

# RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA A SELEÇÃO DA ALTURA DE QUEDA NO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO

Nélio Alfano Moura

Laboratório de Biomecânica - Departamento de Biodinâmica do Movimento  
Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo  
BRASIL

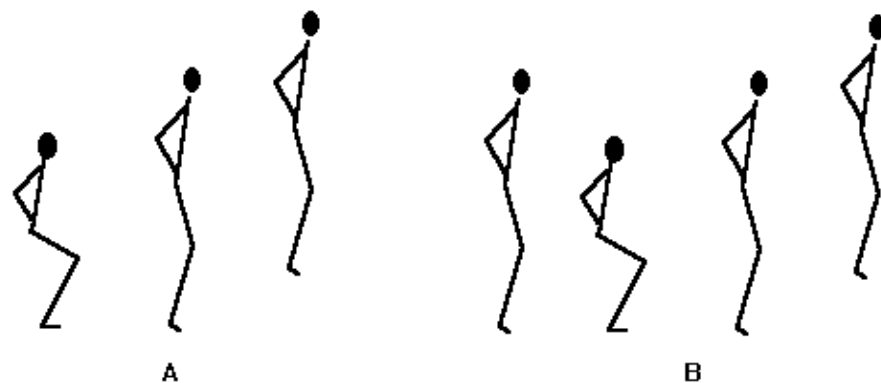
Publicado no Boletim IAAF - Centro Regional de Desarrollo - Santa Fé. Número 12, 1994

## Introdução

Não é segredo que o *treinamento pliométrico* é um dos meios mais populares, e ao que parece mais efetivos, para desenvolver *força explosiva*, particularmente nos músculos extensores dos membros inferiores. Praticamente todos os saltos, verticais e horizontais, são exercícios pliométricos. Uma exceção notável é o chamado *squat jump*, um salto vertical partindo da posição agachada.

## O que é Pliometria ?

O que caracteriza um exercício pliométrico é a existência de uma *contração excêntrica* imediatamente antes da *contração concêntrica*. Por exemplo, no *squat jump*, como a posição de saída é agachada, com os joelhos flexionados a 90 graus, os músculos extensores dos membros inferiores encontram-se em *contração estática* antes da contração concêntrica (Figura 1.A). Já em um salto vertical livre, o indivíduo geralmente inicia o movimento com os joelhos estendidos, executa um contra-movimento, ou seja, flexiona os joelhos, e imediatamente em seguida volta a estendê-los (Figura 1.B). Durante o contra-movimento, os músculos extensores atuam excentricamente, a fim de desacelerá-lo. Tão logo o movimento descendente seja interrompido, tem início a extensão do joelho, com os músculos atuando concentricamente. Assim, apenas esse segundo salto representa um exercício pliométrico, por envolver esse chamado *ciclo excêntrico-concêntrico* (CEC).



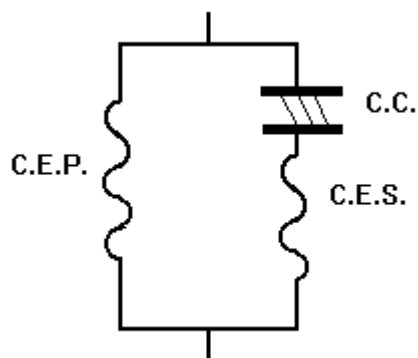
**Figura 1.** Representação esquemática de dois tipos de salto vertical: A = *Squat Jump*, e B = Salto Vertical com Contra-Movimento.

O CEC está presente em todas as provas de corridas, saltos e lançamentos, o que nos permite dizer que o atletismo é uma modalidade essencialmente pliométrica. Como se sabe, a *eficiência mecânica* "normal" do homem é de aproximadamente 25 %, ou seja, a cada 100 joules de energia química, 25 se convertem em energia mecânica (movimento), e os outros 75 em energia térmica (calor) - uma energia que não nos interessa em termos de desempenho. Quando o CEC é ativado, essa eficiência aumenta para perto de 50 %. Quando consideramos um único movimento explosivo, o CEC possibilita ainda uma maior produção de trabalho positivo (por exemplo, uma maior altura no salto vertical com contra-movimento), ou uma maior potência na produção de um mesmo trabalho (por exemplo, em um salto vertical, gera valores semelhantes de forças contra o solo em um tempo menor, ou valores mais elevados dessas forças em um tempo igual).

### **Como se explica o desempenho adicional observado durante os exercícios pliométricos?**

O melhor desempenho em atividades que contam com a participação do CEC pode ser explicado de duas maneiras:

**1. Reutilização de energia elástica.** Em série com as estruturas contráteis do músculo há componentes elásticos, que são alongados durante a contração excêntrica. Nesse alongamento, armazena-se energia em tais componentes, e essa energia pode ser reutilizada durante a contração concêntrica, desde que o intervalo entre as duas contrações não seja grande (Figura 2).

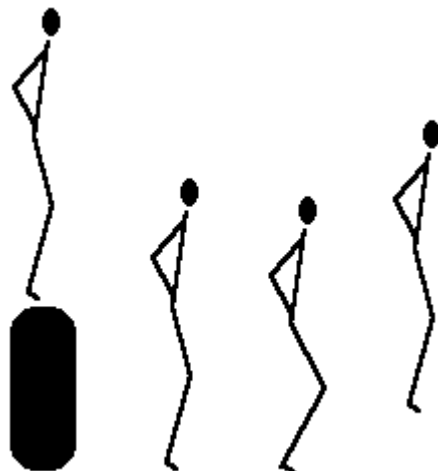


**Figura 2.** Modelo mecânico da fibra muscular, onde C.E.P. = Componente Elástico Paralelo; C.E.S. = Componente Elástico em Série; e C.C. = Componente Contrátil.

**2. Potenciação reflexa.** Parece existir um mecanismo de facilitação provocado pela contração excêntrica, que alongaria os *fusos musculares* e, em função disso, uma mensagem seria enviada às fibras do músculo correspondente para que o mesmo contrair-se. É importante que essa contração excêntrica não gere *cargas de alongamento* elevadas demais, uma vez que tais cargas poderiam provocar, também por via reflexa, um mecanismo inibidor da contração, ativando os *órgãos tendinosos de Golgi*.

### Como Treinar a Capacidade de Reutilização de Energia Elástica?

A fim de treinar esse mecanismo, além de incontáveis tipos de saltos verticais e horizontais, tem sido utilizado em estágios de treinamento um pouco mais avançados os saltos em profundidade. Também esses saltos têm inúmeras variações, porém sua forma básica consiste de uma queda a partir de determinada altura (de 0.38 a 1.15 m, na maioria absoluta dos casos), seguida imediatamente de um salto vertical máximo (Figura 3). O objetivo da queda livre é oferecer uma sobrecarga que estimule os mecanismos de potenciação elástica e reflexa do músculo em atividade.

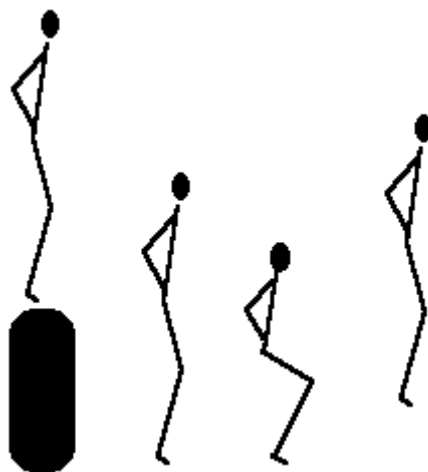


**Figura 3.** Salto em Profundidade (BDJ).

### Técnicas de Execução do Salto em Profundidade

**BDJ - Bounce Drop Jump.** Nessa variação do SP, o indivíduo procura saltar verticalmente tão logo quanto possível após a queda livre (Figura 3);

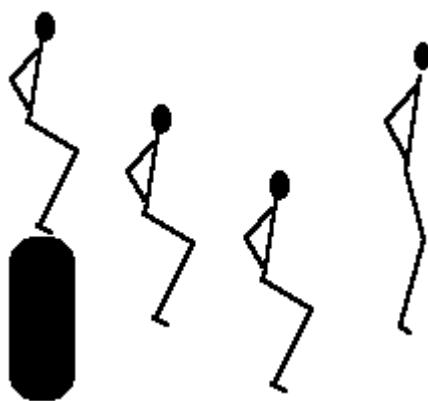
**CMJ - Counter Movement Drop Jump.** Nesse tipo de salto, o indivíduo amortece a queda mais gradualmente, até os joelhos se flexionarem até aproximadamente 90 graus, após o que realiza o salto vertical máximo (Figura 4).



**Figura 4.** Salto em Profundidade (CDJ)

Comparando essas duas técnicas, tem sido demonstrado que o BDJ é mais adequado para o treinamento da força explosiva em atletas, uma vez que gera valores mais elevados de *torques* e *potências máximas* ao redor das articulações dos membros inferiores.

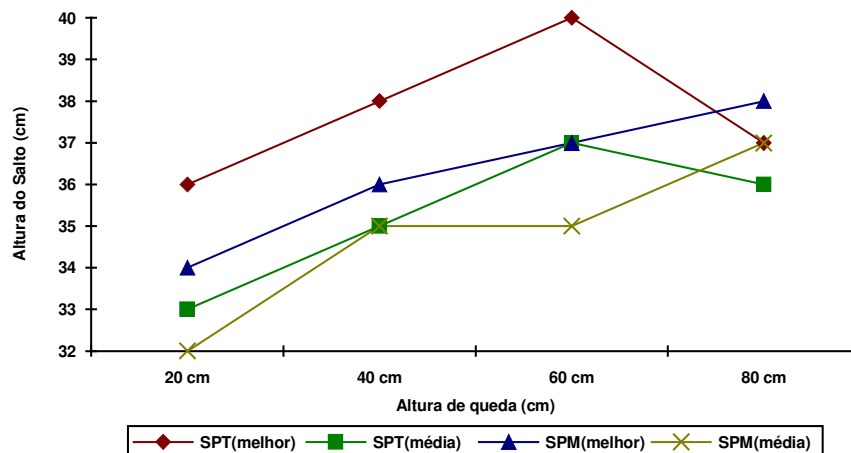
Uma terceira variação, o **Salto em Profundidade Modificado (SPM)** (Figura 5), foi proposta por Bosco e Pitera e tem sido usada na prática, embora haja poucas pesquisas investigando suas vantagens teóricas. Em uma investigação recente realizada em nosso laboratório, a técnica de Bosco apresentou uma tendência de gerar tempos de contato ligeiramente aumentados, altura de salto diminuída, e *forças de reação do solo* diminuídas, com relação ao BDJ. Embora essa tendência fosse aparente considerando-se os dados puros, quando submetidos a tratamento estatístico ela não se mostrava significativa. Além disso, também não se conhece o comportamento dos valores das forças internas - torques e potências articulares, que são as variáveis mais importantes. Na verdade, não podemos sequer afirmar que, por apresentar forças de reação do solo diminuídas, o SPM seria uma técnica menos traumática, uma vez que tem sido demonstrado que os valores dessas forças externas não guardam uma relação tão estreita com os valores de forças internas, principalmente quando consideramos as articulações do joelho e quadril. Em vista disso, consideramos essa variação como uma alternativa de treinamento que ainda exige estudos complementares que a validem.



**Figura 5.** Salto em Profundidade Modificado (SPM)

### **Como Selecionar a Melhor Altura de Queda para o Salto em Profundidade?**

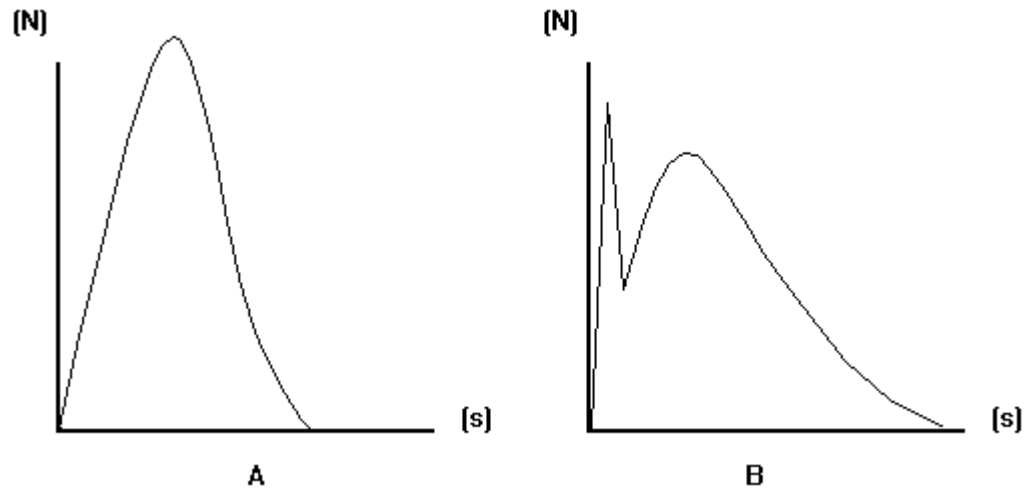
A altura da queda livre parece ser uma das variáveis críticas a serem controladas nesse tipo de treinamento. Vem daí uma pergunta: como optar pela altura de queda ideal? Parece que há uma altura ótima individual, que tem sido reportada em diferentes estudos como sendo aquela que permite o maior salto vertical após a queda. A figura 6 mostra os resultados obtidos por uma saltadora de distância de elite sulamericana (recorde pessoal = 6.20 m) durante a realização de saltos em profundidade sem auxílio dos braços, com alturas de queda de 20, 40, 60 e 80 cm. Nessa situação, a altura de 60 cm pareceu representar a altura ótima de treinamento para o BDJ, e 80 cm para o SPM, para essa atleta em particular. Há, no entanto, outras questões importantes que devem ser consideradas na eleição da altura ótima individual:



**Figura 6.** Altura do salto vertical obtida após diferentes alturas de queda livre, em duas condições de salto em profundidade, apresentadas por uma saltadora de distância de elite sulamericana (recorde pessoal = 6.20m).

A figura 7 mostra duas curvas de forças de reação do solo, geradas durante saltos em profundidade. A curva A foi gerada pela atleta citada acima, enquanto a curva B foi gerada por um atleta iniciante. Percebe-se que as curvas apresentam um formato muito diferente, sendo que o fator mais importante é a existência de dois picos na curva do atleta iniciante. O primeiro desses picos, que não se verifica no caso da saltadora de elite, representa o pico das *forças passivas*, e apresenta grande potencial para causar lesões, sem contribuir significativamente para o desempenho, ao contrário do segundo pico, representante das *forças ativas*. A existência ou não do primeiro pico está associada ao toque do calcanhar no solo. Assim, se o indivíduo estiver tocando o calcanhar no solo após a queda livre, deve-se diminuir a altura de queda, ou mesmo adiar a introdução do salto em profundidade nos programas de treinamento.

O nosso interesse quando desenhamos exercícios e programas de treinamento para aumentar a capacidade de salto de nossos atletas é oferecer tarefas que, ao mesmo tempo, exijam e permitam a produção de níveis elevados de potência máxima. Embora a primeira vista possa parecer contraditório, nem sempre as quedas que possibilitam os maiores saltos são as que provocam a maior produção de potência máxima. O atleta pode, mesmo com uma potência máxima menor, aumentar a duração de seu contato com o solo, aumentando com isso o impulso total e, portanto, obtendo saltos maiores. Durante a realização dos exercícios competitivos, no entanto, aumentos no tempo de contato não resultam em melhor desempenho, sendo na verdade prejudiciais. Esse mecanismo deveria, então, ser evitado também nos exercícios de treinamento. Portanto, outra recomendação prática importante é a de não utilizar alturas de plataforma que induzam ao aumento do tempo de contato, mesmo que sejam as que possibilitam o maior salto vertical após a queda.



**Figura 7.** Curvas das forças de reação do solo durante a realização de saltos em profundidade, para uma atleta de nível internacional (A) e um atleta iniciante (B).

Para finalizar, gostaríamos de salientar que os saltos em profundidade, nas variações discutidas aqui, representam meios de treinamento de força de saltos verticais. Muitas outras variações que enfatizam o componente horizontal, embora também com o uso de planos elevados, são descritas na literatura, porém não há dados biomecânicos comparativos publicados, o que não nos permite fazer recomendações com o respaldo adequado. Esse deve ser, portanto, um projeto a ser desenvolvido em nosso laboratório, e tão logo tenhamos dados que possam reverter em recomendações práticas para o treinamento, esses serão enviados para publicação.

## GLOSSÁRIO BÁSICO

**Cargas de alongamento:** Sobrecarga que induz o alongamento do músculo esquelético que já se encontra em estado de contração. Intimamente relacionado com  $g$  (aceleração da gravidade) e com a massa do indivíduo

**Ciclo excêntrico-concêntrico:** Ciclo de contração muscular, onde a contração concêntrica é imediatamente precedida por uma contração excêntrica. Representa o padrão de contração muscular mais comum nas atividades de locomoção humanas.

**Contração concêntrica:** Contração muscular onde o torque desenvolvido é maior que o que é oferecido como resistência. Dessa maneira, o músculo encurta, e o ângulo da articulação correspondente é modificado.

**Contração estática:** Contração muscular onde o torque desenvolvido é igual ao torque oferecido como resistência. Nessa situação, o ângulo articular não se modifica.

**Contração excêntrica:** Contração muscular onde o torque desenvolvido é inferior ao torque oferecido como resistência. Nesse tipo de contração, o músculo, mesmo contraído, é obrigado a se alongar.

**Eficiência mecânica:** Relação entre o trabalho realizado e a energia gasta. O músculo humano tem uma eficiência de aproximadamente 25%, ou seja, 25 % da energia é usada para realizar trabalho, com os 75% restantes se convertendo em calor ou sendo usados em processos de recuperação.

**Energia elástica:** Também conhecida como energia de tensão ou energia potencial elástica, representa a capacidade que um corpo possui de realizar trabalho como resultado da deformação de sua forma normal.

**Força explosiva:** Expressão utilizada no meio do treinamento desportivo para designar a capacidade de um determinado grupo muscular gerar uma quantidade relativamente grande de força em um intervalo de tempo curto. É uma das capacidades físicas mais importantes na maioria das provas do atletismo.

**Forças ativas:** Forças produzidas pela ação muscular.

**Forças de reação do solo:** De acordo com a terceira lei de Newton, "para qualquer força exercida por um corpo sobre outro, há uma força igual e oposta exercida pelo segundo corpo sobre o primeiro". Quando consideramos o solo como sendo esse segundo corpo, as forças exercidas por ele contra o pé de um saltador, por exemplo, são chamadas de forças de reação do solo. São essas forças que nos permitem correr ou saltar, mas são também elas as maiores responsáveis por muitas das lesões de sobrecarga características do esporte.

**Forças passivas:** Forças que se observam em função do choque mecânico entre dois corpos. Quando interpretamos um registro das forças verticais de reação do solo em atividades de corrida e saltos, é comum observarmos um primeiro pico, alto e de duração muito curta, que representa tais forças. Diversos autores relacionam a existência de tais picos passivos com a frequência de incidência de lesões.

**Fusos musculares:** Receptores sensoriais intramusculares, dispostos paralelamente às fibras musculares, que monitoram alterações no comprimento do músculo.

**Órgãos tendinosos de Golgi:** Receptores sensoriais localizados nos tendões, que monitoram alterações de tensão provocadas pela contração muscular.

**Potência máxima:** Simplificadamente, podemos dizer que potência é a proporção na qual um determinado trabalho mecânico é realizado: Quanto menor for o tempo necessário para a realização de um dado trabalho, maior a potência. Ao longo de um movimento, se considerarmos diferentes intervalos mínimos de tempo, podemos ter a potência instantânea em cada um desses instantes. Potência máxima é o valor mais elevado de potência instantânea observado em qualquer instante no decorrer de um determinado movimento.

**Torque:** É o efeito rotatório de uma força. Depende da grandeza da força, e da distância de sua linha de aplicação até o centro da articulação.

**Treinamento pliométrico:** Treinamento que faz uso de exercícios que sobrecarregam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético. Embora mais frequentemente utilizado para desenvolver força explosiva dos músculos extensores dos membros inferiores, exercícios pliométricos podem ser construídos para desenvolver praticamente qualquer grande grupo muscular.