

Roberta Colen Martins

# **ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DINÂMICAS DOS SALTOS VERTICAIS**

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2009

Roberta Colen Martins

# **ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DINÂMICAS DOS SALTOS VERTICAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel.

Área de concentração: Biomecânica do Esporte.  
Orientador: Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel.

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2009

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço primeiramente ao meu Amado Jesus Cristo que tem conduzido meus passos a todo instante e me completado de maneira tão perfeita!*

*Também aos meus pais queridos, preciosos, que almejaram muito por esse momento e investiram tempo, atenção, carinho, muito amor em minha formação como discípula, filha, profissional....como pessoa!*

*Não posso deixar de citar Helder e Vivian, que têm sido suporte pra mim todo esse tempo, ensinando o caminho em que devo seguir com dedicação, amor e serviço, certamente peça essencial na outra graduação que ainda estou por concluir.*

*E claro, o meu grande amor e futuro esposo Tiago, que tem me ajudado a vencer tantos medos e inseguranças, sendo um comigo em todo tempo e que a cada dia tem me aproximado da Pessoa mais importante do mundo e me feito mais semelhante a Ele.*

*Meu obrigada também aos meus irmãos Bárbara, Carol, Bel e Nando, e claro, aos meus irmãos em Cristo que, seja com a amizade ou orações, estiveram sempre presentes nessa longa caminhada.*

## RESUMO

O saltar é uma habilidade fundamental presente em diversas modalidades esportivas como determinantes do rendimento do atleta. Durante o salto são produzidas forças de magnitudes que podem superar 20 vezes o peso corporal do saltador e que acontecem num curto espaço de tempo. Estudos são necessários para qualificar a base da prescrição e do treinamento da atividade. A Biomecânica do Esporte é uma disciplina científica que descreve e explica os movimentos esportivos e é dividida em Biomecânica Preventiva, Biomecânica Antropométrica e Biomecânica do Rendimento. O estudo em questão é uma revisão de literatura em que é abordada, de forma descritiva, a caracterização do movimento do salto agachado, do salto com contramovimento e do salto em profundidade. O estudo destaca também as definições e unidades de medida de cada variável biomecânica e apresenta os fatores que podem influenciar resultados de testes de saltos verticais e que necessitam ser minimizados.

Palavras-chave: biomecânica, saltos verticais, variáveis dinâmicas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1- Áreas da Biomecânica do Esporte.....</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA 2-Seqüência de ações no salto com contramovimento.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 3- Curvas de força no salto com contramovimento.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 4- Seqüência de ações no salto agachado.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 5- Curvas de força do salto agachado.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 6- Seqüência de ações no salto em profundidade.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 7- Ciclo de alongamento–encurtamento.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 8- Estrutura e componentes da capacidade motora força.....</b>	<b>16</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Biomecânica do Esporte.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Princípios Biomecânicos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Variáveis Biomecânicas.....</b>	<b>9</b>
2.3.1 <i>Cinemetria.....</i>	<i>10</i>
2.3.2 <i>Dinamometria.....</i>	<i>10</i>
2.3.3 <i>Antropometria.....</i>	<i>10</i>
2.3.4 <i>Eletromiografia.....</i>	<i>11</i>
<b>2.4 Saltos Verticais.....</b>	<b>11</b>
2.4.1 <i>Salto com contramovimento.....</i>	<i>11</i>
2.4.2 <i>Salto agachado.....</i>	<i>13</i>
2.4.3 <i>Salto em profundidade.....</i>	<i>14</i>
<b>2.5 Ciclo de Alongamento – Encurtamento.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Capacidade Motora Força Muscular.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7 Variáveis Dinâmicas.....</b>	<b>19</b>
2.7.1 <i>Massa.....</i>	<i>19</i>
2.7.2 <i>Força e Peso.....</i>	<i>19</i>
2.7.3 <i>Pressão.....</i>	<i>19</i>
2.7.4 <i>Momento e Impulso.....</i>	<i>19</i>
2.7.5 <i>Trabalho.....</i>	<i>20</i>
2.7.6 <i>Energia.....</i>	<i>20</i>
2.7.7 <i>Potência.....</i>	<i>20</i>
2.7.8 <i>Momento de Inércia.....</i>	<i>20</i>
2.7.8 <i>Torque.....</i>	<i>21</i>
2.7.9 <i>Momento Angular/ Impulso Angular.....</i>	<i>21</i>
<b>2.8 Pesquisas sobre saltos verticais.....</b>	<b>21</b>
<b>3 CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>4.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O saltar é uma habilidade fundamental presente em diversas modalidades esportivas como determinantes do rendimento do atleta, especialmente nos esportes coletivos como o basquetebol ou o voleibol (MENZEL e CAMPOS, 1999). Em função de sua velocidade acentuada, marcadamente superior à do andar e do correr, durante o salto são produzidas forças de magnitudes que podem superar 20 vezes o peso corporal do saltador, e que acontecem num intervalo de tempo muito pequeno.

As grandes forças geradas durante o salto são quase que exclusivamente aplicadas na estrutura ósteo-articular do aparelho locomotor. Dada esta característica, cuidados quanto à prescrição da atividade e da manipulação com fatores externos devem ser ainda mais acentuados para o salto. Podemos destacar a importância dos saltos verticais na minimização do impacto da aterrissagem do indivíduo e conseqüente diminuição dos riscos de lesão (SCHMIDTBLEICHER, 1992).

Tais saltos podem também ser úteis na avaliação do ciclo de alongamento–encurtamento (SCHMIDTBLEICHER, 1992) e na geração de força no modo concêntrico.

Os vários tipos de saltos verticais apresentam características diferenciadas quanto às suas variáveis dinâmicas e o estudo em questão se baseia em determinar tais características.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Biomecânica é uma disciplina entre as ciências, derivadas das ciências naturais, que se ocupa de análises físicas de sistemas biológicos, conseqüentemente, de análises físicas de movimentos do corpo humano. (AMADIO & SERRÃO, 2007)

Ela pode contribuir no treinamento da técnica, na aprendizagem motora, no controle de treinamento e na prevenção de lesões, sendo imprescindível para a atuação de profissionais na área do Esporte e da Fisioterapia (MENZEL, 2007, p.1).

### 2.1 Biomecânica do Esporte

Podemos dizer que “a Biomecânica do Esporte é uma disciplina científica que descreve e explica (área de tarefas) os movimentos esportivos (área de objetos) utilizando termos, métodos e leis da mecânica (conceito metodológico)”, de acordo com Ballreich (1996 *apud* MENZEL, 2007, p.3).

A Biomecânica do Esporte pode ser diferenciada em:

- ❖ Biomecânica do Rendimento
- ❖ Biomecânica Antropométrica
- ❖ Biomecânica Preventiva



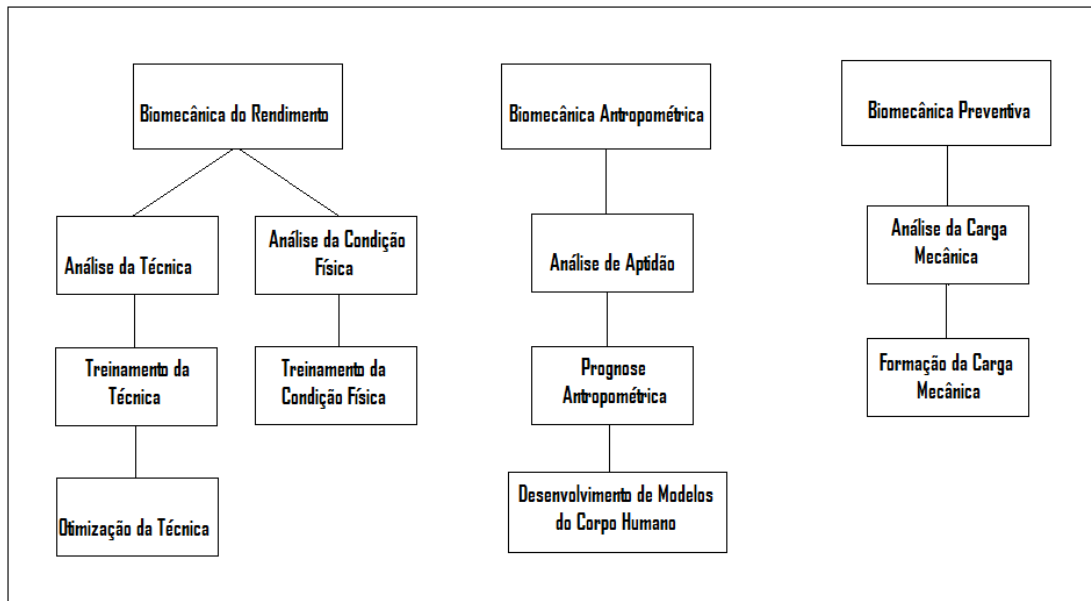


Figura 1- Áreas da Biomecânica do Esporte (modificado de: Ballreich, 1996)

## 2.2 Princípios Biomecânicos

Os aspectos que regem a análise de movimentos esportivos estão reunidos nos seguintes princípios biomecânicos (HOCHMUTH, 1982 *apud* MENZEL, 2007, p. 38):

- ❖ Princípio da otimização da trajetória;
- ❖ Princípio da força inicial;
- ❖ Princípio da otimização da aceleração.

## 2.3 Variáveis Biomecânicas

A mecânica é dividida em cinemática e dinâmica.

De acordo com Menzel (2007, p.14), a cinemática cuida em descrever geometricamente o movimento, desconsiderando as suas causas. Enquanto a dinâmica analisa as causas do movimento e se diferencia em estática e cinética.

Na estática, as forças estão em equilíbrio e não causam um movimento acelerado e, em contrapartida, a cinética trata de determinar as forças que aceleram ou desaceleram o corpo.

### 2.3.1 *Cinemetria*

Consiste de um conjunto de métodos que busca medir os parâmetros cinemáticos do movimento, isto é, posição, orientação, velocidade e aceleração. Para isso utiliza de câmeras de vídeo com softwares específicos capazes de emitir coordenadas de pontos específicos por meio da digitalização, além de cronômetros, goniômetros e acelerômetros. Fotografia, Cinematografia e Cronofotografia são utilizadas também para o registro de imagens para processamento de variáveis cinemáticas.

### 2.3.2 *Dinamometria*

Engloba todos os tipos de medidas de força e pressão. As forças aqui mensuradas correspondem às forças externas, transmitidas entre o corpo e o ambiente. Como objeto de interesse se encontra a força de reação do solo, que é transmitida na fase de apoio em atividades quase-estáticas ou dinâmicas. Juntamente com a constante peso corporal, essas forças de reação do solo são, geralmente, a causa de qualquer alteração do movimento do centro de gravidade.

O instrumento básico da dinamometria é a Plataforma de Força, que mede a força de reação do solo e o ponto de aplicação dessa força.

Por meio da dinamometria você pode medir a ação deformadora da força e as variáveis derivadas na translação e rotação (momento, impulso, trabalho, torque, momento e impulso angulares).

### 2.3.3 *Antropometria*

Busca determinar as características e propriedades do aparelho locomotor como as dimensões das formas geométricas de segmentos, distribuição de massa, braços de alavanca ou posições articulares.

Por meio dela, podem ser calculadas variáveis como: propriedades do biomaterial (resistência, deformidade, elasticidade de componentes do aparelho locomotor), variáveis cinéticas (momento de inércia de segmentos corporais), centro de rotação articular, origem e inserção muscular, comprimento e área de secção

transversa muscular, braços de alavanca da musculatura.

#### 2.3.4 Eletromiografia

É caracterizada como o registro das atividades elétricas associadas às contrações musculares. A eletromiografia indica o estímulo neural para o sistema muscular, quantificando os potenciais eletrodinâmicos da musculatura.

Por meio dela, pode-se obter o padrão temporal dos diferentes grupos musculares sinérgicos ativos no movimento observado.

Esses sinais coletados podem ser influenciados pela velocidade de encurtamento e alongamento muscular, grau de tensão, fadiga, atividade reflexa, entre outros fatores. Após esses sinais eletromiográficos serem amplificados, podem ser processados para comparação ou correlação com outros sinais eletrofisiológicos ou grandezas biomecânicas. O motivo para se monitorar o potencial de ação muscular é poder relacioná-lo com algumas medidas da função muscular como tensão, força, estado de fadiga e conseqüentemente, o metabolismo muscular, recrutamento de elementos contráteis, entre outros parâmetros (WINTER, 1979).

## 2.4 Saltos Verticais

Abordaremos três tipos de saltos:

#### 2.4.1 Salto com contramovimento (*Countermovement Jump*)

É um salto de fácil execução e caracterizado por uma ação excêntrica seguida de uma concêntrica.

O saltador inicia-se na posição **a**, em pé, faz um movimento descendente preliminar pela flexão de joelhos, quadris e tornozelos e, imediatamente, estende-os verticalmente até saltar sobre a superfície do solo. (LINTHORNE, 2001)

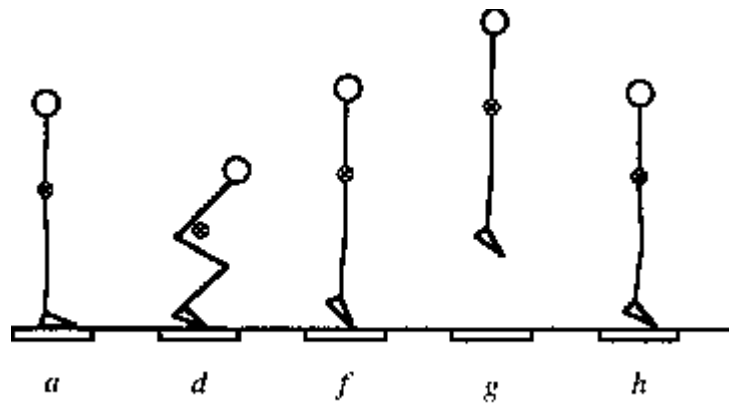


Figura 2- Sequência de ações no salto com contramovimento (LINTHORNE, 2001)

Essa combinação de contrações caracteriza o ciclo de alongamento-encurtamento de longa duração (acima de 250 ms), com grande deslocamento angular das articulações do quadril, joelho e tornozelo (SCHMIDTBLEICHER, 1992).

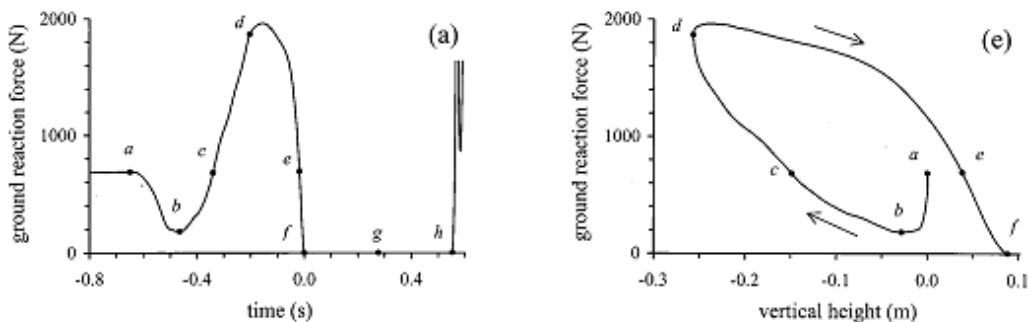


Figura 3: Curvas de força no salto com contramovimento: (a) Curva da força de reação do solo, (e) Curva força-deslocamento (figura adaptada de LINTHORNE, 2001)

(a) Início do movimento preparatório e do impulso de aceleração para baixo.

(c) Fim do impulso de aceleração para baixo e momento da maior velocidade vertical negativa (em direção ao solo), início do impulso de frenagem do movimento preparatório.

(d) Fim do impulso de frenagem e do movimento preparatório, posição mais baixa do Centro de Gravidade, início do impulso de aceleração para cima. Momento em que o corpo se encontra com a mínima velocidade.

(f) Fim do impulso de aceleração no salto com movimento preparatório. Momento em que o corpo se encontra com a máxima velocidade (MENZEL, 2007, p.41).

#### 2.4.2 Salto agachado (*Squat Jump*)

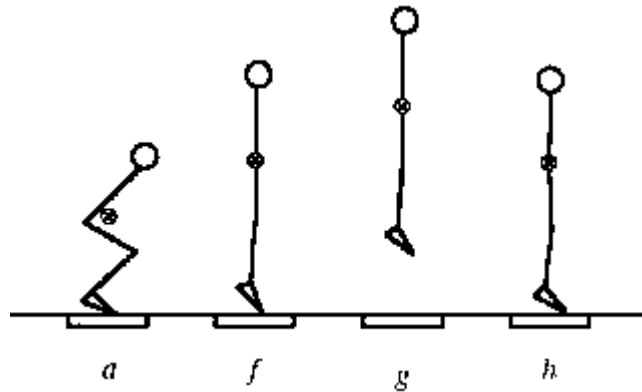


Figura 4 - Sequência de ações no salto agachado (LINTHORNE, 2001)

Na posição *a*, o saltador inicia-se estacionado, semi-agachado e, vigorosamente, estende os joelhos e quadris, saltando verticalmente sobre a superfície do solo (LINTHORNE, 2001). Não é permitida nenhuma realização de movimento descendente. Nessa técnica, o indivíduo deve realizar apenas uma contração concêntrica, sendo um teste diagnóstico desse tipo de contração.

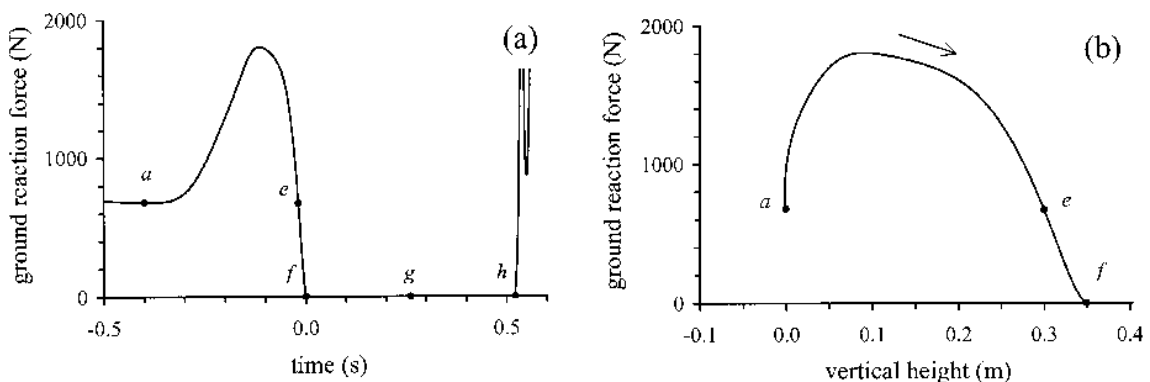
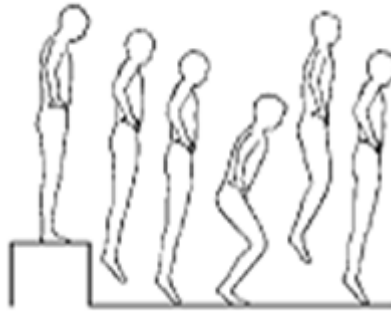


Figura 5: Curvas de força do salto agachado: (a) Curva força de reação do solo e (b) Curva força – deslocamento

- (a) Início do impulso de aceleração para cima.
- (f) Fim do impulso de aceleração no salto.

### 2.4.3 Salto em profundidade (*Drop Jump*)



**Figura 6: Seqüência de ações no salto em profundidade**

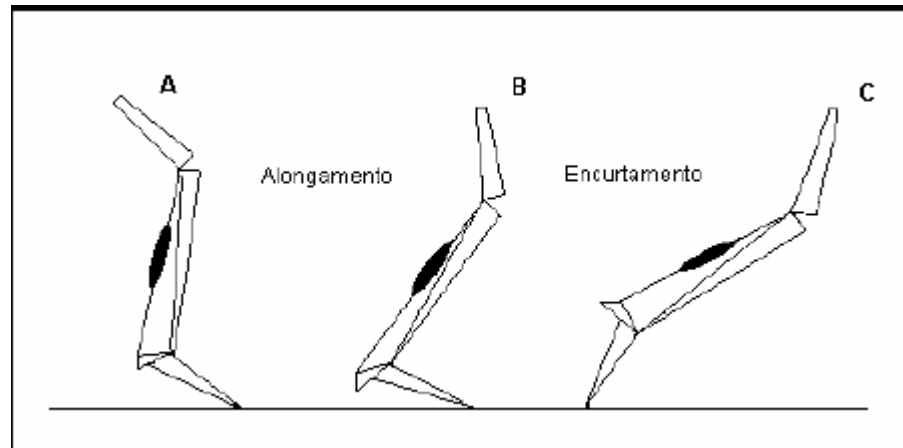
**Fonte: Arquivo de figuras Biolab / Cenesp.**

Nesse tipo de salto o indivíduo parte de uma plataforma e logo que toca o solo realiza a fase muscular excêntrica, configurando uma fase descendente do movimento, seguida da concêntrica, configurando a fase ascendente de impulsão. O tempo de contato com o solo não deve exceder 250 ms, sendo essa técnica uma forma de avaliar a utilização do ciclo de alongamento-encurtamento, qualificado como de curta duração (SCHMIDTBLEICHER, 1992).

## 2.5 Ciclo de alongamento–encurtamento

O ciclo de alongamento-encurtamento ocorre quando uma ação muscular concêntrica é precedida por uma ação muscular excêntrica. Durante essas ações musculares há a produção de um trabalho negativo, o qual tem parte de sua energia mecânica absorvida e armazenada na forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série (FARLEY, 1997).

Existem dois tipos desse ciclo: quando superior a 250 ms é classificado como de longa duração e quando de 100 a 250 ms, de curta duração



**Figura 7- Ciclo de alongamento-encurtamento (KOMI, 1992)**

O alongamento prévio do músculo agonista potencializa a contração que se segue na fase principal do gesto (ENOKA, 1988; BOSCO, 1990; VERKHOSHANSKY & SIFF, 2000; CORREIA, 2003). Isso é explicado pela utilização da energia elástica acumulada devido à deformação de algumas estruturas (tendões e músculos) e à presença do reflexo miotático.

A energia elástica é armazenada e utilizada na ação concêntrica subsequente, devido ao Princípio da Conservação da Energia Mecânica (VERKHOSHANSKY & SIFF, 2000; CORREIA, 2003). Portanto, quanto menor o tempo de transição entre a fase excêntrica e concêntrica, maior será esse aproveitamento.

Já o reflexo miotático é uma resposta ao estiramento da musculatura, no qual o fuso muscular envia estímulos à medula pela fibra nervosa IA, excitando a fibra alfa, provocando uma contração reflexa da musculatura que favorece o movimento subsequente do salto (ação concêntrica). Como uma ação reflexa dura em torno de 45 ms, a atuação desse mecanismo ocorre apenas por volta dos 45 ms iniciais da ação concêntrica (ascendente).

No salto agachado, a energia potencial elástica acumulada pelo movimento excêntrico na preparação do salto é perdida na forma de calor, devido à manutenção da posição estática necessária na preparação do salto. Ele é então realizado somente com a capacidade dos grupos musculares esqueléticos de gerar força, sem a utilização do ciclo de alongamento-encurtamento (GOUBEL, 1997).

Já o salto com contramovimento é favorecido por ações reflexas e pelo aproveitamento da energia elástica armazenada nos tendões e músculos,

produzindo uma maior geração de força e uma altura do centro de gravidade maior que do salto agachado, para um mesmo indivíduo.

Segundo o Princípio do Impulso Inicial, no salto com contramovimento o sujeito inicia-se com um impulso de aceleração em direção ao solo, causando uma velocidade no sentido negativo. Essa velocidade é freada por meio de um impulso positivo que, logo após a frenagem, acelera a partir do momento em que o centro de gravidade da pessoa está no ponto mais baixo do movimento até o final do contato com o solo (MENZEL, 2007).

## 2.6 Capacidade Motora Força Muscular

Segundo Moreno et al. (2008) a capacidade motora força muscular pode ser compreendida como a capacidade do sistema neuromuscular de gerar tensão, com certa intensidade, para vencer e/ou sustentar certa resistência; a qual é aplicada por um tempo para a realização de uma ação concêntrica, excêntrica ou isométrica, com um padrão de movimento específico.

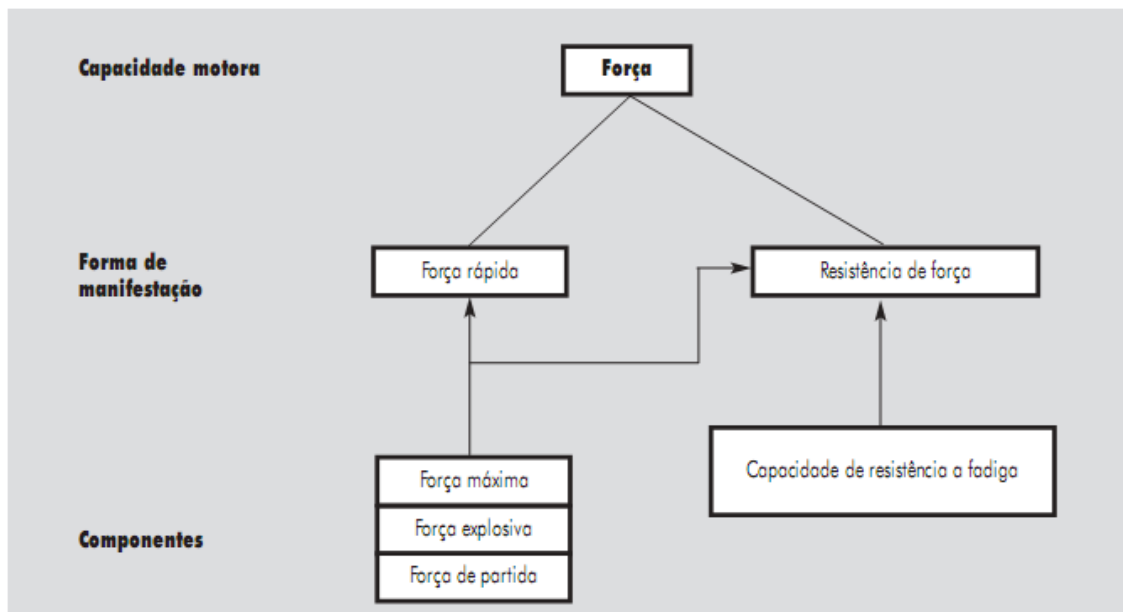


Figura 8 - Estrutura e componentes da capacidade motora força (SCHMIDTBLEICHER, 1997, p. 5 *apud* CHAGAS, 2002, p. 150).



De acordo com o modelo proposto acima, a capacidade motora força apresenta duas formas de manifestação: Força rápida e Resistência de força que, por sua vez, apresentam componentes (força máxima, força explosiva, força de partida) que as interligam. A resistência de força ainda apresenta um componente individual denominado capacidade de resistir à fadiga.

A força rápida é definida como a capacidade do sistema neuromuscular de produzir o maior impulso em um menor tempo, sendo que o impulso é representado pela área sob a curva do gráfico de força em função do tempo.

Já a resistência de força é estabelecida como a capacidade do sistema neuromuscular de realizar maior somatório de impulsos em um determinado tempo contra resistências elevadas.

Enquanto a força máxima é o maior valor da força encontrado nessa curva força versus tempo, quando aplicada contra uma resistência insuperável, a força explosiva pode ser entendida como a capacidade do sistema neuromuscular em produzir a maior elevação da força por unidade de tempo, sendo alcançada no intervalo de tempo entre 100 e 150 milissegundos. Essa força depende da velocidade de contração das unidades motoras das fibras rápidas, do número das unidades motoras contraídas e da força de contração de tais fibras.

Segundo Badillo e Ayestarán (2001), o potencial de força, seu desenvolvimento e sua manifestação dependem dos seguintes fatores:

- ❖ Composição do músculo - Área do músculo, número e espessura de fibras; tipo de fibras, proporção de fibras rápidas e lentas e ângulo de inserção do músculo.

- ❖ Utilização das unidades motoras – recrutamento, frequência de impulso, sincronização e coordenação intermuscular.

- ❖ Fatores que contribuem para a contração muscular - reflexo de alongamento (miotático), elasticidade muscular e redução da influência de mecanismos inibitórios (Órgão Tendinoso de Golgi).

- ❖ Fatores mecânicos - Número de pontes cruzadas ativas, conforme o estado de alongamento do músculo com relação à sua longitude de repouso.

Esses mesmos autores afirmam que a capacidade do indivíduo de produzir força depende de fatores:

- ❖ estruturais ou relacionados com a composição do músculo;
- ❖ nervosos (relacionados às unidades motoras);

- ❖ relacionados com o ciclo alongamento-encurtamento;
- ❖ hormonais.

De acordo com Zatisiorsky (1999), a produção de força pode ser influenciada por alguns fatores, tais como:

**A elasticidade dos tendões e músculos:** quando um tendão ou músculo é alongado, a energia elástica é armazenada dentro destas estruturas biológicas. Essa energia pode ser utilizada para aumentar a produção de força motora na fase concêntrica do ciclo de alongamento - encurtamento.

**Posturas e curvas de força:** A força que um atleta pode desenvolver em um dado movimento depende da posição dos segmentos corporais e ângulos articulares.

**Secção transversa muscular:** Os músculos com uma maior área transversal podem produzir maiores forças do que músculos similares com uma menor área.

**Outros fatores (nutrição e “status” hormonal):** O treinamento de força estimula a síntese das proteínas musculares contráteis e causa hipertrofia das fibras musculares quando possui substratos disponíveis para o reparo protéico e crescimento. Além disso, vários hormônios como o hormônio do crescimento, a testosterona e o cortisol, que são secretados por diferentes glândulas corporais afetam o tecido muscular esquelético.

**Fatores Neurais:** A força muscular não é determinada somente pela quantidade de massa muscular envolvida, mas também, pela magnitude de ativação voluntária de cada fibra no músculo (coordenação intramuscular).

**Coordenação intramuscular:** O sistema nervoso central utiliza de diferentes recursos para variar a produção de força muscular, que são:

- ❖ Recrutamento - o recrutamento ocorre partindo das Unidades Motoras lentas para as rápidas (Princípio do Tamanho), devido à menor frequência de estimulação das Unidades Motoras lentas.
- ❖ Taxa de codificação - modificação da taxa de acionamento da unidade motora.
- ❖ Sincronização - as unidades motoras são ativadas de maneira mais sincronizada.

## 2.7 Variáveis dinâmicas

As variáveis dinâmicas podem ser distinguidas em variáveis dinâmicas da translação e da rotação. As variáveis dinâmicas da translação são (MENZEL, 2007, p.24-36):

### 2.7.1 Massa

Refere-se à quantidade de matéria de um corpo. Sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades é em [Kg].

### 2.7.2 Força/ peso

É definida como o produto entre a massa de um corpo e a aceleração que ele possui. A unidade de medição é  $[\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2]$  ou [N], chamado Newton.

Quando um corpo de massa  $m$  sofre ação da aceleração da gravidade, essa força é denominada de peso.

### 2.7.3 Pressão

É definida como uma força distribuída por uma determinada área. Sua unidade de medição é  $[\text{N}/\text{m}^2]$  ou [Pa].

Ela é de fundamental importância para a Biomecânica Preventiva na determinação da característica espacial e distribuição de forças em determinados segmentos corporais e/ou nos tecidos.

### 2.7.4 Momento e Impulso

O momento é definido como o produto entre a massa do corpo e a variação da sua velocidade. O sentido do seu vetor é determinado pela velocidade e sua unidade de medida é  $[\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}]$ .

Para movimentos acelerados onde a energia mecânica é conservada, temos que o impulso é igual ao momento. O impulso é então definido como o produto entre a força e o tempo que dura a aplicação dessa força. A unidade de medição do impulso é [N.s].

### *2.7.5 Trabalho*

Na física, trabalho é uma medida da energia transferida pela aplicação de uma força ao longo de um deslocamento. Pode ser definido como o produto entre a força, a distância do eixo em que a força é aplicada e o cosseno do ângulo que ela forma com a superfície. Sua unidade de medida é [N.m] quando se refere ao trabalho mecânico, [J] quando se refere ao trabalho termodinâmico e [W.s] para o trabalho eletrodinâmico.

### *2.7.6 Energia*

O conceito geral para a palavra energia se refere ao potencial inato para executar trabalho ou realizar uma ação. Ela possui então as mesmas unidades de medição do trabalho.

### *2.7.7 Potência*

Pode ser definida como o produto entre a força e a velocidade ou como o produto do trabalho pelo tempo. Sua unidade de medida pode ser [N.m/s] ou [W].

As variáveis dinâmicas da rotação são:

### *2.7.8 Momento de inércia*

É uma medida para inércia em movimentos angulares. Representa o produto entre a massa e o quadrado da distância entre a massa e o centro de rotação. Sua unidade de medida é [Kg. m<sup>2</sup>].

### 2.7.9 Torque

Pode ser caracterizado como o produto entre o momento de inércia e a aceleração angular ou o produto entre uma força que age perpendicularmente e a distância do ponto de ação dessa força ao centro de rotação. Sua unidade de medida é [N.m].

### 2.7.10 Momento angular/ Impulso angular

O momento angular é o produto entre o momento de inércia e a velocidade angular, correspondendo ao momento linear nos movimentos de translação. Sua unidade de medição é [Kg. m<sup>2</sup>/s].

Já o impulso angular é definido como o produto entre torque e tempo de sua duração.

## 2.8 Pesquisas sobre saltos verticais

Bosco e Komi (1980) realizaram um estudo a respeito da dependência da idade no comportamento mecânico do músculo extensor da perna usando saltos verticais, com e sem o ciclo de alongamento-encurtamento. O estudo foi realizado com 226 sujeitos, com idades entre 4 a 73 anos e foram divididos em diferentes grupos de idades. Cada sujeito executou diferentes tipos de saltos verticais máximos sobre uma plataforma de força: salto agachado, salto com contramovimento, salto em profundidade com diferentes alturas (20 a 100 cm). O desempenho foi maior nos homens que nas mulheres e tal diferença se mostrou reduzida quando o peso corporal foi levado em consideração, mostrando que o fator que mais contribuiu para isso foi a maior massa muscular masculina. No salto com contramovimento, o trabalho positivo exercido pela musculatura em questão foi potencializado pelo ciclo de alongamento-encurtamento, mostrando que o pré alongamento pode influenciar na curva da velocidade da força e que a melhoria do desempenho pode estar relacionado à combinação do uso da energia elástica, para a potencialização do reflexo miotático. Também foi verificado que a altura do centro de massa, no salto

com contramovimento, atingiu níveis superiores quando comparada às alturas atingidas no salto agachado, em ambos os sexos e em todas as idades.

Harman et al.(1990) concluíram um estudo sobre os efeitos da utilização do balanço dos braços e do contramovimento no salto vertical. O contramovimento e o balanço dos braços caracterizam a maioria dos saltos nos esportes. Para isso, a amostra contou com 18 sujeitos do sexo masculino que realizaram saltos máximos sobre uma plataforma de força em todas as quatro combinações: com balanço dos braços e contramovimento, com balanço dos braços e sem contramovimento, sem balanço dos braços e contramovimento e sem balanço dos braços e sem contramovimento.

Foram realizadas três séries de cada tipo de salto, totalizando 12 saltos. As variáveis analisadas foram: força vertical de reação do solo, impulso vertical de reação do solo e velocidade de deslocamento total do centro da massa corporal. 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 pico total do centro de massa, nas condições de contramovimento e sem contramovimento.

Tanto o contramovimento quanto o balanço dos braços ( $P < 0,05$ ) melhoraram significativamente a altura do salto, mas o efeito do balanço dos braços foi maior. Neste, o pico total do centro de massa aumentou antes e após a saída, enquanto no contramovimento somente afetou a elevação após a saída do chão. O balanço dos braços resultou num pico mais alto da força de reação do solo e pico positivo de potência.

Durante o contramovimento, o uso dos braços resultou leve redução do peso 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.

LUHTANEN & KOMI (1978) investigaram a contribuição da utilização de diferentes segmentos do corpo no aumento de desempenho do salto vertical, com o intuito de verificar a porcentagem em que essa contribuição ocorre. Com o uso de técnicas cinematográficas e plataforma de força, oito atletas foram avaliados, dentre eles seis do voleibol e dois do basquetebol, em posições paradas, para execução do salto vertical, acrescido de diferentes movimentos de segmentos corporais em

intensidade máxima. Os dados revelaram 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%. 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.

### **3 CONCLUSÃO**

Os saltos verticais apresentam características diferenciadas quanto às variáveis dinâmicas, para um mesmo indivíduo. Podemos dizer que parte disso se deve ao fato de configurarem diferentes movimentos, com uma mecânica diferenciada, com presença ou não de um ciclo de alongamento encurtamento ou de reflexo miotático como também quanto à utilização dos membros superiores ou contribuição de outros segmentos corporais. Faz-se importante, então, um controle rigoroso da técnica de salto e que precauções sejam tomadas quanto às possíveis compensações



## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A.C.; SERRÃO, J.C. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, v.21, p.61-85, dez. 2007.

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.

BOSCO, C. (1990). Aspectos Fisiológicos de la Preparación Física del Futbolista (1.ª Ed.). Barcelona: Editorial Paidotribo.

BOSCO, C.; KOMI, P. Muscle elasticity in athletes. In: KOMI, P. (ed.): *Exercise and sport biology*. Champaign: Human Kinetics Publ., p. 109 – 117, 1982.

BOSCO, Carmelo. KOMI, P.V. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*. v. 45. 1980. p. 209-219.

CHAGAS, Mauro H. Teoria do treinamento específico da força (não só) para o goleiro de handebol. In: GRECO, Pablo J. *Caderno do goleiro de handebol*. Belo Horizonte, 2002. cap. 13, p. 147-158.

CORREIA, P. P. (2003). *Anatomofisiologia*. Tomo II. Função neuromuscular (2.ª Ed.). Cruz Quebrada: Edições FMH.

ENOKA, M. R. (1988). *Neuromechanical basics of kinesiology* (2.ª Ed.). Champaign Illinois: Human kinetics.

FARLEY, C.T. Role of the stretch-shortening in jumping. *Journal of Applied Biomechanics*, v.3, n.4, p.436-9, 1997.

GOUBEL, F. Series elastic behavior during the stretchshortening cycle. *Journal of Applied Biomechanics*, v.3, n.4, p.439-43, 1997.

HARMAN EA, ROSENSTEIN MT, FRYKMAN PN, ROSENSTEIN RM. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:825-33.

KOMI, P. V. (1992). Stretch-shortening cycle. In: *Strength and Power in Sport* (ed. P.V. Komi), pp.169-179. Blackwell Scientific Publications, Oxford.-KOMI, P.V.;

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *School of Exercise and Sport Science*, p.1198-1204, 2001.

LUHTANEN, P., KOMI, P. V. Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology*. v. 38, p. 181-188, 1978.

MENZEL, Hans-Joachim. *Apostila de Biomecânica do Esporte*, 2007.

MENZEL, Hans-Joachim e CAMPOS, Carlos Eduardo. Análise do Squat Jump e Countermovement Jump através de testes motores e biomecânicos. In: GARCIA, et AL. *Temas Atuais IV Educação Física e Esportes*. Belo Horizonte: 1999, 1, p.57-68.

MORENO E., IWAMOTO E., ARRUDA M. Força explosiva: relação entre saltos verticais e deslocamentos no futebol. *Movimento & Percepção* 9(13): 379-396, 2008.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training of Power events. In: KOMI, P. (ed.): *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 381-395, 1992.

WINTER, DA . *Biomechanics of human movement*. Jonh Wiley & Sons, 1979. 202 p.

VERKHOSHANSKY, Y. & SIFF, M. (2000). *Super Entrenamiento*. Barcelona : Paidotribo.

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