o solo há uma rápida mudança tanto no comprimento do músculo quanto nas forças desenvolvidas. Os músculos são forçosamente alongados e, ao mesmo tempo, a tensão muscular aumenta agudamente. Estas mudanças são controladas parcialmente contrabalançadas pela ação concatenada de dois reflexos motores: o reflexo miotático (ou de alongamento) e o reflexo tendinoso de Golgi;

c) posturas e curvas de força: a força que um atleta pode desenvolver em um dado movimento depende da posição do seu corpo (ângulos articulares).

d) dimensões musculares: os músculos com uma maior área transversal produzem maiores forças do que músculos similares com uma menor área transversal;

e) fatores Neurais: O sistema nervoso central (**SNC**) é de suprema importância quando da realização e desenvolvimento da força muscular. A força muscular não é determinada somente pela quantidade de massa muscular envolvida, mas também, pela magnitude de ativação voluntária (amplitude do sinal eletromiográfico) de cada fibra em um músculo (coordenação intramuscular). A capacidade de exercer força máxima é um ato de habilidade nos quais vários músculos precisam ser ativados adequadamente - coordenação intramuscular.

*Coordenação intramuscular.* O SNC utiliza três opções para variar a produção de força muscular. Elas incluem: - o recrutamento; - a graduação da força muscular total através da adição e subtração de unidades motoras ativas; - taxa de codificação; modificação da taxa de acionamento da unidade motora; - sincronização; ativação das unidades motoras de uma forma mais sincronizada, ZATISIORSKY (1999).

## 2.6 Testes utilizados para medir o salto vertical

A medição da altura do salto vertical é de grande interesse e estudo, uma vez que esta medida é largamente utilizada como estimativa de outras variáveis, tais como potência de membros inferiores e força (Bosco, 1982). Com o objetivo de avaliar a força explosiva e a de impulsão dos membros inferiores, Sargent propôs um teste, através do salto vertical, para que a eficiência do salto fosse determinada. A partir daí, esse teste ficou conhecido, entre os preparadores físicos, técnicos e profissionais ligados à área das ciências do esporte, como “Sargent Jump Test” ou “Teste de impulsão Vertical”.

### 2.6.1 Variações do “sargent jump test”

Vertical Jump (JOHNSON & NELSON, 1979 apud MARINS e GIANNICHI 1996): objetivo – medir a potência dos membros inferiores no plano vertical. O testando deverá assumir a posição em pé, de lado para a superfície graduada, e com o braço estendido acima da cabeça, o mais alto possível, mantendo as plantas dos pés em contato com o solo, sem flexioná-los. Deverá fazer uma marca com os dedos, na posição mais alta que possa atingir. Para facilitar a leitura, os dedos do testando deverão ser sujos com pó de giz. O teste consiste em saltar o mais alto possível, sendo facultativo a flexão das pernas e o balanço dos braços para a execução do salto (MARINS e GIANNICHI, 1996). HOPKINS (apud GALDI 1999) preconiza a variação na técnica de execução do teste do salto vertical, que consiste em dar um passo de aproximação, antes da execução do mesmo. Essa técnica de execução recebe o nome de “free jump”, cujo coeficiente de correlação com o teste de “Sargent Jump Test” é de  $r = 0,95$ .

Relata-se ainda a técnica de medição do “teste de Abalokow”, que consiste na tração de uma fita métrica, presa à altura da cintura e estendida por entre as pernas do indivíduo avaliado. O resultado do teste é dado pela diferença dos registros, antes e após a execução do salto.

BOSCO, KOMI, ITO (1981) desenvolveram um equipamento, chamado “Ergojump”, cuja técnica de medição é feita eletronicamente, através de um relógio digital conectado, por cabo, a uma plataforma metálica. Esse instrumento permite o cálculo do tempo médio de voo de saltos verticais consecutivos, por um período de tempo de 15 a 60 segundos.

Teste de impulsão vertical: MATSUDO (1987) o objetivo é medir indiretamente a força muscular de membros inferiores através do desempenho em se impulsionar verticalmente.

1 - Impulsão vertical sem auxílio dos membros superiores: o avaliado se coloca de pé, calcanhares no solo, pés paralelos, corpo lateralmente à



parede com os membros superiores verticalmente levantados. Considera-se como ponto de referência a extremidade mais distal das polpas digitais da mão dominante projetada na fita métrica. Após a determinação do ponto de referência, o avaliado afasta-se ligeiramente da parede; no sentido lateral, para poder realizar uma série de três saltos mantendo-se, no entanto com os membros elevados verticalmente. Obedecendo à voz de comando “*atenção já*” – ele executa o salto tendo como objetivo tocar as polpas digitais, da mão dominante, que deverão estar marcadas com o pó de giz ou magnésio, no ponto mais alto da fita.

2 - Impulsão vertical com o auxílio dos membros superiores – repete-se todo o procedimento do item anterior, sendo permitida a movimentação de braços e tronco. O deslocamento vertical é dado em centímetros pela diferença da melhor marca atingida e do ponto de referência.

## 2.7 Estudos sobre o salto vertical

Vários pesquisadores têm desenvolvido trabalhos sobre o tema salto vertical. Apresentaremos alguns trabalhos que nos serviram de referência. LUTHANEN & KOMI (1978), analisaram o salto vertical do ponto de vista biomecânico, e estabeleceram a contribuição relativa dos vários movimentos dos segmentos do corpo, nos resultados do salto. Utilizando-se das técnicas cinematográficas e de plataforma de força, avaliaram oito atletas, sendo seis de voleibol e dois de basquetebol, para execução do salto vertical, acrescido de diferentes movimentos segmentais do corpo em intensidade máxima, tais como: - flexão plantar com joelho e ângulo do tornozelo em 20º graus; - extensão do joelho em 90º graus na posição parada e ângulo do tornozelo fixo 0º grau; - extensão do tronco para flexão em 40º graus; balanço da cabeça para trás com pescoço flexionado; braços estendidos, com balanço para cima; balanço dos braços para cima com cotovelo em ângulo de 90º graus; e balanço dos braços para cima, com cotovelo em ângulo de 45º graus.

Dois saltos verticais completos (flexão dos joelhos e balanço dos braços) foram executados parados, para poderem ser comparados com as várias

contribuições segmentais em separado. Os dados revelam que a velocidade de impulso no salto vertical é causada por diferentes componentes e nas seguintes proporções: extensão do joelho 56%, flexão plantar 22%, extensão do tronco 10%, balanço dos braços 10% e balanço da cabeça 2%. Entretanto a média da velocidade de impulso na execução total (3.03 m/s), foram apenas 76% da máxima calculada teoricamente na análise segmentar. O tempo ótimo de execução segmentar foi calculado em 84%, para a melhoria dessa eficiência. Uma grande variação foi observada entre os indivíduos quanto à execução total do salto completo, ocorrendo variação similar na utilização da execução do salto vertical por segmentos.

BOSCO e KOMI (1979) estudaram a composição das fibras dos músculos esqueléticos (músculo vasto lateral) no mecanismo do seu desempenho atlético, sob condições dinâmicas. Trinta e quatro estudantes de Educação Física, com diferentes composições de fibras musculares executaram saltos verticais máximos sobre uma plataforma de força. Duas formas diferentes de saltos foram executadas: posição de semi-agachamento, sem a compensação de contramovimento (Squat Jump) e salto na posição em pé ereto, com uma compensação de contramovimento (Counter movement jump); em ambos os saltos, os sujeitos permaneciam com as mãos na cintura.

A determinação da composição das fibras musculares (fibras rápidas FT, e fibras lentas, ST) foi feita, através de biopsia no músculo vasto lateral. Os parâmetros mecânicos calculados incluíram: altura do centro de gravidade do corpo, a média da força (F), impulso (IN) e a média da potência mecânica (W). Os resultados mostraram diferenças significativas entre as alturas do centro de gravidade do corpo nas duas formas de execução dos saltos (SJ e CMJ), sendo que o CMJ apresentou um nível de altura maior do que o SJ (média da altura 41,6 cm + 6,1 e 35,9 + 4,7; respectivamente), o mesmo aconteceu na fase positiva do CMJ. Quanto à composição das fibras, estas exibiram uma relação positiva com o desempenho, em ambos os saltos ( $r=0,37$ ;  $p<0,05$  para o SJ e  $r=0,48$ ;  $p<0,01$  para o CMJ); portanto, a composição das fibras pode determinar o desempenho de movimentos multiarticulares.

Segundo os autores, esses resultados devem estar relacionados com a habilidade de estocar e reutilizar a energia elástica, bem como com as diferentes características mecânicas das unidades motoras e suas respectivas composições de fibras musculares, durante a fase de desaceleração do CMJ. Concluem os autores que sujeitos, com uma porcentagem maior de fibras musculares do tipo FT, no músculo vasto lateral, podem, em geral, mover certa carga rapidamente, em condições dinâmicas, e que o CMJ é, provavelmente, uma das formas de execução do salto vertical que melhores condições oferecem, para estocar energia elástica e reutilizá-la.

BOSCO e KOMI (1980) estudaram a dependência da idade no comportamento mecânico do músculo extensor da perna usando saltos verticais, com e sem o ciclo de estiramento-encurtamento. Participaram dessa pesquisa o total de 226 sujeitos (113, do sexo feminino e 113 do sexo masculino), com idades entre 4 a 73 anos. Os sujeitos foram divididos em diferentes grupos de idades. Cada sujeito executou diferentes tipos de saltos verticais máximos sobre uma plataforma de força: salto agachado (SJ) – posição de partida com pernas flexionadas, salto com contramovimento (CMJ) – posição de partida em pé com preparação para uma flexão das pernas; salto em profundidade (DJ - drop Jump), com diferentes alturas (20 a 100 cm). Seus resultados indicaram que, em geral, a melhora do desempenho foi de 10% a 20% para os homens, e 12% a 23%, para as mulheres. Essa diferença se mostrou reduzida quando o peso corporal foi levado em consideração, sendo que o maior fator de contribuição para essa diferença foi a grande massa muscular dos homens.

No CMJ, o trabalho positivo, exercido pelos músculos extensores da perna foi potencializado pelo ciclo de estiramento-encurtamento, mostrando que o pré-estiramento pode também influenciar na curva da velocidade da força, e que a melhora do desempenho pode estar relacionada à combinação do uso da energia elástica, para a potencialização do reflexo de estiramento. Também foi verificado que a altura do centro de gravidade, no CMJ, atingiu níveis superiores, quando comparada às alturas atingidas com o SJ, em ambos os sexos e em todas as idades.

BOSCO et al., (1982) estudaram o efeito combinado da energia elástica e potencial mioelétrico durante o ciclo estiramento-encurtamento. O uso da energia elástica do músculo melhora o desempenho nos exercícios que envolvem o ciclo de estiramento-encurtamento, e pode também aumentar, simultaneamente, as atividades mioelétricas. Para confirmarem essas hipóteses, testaram três atletas, durante exercícios de saltos, na plataforma de força. Foram executados saltos verticais, com e sem os preliminares contra-movimentos; saltos contra-movimento (CMJ) e saltos agachados (SJ).

Em ambas as condições, os saltos foram executados também com cargas extras nos ombros (15% a 20% do peso do corpo). Além desses, também foram executados saltos em profundidade (DJ), em diferentes alturas. Durante todos os exercícios, as atividades mioelétricas do músculo quadríceps femoral foram monitoradas com eletrodos de superfície. Os resultados obtidos registram atividades mioelétricas semelhantes, e o pré-estiramento, ocorrido no CMJ, modificou a curva da força-velocidade do trabalho concêntrico.

Nos casos, a melhora do desempenho foi atribuída, primeiramente, à restituição da energia elástica, devido ao fato de a atividade mioelétrica ter sido similar àquela observada no SJ. Em um único sujeito, o aumento da atividade mioelétrica foi observado, durante a fase concêntrica do CMJ. No DJ, as atividades mioelétricas durante a fase excêntrica foram as mais altas do que no SJ. Entretanto, a melhoria do desempenho dessa atividade foi atribuída ao reflexo de potenciação e à energia elástica. No trabalho excêntrico do CMJ, a média da força decresceu com o aumento da velocidade de estiramento. Esse fenômeno foi associado a um intenso aumento da atividade mioelétrica. Os resultados observados enfatizaram que a energia elástica e o reflexo de potenciação podem operar efetivamente, durante a atividade do ciclo de estiramento-encurtamento.

BOSCO et al., (1982) estudaram o armazenamento e resposta da energia elástica em fibras lentas e rápidas dos músculos esqueléticos humanos. Foram investigados 14 sujeitos bem treinados (dez homens e quatro mulheres), durante a execução de saltos verticais com e sem contramovimento, e com pequeno e grande

deslocamento angular do joelho. Também foram determinadas as composição das fibras musculares dos sujeitos obtidas através da biópsia do músculo vasto lateral. Os resultados demonstram que os indivíduos que possuíam mais fibras rápidas tiveram um desempenho melhor, durante a fase de estiramento com pequeno deslocamento angular. Portanto, a reutilização dessa energia elástica foi melhor no grupo de sujeitos com fibras rápidas (24%) comparado com o grupo de sujeitos com fibras lentas (17%). Os resultados podem ser interpretados pelas diferenças no sarcômero entre fibras rápidas e lentas.

BOBBERT et al., (1986) analisaram a biomecânica dos saltos Drop Jump (DJ) e Countermovement Jump (CMJ). Foram realizadas análises da biomecânica do salto em profundidade e descrita as diferenças entre o desempenho dos saltos DJ e CMJ. Foram analisados os momentos de força, força de impulsão e a quantidade de trabalho. O nível da atividade muscular dos membros inferiores (músculo reto femoral, músculo vasto medial, músculo sóleo, porção lateral e medial músculo gastrocnêmio).

Participaram desse trabalho 13 indivíduos do sexo masculino, jogadores de handebol, com idade de  $24 \pm 3$  anos, altura de  $1,82 \pm 0,05$ m, peso  $76 \pm 8$  Kg, os quais executaram salto DJ, com 40 cm de altura, e salto CMJ, sobre uma plataforma de força; eles foram filmados, para posteriores análises biomecânicas dos saltos. Os autores, em seus resultados, demonstraram que a contribuição das articulações do quadril, joelho e tornozelo, no CMJ, foram de 38%, 32% e 30% respectivamente, durante a fase da impulsão. Nas articulações do joelho e tornozelo, os resultados apontaram para uma mesma quantidade de trabalho, no DJ e CMJ, devido à média do momento da força e devido ao fato de a força de impulsão ser maior, no DJ. Os resultados obtidos para a duração da fase de impulsão no DJ, aparentemente, dependem do estilo do salto (maior ou menor amplitude de flexão do joelho).

BOBBERT et al., (1987) estudaram a influência da técnica na biomecânica do salto. Na literatura saltos em profundidade (Drop Jump) são defendidos com um efetivo exercício para atletas que querem se preparar para atividades explosivas. Quando saltos em profundidade são executados, diferentes técnicas podem ser

usadas. Neste estudo, a influência das técnicas de salto na biomecânica do salto é investigada. Dez sujeitos executaram saltos em profundidade de uma altura de 20 centímetros, e salto em contra movimento. Para execução dos saltos em profundidade, duas diferentes técnicas foram adotadas. A primeira técnica, chamado salto drop jump, requerem que os sujeitos revertam a velocidade de descida em velocidade de subida, o mais rápido possível depois do contato com o solo. A segunda técnica refere-se ao countermovement drop jump, que requer que faça um movimento de flexão mais amplo e gradual. Durante o salto os sujeitos foram filmados, a força de reação do solo foi registrada e eletromiogramas foram gravados.

Os resultados da análise biomecânica mostram que os momentos e a potência gerada na articulação do joelho e do tornozelo alcançam maior valor durante o drop jump que no countermovement jump. Baseado nestes achados concluiu-se que saltos tipo drop jump são mais eficientes que o countermovement drop jump para atletas que buscam melhorar a resposta mecânica dos extensores do joelho e flexores plantares. Investigações são, portanto, aconselháveis para controlar as técnicas de salto quando na investigação dos efeitos do treinamento na execução de saltos em profundidade.

FUKASHIRO e KOMI (1987) estudaram o momento articular e fluxo de potência mecânica dos membros inferiores durante salto vertical. O propósito deste estudo foi examinar os momentos articulares no fluxo de potência mecânica dos membros inferiores, durante três tipos de salto verticais. Sujeitos saudáveis do sexo masculino executaram os seguintes saltos: máximo salto vertical partindo da posição agachada (SJ), Máximo salto vertical partindo da posição de pé com um contra movimento preliminar (CMJ), e repetitivos saltos submáximos no lugar com a frequência preferida. Os saltos na plataforma de força foram também filmados.

As análises cinemáticas em cima da plataforma de força foram usadas para obter a reação de força das articulações, momento, potência mecânica e trabalho. Todos os picos de valores dos momentos do CMJ foram maiores que no SJ, mas em ambos os casos eles apareceram na mesma ordem de valores (quadril maior que joelho que foi maior que tornozelo). O trabalho mecânico dos extensores do quadril

foi muito maior que no SJ, embora os trabalhos dos extensores do joelho e dos flexores plantares do tornozelo foram quase o mesmo nestes saltos. Isto sugere que a diferença de desempenho entre SJ e CMJ pode ser resultado da diferença de trabalho dos extensores do quadril mais do que do efeito da energia elástica acumulada. Os saltos consecutivos diferem do SJ e CMJ e são caracterizados por um grande momento e trabalho mecânico nos flexores plantares do tornozelo. O resultado também sugere que a elasticidade muscular pode ter um papel mais importante nos saltos consecutivos que no CMJ.

PEREIRA (1987) desenvolveu através de sua pesquisa um sistema computadorizado para estudo de saltos verticais consecutivos (Dissertação de mestrado). Criou-se uma metodologia científica para medição e estudo biomecânico do salto vertical a partir do tempo de vôo captado; através dessa metodologia desenvolveu um instrumento eletrônico de precisão, denominado Plataforma de Salto (PS-65). Os tempos de vôo, coletados pela plataforma acoplada a um sistema de microcomputador, foram transformados em altura máxima através da fórmula  $H = \frac{1}{8} a t^2$ , onde  $H$  = altura do salto em centímetros,  $a$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s) e  $t$  = tempo de vôo do salto. Esta fórmula foi deduzida, partindo de duas equações do movimento:

1 )  $V^2 = 0$ : onde  $V$  = velocidade final;  $V_0$  = velocidade inicial;  $g$  = aceleração da gravidade e  $d$  = distância percorrida.

2 )  $D = D_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ , onde:  $D$  = distância final;  $D_0$  = distância inicial;  $V_0$  = velocidade inicial;  $t$  = tempo de vôo e  $a$  = aceleração da gravidade.

Foram comparadas as alturas obtidas no teste “Sargent Jump” e na plataforma de Salto (PS-65), um equipamento que consiste em um sistema eletrônico de captação de tempo, conectado a um microcomputador que calcula a distância percorrida pelo indivíduo durante o salto. Nessa etapa, os resultados revelaram que as alturas obtidas no “Sargent Jump Test” foram significativamente maiores do que as obtidas na plataforma. Concluiu-se que o Sargent Jump Test envolve uma estratégia individual de posicionamento dos segmentos do corpo, não

representando a distância real percorrida pelo centro de gravidade do indivíduo, durante o salto vertical, o que causa a diferença acima assinalada.

Após essa etapa, foram feitas medições antropométricas em 92 indivíduos do sexo masculino e calculou-se sua composição corporal. Nessa amostra, foram aplicados dois testes de saltos únicos, o salto CMJ e o estático a 90°, bem como o teste de saltos consecutivos de um minuto sobre a plataforma. Foram analisadas 19 variáveis, sendo a inclinação da curva da altura dos saltos consecutiva considerada a variável dependente, a qual permitiu classificar a amostra em três grupos distintos; grupo A, constituído de indivíduos que mantiveram o desempenho do salto, do início ao fim do teste, apresentando uma queda na altura do salto em torno de 15%; grupo B, com média de 42% de queda na altura do salto e grupo C, formado por indivíduos com quedas, em torno de 51% da altura, do início ao final do teste.

O estudo de PEREIRA (1997) permitiu chegar às seguintes conclusões: Indivíduos que apresentavam desempenho elevado no início do teste de saltos consecutivos mostraram uma queda acentuada das alturas dos saltos, nos 30 segundos finais do teste. Indivíduos que com desempenho similar, no início do teste de saltos consecutivos, apresentaram diferenças significativas na inclinação da curva de altura. Indivíduos com valores elevados de índice elástico apresentaram maior desempenho no salto, com movimento contrário, e nos saltos executados nos 15 segundos iniciais do teste de saltos consecutivos.

BOBBERT e SCHENAU (1990) estudaram a mecânica gerada na articulação do tornozelo e flexão plantar isocinética durante o salto. O propósito deste estudo era comparar em um grupo de dez sujeitos, a mecânica gerada no tornozelo durante uma flexão plantar isocinética, durante salto vertical com uma perna. Para avaliação da mecânica gerada pela flexão plantar o momento de força foi relacionado à velocidade de flexão plantar. A correlação para a flexão plantar isocinética foi obtida usando um dinamômetro isocinético; que para a flexão plantar no salto foi obtido pela combinação da cinemática e das forças de reação do solo. Foi encontrado que, em dada velocidade angular da flexão plantar, por volta de  $1\text{rad.s}^{-1}$ , os sujeitos



produziram um maior momento durante o salto do que durante a flexão plantar isocinética.

Para explicar as diferenças observadas na mecânica gerada pelo tornozelo, um modelo foi usado para simular uma flexão plantar isocinética e flexão plantar durante o salto. O modelo representa ambos os músculos sóleo e gastrocnêmios como um complexo composto de tecidos elásticos em série como fibras musculares. A força das fibras musculares depende do comprimento da fibra, da velocidade de encurtamento ( $V_{\text{fibras}}$ ) e do estado de ativação. As entradas das variáveis no modelo foram dos registros da velocidade de encurtamento do complexo, determinadas a partir da cinemática e estado de ativação. Entre as variáveis geradas estavam  $V_{\text{fibras}}$  e momento de flexão plantar. Os resultados da simulação foram muito similares aos achados nos experimentos.

De acordo com os resultados da simulação existem duas razões por que nas mesmas velocidades angulares de flexão plantar mais momentos foram produzidos durante o salto do que na flexão plantar isocinética. Uma razão é que, na simulação da flexão plantar isocinética em altas velocidades angulares, a duração do movimento é tão curta que o estado de ativação não pode elevar-se ao seu máximo, e conseqüentemente o momento permanece submáximo.

HARMAN et al., (1990) estudaram os efeitos dos braços e do contramovimento no salto vertical. O contramovimento e o balanço dos braços caracterizam a maioria dos saltos. Para determinar os seus efeitos e interações, 18 sujeitos do sexo masculino saltaram buscando a máxima altura a partir de uma plataforma de força em todas as quatro combinações: com balanço de braços, sem balanço de braço e contramovimento, e sem contramovimento. Para todos os saltos, o pico de velocidade vertical foi de  $0,03 \text{ m/s}^2$  antes de cair em 6-7% antes da partida. O pico positivo de potência foi em média em torno de 3,000 W e ocorreu cerca de 0,07s antes da saída, logo depois o pico de força de reação do solo (VGRF) e logo antes o pico de velocidade vertical.

Ambos contramovimentos e balanço dos braços ( $P < 0,05$ ) melhoraram significativamente a altura do salto, mas o efeito do balanço dos braços foi maior, aumentando o pico total do centro de massa (TBCM) elevaram ambos antes e depois da saída. O contramovimento somente afetou a elevação após a saída do chão. O balanço dos braços resultou num pico mais alto VGRF e pico positivo de potência. Durante o contramovimento, o uso dos braços resultou leve redução do peso, lenta e leve extensiva que no TBCM, e leve resposta negativa de potência. O contramovimento aumentou a duração do salto antes da partida cerca de 71-76%, aumentando a média positiva de potência, e rendeu vários impulsos positivos e negativos. Os resultados percebidos nas técnicas de salto são mais apropriados para dar situações esportivas e indicaram que os testes de salto podem ser eficientes para estimar o pico de potência gerado.

HARMAN et al., (1990) realizaram um estudo para verificar os efeitos e interações do balanço dos braços e do contramovimento, na altura do salto vertical. Para isso, participaram da pesquisa 18 atletas do sexo masculino, que executaram quatro combinações de saltos:

- 1 – Com balanço dos braços e contramovimento (AC);
- 2 – Com balanço dos braços e sem contramovimento (ANC);
- 3 – Sem balanço dos braços e contramovimento (NAC);
- 4 – Sem balanço dos braços e sem contramovimento (NANC).

Os sujeitos executaram três séries de cada tipo de salto, totalizando 12 saltos. Todos foram executados numa plataforma de força, que estava conectada a um microcomputador. As variáveis analisadas foram: força vertical de reação do solo (VGRF), impulso vertical de reação do solo (VGRI) e velocidade de deslocamento total do centro da massa corporal (TBCM). Pré e pós-testes foram aplicados para verificar a confiabilidade nas três séries dos vários tipos de saltos. Os resultados mostram excelente confiabilidade no pré e pós-teste, e provaram que os braços

contribuem em média com 10% para a velocidade do TBCM, nas condições de contramovimento e sem contramovimento. O balanço dos braços aumentou a VGREF, o que pode estar relacionado à velocidade-força de contração dos músculos quadríceps e glúteos, segundo os autores.

Assim sendo, HARMAN et al., (1990) concluíram que as várias técnicas de saltos verticais auxiliam os técnicos e atletas na elaboração de programas de treinamentos, nos quais, podem utilizar os tipos de saltos mais efetivos para determinadas situações esportivas, e que o pico de força pode conduzir para o efetivo desenvolvimento do uso da força máxima, nos testes de rendimento.

DAVIES e JONES (1993) fizeram uma análise do desempenho de estudantes homens no salto vertical: Counter Movement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ) e Long Jump (LJ), e as contribuições do balanço dos braços. Foram analisados três tipos de salto: vertical com contra movimento (MCJ), agachado (SJ) e em distância (LJ) para avaliar a contribuição do balanço do braço, na sua execução. Participaram do estudo um grupo de 25 sujeitos jovens, masculinos, estudantes de medicina, com idade entre 18 e 20 anos. Cada sujeito executou três tentativas em cada teste, e a melhor execução foi registrada. Nos três tipos de saltos, na primeira série, foi permitido o movimento dos braços, mas na segunda série, os braços foram cruzados sobre o tórax.

Esses pesquisadores (DAVIES e JONES, 1993) concluíram que os testes podem ser usados como medida de força do músculo da perna e podem ser bem exatos, se a contribuição dos braços, no impulso, for excluída e que esses testes devem ter sua técnica bem minuciosa e padronizada, principalmente o do salto vertical para comparações entre diferentes estudos.

OLIVEIRA et al., (1993) estudaram a influência de uma e duas passadas de aproximação no desempenho do salto vertical, medido através da plataforma de salto. O estudo foi realizado com a finalidade de avaliar o índice do potencial elástico e a porcentagem de utilização dos membros superiores na execução do salto vertical, bem como de identificar a influência do número de passadas de

aproximação (uma e duas passadas), na altura do salto vertical. Participaram da pesquisa 30 alunos do sexo masculino da Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com idade média de  $22 \pm 3$  anos, os quais executaram saltos verticais sobre a Plataforma PS; sem a utilização de membros superiores, com flexão do joelho a  $90^\circ$  graus e precedido de uma e duas passadas.

Os resultados demonstraram que os saltos executados com a utilização dos membros superiores tiveram um desempenho de 15% a mais quando comparados aos executados sem auxílio dos membros superiores; nos saltos precedidos de uma ou duas passadas um aumento significativo da altura foi observado em relação aos demais e, que o salto, precedido de uma passada, acarretou melhora homogênea do grupo que o salto com duas passadas. Os autores concluíram que esse fato pode estar ligado ao nível de habilidade em transferir a velocidade horizontal alcançada nas duas passadas para o aproveitamento do salto, sugerindo que, em programas de iniciação desportiva, seja dispensada a devida atenção ao ensinamento da técnica específica da passada.

AVELA et al., (1994) estudaram os efeitos de diferentes condições de gravidade simulada no controle neuromuscular em exercícios de salto em profundidade (drop jump-DJ). As características neuromusculares do tríceps sural foram investigadas durante vários tipos de cargas musculares nos ciclos de estiramento-encurtamento (SSC). As análises concentraram-se na pré-ativação e na fase de contato do SSC. As cargas musculares foram mudadas inconvenionalmente pelas mudanças artificiais nas condições de gravidade dos saltos em profundidade. Este foi realizado usando um sistema especial de bloco de levantamento onde a gravidade pode ser modificada para controlar o aumento o a diminuição da carga e os efeitos no músculo tríceps sural.

As condições normais de gravidade mostram uma vantagem sobre as outras condições de gravidade para os saltos em profundidade para os parâmetros medidos. A mesma tendência pode ser vista nas características de ativação dos músculos investigados na pré-ativação e nas fases excêntricas. Mais adiante, a pré-

ativação EMG foi relatada para o pico excêntrico de velocidade angular para articulação do tornozelo. O coeficiente de correlação foi 0,37 ( $p<0,05$ ) e 0,48 ( $p<0,01$ ) para os músculos gastrocnêmio e para o sóleo, respectivamente. Todos os resultados enfatizam consideráveis adaptações do sistema neuromuscular às condições de gravidade normal. Entretanto, o controle total do pouso pode também depender das informações vestibulares e visuais, os quais podem modificar até mesmo os programas centrais anteriormente aprendidos.

THOMAS et al., (1996) estudaram a potência de pernas em mulheres jovens; correlação entre composição corporal, força e função. A habilidade de gerar altas forças a altas velocidades (potência) é um componente importante da reserva fisiológica para ambos, desempenho e capacidade funcional. Uma comparação foi feita entre diferentes métodos laboratoriais e testes de campo designados para avaliar potência de pernas.

Dezenove mulheres jovens saudáveis e destreinadas participaram deste estudo. Máxima potência durante a pressão dupla de pernas (KP) ocorreu entre 56-78% de uma repetição máxima (1RM) em média. A organização do ranking de correlação mostrou uma associação entre KP e outra medida de potência de pernas avaliada no extensor de pernas “power rig” (LR) quando expressa em quilogramas de massa magra ( $r=0,565$ ;  $P<0,016$ ). KP foi também relacionado com o 1RM executado na pressão dupla de pernas ( $r^2=0,584$ ;  $P<0,004$ ) e potência máxima gerada durante o teste anaeróbio de Wingate ( $r^2=0,229$ ;  $P<0,015$ ). Entretanto, a potência de pressão dupla de pernas não foi correlacionada com o tempo de corrida das 40 jardas ( $r^2=0,020$ ;  $P<0,573$ ) ou máxima velocidade de marcha ( $r^2=0,136$ ;  $P<0,121$ ). Estes resultados sugerem que a máxima potência durante a dupla pressão de pernas ocorre a altas percentagens da força máxima como anteriormente reportado. A dupla pressão de potência de pernas foi relacionada com o desempenho do salto vertical, validando este teste de campo como uma medida da potência de pernas em mulheres jovens.

HOLCOMB et al., (1996) analisaram a biomecânica do salto vertical e três tipos de saltos pliométricos modificados. Foram realizadas análises biomecânicas do

salto vertical com contramovimento (CMJ) e de três saltos em profundidade (DJ), com algumas modificações em sua execução. Para essa análise, 11 sujeitos do sexo masculino participaram da pesquisa, com altura de  $1,82 \pm 5,6$  cm e peso corporal de  $78,5 \pm 12,7$  Kg. O objetivo foi o de desenvolver e avaliar três saltos em profundidade (DJ) modificados, que pudessem melhor visualizar a contribuição de grupos musculares dos membros inferiores, bem como melhorar a aquisição da força para o salto. A meta foi aumentar a magnitude da força produzida (potência e trabalho realizado) para cada articulação (tornozelo, joelho e quadril).

Os sujeitos participantes executaram o salto vertical com contramovimento (CMJ) e os seguintes saltos, em profundidade: salto em profundidade do tornozelo (ADJ), em que na queda o sujeito deveria permanecer o mais ereto possível e com pequena flexão do joelho; salto em profundidade do joelho (KDJ), em que na queda o joelho executaria flexão maior que  $90^\circ$  graus, mantendo o tronco ereto; salto em profundidade do quadril (HDJ) em que na queda o tronco flexionaria até ficar paralelo ao solo e com pequena flexão do joelho antes de saltar verticalmente para um novo salto. As variáveis foram coletadas durante as fases de queda e de impulso vertical, em todos os saltos. Após as instruções técnicas, os sujeitos executaram os diferentes tipos de saltos, com cinco tentativas em cada um.

Os resultados demonstraram que ao se compararem as variáveis dos saltos em profundidade modificados com os de contramovimento, tanto a potência como o trabalho realizado (momentos das articulações) foram significativamente maiores no DJs do que no CMJ; portanto, os pesquisadores puderam afirmar que os saltos em profundidade modificados são os que melhor contribuem para o aumento da força produzida pelos músculos extensores do tornozelo, joelho e quadril.

CORDOVA e ARMSTRONG (1996) estudou a confiabilidade das forças de reação do solo durante um salto vertical: implicações para avaliação da força funcional. O estudo foi realizado com dois propósitos: o primeiro de determinar a confiabilidade do teste e pós-teste do pico de força vertical de reação do solo e impulso vertical, criado durante o salto, e o segundo de determinar a relação entre pico de força vertical de reação do solo e impulso vertical, produzido durante o salto.

Dezenove estudantes voluntários, sendo 12 homens e 6 mulheres, participaram do estudo. A idade média dos sujeitos era 21,3 anos e 23,2 anos, respectivamente. Eles executaram cinco saltos verticais sobre a perna direita sem movimento dos braços sobre uma plataforma de força em cada encontro (teste e pós-teste). A média dos cinco saltos de cada encontro foi utilizada para análises do pico de força de reação do solo e impulso vertical produzido no salto.

Os resultados demonstraram que o pico de força vertical de reação do solo teve um coeficiente de correlação intraclasse confiável sendo de  $r = 0,94$ , mas que o impulso vertical apresentou um coeficiente de correlação interclasse baixo,  $r = 0,22$ , considerado de baixa confiabilidade. O coeficiente de correlação encontrado entre o pico de força vertical de reação do solo e o impulso vertical não foi significativo. Com seus resultados os autores deduziram que as avaliações do pico de força vertical de reação do solo, durante o salto vertical sobre uma perna são confiáveis, e que isso permite avaliar a força do membro inferior durante um movimento esportivo específico, além disso, concluíram que a dinamometria da plataforma de força permite uma alternativa e uma exatidão no caminho da avaliação de força dos membros inferiores.

SELBIE e CALDWELL (1996) realizaram um estudo simulado do salto vertical partindo de diferentes posturas. Este estudo está endereçado a questão de como a máxima altura no salto vertical depende da postura inicial. Uma aproximação simulada dinâmica, direto no computador foi usada para evitar preferências de sujeito e efeitos práticos. O corpo humano foi modelado como quatro segmentos rígidos conectados por uma articulação ideal, com movimento direcionado para o plano sagital e o torque de ação dirigido para três juntas individuais. A máxima altura no salto foi encontrada para cada das 125 diferentes posturas iniciais. Para cada postura inicial, o padrão ótimo para o torque de atuação da articulação em definidos momentos foi encontrado usando um algoritmo multidimensional “simplex”, buscando pela máxima altura de salto.

O modelo resultante revelou que a máxima altura de salto é relativamente insensível à postura inicial, mas que o padrão de torque na articulação necessário

para realizar esta altura ótima varia consideravelmente. Modelos cinemáticos indicam que a variabilidade em determinados momentos é necessária para permitir ao corpo se reorientar em diferentes caminhos durante o movimento descendente na fase de contramovimento. Esta variável estratégia de reorientação é seguida por uma fase estereotipada de impulso para cima que é similar apesar das diferentes posturas de partida. O modelo do centro de massa, articulações e segmentos cinemáticos mostrou várias maneiras no estudo experimental do salto, apesar do uso exclusivo de articulações individuais no torque de atuação. Entretanto, uma seqüência proximal para distal da coordenação das articulações não foi encontrada, possivelmente por causa da omissão dos antagonistas e músculos bi-articulares. Os resultados sugerem que alturas similares no salto vertical podem ser obtidas usando vários tipos de posturas iniciais.

LESS e BARTON (1996) interpretaram dados do momento relativo de força para avaliar a contribuição dos membros livres na geração de velocidade vertical em atividades esportivas. Foram analisados dados do momento relativo do movimento para avaliar a contribuição dos membros livres (braços e pernas) na geração da velocidade vertical, em atividades esportivas. A contribuição que os membros livres (braços e pernas) trazem à velocidade vertical, durante atividades de saltos, foi determinada pelo uso de uma aproximação do momento relativo. Isso requer o cálculo de cada membro livre, quantificando-o em relação a cada articulação onde o membro é ligado ao corpo, entre o início e o final do movimento. Baseados nos dados coletados dessa experiência, esses autores enriqueceram a literatura com duas interpretações novas sobre esses fatos: primeira – a contribuição de um membro individual para a velocidade vertical é determinada pelo aumento no valor do momento relativo positivo. Segundo – quando considerado um membro individual, o momento relativo negativo pode ser ignorado, pois não traz contribuição direta no movimento para cima.

Os pesquisadores sugerem então uma terceira interpretação: a contribuição do momento relativo para o número de membros juntos é o aumento no valor positivo da soma do momento relativo para todos os membros, entre o início e fim da ação. Em suas análises essa interpretação foi aplicada no salto vertical com



contramovimento e na corrida. No salto vertical com contramovimento, foi verificado que os braços produzem um momento relativo de 30,9 N, o qual correspondeu a 12,7% do momento vertical do corpo. Na corrida, os braços produziram um momento relativo de 3.76 N, o qual correspondeu a 6,4% do total do momento vertical do corpo, embora os braços e pernas combinadas produzam um momento relativo de 2.45 N, correspondendo a 4,2%. Concluíram então que a interpretação proposta possibilita estimativas da contribuição dos braços para execução do salto.

NAGANO et al., (1998), fizeram uma comparação de novas aproximações para estimar a produção mecânica de articulações individuais no salto vertical. Cálculos convencionais da potência das articulações não são efetivos como métodos para avaliar movimentos translacionais do corpo humano. Duas novas aproximações foram desenvolvidas neste estudo para estimar a mecânica translacional gerada por articulações individuais.

Eles foram aplicados para analisar movimentos de saltos verticais em seis sujeitos do sexo masculino. Em ambos os casos, o corpo dos sujeitos foi modelado com um sistema de quatro pontos de massa, e articulações foram consideradas geradoras de movimento.

Em uma aproximação, aumentos do componente de força de reação do solo (GRF) foram divididos dentro da força de impulso de três articulações (tornozelo, joelho e quadril). Este procedimento deu uma estimativa de impulso gerado por perna, com 83-92 N s (95% de confiabilidade) para o squat jump, o qual foi similar à metade do impulso gerado para o centro de massa do corpo calculado a partir da GRF, 82-88 Ns. Em outra aproximação, a soma da potência exercida por cada articulação verticalmente foi estimada pelo cálculo do produto escalar das forças de reação das articulações e relativa ao vetor de velocidade dos segmentos adjacentes. Esta aproximação deu estimativas do trabalho vertical gerado por perna, como 201-226 e 141-181 J para SJ e CMJ respectivamente, os quais não foram diferentes da metade do trabalho gerados pelo centro de massa do corpo, calculados a partir da GRF, 209-227 e 137-175 J, respectivamente. À medida que estas aproximações tornam possível calcular a mecânica translacional gerada especificamente, elas são

úteis e de interesse consistente para análise do movimento translacional do corpo humano.

GALDI (1999) estudou o desempenho da resistência muscular de membros inferiores em praticantes da modalidade esportiva vôleibol, através do salto vertical. O presente estudo analisa através do teste de saltos verticais consecutivos de um minuto (TVSV1mim), a resistência muscular de membros inferiores (RMMI). Os sujeitos desta pesquisa são atletas da categoria infanto-juvenil pertencentes a três equipes do estado de São Paulo, do gênero masculino, treinados na modalidade vôleibol, e que utilizam em grande quantidade, o movimento de salto vertical, em diferentes momentos de seus fundamentos, durante um jogo. Através da plataforma eletrônica, denominada Plataforma de Salto Vertical, PSV-20, foram registrados todos os saltos executados; as informações foram armazenadas em um microcomputador, com um programa especialmente desenvolvido para este estudo. De todo estudo realizado, depreende-se o seguinte:

- 1) as características antropométricas e composição corporal não foram determinantes, no desempenho das alturas atingidas no *TSVC1mim*;
- 2) o maior número de saltos conseguido por determinados atletas, que demonstraram ser menos potentes em relação à altura do salto, pode indicar que estes, em compensação, apresentam maior capacidade de resistência anaeróbia;
- 3) o *TSVC1mim* torna possível analisar o desempenho da *RMMI*, através da correlação de número de saltos e o tempo de resposta de desempenho para outro salto (tempo de reação);
- 4) o *TSVC1mim* indica ainda a presença da fadiga, quando observadas as quedas, referentes às alturas dos saltos;
- 5) a altura atingida, no início do teste demonstra a potência muscular dos membros inferiores e sugere estar ela relacionada com a eficiência de se

ativar o ciclo de estiramento-encurtamento, bem como com a utilização da energia elástica;

6) o *TSVC1mim* possibilita a comparação da *RMMI* entre grupos considerados homogêneos, e praticantes da mesma modalidade esportiva, permitindo indicar o grau de desempenho, através da manutenção da eficiência mecânica de saltar em alturas próximas à máxima;

7) o *TSVC1mim* permite a confecção de tabela de classificação do desempenho, possibilitando estudar as respostas do programa de treinamento, nas diferentes fases. Portanto, a pesquisa pode fornecer subsídios importantes à análise da *RMMI*, podendo auxiliar preparadores físicos e técnicos desportivos na aplicação e organização de seus programas de treinamento.

KUBO et al., (1999), estudaram a influência das propriedades elásticas das estruturas tendinosas na desempenho do salto em humanos. O propósito deste estudo foi quantificar as propriedades elásticas das estruturas tendinosas in vivo e investigar a influência das propriedades do tendão na desempenho do salto com e sem contramovimento.

O alongamento do tendão e aponeurose do músculo vasto lateral foi diretamente medida pela ultra-sonografia enquanto os sujeitos ( $n = 31$ ) executaram uma contração isométrica voluntária máxima (MIVC) dos extensores do joelho na rampa.

A correlação entre força muscular e dl foi provida pela regressão linear sobre 50% MVC, a queda para qual estava definido a rigidez das estruturas tendinosas. Análises estatísticas não revelaram diferença significativa entre a repetição das medidas de rigidez, com uma comparação entre dias tendo um  $r = 0,88$  e um coeficiente de variância de 6,1%. Embora, a rigidez não foi significativamente relacionada com a altura absoluta do salto em qualquer um dos saltos verticais, ela foi inversamente correlacionada. Resultados sugerem que a rigidez das estruturas

tendinosas tem um efeito favorável no ciclo de encurtamento-estiramento, possivelmente devido ao adequado armazenamento e impulso da energia elástica.

SPAGELE et al., (1999) estudaram as várias fases para um ótimo controle para simulação da técnica do salto vertical humano. Uma multi-fase para um ótimo controle da técnica é apresentada para que possa ser usado para resolver problemas de otimização dinâmica envolvendo o sistema músculo esquelético. O modelo biomecânico consiste de um jogo de equações diferenciais da dinâmica do sistema do “Multi-corpo” e da geração de forças dinâmicas dos músculos humanos. Com a otimização da técnica, subintervalos podem ser definidos nos quais as equações diferenciais são continuadas. Nos limites das dimensões da condição e controle dos vetores como também a dimensão do lado de domínio pode mudar. O problema é resolvido por um múltiplo tiro de aproximação o qual converte o problema em um programa não linear. O método é aplicado à simulação de um movimento humano de salto.

LANDESBURG e SIDEMAM (2000) estudaram a correlação força velocidade e bioquímica da conversão de energia mecânica pelo sarcômero. O mecanismo de controle intracelular conduzindo à famosa correlação linear entre energia consumida pelo sarcômero e energia mecânica gerada é analisada aqui, pela cinética do cálcio acumulado com os ciclos das pontes cruzadas. Um elemento chave no controle da conversão da energia bioquímica para mecânica é o efeito da velocidade de deslizamento do filamento no ciclo das pontes cruzadas.

Estudos anteriores têm estabelecido a existência de uma mecanismo de feedback negativo, mecanismo por meio de qual a taxa de retorno de força das pontes cruzadas, a geração de força conformada para o fraco, a não geração de força conformada é uma função linear de velocidade de deslocamentos dos filamentos. Este feedback permite a análise derivada da equação experimental estabelecida por Hill para relação força velocidade. Além disso, nos permite derivar o comprimento momentâneo responsável por carregar os braços de força e a resposta momentânea de força do sarcômero a velocidades reduzidas e constantes. Os resultados estão em acordo com estudos experimentais. O feedback mecânico

regula a potência gerada, mantém a relação linear entre energia liberada pela actomiosina-ATPase e gera energia mecânica e determina a eficiência da conversão de energia bioquímica para mecânica.

O feedback mecânico define três elementos da energia mecânica:

1 – trabalho feito externamente;

2 – pseudopotencial de energia, requerido para o recrutamento de pontes cruzadas;

3 – a dissipação de energia causada pela propriedade viscoelástica das pontes cruzadas. Os dois últimos elementos dissipam como calor.

KUROKAWA et al., (2001) estudaram o comportamento dos fascículos e estruturas tendinosas do gastrocnêmio humano durante saltos verticais. Comportamento dos fascículos e estruturas tendinosas do gastrocnêmio medial (MG) foram determinadas pelo uso de ultra-sonografia in vivo durante o salto. Oito sujeitos do sexo masculino saltaram verticalmente sem contramovimento (squat jump, SQJ). Simultaneamente: cinemática, cinética e eletromiografia dos músculos da perna foram gravadas durante SQJ. Durante a fase um (-350 a -100 ms antes da saída do pé), o comprimento do complexo músculo tendão (MTC) estava quase constante. Fascículos, entretanto, encurtaram cerca de 26%, e estruturas tendinosas estavam alongadas cerca de 6%, acumulando energia elástica de 4,9 J durante a fase um.

Durante a fase dois (-100 ms depois da saída do pé), embora os fascículos gerassem força quase isometricamente, MTC encurtou rapidamente cerca de 5,3%, liberando a energia elástica pré-acumulada com um pico de potência positiva mais alto que os fascículos. Também, a complacência das estruturas tendinosas in vivo foi um pouco mais alta que a do tendão externo usado em estudos simulados. Os resultados demonstram que a complacência das estruturas tendinosas, junto com o não rendimento das fibras musculares, permite que o MTC efetivamente gere uma potência relativamente grande em uma região da articulação de alta velocidade

angular durante a ultima parte do impulso de saída do solo. As várias pesquisas apresentadas mostram as principais tendências das pesquisas com o salto, refletindo a visão geral da comunidade científica em relação ao assunto em pauta, e que nos serviu de base teórica para estruturação do presente estudo.

Dentro os poucos estudos realizados com movimentos exaustivos sob condição de fadiga, RODACKI et al., (2002) demonstraram experimentalmente que as variáveis cinemáticas que descrevem a coordenação (tempos relativos dos segmentos corporais) e a ativação muscular (tempos relativos do recrutamento muscular) de saltos verticais máximos permanecem relativamente inalteradas. A prática parece ter um papel importante na desempenho de movimentos explosivos, permitindo que o sistema neuromuscular se adapte às condições dos contextos reais (ex. esportes), nos quais a fadiga é geralmente inevitável. Assim, o caso o movimento seja executado em condição de fadiga, seu controle pode não ser o mais apropriado (otimizado), visto a incapacidade do sistema neuromuscular em alterar rapidamente o controle estereotipado do movimento (que é específico para a condição de fadiga) (BOBBERT e VAN SOEST, 1994; RODACKI et al., 2002). Desta forma as circunstâncias em que o movimento é praticado (fadiga vs sem fadiga) podem influenciar o controle e o aprendizado do padrão de coordenação, e conseqüentemente sua desempenho.

UGRINOWISTSCH et al., (2007), compararam o padrão de taxa de desenvolvimento (RDF) e a cinemática do desempenho do salto vertical entre atletas e pessoas que participam no intuito recreativo e concluiu que a RDF parece ser importante para o salto de altura máximo, mas não parece determinante para atingir a máxima altura no salto vertical. Por outro lado a força máxima foi um fator discriminante mais efetivo para o desempenho do salto vertical.

### **3. MÉTODOS**

#### **3.1 População**

Acadêmicos voluntários de Educação Física.

##### **3.1.1 Seleção da amostra**

Foi feito um convite verbal e por meio de cartazes para acadêmicos de Educação Física (com idade entre 18 e 25 anos) estudantes da Faculdade Dom Bosco e Universidade Federal do Paraná e atletas com experiência no treinamento de Voleibol. Aos interessados, foi feita uma reunião para explicar os procedimentos e exigências do estudo. Os voluntários foram divididos em dois grupos que treinaram em condições de fadiga (GCF; n=9) e sem condição de fadiga (GSF; n=10) de forma intencional e randomizada. Para tal procedimento os atletas foram extratificados em quartis, em função do desempenho no salto vertical e a partir dos quais sorteados entre os dois grupos do estudo conforme o tempo de treinamento.

Esse procedimento visou evitar a composição de grupos heterogêneos. Durante o período do estudo os sujeitos puderam participar de atividades físicas que não visaram o desenvolvimento específico de força muscular ou que envolva saltos verticais. Antes do início do treinamento os participantes passaram por um exame médico a fim de detectar as condições para a prática da atividade física necessária para o estudo. Os sujeitos analisados não possuíam nenhuma lesão de joelho ou tornozelo nos últimos 12 meses que interfira sobre o desempenho do salto vertical.

Todos os participantes possuíam no mínimo experiência de três anos com o voleibol e praticar a modalidade entre duas e três vezes por semana. Foram excluídos do estudo os participantes que apresentaram contra-indicações absolutas ou relativas para as quais o protocolo de treinamento proposto não foi recomendável, como por exemplo, sem histórico de fraturas, cirurgias articulares, lombalgias ou qualquer outro tipo de problema ortopédico e ou clínico que possa interferir no padrão do salto vertical.

Antes do início do experimento, todos os participantes que foram submetidos às sessões de treinamento assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I). Os procedimentos experimentais deste estudo foram aprovados pelo conselho de ética de pesquisa da Faculdade Dom Bosco protocolo nº. Caae-0021.0.301.000-08 (Anexo II).

### 3.2 Procedimentos

O estudo visou determinar as alterações decorrentes de um programa de treinamento sob fadiga sobre o controle e a desempenho da capacidade de salto vertical. Além disso, o estudo visou comparar os efeitos do treinamento com fadiga (GCF) em relação a um treinamento sem fadiga (GSF).

Os grupos foram submetidos a 08 semanas de treinamento com duas sessões semanais de 2 (duas) horas de treinamento específicas para o desenvolvimento de desempenho no salto vertical específico no Voleibol. As rotinas de treinamento e o detalhamento das atividades desenvolvidas no programa encontram-se descritas no Apêndice 1. Os grupos não tiveram conhecimento sobre os procedimentos metodológicos tomados para o outro grupo. As sessões de análise foram idênticas, sendo que a primeira sessão (Pré) precedeu 24 h o início do treinamento enquanto a segunda sessão (Pós) foi realizada 48h após a última sessão do treinamento. Após seleção os sujeitos fizeram uma sessão de análise (pré), a qual foram repetidas (pós), o tratamento do programa de treinamento.

O estudo de PEREIRA et.al., (2001), identificou que intervalos inferiores a 7s induzem à fadiga quando comparados a intervalos superiores para o mesmo número de saltos. Portanto, o número de saltos foi idêntico para ambos os grupos, que tiveram intervalos distintos (GCF = 7s, GSF 14 a 21s). Para determinar o número de saltos verticais, o GCF foi o primeiro a realizar o treinamento. Inicialmente foram adotadas 3 séries de 15 repetições com intervalos de 7s até que se observou uma redução de 15% na desempenho do salto vertical. O número de saltos foi gradativamente aumentado (4 séries de 12 repetições na segunda semana de treinamento e 4 séries de 15 repetições na 3ª e 4ª semana de treinamento) a fim de



aumentar a carga de treinamento e minimizar os ganhos no desempenho do salto vertical decorrentes do treinamento. Dessa forma, a carga de treinamento buscou ajustar tais ganhos e manter o treinamento sob condição de fadiga.

O monitoramento do desempenho do S.V. foi realizado no início e final de cada semana de treinamento por meio do controle do tempo de vôo. As ações foram realizadas em condição próximas daquelas do treino/jogo, onde os participantes realizaram ações de ataques do Voleibol. Foi criado um protocolo que através de séries e números de saltos foram controlados a fadiga (Apêndice 1). Os sujeitos foram fortemente incentivados a realizar saltos máximos ao longo de todo treinamento. O GSF efetuou o mesmo protocolo de treinamento com o mesmo número de saltos verticais, porém com intervalos de intensidade maiores 14s a 21s. Para esta análise do salto vertical nas sessões de treinamento foi usado o aparelho Opto Jump que foi analisado através de um teste piloto comparativamente com cálculos amostrais realizados juntamente com a plataforma de força, cujo princípio de funcionamento está especificado no item 3.3.3.

Nas sessões Pré e Pós, testes foram realizados para determinar o desempenho (altura do salto vertical) e a desempenho (coordenação) dos atletas. Além disso, testes de contração isométrica voluntária máxima (MIVC) e a taxa de desenvolvimento de torque (TDT) foram aplicados para indicar alterações nas características contráteis funcionais em decorrência do treinamento. Os efeitos do programa de treinamento de força foram determinados pela diferença entre os valores obtidos no testes de força isométrica máxima (célula de força) nos grupos (GCF e GSF), antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento. O salto vertical foi avaliado antes (PRÉ) e após (PÓS) a avaliação da força muscular.

### 3.3 Análise

Nas sessões de avaliação (PRÉ e PÓS) tratamentos nos grupos GCF e GSF, foram utilizados os seguintes instrumentos de análise:

### 3.3.1 Cinemática.

A análise cinemática teve por objetivo a determinação das características espaciais e temporais do salto vertical, antes e após o efeito de um programa de treinamento fatigante sobre o controle e a desempenho da capacidade do salto vertical.

#### 3.3.3.1 Área de coleta dos dados

A área de coleta dos dados foi constituída em um espaço plano de 9,0m x 7,0m. No centro da área de coleta foi posicionado um tapete emborrachado de 6,0m x 1,2 m, sobre o qual as participantes saltaram. Dentro da área de coleta de dados, foram posicionadas seis câmeras de captura óptica por meio de raios infravermelhos (MX-13, Vicon), amostrando em uma frequência de 200 Hz, posicionadas de modo que pelo menos duas câmeras capturem cada marcador, para que fosse possível a captura de todos os pontos para reproduzir o salto em três dimensões (3D) para posterior análise. A sincronização das imagens coletadas foi realizada automaticamente pelo equipamento (MX Control, Vicon). Os erros de medida nesse tipo de análise terão sido descritos como mínimos ( $< 0.1$  mm). A Figura 2 apresenta esquematicamente a organização da área de coleta de dados.



FIGURA 2 – Área de coleta de dados.

Os participantes foram vestidos com roupas aderentes ao corpo para melhor visualização dos marcadores. Os participantes foram demarcados sobre localização e determinação dos pontos anatômicos (Figura 2) e submetidos a um período de adaptação onde realizaram saltos verticais sobre carpete emborrachado para familiarização, evitando assim, alterações no salto decorrentes da presença dos marcadores e vestimentas durante a coleta dos dados.

### 3.3.3.2 Localização e determinação dos pontos anatômicos

Para reconstruir um modelo em escala reduzida e realizar a análise das variáveis do estudo, um conjunto de marcadores reflexivos (diâmetro 1cm) foi previamente fixado à pele e vestimenta, bilateralmente, dos participantes sobre os seguintes pontos anatômicos: cabeça da articulação metatarso-falangeal do pé (1), maléolo lateral da tibia (2), calcâneo (3), epicôndilo lateral do fêmur (4), trocanter (5) espinhas ilíacas ântero-superiores (6), falange medial do dedo médio (7), processo estilóide da ulna (8), epicôndilo lateral do úmero (9), acrômio (10) e ponto para identificação do lado direito. Estes conjuntos de marcadores foram utilizados para

definir os seguintes segmentos corporais: pé (1,2 e 3), perna ( 2 e 4), coxa ( 4 e 5), pelve (5 e 6), mão ( 7 e 8 ), antebraço ( 8 e 9 ), braço ( 8 e 9 ). O ponto 11 foi utilizado para determinar o plano do segmento da coxa e da perna respectivamente. A figura 3 ilustra a localização dos marcadores.

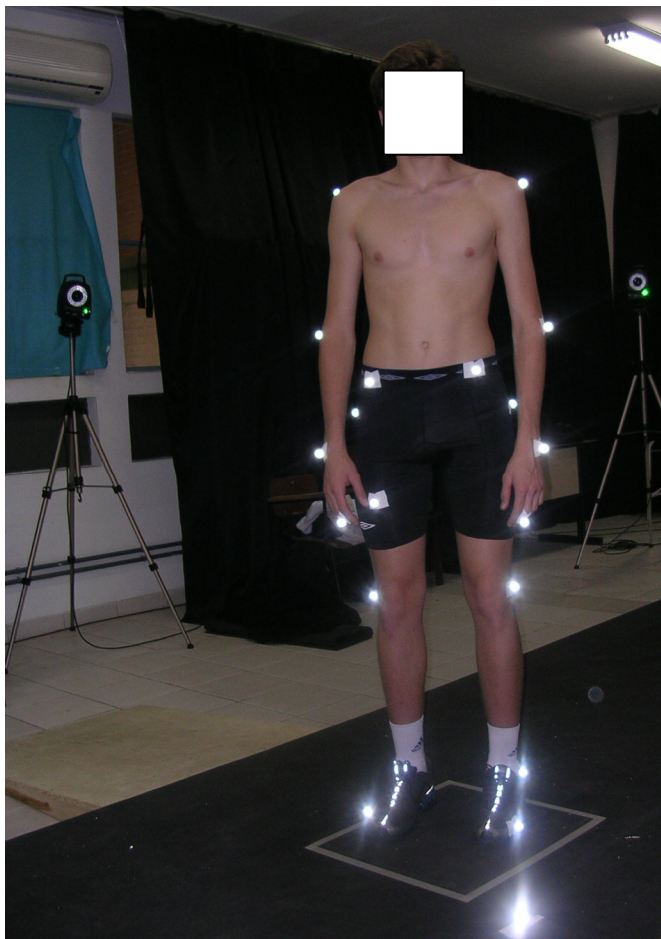


FIGURA 3 – Modelo biomecânico utilizado na análise do salto vertical.

A = pontos anatômicos. Todos os pontos foram demarcados no lado direito e esquerdo do corpo do sujeito. EIAS – Espinha Ilíaca Antero Superior, TROC – Trocânter Maior do Fêmur, JOEL – Joelho, TORN – Maléolo Lateral da Tíbia, METATARSO – Articulação Metatarso-Falangeal do 5º Dedo, CALCANHAR – Tuberosidade do calcâneo. MODELO MODIFICADO HELEN HAYES (KABADO et.al;1990).

### 3.3.2 Plataforma de força.

A desempenho do salto vertical nos testes de pré e pós tratamento foram determinadas com o auxílio de uma plataforma de força (AMTI, ORG6) que adquiriu o componente vertical ( $F_z$ ) de cada um dos saltos. (Anexo III)

### 3.3.3 Opto Jump.

Para esta análise da fadiga no salto vertical foi usado o aparelho Opto Jump, (Anexo IV) que foi analisado através de um teste piloto comparativamente com cálculos amostrais realizados juntamente com a plataforma de força, onde os valores se aproximaram de 2.0% nas diferenças entre os dois instrumentos. O princípio de funcionamento foi desenvolvido com base no princípio de incidência e corte de uma fonte luminosa sobre um foto-sensor. Os foto-sensores são conectados a uma central eletrônica microcontrolada, a qual é responsável pela leitura dos “status” dos sensores, (se estão iluminados ou em corte) e pela contagem do tempo em que os mesmos permanecem nos respectivos “status”.

No descritivo do funcionamento a proposta inicial foi o desenvolvimento de uma barra horizontal em alumínio a ser colocada no solo, contendo 32 fotosensores, a uma distância aproximada de 40 mm entre os sensores e que os mesmos não ficassem a uma altura superior a 10 mm do solo. Como fonte emissora de luz será utilizado um emissor laser com potência de 10mW e comprimento de onda de 635nm, dotado de uma lente óptica especial “geradora de linha”, o que permite gerar uma linha horizontal contínua, a ser incidida em todos os fotosensores simultaneamente.

O ciclo de varredura dos sensores para verificação de corte ou incidência ocorre a uma frequência de 10 kHz, sendo que a cada varredura é verificado um grupo de 8 sensores. Será utilizado um foto-sensor com alta velocidade de resposta de corte, para aumentar ainda mais a precisão e eficácia do sistema.

Partindo do repouso, quando for detectado o corte do feixe em um ou mais sensores, o sistema entra no modo de espera. Quando isto ocorre, um contador interno é iniciado e a contagem segue até que um ou mais sensores sejam cortados novamente. O contador em questão possui precisão de 0,01s ou seja, a cada 10 ms ocorre um incremento dos registradores internos, responsáveis pela contagem.

Após o término das contagens, os tempos respectivos são enviados via porta serial para um PC, onde um software interno gerenciador é responsável pelo cálculo da altura dos saltos, já efetuando a correção com relação à altura dos sensores do solo. Para o cálculo da altura foi utilizada a seguinte fórmula:

$$h = g \cdot t^2 / 8$$

Onde:         $h$  = altura do salto;  
                   $g$  = aceleração da gravidade (9,81m/s<sup>2</sup>);  
                   $t$  = tempo de voo determinado pelos sensores laser.

### 3.3.4 Célula de carga.

A Contração isométrica voluntária máxima (MIVC) e a taxa de desenvolvimento de torque (TDT) dos grupos musculares flexores e extensores do tornozelo, joelho e quadril, foram obtidas por meio de uma célula de carga (Kratos, Modelo CZC500), fixa em uma estrutura ajustável. A força mensurada na célula foi amplificada (Kratos, modelo IK-1C) e transmitida para um computador após ser digitalizada por um conversor A/D (National Instruments, modelo NI USB 6218). O valor de MIVC foi definido como sendo o pico de força máximo, o qual foi determinado visualmente no amplificador e registrado em arquivo no software do programa.

A taxa de desenvolvimento de força foi determinada pelo coeficiente de inclinação da reta que descreve a relação de desenvolvimento de força em função do tempo. Para o processamento dos dados da taxa de desenvolvimento de torque

foram desprezados 20% dos valores iniciais e finais da curva de torque em função do tempo. Dessa forma, a análise foi baseada em 60% da parte central da curva.

Os testes de MIVC foram desenvolvidos a partir de um posicionamento padronizado das participantes, o qual foi seguido por todos os avaliados em todos os instantes do estudo. Durante os testes de força da célula de carga o posicionamento foi mantido em 90° em relação ao eixo do segmento avaliado. As deformações dos tecidos musculares foram negligenciadas assim como pequenas variações decorrentes da deformação dos cabos e correias usadas para fixar o sistema de medição. A distância do ponto de fixação da célula ao centro articular foi determinado por meio de uma fita métrica e multiplicada pela força para o cálculo do torque muscular (N.m). A seguir uma descrição dos protocolos adotados. A padronização dos testes é descrita a seguir.

#### 3.3.4.1 Articulação do quadril:

Extensão: participante permaneceu sobre uma maca (para evitar desequilíbrios/quedas). Uma faixa de velcro foi colocada na coxa do participante de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido oposto ao movimento. O participante realizou uma extensão máxima de quadril, com o joelho em completa extensão e tornozelo neutro.

Flexão: O participante permaneceu na posição deitada, sobre uma maca. Uma faixa de velcro foi colocada na coxa do participante de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido contrário ao movimento. O participante realizou uma flexão máxima de quadril, com o joelho em completa extensão e tornozelo neutro. A figura 04 demonstra o teste de extensão de quadril.





FIGURA 04 – Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos músculos extensores de quadril.

#### 3.3.4.2 Articulação do joelho

Flexão: O participante permanecerá na posição em decúbito ventral. Uma faixa de velcro será colocada próximo ao tornozelo, de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido contrário ao movimento. O participante realizará uma flexão máxima de joelho, mantendo o quadril e o tornozelo em posição neutra.

Extensão: O participante permaneceu deitado em uma maca com 90° de flexão de joelho. Uma faixa de velcro foi colocada próximo ao tornozelo do participante de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido contrário ao movimento. O participante realizou uma extensão máxima de joelho, mantendo o quadril e tornozelo neutro. .A figura 05 demonstra o teste.





FIGURA 05 – Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos extensores do joelho.

#### 3.3.4.3 Articulação do tornozelo

Plantiflexão: o participante permaneceu em decúbito dorsal. O membro a ser testado sobre apoio da maca, joelhos estendidos e os calcanhares apoiados. Uma faixa de velcro foi colocado no ante-pé avaliado, de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido contrário ao movimento. O participante realizou uma flexão plantar máxima.

Dorsi-flexão: o participante permaneceu em decúbito dorsal. Uma faixa de velcro foi colocado no ante-pé avaliado, de modo que a célula de carga fique posicionada no sentido contrário ao movimento. O participante realizou uma flexão dorsal máxima do tornozelo. A figura 06 demonstra o teste de plantiflexão da articulação do tornozelo.

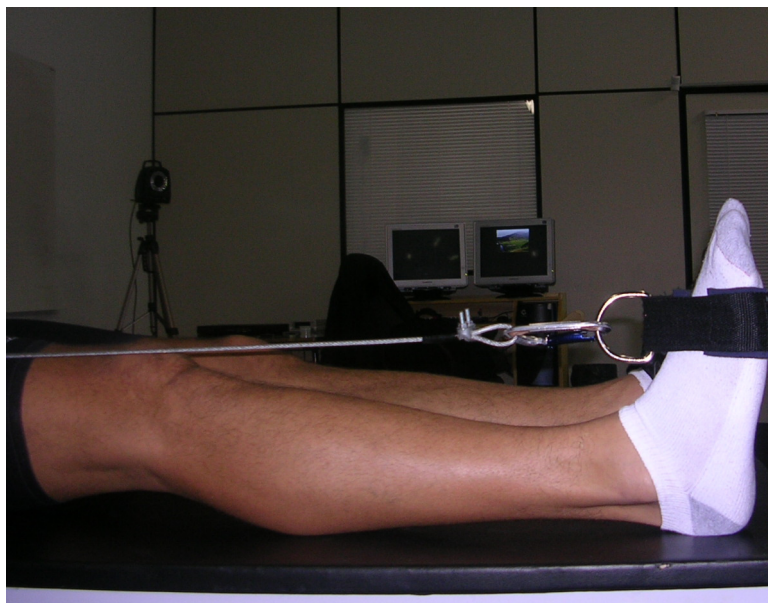


FIGURA 06 – Teste de força e taxa de desenvolvimento de torque dos músculos plantiflexores do tornozelo.

Um intervalo de 2 minutos para cada movimento foi realizado com o objetivo de evitar erros de testagem pela fadiga da musculatura. Em caso de erro ou falha no teste o mesmo intervalo de tempo foi considerado para um novo teste. Para valores fidedignos, o dinamômetro deverá estar em um ângulo reto ou absoluto entre a barra de ferro da parede e com o movimento.

### 3.4 Coleta de dados

Foram filmados cinco (5) saltos verticais de cada participante, em cada uma das condições (PRÉ e PÓS) num total de 10 saltos por participante. Foram selecionados os três primeiros saltos válidos dentro da área e identificação como máxima pelos sujeitos e com queda sobre a plataforma. Para digitalização no software de análise cinemática. Os valores foram normalizados (0 a 101%) e para serem agrupados em uma tentativa representativa.

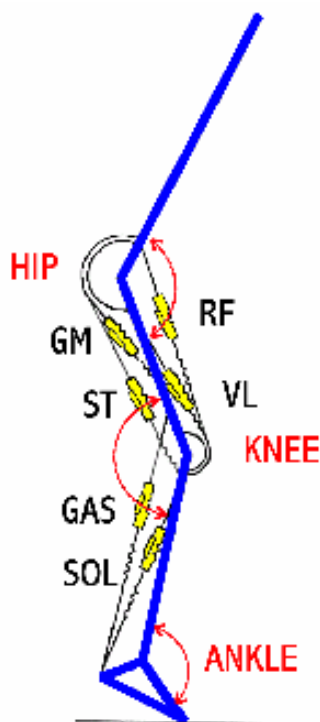


FIGURA 07 – Ângulos dos segmentos avaliados na cinemática (VICON).

Os movimentos foram registrados automaticamente em um computador, onde as imagens foram processadas a partir de um software específico para análise tridimensional do movimento (VICON MOTUS, 9.0®). Desta forma as coordenadas dos vinte e seis pontos anatômicos foram obtidas. As coordenadas dos pontos anatômicos foram filtradas através de um filtro com funções do tipo Spline.

Depois de filtrados os dados foram normalizados em função do tempo e expressos em termos percentuais do ciclo do salto vertical, ou seja, cada salto foi expresso de modo que todos os movimentos continham 101 pontos. Deste modo, o início do movimento foi considerado como instante 0% (início da flexão do joelho) e o fim do ciclo com 100% (saída do pé do solo). O efeito deste tipo de procedimento tem sido considerado como mínimo, pois apenas o tempo de duração do movimento foram manipulados. Depois de normalizados, a média agrupada das três tentativas foi calculada e utilizada para representar a desempenho de cada sujeito.

### 3.5 Variáveis do estudo

#### 3.5.1 Variáveis dependentes

As variáveis do estudo foram determinadas, antes (PRE) e após (POS) o período de treinamento de força. A força muscular foi analisada em relação ao pico máximo de força e em relação à taxa de desenvolvimento de força. O pico de força muscular foi definido como a contração isométrica voluntária máxima. A taxa de desenvolvimento de força foi determinada pelo coeficiente de inclinação da relação de desenvolvimento de força em função do tempo. Para pico de força muscular assim como para a taxa de desenvolvimento de força foram realizadas três medidas, foi utilizada a maior medida dessas repetições. As variáveis cinemáticas foram divididas em variáveis espaciais lineares e angulares do movimento, sendo analisado o deslocamento angular e velocidade angular do quadril, joelho e tornozelo. Nas variáveis temporais foram analisados os valores das fases excêntricas e concêntricas do salto vertical, como também o início da velocidade de deslocamento angular.

### 3.6 Análise dos dados

Inicialmente os dados foram tratados através da estatística descritiva padrão (média e desvio padrão). Todas as variáveis foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para confirmar a normalidade dos dados, e teste de Levene para confirmar a homogeneidade dos grupos.

Para fins de análise, três saltos verticais de cada participante nas condições pré e pós treinamento foram calculadas através de médias agrupadas. Para comparar o efeito do treinamento de força muscular de membros inferiores sobre um número de variáveis do salto antes e após o treinamento e sobre os grupos experimentais (experimental e controle), foi aplicada a análise de multivariância (MANOVA) com medidas repetidas (PRE e POS). Em seguida foi aplicado o teste de SCHEFFÉ para verificar em quais condições experimentais ocorrerão às diferenças.

Os testes estatísticos foram aplicados através do software STATISTICA® (STATSOFT Inc., versão 7.0) tendo o nível de significância aceito em  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

O estudo partiu da premissa que o treinamento com e sem fadiga causará alterações no desempenho do salto vertical, as quais são determinadas por mudanças nas características contráteis funcionais e/ou na coordenação do movimento. Dessa forma, o presente capítulo apresenta os resultados em três sessões que abordam o desempenho do salto vertical, o desempenho nos testes de determinação das propriedades contráteis musculares (força máxima e taxa de desenvolvimento de torque) e as variáveis que se destinam a descrever os aspectos de coordenação movimento (variáveis cinemáticas espaciais e temporais).

Inicialmente, se faz necessário reportar que todos os participantes completaram com êxito todos os procedimentos de avaliação e treinamento propostos para o estudo e não reportaram qualquer tipo de desconforto ou lesão durante o período de treinamento. Dessa forma, os procedimentos adotados podem ser considerados como adequados para a finalidade do estudo.

### 4.1 Desempenho

O desempenho do salto vertical foi analisado a partir de duas variáveis. A altura do salto e o impulso vertical foram calculados para expressar as diferenças decorrentes dos diferentes procedimentos experimentais (fadiga vs sem fadiga) e serão apresentados a seguir.

#### 4.1.1 Altura do salto vertical

O GSF demonstrou uma melhoria média de  $3.1 \pm 2.7$  cm na altura do salto vertical ( $p < 0.05$ ) que representa um ganho de 7,5% em relação à condição inicial do grupo. Por outro lado, o GCF não apresentou modificações significativas seu desempenho do salto relativamente inalterado ( $0.4 \pm 1.5$  cm;  $p > 0.05$ ), e que correspondeu a uma variação de aproximadamente 1,0% entre o pré e pós-teste. A Figura 1 apresenta os resultados dos grupos GSF e GCF. O GSF demonstrou um maior ganho na elevação do centro de massa quando comparado ao GCF ( $p < 0.05$ ).

Não foram encontradas diferenças significativas ( $p>0.05$ ) entre os grupos quando as condições iniciais (pré-teste) foram comparadas.

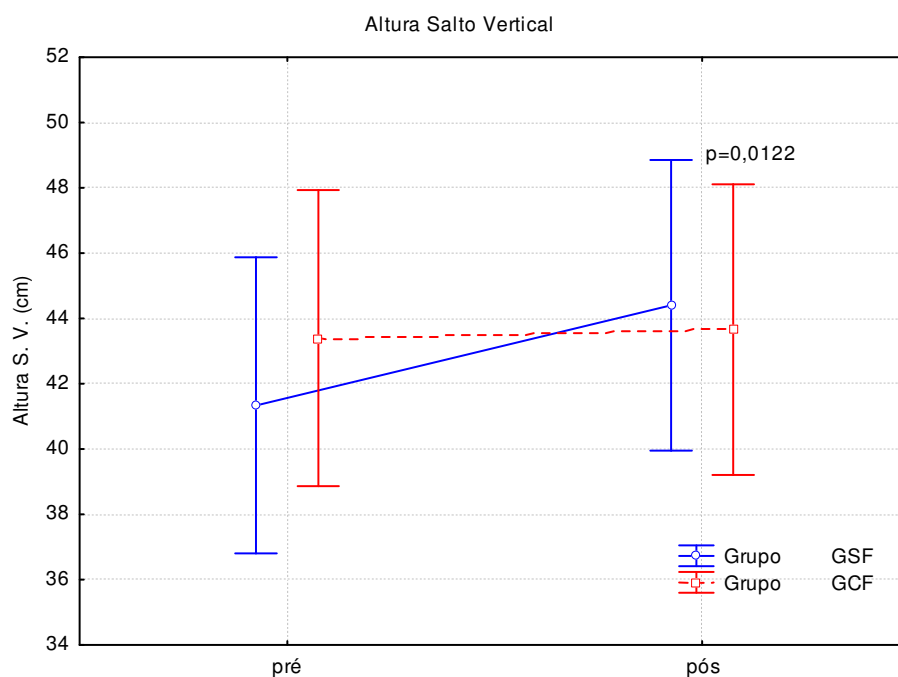


FIGURA 8 – Elevação média do centro de massa entre os grupos submetidos a treinamento com (GCF) e sem (GSF) fadiga antes (PRE) e após (POS) o treinamento.

#### 4.1.2 Impulso

A análise das forças de reação do solo indicou similaridade para o impulso vertical entre os grupos em sua condição inicial ( $p>0.05$ ). O GCF não apresentou diferenças ( $p>0.05$ ) em resposta ao treinamento. Por outro lado, o GSF apresentou um aumento significativo no pós-teste em comparação ao pré-teste ( $p<0.05$ ).

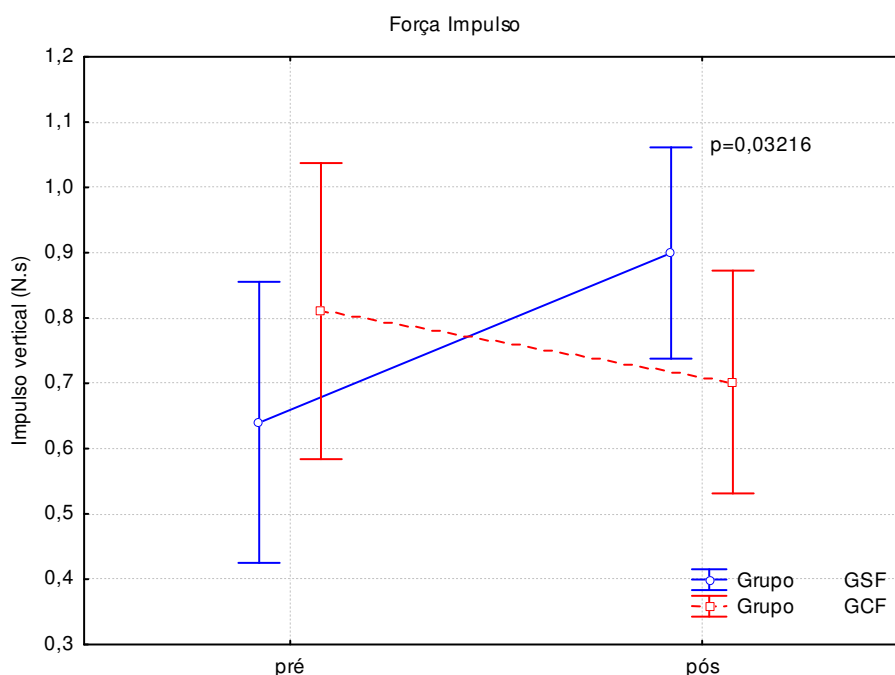


FIGURA 9. Impulso vertical entre os grupos submetidos a treinamento com (GCF) e sem (GSF) fadiga antes (PRE) e após (POS) o treinamento.

#### 4.2 Características contráteis

O grupo GCF não apresentou modificações ( $p > 0.05$ ) após o treinamento em nenhuma das variáveis selecionadas para determinar os ganhos nas propriedades contráteis musculares, exceto na articulação do joelho que apresentou um aumento de 11% ( $p < 0.05$ ) após o treinamento. Por outro lado, o GSF apresentou aumentos ( $p < 0.05$ ) em todas as variáveis selecionadas, exceto o pico de torque flexor da articulação do joelho ( $p > 0.05$ ). Os resultados encontrados no presente estudo referentes ao pico e a taxa de desenvolvimento de torque encontram-se nas tabelas 1 e 2, respectivamente.



TABELA 1 – Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de pico do torque, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento.

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	% GSF	% GCF	P GSF	P GCF
	136.48	189.57	209.39	216.91				
EXT QUADRIL (N.m)	$\pm 50.47$	$\pm 105.58$	$\pm 61.09$	$\pm 110.52$	53%	14%	0.002	0.2302
	110.02	119.39	140.09	120.87				
FLEX QUADRIL (N.m)	$\pm 21.21$	$\pm 44.56$	$\pm 33.23$	$\pm 41.04$	27%	1%	0.0027	0.441
	75.13	78.63	87.08	87.39				
EXT JOELHO (N.m)	$\pm 16.74$	$\pm 18.99$	$\pm 29.29$	$\pm 34.66$	16%	11%	0.0036	0.0089
	43.00	44.23	46.08	49.36				
FLEX JOELHO (N.m)	$\pm 12.36$	$\pm 15.28$	$\pm 12.81$	$\pm 15.82$	7%	12%	0.1495	0.067
	28.25	41.89	36.93	43.83				
EXT TORNOZELO (N.m)	$\pm 16.19$	$\pm 21.83$	$\pm 11.30$	$\pm 20.55$	31%	5%	0.014	0.263
	19.31	29.69	30.09	28.27				
FLEX TORNOZELO (N.m)	$\pm 11.52$	$\pm 18.64$	$\pm 6.9$	$\pm 11.72$	56%	-5%	0.0002	0.3449

Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

TABELA 2 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) da taxa de desenvolvimento de torque, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	%GSF	%GCF	P GSF	P GCF
	1.75	2.6	2.82	2.89				
EXT QUADRIL (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.88$	$\pm 1.57$	$\pm 1.04$	$\pm 1.39$	61%	11%	0.0049	0.317
	1.42	1.44	1.73	1.70				
FLEX QUADRIL (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.35$	$\pm 0.51$	$\pm 0.43$	$\pm 0.66$	22%	18%	0.014	0.077
	0.76	0.91	0.88	1.05				
EXT JOELHO (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.31$	$\pm 0.25$	$\pm 0.33$	$\pm 0.39$	16%	15%	0.013	0.073
	0.37	0.48	0.36	0.49				
FLEX JOELHO (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.10$	$\pm 0.19$	$\pm 0.13$	$\pm 0.19$	-3%	2%	0.0425	0.48
	0.24	0.46	0.4	0.47				
EXT TORNOZELO (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.14$	$\pm 0.46$	$\pm 0.13$	$\pm 0.47$	67%	2%	0.0025	0.361
	0.15	0.26	0.24	0.27				
FLEX TORNOZELO (N.m.s <sup>-1</sup> )	$\pm 0.09$	$\pm 0.11$	$\pm 0.09$	$\pm 0.13$	60%	4%	0.0042	0.4512

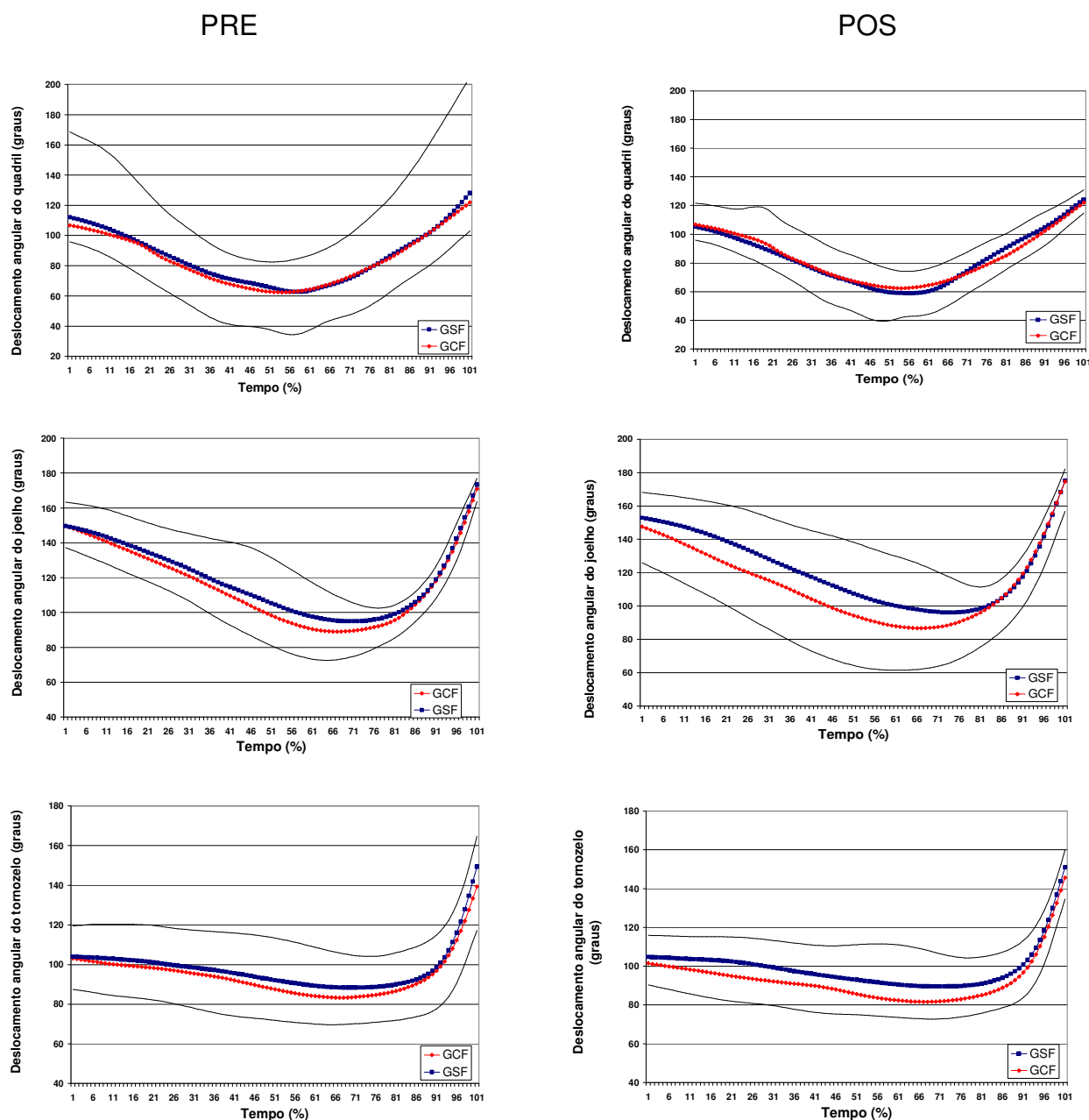
Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

### 4.3 Variações coordenativas

As variáveis coordenativas foram selecionadas a fim de demonstrar os deslocamentos e velocidades angulares de pico (variáveis espaciais) e os respectivos instantes em que esses eventos ocorreram (variáveis temporais), as quais serão apresentadas a seguir.

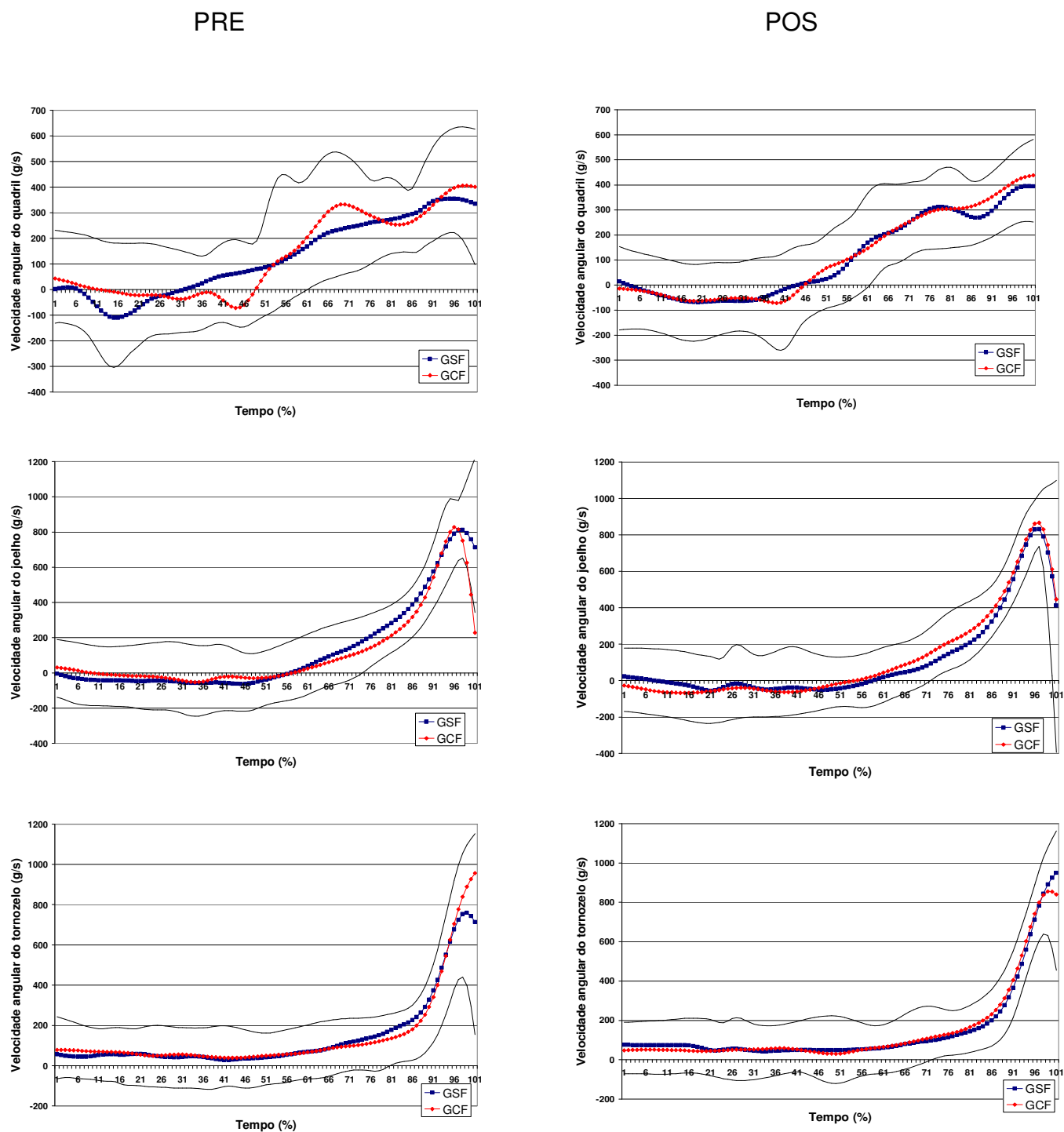
#### 4.3.1 Variáveis espaciais

As características espaciais do salto vertical foram equivalentes entre os grupos GCF e GSF antes do treinamento ( $p>0.05$ ) e permaneceram sem alterações em função dos treinamentos aplicados, independente de sua característica ( $p>0,05$ ; GCF e GSF). Os deslocamentos e as velocidades angulares estão representados nas figuras 3 e 4, respectivamente.



Nota: As linhas finas representam os desvios padrão das variáveis. Para facilitar a leitura, um desvio acima foi plotado para um grupo enquanto um desvio abaixo foi plotado para outro.

FIGURA 10 - Valores médios que demonstram deslocamento angulares do PRÉ (painel da esquerda) x PÓS (painel da direita) treinamento, nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.



Nota: As linhas finas representam os desvios padrão das variáveis. Para facilitar a leitura, um desvio acima foi plotado para um grupo enquanto um desvio abaixo foi plotado para outro.

FIGURA 11 - Valores médios que demonstram velocidades angulares do PRÉ x PÓS treinamento, nas articulações do quadril, joelho e tornozelo.

Os valores médios do deslocamento e da velocidade angular encontram-se na tabela 3.

TABELA 3 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do pico de velocidade, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	% GSF	% GCF	P GSF	P GCF
	550	523	553	524				
QUADRIL	$\pm 11.57$	$\pm 9.57$	$\pm 9.49$	$\pm 5.41$	0%	0%	0.44	0.48
	682	687	671	661				
JOELHO	$\pm 9.75$	$\pm 7.24$	$\pm 8.56$	$\pm 4.98$	-0.02%	-0.01%	0.22	0.18
	361	382	356	399				
TORNOZELO	$\pm 6.89$	$\pm 9.47$	$\pm 7.02$	$\pm 7.18$	0.3%	-0.06%	0.23	0.11

Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

TABELA 4 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do máximo deslocamento angular, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical.

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	% GSF	% GCF	P GSF	P GCF
	43.58	41.04	44.68	43.07				
QUADRIL	$\pm 10.62$	$\pm 8.89$	$\pm 13.93$	$\pm 7.76$	0.2%	0.4%	0.259	0.087
	93.91	89.85	90.64	93.57				
JOELHO	$\pm 8.42$	$\pm 7.25$	$\pm 10.23$	$\pm 2.88$	0.3%	0.4%	0.256	0.11
	95.58	76.18	95.43	77.97				
TORNOZELO	$\pm 10.55$	$\pm 6.94$	$\pm 11.70$	$\pm 7.71$	0.1%	0.2%	0.479	0.172

Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

#### 4.3.2 Variáveis temporais

As características temporais do salto vertical antes do treinamento de salto foram equivalentes ( $p > 0,05$ ) aos dois grupos de estudo (GSF e GCF).

Os valores encontrados nas variáveis temporais e espaciais lineares após o período de treinamento de salto vertical não apresentaram alterações. Tais resultados sugerem que o treinamento não alterou o padrão coordenativo do movimento do GSF e GCF, como demonstram os gráficos a seguir.

TABELA 5 – Valores médios da duração do movimento e das fases excêntrica e concêntrica do salto vertical.

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	% GSF	% GCF	P GSF	P GCF
TEMPO TOTAL	874	917	1057	1042				
	$\pm 195$	$\pm 228$	$\pm 134$	$\pm 124$	19%	13%	0.005	0.277
TEMPO EXCENTRICO	566	564	615	615				
	$\pm 15.1$	$\pm 38.9$	$\pm 11.5$	$\pm 34.6$	8%	9%	0.001	0.001
TEMPO CONCENTRICO	254	254	192	203				
	$\pm 50.5$	$\pm 61.8$	$\pm 69.5$	$\pm 58.8$	-24%	-20%	0.006	0.353

Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

TABELA 6 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do instante do início da velocidade de deslocamento angular antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de salto vertical com (GCF) e sem fadiga (GSF).

	PRÉ		PÓS		$\Delta$ %		$\Delta$ %	
	GSF	GCF	GSF	GCF	% GSF	% GCF	P GSF	P GCF
QUADRIL	0.53	0.52	0.52	0.53				
	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	$\pm 0.09$	$\pm 0.06$	-0.01%	0.01%	0.354	0.415
JOELHO	0.68	0.67	0.65	0.66				
	$\pm 0.10$	$\pm 0.07$	$\pm 0.08$	$\pm 0.06$	-0.04%	-0.01%	0.091	0.37
TRONOZELO	0.68	0.71	0.68	0.71				
	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	$\pm 0.08$	$\pm 0.05$	0%	0%	0.436	0.461

Nota:  $\Delta$  % representa a variação percentual dos grupos em relação ao pré-teste.

## 5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de dois protocolos de treinamento de salto vertical (com e sem condições de fadiga) sobre o desempenho do salto vertical. Além disso, o presente estudo buscou determinar se as alterações impostas pelo treinamento foram causadas por modificações nas características contráteis ou se as mesmas foram induzidas por mudanças coordenativas do movimento. O estudo partiu da premissa que o desempenho é influenciado tanto por mudanças nas propriedades contráteis musculares quanto na coordenação do movimento.

As características da amostra indicam que a mesma pode ser considerada como representativa de acadêmicos de Educação Física com experiência na capacidade de salto vertical, especificamente na realização de movimentos de salto do voleibol. O desempenho inicial dos sujeitos também é compatível com aquela reportada em outros estudos que adotaram amostras similares (BOSCO e KOMI 1979, BOBBERT et al., 1986; HARMAN et al., 1990).

A estratégia empregada em se avaliar primeiro o grupo fadigado dentro da metodologia usada neste trabalho permitiu o controle do número de séries e repetições dos saltos realizados, onde apenas a frequência (intervalo de recuperação) foi manipulada em cada sessão. Através, desse procedimento foi possível controlar o nível de fadiga induzido ao longo das sessões de treinamento. Além disso, o protocolo de treinamento permitiu reajustes semanais sobre o número de saltos realizados e acomodar os ganhos no desempenho, possibilitando ajustes progressivos nas cargas de treinamento.

Apesar do nível de fadiga não ter sido diretamente monitorado ou quantificado durante as sessões de treinamento, o controle da altura do salto demonstrou uma perda superior a 15% de sua capacidade máxima, demonstrando a incapacidade dos sujeitos em manter seu desempenho máximo. De fato, estudos que analisaram o intervalo entre os saltos verticais têm reportado que intervalos de 7s entre as ações induzem à fadiga (PEREIRA, 2001).

Portanto, o estímulo provido ao grupo GCF foi suficiente para caracterizar uma importante condição de fadiga durante o treinamento. Por outro lado, o grande intervalo imposto entre as ações desempenhadas no GSF (14 a 21s) permitiu que o mesmo mantivesse seu desempenho com perdas inferiores a 15% ao longo de todo o protocolo de treinamento.

Assim, o presente estudo não se presta a quantificar os níveis de fadiga em cada uma das condições de treinamento, mas visa garantir que os estímulos impostos sejam diferenciados entre si e que se caracterizem por marcadas condições de fadiga (com e sem fadiga). Destaca-se ainda no presente estudo a utilização de um protocolo similar aquele observado em condições reais de jogo.

Tal protocolo somente foi possível pelo monitoramento proporcionado pelo Opto Jump, que permitiu analisar a altura máxima do salto através de um controle em ações específicas do jogo (ataque no voleibol) e que constitui um diferencial no presente estudo.

As alterações encontradas após o período de treinamento em relação à altura do salto vertical foi de que o GSF teve uma melhoria média de 3.1cm na altura do salto vertical, que se assemelha aos valores reportados por BOBBERT e De BRUIN (1994), que obteve 4.0cm de melhoria no grupo que treinou em condições similares ao GSF do presente estudo.

Em geral, espera-se que o treinamento do salto vertical proporcione melhorias sobre a capacidade de elevar o centro de massa a fim de permitir com que várias ações desempenhadas durante o jogo sejam incrementadas. Os resultados do presente estudo revelaram que as melhorias na capacidade de elevação no salto vertical dependem diretamente do tipo de estímulo aplicado. Assim, a melhora encontrada apenas no grupo que treinou sem fadiga (GSF) indica que não basta com que os sujeitos desempenhem suas ações em intensidade máxima (ex., saltos máximos).



Os resultados também suportam a idéia que o volume de treinamento (ex. quantidade de saltos) também não constitui fator determinante exclusivo para melhorias do desempenho. Assim, volume e intensidade de treinamento não parecem ter influenciado positivamente a capacidade de salto, visto que ambos os grupos realizaram o mesmo número de ações máximas, ou seja, treinaram sob mesmas condições de volume e intensidade. Logo, a razão pela qual os estímulos são apresentados em função do tempo (densidade dos estímulos) parece ter um papel mais acentuado sobre o desempenho.

O grupo que treinou com estímulos mais similares aqueles observados em condições de jogo (menos densos, GSF), pode ter sido exposto a menores níveis de fadiga durante o treinamento, e assim foi capaz de transferir mais efetivamente os benefícios do treinamento. Assim, a hipótese  $H_1$  de que ambos os grupos apresentariam melhorias no desempenho não foi confirmada. Por outro lado, a hipótese  $H_2$  de que o grupo que foi submetido ao treinamento sem fadiga apresentará melhor desempenho do que o grupo submetido ao treinamento com fadiga foi aceita.

A literatura (BOBBERT et al., 1994 e RODACKI et al., 2002) indica que, em geral, os ganhos de desempenho são derivados de melhorias nas características contráteis e coordenativas do movimento, os quais serão discutidos a seguir com a finalidade de explicar as diferenças no ganho de desempenho encontradas entre os grupos experimentais.

A similaridade entre os grupos com e sem fadiga nas variáveis utilizadas para descrever a força muscular antes do período de treinamento, demonstram a homogeneidade prévia entre os grupos. Logo, a composição dos grupos não interferiu sobre os resultados dos diferentes programas de treinamento. O pico de torque detectado no grupo sem fadiga após o treinamento demonstrou uma influência positiva em resposta aos estímulos aplicados, onde houveram ganhos médios de 32% entre as articulações testadas (flexores e extensores). O grupo submetido ao treinamento com fadiga demonstrou ganhos médios inferiores que chegaram a 6%.

Os músculos agonistas envolvidos no salto (extensores de quadril, extensores de joelho e plantiflexores) apresentaram ganhos médios de 33% no grupo GSF e de 10% no grupo GCF, o que indica que o treinamento sem fadiga possibilitou um ganho mais acentuado sobre as propriedades contráteis musculares em função do treinamento do que aqueles decorrentes da fadiga.

Tais achados também foram consistentes quanto às taxas de desenvolvimento de torque, as quais demonstraram uma melhor capacidade reativa (geração de elevados níveis de tensão) derivadas do treinamento sem fadiga, quando comparados ao treinamento com fadiga. Portanto, pode-se afirmar que em parte, os ganhos observados no desempenho podem ser atribuídos às melhorias nas propriedades contráteis musculares. Logo, as hipóteses  $H_3$ , que após o treinamento de salto vertical os grupos pesquisados terão aumento na taxa de desenvolvimento de torque (TDT) e  $H_4$ , que após o treinamento de salto vertical os grupos pesquisados terão aumento no pico de torque, não puderam ser aceitas, posto que tais ganhos foram somente encontrados em um dos grupos experimentais.

As propriedades coordenativas foram analisadas quanto a aspectos espaciais e temporais. A análise das propriedades coordenativas indica uma estabilidade dos padrões de movimento empregados por ambos os grupos, que mantiveram inalteradas os parâmetros coordenativos do salto vertical.

Esses resultados estão em consonância com aqueles encontrados por RODACKI et al., (2001; 2002) os quais sugerem a existência de um padrão estereotipado de movimento que não pode ser rapidamente alterado em resposta aos estímulos de treinamento. A especulação de que os padrões coordenativos podem ser alterados de acordo com as características do treinamento não foi confirmada, posto a robustez do padrão coordenativo verificado após o treinamento.

Pode-se especular que a manutenção das atividades regulares de treinamento técnico que envolveu uma contínua prática do movimento ao longo do treinamento pode ter permitido que os sujeitos mantivessem um padrão coordenativo robusto que não poderia ser facilmente alterado pelo treinamento

específico de saltos com e sem a presença de fadiga. Além disso, as alterações observadas nas propriedades contráteis podem ter propiciado ganhos que não demandaram mudanças importantes no padrão coordenativo do movimento. UGRINOWISTSCH et al., (2007), compararam o padrão de taxa de desenvolvimento de força e a cinemática do desempenho do salto vertical entre atletas e pessoas que participam no intuito recreativo e concluiu que a taxa parece ser importante para o salto de altura máximo, mas não parece determinante para atingir a máxima altura no salto vertical.

Assim, a taxa de desenvolvimento de força parece ter influenciado a fase concêntrica do salto, onde foi verificada uma importante redução em sua duração após o treinamento sem fadiga. A maior taxa de desenvolvimento de força, em conjunto com o aumento na capacidade da musculatura em gerar picos máximos, pode explicar o aumento no impulso vertical que resultou em uma fase concêntrica mais curta (20 % menor) e um maior deslocamento vertical do centro de massa. Logo, ao maximizar as propriedades contráteis, o padrão coordenativo não precisou ser alterado para acomodar os efeitos do treinamento.

A maior influência do treinamento sobre as propriedades contráteis podem ter influenciado mais acentuadamente a capacidade dos sujeitos em transferir energia entre os segmentos (BOBBERT e VAN INGEN SCHENAU, 1988), os quais podem ter influenciado o desempenho do salto sem, no entanto, modificar o padrão coordenativo do movimento. Na literatura demonstra-se que após a extensão da articulação dos quadris para o salto, existe uma variação nos inícios de seqüências de extensão das articulações distais dos joelhos e tornozelos. Seqüências simultâneas de extensão entre estas duas articulações também foram reportadas (HUDSON, 1986; RODACKI 2001a) e atribuídas a um comportamento habilidoso. Segundo Hudson (1986) a capacidade dos sujeitos em maximizar o desempenho está intimamente relacionada à sua capacidade em aproveitar a energia elástica acumulada.

Assim, a variabilidade presente nos padrões de reversão das articulações pode ser bastante grande, mesmo quando é repetido por um mesmo sujeito. Talvez, pequenas modificações nos parâmetros de controle do movimento não sejam

completamente captados por procedimentos de natureza cinemática, os quais não podem detectar transferência de energia entre segmentos corporais. Logo, a  $H_5$ , que após o treinamento do salto vertical acontecerão alterações coordenativas no salto em ambos os grupos pesquisados, não foi aceita.

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo teve por objetivo analisar o efeito do treinamento sob fadiga na desempenho e no controle do salto vertical. Os resultados achados indicam que houveram alterações impostas pelo treinamento, as quais causaram modificações na desempenho, nas propriedades contráteis. Todavia, não foram encontradas mudanças coordenativas do movimento do salto vertical. Sugere-se que os protocolos de treinamentos que envolvam estímulos que induzam à fadiga não produzem melhorias tão expressivas quanto aqueles em que produzem menores índices de fadiga.

Logo, como os saltos verticais são efetuados maximamente e o volume de saltos deve ser prescrito de forma a atender a demanda específica da modalidade (ex. número de saltos efetuados em jogos) a densidade parece ser um fator que demande maior interesse de pesquisadores e treinadores a fim de minimizar e/ou reduzir os níveis de fadiga. Os resultados também apontam que o treinamento que envolveu maiores níveis de fadiga não foi efetivo na melhoria das características contráteis musculares.

A falta de alterações coordenativas do movimento pode ter ocorrido pela dificuldade de se captar pequenas variações por intermédio de procedimentos cinemáticos que podem surgir para acomodar pequenas diferenças de controle do movimento decorrentes de diferentes torques articulares derivados de mecanismos de transferência de energia. Outros estudos que analisem aspectos cinéticos são desejáveis para elucidar essas especulações.

As alterações nas características contráteis observadas no grupo sem fadiga podem ter influenciado as alterações na duração dos ciclos excêntrico e concêntrico

do movimento e terem possibilitado um maior impulso e conseqüentemente, uma maior altura de elevação do centro de massa. Logo, protocolos de treinamento que envolva fadiga podem não ser tão efetivos e aumentar o risco de lesão pelas repetidas ações máximas desempenhadas ao longo de um elevado volume de treinamento.

## **7. ANEXOS**

### **Anexo – I**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

##### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Pesquisador responsável: Prof. Dr. André Luiz Felix Rodacki e Prof<sup>o</sup> Eduardo Catto Gallina

Este é um convite especial para você participar voluntariamente do estudo **“EFEITO DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO FATIGANTE SOBRE O CONTROLE E A DESEMPENHO DA CAPACIDADE DE SALTO VERTICAL.”**.

Por favor, leia com atenção as informações abaixo antes de dar seu consentimento para participar ou não do estudo. Qualquer dúvida sobre o estudo ou sobre este documento pergunte ao pesquisador com que você está conversando neste momento.

#### **JUSTIFICATIVA**

O salto vertical é muito usado utilizado em várias modalidades esportivas e treinamento, e um modelo que permita avaliar e prescrever a desempenho tem relevância.

#### **OBJETIVO DO ESTUDO**

Este estudo tem por objetivo analisar com o uso de filmagens (cinematicamente) as alterações coordenativas e desempenho do salto vertical decorrente de treinamento em condição de fadiga.

#### **PROCEDIMENTOS**

Ao participar deste experimento, você se compromete: i) a comparecer ao laboratório em duas ocasiões, nas quais o salto vertical será analisado antes (PRE) e após (POS) um programa de treinamento; ii) a seguir um programa de treinamento

desenvolvido para a pesquisa. A análise objetivará avaliar o salto vertical em função do programa de treinamento. Para esse propósito, as participantes saltarão do plano (solo), dentro da área de coleta de dados especificada pelo pesquisador. Os dados para a análise dos saltos serão obtidos através de imagens coletadas por 6 câmeras filmadoras, que estarão dispostas na área do salto.

A identidade de cada pessoa filmada será mantida em anonimato. As filmagens têm o único propósito de atender as necessidades desta pesquisa. Você será filmado a partir da linha do quadril. Uma roupa preta justa posta ao corpo será disponibilizada e deverá ser colocada, para o salto vertical. Marcadores auto-adesivos formados por esferas de 25 mm. de diâmetro serão aderidos a esta roupa, colocados em membros inferiores e superiores. Feito esses procedimentos a pessoa será convidada a saltar na Plataforma de Força para reconhecimento da mesma e posterior filmagem do salto vertical. O programa de treinamento será desenvolvido durante 8 semanas, com uma frequência de 3 vezes por semana. Serão feitos saltos em condição de fadiga para melhoria do desempenho.

Tais exercícios serão ministrados de maneira a não provocarem dor, caso isso aconteça você deverá solicitar ao pesquisador que diminua a intensidade de execução dos exercícios ou, se necessário, interromper o procedimento. Antes de cada sessão dos exercícios de treinamento, você passará por um aquecimento, para se evitar lesões que possam acontecer. O programa de treinamento será desenvolvido em local protegido do ambiente externo (ginásio), para evitar problemas com frio e chuva. Em função da experiência dos profissionais, os exercícios e os procedimentos não oferecem riscos à saúde ou de lesão para os voluntários da pesquisa, mas podem levar a condições extenuantes de fadiga. Profissionais de educação física e fisioterapia estarão acompanhando todos os procedimentos, ambos têm curso de primeiros socorros caso ocorra alguma emergência. Para que você possa participar da pesquisa você realizará um exame médico, mostrando que não há problemas físicos que comprometam a sua atividade física, cujos custos serão providenciados pelo pesquisador. Nesta pesquisa não existirão métodos alternativos.

**DESPESAS/ RESSARCIMENTO DE DESPESAS DO VOLUNTÁRIO**

Serão disponibilizados todos os equipamentos e deslocamentos necessários tanto ao programa de treinamento quanto à coleta de dados. Você será isento de custos.

**INDENIZAÇÃO DIANTE DE EVENTUAIS DANOS DECORRENTES DA PESQUISA**

Devido aos movimentos usados nesta pesquisa serem trabalhados regularmente pelos sujeitos, não haverá uma indenização diante de eventuais danos decorrentes no tratamento, onde não existirão métodos alternativos.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA**

A sua participação neste estudo é *voluntária* e você terá plena e total liberdade para desistir do estudo a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer prejuízo para você.

**GARANTIA DE SIGILO E PRIVACIDADE**

As informações relacionadas ao estudo são confidenciais e qualquer informação divulgada em relatório ou publicação será feita sob forma codificada. O pesquisador garante que sua identidade não será divulgada sob hipótese alguma.

**ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS**

Você pode e deve fazer todas as perguntas que julgar necessárias antes de concordar em participar do estudo. Caso queira entrar em contato com nosso laboratório ligue para 33604333, das 8h às 18h com o Prof. Dr. André Luiz Félix Rodacki ou Prof. Eduardo Catto Gallina.



**COMITÊ DE ÉTICA DA FACULDADE DOM BOSCO**

Fui informado que este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade Dom Bosco e que no caso de qualquer problema ou reclamação em relação à conduta dos pesquisadores deste projeto, poderei procurar o referido Comitê, localizado na Direção da Faculdade Dom Bosco.

Diante do exposto acima eu, \_\_\_\_\_ abaixo assinado, declaro que fui esclarecido sobre os objetivos, procedimentos e benefícios do presente estudo. Concedo meu acordo de participação de livre e espontânea vontade. Foi-me assegurado o direito de abandonar o estudo a qualquer momento, se eu assim o desejar. Declaro também não possuir nenhum grau de dependência profissional ou educacional com os pesquisadores envolvidos nesse projeto (ou seja, os pesquisadores desse projeto não podem me prejudicar de modo algum no trabalho ou nos estudos), não me sentindo pressionado de nenhum modo a participar dessa pesquisa.

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

---

Sujeito

RG

---

Pesquisador: Eduardo Catto Gallina

RG: 2.221.050-5

**Anexo - II****Carta do Comitê de Ética**

**Anexo - III**

FIGURA 12 - Plataforma de Força

**Anexo IV**

FIGURA 13 - Opto Jump - vista frontal

## 8. APÊNDICES

### Apêndice – I

TABELA 7- Descrição do protocolo de cada sessão de treinamento.

Ordem	Descrição da Tarefa	Tempo Aproximado
1	Aquecimento generalizado e específico.	10-15 minutos
2	Colocação do equipamento (Opto Jump) para coleta de dados	2-5 minutos
3	Saltos para a adaptação ao movimento analisado	3- 5 minutos
4	Coleta de Dados	15- 20 minutos
Total		30 - 45 minutos

SEMANA	1 <sup>a</sup> / 2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> / 4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup> / 6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup> / 8 <sup>a</sup>	INTERVALO SÉRIES	INTERVALO DE SALTOS
GCF	3X15	4X12	4X15	4X15	2 MINUTOS	7 SEGUNDOS
GCF	3X15	4X12	4X15	4X15	2 MINUTOS	14 A 21 SEGUNDOS

## 9. REFERÊNCIAS

AMADIO, A.C. Introdução à Biomecânica para Análise do Movimento Humano: Descrição e Aplicação dos Métodos de Medição. **Lab. de Biomecânica, Esc. de Ed.Física da Universidade de São Paulo**, São Paulo, Brasil, 2001.

AVELA, J. et al. Effects of different Simulated Gravity Conditions on Neruromuscular Control in Drop Jump Exercises. **Aviat Space Environ Med**. 1994. p. 301-308.

BADILLO, Juan José González; AYESTARÁN, Esteban Gorostiaga. Fundamentos do Treinamento de Força: aplicação ao alto rendimento desportivo. Traduzido por: Márcia dos Santos Dornelles. 2a ed. Porto Alegre: Artemed, 2001.

BARBANTI, Valdir José. Treinamento Físico. 2a ed. São Paulo: CLR Balieiro, 1988.

BARBANTI, Valdir José et alii. Esporte e atividade Física: integração entre rendimento e qualidade de vida. São Paulo: Manole, 2002.

BOBBERT, M.F.;BRUIN E.D; Training of muscle strength and control in vertical jumping. **Proceedings of third annual congress of the european college of sport science**.(1994),

BOBBERT, M.F.; VAN SOEST, A.J. Effects of muscle strengthening on vertical jumping height: a simulation study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, n.8, p.1012-20, 1994.

BOBBERT, Maarten F., MACKAY, M., SCHINKELSHOEK, D., et alii. Biomechanical analysis of Drop and Countermovement Jumps. **European Journal of Applied Physiology**. v. 54. 1986. p. 566-573.

BOBBERT; SCHENAU, Gerrit Jan Van Ingen. Drop Jumping: The Influence of Jumping Technique on the Biomechanics of Jumping. **Medicine an Science in Sports and Exercise**. v. 19. n. 4. 1987. p. 332-338.

BOBBER, M; SCHENAU, Gerrit Jan Van Ingen. Mechanical Output about the Ankle joint in isokinetic plantar flexion and jumping. **Medicine an Science in Sports and Exercise**. v. 22, n. 5. 1990. pp. 660-668.

BOMPA, Tudor O. Periodização: teoria e metodologia do treinamento. Traduzido por: Sergio Roberto Ferreira Batista. São Paulo: Phorte Editora, 2002.

BOSCO, Carmelo. KOMI, PV. Mechanical Characteristics and Fiber Composition of Human Leg Extensor Muscles. **European Journal of Applied Physiology**. 1979. p. 275-284.

BOSCO; et alli. Store and Recoil of Elastic Energy in Slow and Fast Types of Human Skeletal Muscles. **Acta Physiologic Scandinavia**. 1982. p. 342-349.

BOSCO; VIITASALO, J. T., KOMI, P. V. et alii. Combined effect of Elastic and Myoelectrical Potentiation During Stretch-Shortening Cycle Exercise. **Acta Physiologica Scandinavia**. v. 11. 1982. p. 557-565.

BOSCO; TIHANYI, J.; KOMI, P.V., et alii. Store and Recoil of Elastic energy in Slow an Fast types of human Skeletal Muscles. **Acta Physiologica Scandinavia**. v. 11. 1981 p. 135-140.

CORDOVA, M. L., ARMISTRONG, C. W. Reliability of Ground Reaction Forces During a Vertical Jump: Implications for Functional Strength assessment. **Journal of Athletic Training**. v. 31. n. 4. 1996. p. 342-345.

DAVIES, B. N., JONES, K. G. An Analysis of the Desempenho of Male Students in the Vertical and Standing Long Jump Tests and the Contribution of Arm Swinging. **Journal of Human Movement Studies**. v. 24. 1993. p. 25-38.

DINTIMAN, George., WARD, Bob., TELLEZ, Tom. Velocidade nos Esportes: programa número um para atletas. Tradução Dra Mônica Conrado. São Paulo; 1999.

DURWARD, Brian R.; BAER, Gillian D.; ROWE, Philip J. Movimento Funcional Humano: mensuração e análise. São Paulo: Manole, 2001.

ENOKA, R.M. Morphological features and activation pattern of motor units. **Journal Clin. Neurophysiol**, 1995.

ENOKA, Roger M. Bases Neuromecânicas da Cinesiologia. São Paulo: Manole, 2000.

ESPER, A. Tiempos de juego y pausa en el voleibol femenino y masculino. **Revista de Educacion Física y Deportes**, n. 64, p. 32-41, 2003b.

ESPER, A. Cantidad y tipos de saltos que realizan lãs jugadoras de voleibol em um partido. **Revista de Educacion Física y Deportes**, n. 58, p. 18-25, 2003a.

FUKASHIRO, S., KOMI, P. Joint Moment and Mechanical Power Flow of the Lower Limb During Vertical Jump. **Journal of Sports Medicine**. v. 8. 1987. p. 15- 21.

GALDI, Enori Helena Gemente. **Desempenho da resistência muscular de membros inferiores em praticantes da modalidade esportiva voleibol, através do salto vertical**. Campinas-SP: UNICAMP, 1999. 125p. (Tese, doutorado em atividade física adaptada).

HARMAM, E. A., et. The Effedts of Arms and Countermovement on Vertical Jumping. **Medicine an Science in Sports and Exercise**. v. 22. n. 6. 1990. p. 825- 833.

HOLCOMB, W. R., LANDER, J. E.; RUTLAND, R. M. et al. A Biomechanical Analysis of the Vertical Jump and Three Modified Plyometric Depth Jumps. **Journal Strength an Conditions Research**. v. 10. n. 2. 1996. p. 83-88.

HUDSON, J.L. Co-Ordination of Segments in Vertical Jump. **Medicine in Science in Sport and Exercise**, vol. 18, p. 242-251, 1986.

KELLER, Frederick J.; GETTYS, W. Edward; SKOVE, Malcon J. Física. Traduzido por: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Makron Books, 1997. v. 1.

KOMI, PV; BOSCO, C. Utilization of Elastic Energy in Jumping and its Relation on Skeletal Muscle Fiber Composition in Man. **In: Biomechanics VIA**. 1978. p. 3- 49.



KUBO, Keitaro; KAWAKAMI, Yasuo; FUKUNAGA, Tetsuo. Influence of Elastic Properties of Tendon Structures on Jump Performance in Humans. **Journal of Applied Physiology**. V. 87. 1999. p. 2090-2096.

KUROKAWA, Sadao; FUKUNAGA, Tetsuo; FUKASHIRO, Senshi. Behavior of Fascicles in Tendinous Structures of Human Gastrocnemius During Vertical Jumping. **Journal of Applied Physiology**. V. 90. 2001. p. 1349-1358.

LANDESBURG, Amir; SIDEMAN, Samuel. Force-Velocity Relationship and Biochemical-to-mechanical energy conversion by the sarcomere. **Heart and Circulatory Physiology**. v. 278. 2000. p. 1274-1284.

LEES, A.; BARTON, G. The Interpretation of Relative Momentum Data To Assess the Contribution of the Free Limbs to the Generation of Vertical Velocity in Sports Activities. **Journal Sports Sciences**. v. 14. 1996. p. 503-511.

LINTHORNE, N.P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am. J. Phys.* 69:1198–1204. 2001.

LUHTANEN, P., KOMI, PV. Segmental Contribution to Forces in Vertical Jump. **European Journal of Applied Physiology**. v. 38. 1978. p. 181-188.

MAARTEN F. BOBBERT and L. J. RICHARD CASIUS. Is the Effect of a Countermovement on Jump Height due to Active State Development? Institute for Fundamental and Clinical Human Movement Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, THE NETHERLANDS 2004.

MAARTEN F. BOBBERT, JAN PETER VAN ZANDWIJK. Sensitivity of vertical jumping performance to changes in muscle stimulation onset times: a simulation study Institute for Fundamental and Clinical Human Movement Sciences. **Amsterdam, The Netherlands Received: 16 February 1998 / Accepted in revised form: 1 March 1999**

MARINS, João Carlos Bouzas; GIANNICHI, Ronaldo S. Avaliação e Prescrição de Atividade Física: guia prático. Rio de Janeiro: Shape, 1996.

MATSUDO, Victor Keihan R. (coord.). Testes em Ciências do Esporte. 4a ed. São Caetano do Sul-SP: Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1987.

NAGANO, Akinori; ISHIGE, Yusuke; FUKASHIRO, Senshi. Comparison of New Approaches to Estimate Mechanical Output of Individual Joints in Vertical Jumps. **Journal of Biomechanics**. n.31. 1988. p. 951-955.

OLIVEIRA, L. F., MASSIMILIANI, R., GARCIA, M. A., et alli. Influência de Uma e duas Passadas de Aproximação no Desempenho do Salto Vertical, Medido Através da Plataforma de Salto. **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**. v. 7. n.14.1993. p. 18-25.

PEREIRA, L. F. R. **Desenvolvimento de um sistema computadorizado para estudo de saltos verticais consecutivos**. Rio de Janeiro. 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Desportos, Centro de Ciências da Saúde, UFRJ, 1987.

PEREIRA, G. Efeitos de diferentes regimes de pausa no ataque do Voleibol e suas relações com a fadiga e lactato sanguíneo, 2001.

ROCHA, M. A; BARBANTI, V.J. **Análise das ações de saltos de ataque, bloqueio e levantamento no voleibol feminino** - Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 2007.

ROCHA, Paulo Sergio Oliveira da; CALDAS, Paulo Roberto Laranjeira. Treinamento Desportivo. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 1978. v. 1.

RODACKI, A.L.F.; FOWLER, N.E.; BENNETT, S.J. Vertical jump coordination: fadiga effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, p. 105-116, 2002.

RODACKI, A.L.F.R.; BIENTINEZ, R. M.; CRUZ, E. A.; MACHADO, A.; SANTOS, A.; PEREIRA, E.; SILVA F.º; E.G.; RIBAS, G. O número de saltos verticais realizados durante partidas de Voleibol como indicador da prescrição do treinamento. Treinamento Desportivo, v.2, nº. 1, p. 31-39, 1997.

SELBIE, W. Scott; CALDWELL, G. E. A Simulation Study of Vertical Jumping From Different Starting Postures. **Journal of Biomechanics**. v. 29. n.9. 1996. p. 1137-1146.

SIMÃO, ROBERTO. Fundamentos Fisiológicos para o Treinamento de Força e Potência. São Paulo: Phorte, 2003.

SPAGELE, T., KISTNER, A., GOLLOFER, A. A Multi-phase Optimal Control Technique For the Simulation of a Human Vertical Jump. **Journal of Biomechanics**. 1999. p. 87-91.

THOMAS, MATHEW; FIATARONE, MARIA A; FIELDING, ROGER A. Leg Power in Young Women: relationship to body composition, strength, and function. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28. n.10. 1996. p. 1321-1326.

UGRINOWITSCH; TRICOLI; RODACKI; BATISTA. **Influence of training background on jumping height** journal of strength and conditioning research, 2007, 21(3), 848–852 , 2007 national strength & conditioning association.

WOOLSTENHULME, M.T.; BAILEY, B.K.; ALLSEN, P.E. Vertical Jump, Anaerobic Power, and Shooting Accuracy Are Not Altered 6 Hours After Strength Training In Collegiate Women Basketball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 18, no 03, p. 422-425, 2004.

WEINECK, Jurgen. Manual de Treinamento Esportivo. Maria Ermantina Galvão Gomes Pereira et alii. São Paulo: Manole, 1989.

WEINECK. Biologia do Esporte. Traduzido por Anita Viviane. São Paulo: Manole, 1991.

WILMOR, Jack H.; COSTILL, David L. Fisiologia do Esporte e do Exercício. São Paulo: Manole, 2001.

ZATSIORSKY, Wladimir M. Ciência e Prática do Treinamento de Força. Traduzido por: Sergio Roberto Ferreira Batista. São Paulo: Phorte Editora, 1999.