

## Artigo de Revisão

# Percentuais de 1RM e alometria na prescrição de exercícios resistidos

Wladimir Külkamp<sup>1</sup>  
Jonathan Ache Dias<sup>2</sup>  
Marcelo Diederichs Wentz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Instrumentação, CEFID da Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

**Resumo:** Ainda que sejam explícitos os benefícios do treinamento resistido, a literatura apresenta lacunas no que diz respeito a modelos precisos para prescrição das cargas de trabalho. Apesar da relação não-linear entre número de repetições máximas e percentuais de 1RM e da evidente relação entre força muscular e massa corporal (MC), esses temas são freqüentemente negligenciados e geram controvérsias. A proposta desta revisão foi analisar de maneira crítica as informações disponíveis na literatura referentes à forma como os percentuais de 1RM e a MC são utilizados na prescrição de exercícios resistidos (ER). Sob a luz da literatura revisada, sugere-se cautela em assumir que percentuais semelhantes de 1RM proporcionem a mesma sobrecarga de treinamento. Com relação ao uso da MC, o método de ajuste alométrico parece ser uma ferramenta útil na construção de valores referenciais para prescrição de ER voltados à saúde e ao esporte.

**Palavras-chave:** Exercício. Levantamento de Peso. Força Muscular.

### *Percentage of 1RM and allometry in the prescription of resistance exercises*

**Abstract:** Even though the benefits of resistance training are explicit, the literature presents gaps regarding precise quantification models for the prescription of work loads. Despite the non linear relation between the number of maximum repetitions and the percentages of 1RM and the evident relation between muscle strength and body mass (BM), these themes are frequently neglected and generate controversy. The aim of this review was to analyze in a critical manner the information available in the literature referring to the way 1RM percentages and BM are used for the prescription of resistance exercises (RE). Considering the revised literature, caution is suggested when assuming that similar percentages of 1RM provide the same training overload. Regarding the use of BM, the method of allometric adjustment seems to be a useful tool in the construction of reference values for the prescription of RE for health and sports.

**Key Words:** Exercise. Weight Lifting. Muscle Strength.

## Introdução

O treinamento resistido (TR), também conhecido como treinamento contra-resistido, treinamento de força, treinamento com pesos ou simplesmente como musculação, favorece o desenvolvimento e manutenção dos níveis de força, podendo ser utilizado tanto no domínio do exercício físico voltado à saúde como também para fins de estética ou desempenho atlético. O TR foi definitivamente integrado aos programas de exercícios físicos visando saúde e qualidade de vida a partir da publicação, pelo *American College of Sports Medicine* (ACSM), dos artigos "The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults" (ACSM, 1998) e

"Progression models in resistance training for healthy adults" (ACSM, 2002, 2009).

Usualmente a prescrição é feita a partir de testes de uma repetição máxima (1RM), que é a maior carga que o indivíduo pode mover em uma única repetição, ou ainda a partir de testes de carga por repetição, onde os pesos são selecionados para um número pré-determinado de repetições máximas, por exemplo, 10 RM (PEREIRA; GOMES, 2003; TOUS, 1999). Testes de 1RM, além de proporcionarem a determinação da força absoluta do indivíduo, permitem que as cargas de treinamento sejam prescritas relativamente, ou seja, em percentuais selecionados de 1RM. A prescrição a partir de testes de carga por repetição baseia-se no *continuum* proposto por Fleck e Kraemer (1999), o qual prevê que ganhos de força são mais

pronunciados quando exercícios são realizados em intensidades de 1-6 RM, enquanto a hipertrofia é otimizada com cargas que permitam 6-12 RM e a resistência muscular localizada com cargas que possibilitem a execução de mais de 15 RM.

Ainda que sejam explícitos os benefícios do TR, a literatura apresenta lacunas no que diz respeito a modelos precisos de quantificação na prescrição das cargas de trabalho. Os modelos que estão disponíveis, embora à primeira vista pareçam satisfatórios, devem ser utilizados com cautela, especialmente quando estiverem sob o crivo científico (PEREIRA; GOMES, 2003).

Apesar de a prescrição de TR a partir de percentuais de 1RM ser um método utilizado diariamente em academias e centros de treinamento e freqüentemente observado nos procedimentos metodológicos de artigos científicos, sua validade pode estar comprometida. Percentuais de 1RM são utilizados na tentativa de garantir que diferentes indivíduos se exercitem com cargas semelhantes. No entanto, parece existir certa variabilidade no número máximo de repetições possíveis, o que pode fazer com que esses indivíduos observem efeitos fisiológicos distintos (HOEGER *et al.*, 1987; HOEGER *et al.*; 1990, SALVADOR *et al.*, 2005; SHIMANO *et al.*, 2006).

Outro ponto fundamental reside no fato de que alguns estudos, que se propõem a comparar o nível de força de diferentes grupos ou sujeitos, negligenciam a necessidade da correção dos valores de força máxima pela massa corporal. A alometria é um método de proporção baseado em uma escala que normaliza ou ajusta uma variável biológica, como por exemplo a força, por unidade de massa corporal. A necessidade desse tipo de ajuste ou normalização parece ser especialmente verdadeira quando se leva em conta a teoria da Similaridade Geométrica, a qual admite que

indivíduos mais pesados são geralmente mais fortes (JARIC, 2002).

Dessa forma o objetivo desta revisão foi analisar de maneira crítica as informações disponíveis na literatura, referentes à forma como os percentuais de 1RM e a massa corporal são utilizados para determinação das cargas de treinamento.

Os artigos foram selecionados nas bases de dados PUBMED, EBSCOHOST, LILACS, SPRINGERLINK, SCIELO e SPORTDISCUS, no período entre novembro de 2008 e março de 2009, sendo que alguns artigos indexados em outras bases de dados foram eventualmente incluídos de acordo com sua relevância e contribuição para a interpretação e discussão dos temas. Os descritores escolhidos para a busca foram: *resistance training, allometry, normalization, percentage of 1RM, body size e muscle strength*, bem como seus equivalentes na Língua Portuguesa.

### Número de repetições realizadas a partir de diferentes percentuais de 1RM

A determinação das cargas de trabalho a partir de intensidades relativas é bastante conhecida e baseia-se na utilização de percentuais das cargas dos testes de 1RM. Esse método é freqüentemente observado na literatura científica (AZEVEDO *et al.*, 2007; BARBOSA; CHAGAS, 2003; GERAGE *et al.*, 2005; GONÇALVES; GURJÃO; GOBBI, 2007; SIMÃO *et al.*, 2007), sendo usado na tentativa de garantir que diferentes indivíduos se exercitem com cargas semelhantes. O próprio ACSM (2002, 2009) sugere sua utilização para a prescrição de exercícios resistidos, recomendando para adultos saudáveis uma gama de percentuais de 1RM que varia de 60% a 100%, de acordo com os objetivos do praticante e seu *status* de treinamento.

**Tabela 1.** Relação do número de repetições máximas realizadas em diferentes percentuais de 1RM (adaptado de Tous, 1999, p.152).

%1RM	100	95	90	85	80	75	70	65	60	50
nº rep	1	2-3	4	6	8-10	10-12	15	20-25	25	40-50

De acordo com Tous (1999), esse modelo de prescrição provém de uma publicação de Sale (1981), baseada em observações não publicadas

de Anderson e Haring. A proposta original dos autores é apresentada na tabela 1.

Em teoria, essa relação deveria proporcionar similaridade no número de repetições realizadas

para uma mesma intensidade relativa, o que parece não acontecer na prática. Esse modelo de determinação de cargas e intensidade de trabalho pode apresentar problemas, já que o número de repetições parece diferir para um mesmo percentual de 1RM em diferentes exercícios e em diferentes indivíduos, o que pode de certa forma comprometer a validade de seu uso (HOEGER *et al.*, 1987; HOEGER *et al.*, 1990; SALVADOR *et al.*, 2005; SHIMANO *et al.*, 2006).

Dentre os primeiros estudos que levantaram a necessidade de cautela na utilização de percentuais de 1RM na prescrição de TR estão os de Hoeger *et al.* (1987) e Hoeger *et al.* (1990), que chegaram à conclusão que para um dado percentual de 1RM, nem sempre o mesmo número de repetições pode ser realizado. Os autores sugerem ainda que cargas que permitam 10 repetições ou menos devem ser usadas para estimular o desenvolvimento da força, o que representaria aproximadamente 80% das cargas de 1RM.

Em um estudo semelhante e mais recente, Shimano *et al.* (2006), ao comparar o número de repetições realizadas em diferentes exercícios resistidos com cargas de 60 %, 80 % e 90 % de 1RM, em homens treinados e não treinados, identificaram que apesar de não depender do *status* de treinamento, o número de repetições varia significativamente entre diferentes exercícios realizados em um mesmo percentual de 1RM. Os autores concluíram que essa diferença pode estar relacionada à quantidade de massa muscular utilizada durante o exercício, de forma que mais repetições podem ser realizadas no agachamento do que na rosca direta para uma mesma carga relativa. Com base no *continuum* de Fleck e Kraemer (1999), apresentado anteriormente, Shimano *et al.* (2006) concluíram ainda que para a zona de 1 - 6 RM, os percentuais a serem utilizados deveriam estar acima de 90 % de 1 RM, para a zona de 6-12 RM, deveriam ser utilizadas cargas iguais ou maiores que 80 % de 1 RM e que para repetições acima de 15, os autores propõem cargas inferiores a 80% de 1RM.

Salvador *et al.* (2005), em um estudo que comparou o desempenho entre mulheres e homens em diferentes exercícios resistidos, apesar de não identificarem diferenças no número de repetições entre indivíduos de diferentes sexos, apontam que existe uma

diferença no número de repetições realizadas em diferentes exercícios, para uma mesma carga relativa.

Alguns estudos (CHAGAS; BARBOSA; LIMA, 2005; BARBOSA; ANDRIES JUNIOR, 2006) apresentaram relações mais homogêneas entre número de repetições em diferentes intensidades relativas, provavelmente devido à utilização de um metrônomo para controlar a velocidade de execução e de um anteparo regulável para padronizar a amplitude do movimento de braços e pernas.

Sakamoto e Sanclair (2006) identificaram que o número de repetições é maior quando se utiliza uma velocidade de execução mais alta no exercício supino reto, reforçando ainda mais a idéia de que a velocidade pode interferir na quantidade máxima de repetições.

Deve-se ressaltar que, se para um dado número de repetições for solicitado que um grupo de indivíduos se exercite com os mesmos percentuais de suas cargas individuais de 1 RM, é muito provável que nem todos os elementos do grupo em questão executem o mesmo número de repetições. Trazendo à tona novamente o *continuum* de Fleck e Kraemer (1999), é possível especular ainda que as repetições realizadas por um ou outro sujeito fiquem abaixo ou acima da zona de repetições pré-estabelecida e com isso, esses indivíduos poderão sofrer adaptações fisiológicas distintas.

Assim sendo, deve-se ter cautela em assumir que percentuais semelhantes de 1RM proporcionam intensidade e volume de treinamento também semelhantes entre diferentes indivíduos (SIMÃO *et al.*, 2007).

Apesar de algumas das pesquisas citadas anteriormente apontarem a necessidade desse tipo de cuidado, um ponto de vista que não é destacado diz respeito à falta de discussão sobre as variações do número de repetições intra-grupos, ou seja, a maioria dos estudos compara a variação em torno das médias do número de repetições de cada grupo separadamente e não compara a diferença entre as repetições dos sujeitos do mesmo grupo.

Já que não se tem acesso aos resultados brutos das pesquisas publicadas, uma maneira de visualizarmos *a posteriori* a homogeneidade dos resultados dentro de cada grupo é a partir do coeficiente de variação (CV). Essa é uma medida

de dispersão empregada para estimar a precisão de experimentos e representa o desvio-padrão (DP) expresso como porcentagem da média (MOHALLEM *et al.*, 2008).

$$CV = DP / \text{média} \times 100 \quad (1)$$

Ainda que rudimentar, pode ser interpretada como a variabilidade dos dados em relação à média, ou seja, quanto menor o CV, mais homogêneo é o conjunto de dados. Apesar de não dispormos de referências específicas para Educação Física, tem sido aceito que, em geral, um CV acima de 10-20%, dependendo do tipo de estudo, leva a acreditar que os dados obtidos são

heterogêneos e, portanto, não deveriam ser generalizados para a prescrição por meio de sua média (GOMES, 1990).

Na tabela 2, pode-se observar uma coletânea dos valores apresentados em diversos artigos, criando um panorama da importância de ser levada em conta a homogeneidade intra-grupos e ainda a cautela que deve ser adotada com relação à apresentação de resultados baseados em valores médios de repetições por grupo, bem como na utilização desses valores de maneira indiscriminada e generalizada na prescrição de ER.

**Tabela 2.** Número de repetições máximas realizadas em diferentes percentuais de 1RM e o coeficiente de variação intra-grupos.

Autor	Exercício	%RM	média ± dp nº de rep	CV (%)	
Azevedo <i>et al.</i> (2007)	Supino	50	28,7 ± 4,47	15,57	
	Agachamento		37,0 ± 16,42	44,37	
Chagas, Barbosa e Lima (2005)	Leg press	80	7,6 ± 1,4	18,42	
		40	20,8 ± 4,4	21,15	
		40	77,6 ± 34,2	44,07	
	Leg press	60	45,5 ± 23,5	51,64	
		80	19,4 ± 9,0	46,39	
		40	38,8 ± 8,2	21,13	
Hoeger <i>et al.</i> (1990)	Supino	60	22,6 ± 4,4	19,46	
		80	12,2 ± 2,8	22,95	
		40	35,3 ± 11,6	32,86	
	Rosca direta	60	21,3 ± 6,2	29,10	
		80	11,4 ± 4,1	35,96	
		90	7,1 ± 2,1	29,57	
Ikeda e Takamatsu (2007)	Extensão de joelhos	70	16,4 ± 3,1	18,90	
		50	29,1 ± 8,5	29,20	
		80	8,5 ± 3,2	37,64	
Salvador <i>et al.</i> (2005)	Agachamento	Supino	80	8,7 ± 1,7	19,54
		Rosca direta	80	9,3 ± 2,4	25,80
		60	29,9 ± 7,4	24,74	
	Agachamento	80	12,3 ± 2,5	20,32	
		90	5,8 ± 2,3	39,65	
		60	21,7 ± 3,8	17,51	
Shimano <i>et al.</i> (2006)	Supino	80	9,2 ± 1,6	17,39	
		90	4,0 ± 1,3	32,50	
		60	19,0 ± 2,9	15,26	
	Rosca direta	80	9,1 ± 2,8	30,76	
		90	4,4 ± 1,9	43,18	
		60	19,0 ± 2,9	15,26	

### O uso da alometria na normalização da força pela massa corporal

O efeito do tamanho corporal sobre o desempenho humano, bem como sobre suas funções fisiológicas em geral, tem sido estudado por décadas (ASTRAND; RODHAL, 1980; CRAGG, 1978; MCMAHON, 1973; NEVIL; RAMSBOTTOM; WILLIAMS, 1992).

Devido ao sucesso da Física no início do século 20, enquanto ciência detentora de leis

universalmente aplicáveis, outras ciências como a Biologia passaram a utilizar modelos matemáticos generalizados para explicar seus fenômenos (SMIL, 2000).

Hill (1949) propôs que a força (F) de contração de um músculo depende da sua área de secção transversal (d), sendo da ordem de poucos quilogramas por centímetro quadrado ( $F \sim d^2$ ). De acordo com Hill (1949) a questão essencial a respeito do tamanho corporal dos animais é que

sua estrutura deve ser capaz de suportar seu próprio peso.

Conforme [McMahon](#) (1973), as conclusões de Hill são baseadas em uma “supersimplificada” similaridade geométrica. Essa teoria, também conhecida como similaridade biológica ou ainda escala isométrica ([CHALLIS](#), 1999), assume que corpos humanos, por terem o mesmo formato, só diferenciam-se pelo tamanho. Como conseqüência, todas as medidas de área (e.g. área de secção transversal do músculo) seriam proporcionais a medidas de comprimento (e.g. estatura) elevadas ao quadrado ( $L^2$ ), bem como todas as medidas de volume (e.g. massa ou peso corporal) seriam proporcionais à  $L^3$ . Assumindo o pressuposto de que a força é proporcional à área de secção transversal do músculo ([HILL](#), 1949), por meio de reduções matemáticas simples, é possível verificar que a força muscular deveria ser proporcional ao quadrado da estatura ou à MC elevada a um expoente de 0,67 ( $MC^{2/3}$ ) ([JARIC](#), 2002; [JARIC](#); [MIRKOV](#); [MARKOVIC](#), 2005).

[McMahon](#) (1973) propôs então uma teoria mais complexa, chamada de Similaridade Elástica, que aponta para um expoente de 0,75, baseada na resistência da estrutura de organismos vivos à deformação causada por forças gravitacionais e inerciais.

Apesar de a teoria da similaridade geométrica apontar que a força muscular deveria ser proporcional à  $MC^{0,67}$ , o sistema de alavancas em seres humanos parece não depender tanto das dimensões corporais, mas principalmente do aumento da área de sessão transversal do músculo, como previu inicialmente [Hill](#) (1949) e posteriormente [Ikai](#) e [Fukunaga](#) (1968). Em indivíduos treinados, a relação entre força e área seccional transversa do músculo parece ser menor do que o esperado para indivíduos não-treinados, devido principalmente ao aumento do “drive” neural e ao aumento da densidade das proteínas contráteis nas células musculares ([MAUGHAN](#); [WATSON](#); [WEIR](#), 1984).

Modelos de relação não-linear entre força e massa corporal podem permitir uma aproximação mais individualizada do desempenho físico, ao invés de escalas lineares generalizadas ([ATKINS](#), 2004).

A lei de escala, que segue muitos fenômenos naturais, é descrita por equações exponenciais,

sendo que um dos âmbitos de sua aplicação é o estudo de sistemas biológicos (leis alométricas), cuja utilidade no esporte é recente e abre uma nova linha metodológica na pesquisa aplicada ([GARCÍA-MANSO](#); [MARTÍN-GONZÁLES](#), 2008).

O termo alometria surgiu em 1936, quando em um trabalho conjunto publicado simultaneamente na Inglaterra e na França, Julian Huxley e Georges Teissier concordaram em usar esse termo a fim de evitar “confusão” na ciência do crescimento relativo ([GAYON](#), 2000). A alometria é um método de proporção baseado em uma escala que normaliza ou ajusta uma variável biológica, como por exemplo a força, por unidade de massa corporal, sendo que é o termo usado para descrever o efeito do tamanho nas dimensões e funções corporais ([ALEXANDER](#), 1971). A dependência de uma variável biológica Y em relação a sua massa corporal (MC) é tipicamente caracterizada pela seguinte equação alométrica:

$$Y = Y_0 \cdot MC^b \quad (2)$$

onde “b” é o expoente da escala e “ $Y_0$ ” uma constante característica do tipo de organismo ([MCMAHON](#), 1973).

De acordo com [Kerkhoff](#) e [Enquist](#) (2009), equações exponenciais ou suas transformações logarítmicas são fundamentais em modelagem alométrica não apenas por conveniência estatística. São modelos não-lineares que, além de possibilitarem o trabalho no domínio geométrico independentemente da escala ou unidade de medida das variáveis, proporcionam melhor ajuste, haja vista a maioria dos fenômenos biológicos serem fundamentalmente multiplicativos.

A relação entre MC e variáveis biológicas parece ser verdadeira para um amplo espectro de estruturas, dentre as quais podem ser destacadas, além da força muscular, a taxa metabólica de repouso do organismo como um todo, a taxa de metabolismo celular, o consumo máximo de oxigênio, a frequência cardíaca, o crescimento máximo de uma espécie ou população e ainda o crescimento e desenvolvimento embrionários ([GOMES](#), 2005; [KLEIBER](#), 1932; [MCMAHON](#), 1973; [NEVILL](#); [RAMSBOTTOM](#); [WILLIAMS](#), 1992; [SMIL](#), 2000; [WEST](#); [BROWN](#); [ENQUIST](#), 1997).

Particularmente com relação à força muscular, além de uma série de variáveis que podem afetar

seu desempenho, a quantidade de massa corporal têm despertado grande interesse de pesquisadores e profissionais da área do esporte (DAVIES; DALSKY, 1997; JARIC, 2002; NEVILL; RAMSBOTTOM; WILLIAMS, 1992).

Testes de força têm sido utilizados para avaliar a função muscular de diferentes grupos de indivíduos, o que pode contribuir para identificação do perfil de atletas e de possíveis talentos para alguns esportes, bem como pode fornecer valores normativos para avaliação de populações específicas.

De uma maneira geral, acredita-se que o tamanho corporal representa um fator que afeta o desempenho em testes físicos e também em atividades do cotidiano (MARKOVIC; JARIC, 2005; FOLLAND; MC CAULEY; WILLIAMS, 2008), de maneira que pessoas mais altas e mais pesadas são geralmente mais fortes que as mais baixas e mais leves (JARIC, 2002).

Assim sendo, o ajuste alométrico genérico apresentado na equação 2, quando utilizado para correção dos níveis de força muscular pela MC, deveria ser escrito e interpretado de acordo com a seguinte equação:

$$Y = a \cdot MC^b \quad (3)$$

onde "Y" é o desempenho em um teste de força específico, MC é a massa corporal, "a" é o coeficiente de ajuste e "b" é o expoente da equação (ATKINS, 2004).

Poderia ainda ser derivado um índice de força ajustada, reescrevendo-se a equação 3 da seguinte forma:

$$a = Y / MC^b \quad (4)$$

onde "a" corresponde à força corrigida, "Y" é o desempenho do teste, MC é a massa corporal e "b" é o expoente da equação. Esse índice de desempenho ou de força relativa pode auxiliar na construção de valores normativos para diferentes populações.

Apesar disso, um considerável número de pesquisas parece negligenciar a importância da normalização ou correção dos níveis de força pela massa corporal, quando se tem como objetivo a comparação de diferentes sujeitos. Alguns estudos que utilizam algum tipo de correção limitam-se ao uso da chamada taxa padrão (FONTOURA; SCHNEIDER; MEYER, 2004), que é representada pela divisão da força pelo valor absoluto da MC (b=1) ou ainda ao uso

de testes correlacionais para determinação da influência da MC em testes de força (WESTPHAL; BAPTISTA; OLIVEIRA, 2006). O problema em realizar esse tipo de ajuste é que, dessa forma, assumimos que a capacidade de produzir força é única e exclusivamente dependente da MC, o que sabidamente não acontece, conforme anteriormente apresentado.

Em um estudo de revisão publicado por Jaric (2002), são apresentadas algumas considerações importantes a respeito das formas adequadas de normalização ou correção de valores de força muscular pela massa corporal, apontando ainda certa negligência do atual universo literário em relação ao tema.

Dois anos após, Markovic e Jaric (2005), avaliaram 77 estudantes de Educação Física, na realização de 18 testes padrão de desempenho físico, divididos em três categorias: testes com carga externa (agachamento isométrico, preensão manual e 1RM - uma repetição máxima - de agachamento, supino e extensão e flexão de cotovelos), testes de movimentos rápidos (saltos verticais e horizontais, *sprint* de 20 metros, condução e arremesso de bola) e testes de suporte do próprio peso ou massa corporal (abdominais, apoios, barra fixa, subida unilateral em banco, mergulho e flexão de quadril em barras paralelas). Os autores concluíram que deveriam ser usados expoentes de ajuste alométrico (b) de 0,67, zero e - 0,33 respectivamente, para normalização da força pela MC em testes com carga externa, testes de movimentos rápidos e testes de suporte do próprio peso.

Os apontamentos feitos pelos dois estudos anteriores foram novamente verificados, agora por Jaric, Mirkov e Markovic (2005), sendo que os autores sugerem: a) utilização do modelo alométrico baseado na Similaridade Geométrica (equação 2) como padrão para normalizar ou ajustar resultados de testes de desempenho físico pelo tamanho ou massa corporal, b) usar os expoentes alométricos adequados a cada tipo de testes, conforme apontado na tabela 3, c) utilizar o índice de força ou desempenho corrigido, gerado por meio do ajuste alométrico (equação 4), possibilitando dessa forma a descoberta de valores que possam ser universalmente aceitos e que possibilitem comparações entre diferentes grupos de indivíduos.

**Tabela 3.** Expoentes de ajuste alométrico padrão para normalização do desempenho físico pela massa corporal ([JARIC](#); [MIRKOV](#); [MARKOVIC](#), 2005).

Parâmetro alométrico recomendado	Variável a ser medida	Exemplo de testes
$b = 1$	Torque muscular	Força de um grupo muscular medida em aparato isocinético
$b = 2/3 = 0,67$	Força muscular	Força de um grupo muscular medida em dinamômetro
	Taxa de desenvolvimento de força ou torque	Inclinação da curva até o pico de força ou torque
	Força exercida em carga externa	Levantamento de pesos em geral, musculação
	Potência muscular	Teste de Wingate e testes de potência em aparato isocinético
$b = 0$	Desempenho de movimentos rápidos (velocidade)	<i>Sprints</i> , saltos, arremessos
$b = -1/3 = -0,33$	Tempo ou número de repetições	Testes em exercícios que envolvam o suporte do próprio peso ou MC

Mais recentemente, [Folland](#), McCauley e Williams (2008) concluíram que a adiposidade pode interferir no valor dos expoentes alométricos a serem utilizados para correção da força ou torque musculares. De acordo com os autores, para indivíduos com percentual de gordura abaixo de 20%, os expoentes de ajuste alométrico deveriam ser de 0,66 e 1, para normalização da força e torque respectivamente e 0,45 e 0,68 para aqueles com mais de 20% de gordura corporal.

Com relação ao universo do esporte, parece que os valores apontados pela literatura diferenciam-se daqueles apresentados até aqui. [Atkins](#) (2004) investigou os efeitos da massa corporal e massa muscular sobre a força em atletas de elite de uma liga americana de *rugby* e sugere a divisão do desempenho individual pela massa corporal elevada a um expoente de 0,62. Na impossibilidade da construção de um índice alométrico específico para outras populações, o autor sugere ainda o uso de um expoente igual a 0,67.

Em esportes de levantamento de peso, inicialmente propunha-se, sendo assumidos os pressupostos geométricos de similaridade, que a habilidade dos atletas em levantar pesos deveria ser proporcional a sua MC elevada a um expoente de dois-terços ([LIETZKE](#), 1956). Levantamento Olímpico (*Weightlifting* - WL) e de Potência (*Powerlifting* - PL) são competições nas quais os atletas são divididos em categorias de massa corporal, a fim de facilitar a comparação

equitativa da força, sendo comum o interesse em comparar o desempenho de atletas de diferentes categorias ([CLEATHER](#), 2006).

Apesar de ser apontado como o método mais confiável para normalização da força muscular pela MC ([ATKINS](#), 2004), o uso do ajuste alométrico tem sido questionado no campo do halterofilismo, onde o principal argumento reside no fato de que a alometria assume que a relação entre força e desempenho é linear, sendo que é sabido que outros fatores são igualmente determinantes na habilidade do atleta, tais como técnica, pré-disposição genética, estado nutricional e motivação ([CLEATHER](#), 2006).

Nesse sentido, equações polinomiais têm sido utilizadas como método padrão para normalizar o desempenho de atletas de levantamento de peso pela MC, haja vista que essas equações parecem proporcionar uma melhor curva de ajuste. Equações polinomiais são funções matemáticas não-lineares e podem apresentar-se em diversas ordens, com características de traçado diferentes. A Federação Internacional de WL adota a equação de [Sinclair](#) (1985), que é uma função quadrática (equação polinomial de segunda ordem;  $y = ax^2 + bx + c$ ) baseada nos recordes olímpicos de períodos consecutivos de quatro anos. Já a Federação Internacional de PL adota a equação de Wilks (dados não publicados), baseada em uma equação polinomial de 5ª ordem e validada por [Vanderburgh](#) e Batterham (1999), como método padrão para ajuste do

desempenho dos atletas pela MC ([CLEATHER](#), 2006).

Alguns estudos ([BATTERHAM](#); GEORGE, 1997; [SIFF](#), 1988; [STONE](#) *et al.*, 2005; [VANDERBURGH](#); DOOMAN, 2000) foram realizados no intuito de determinar qual seria o modelo de ajuste que mais se adapta a peculiaridade dos esportes de levantamento de peso. Nesse sentido, as equações polinomiais e exponenciais parecem ser as mais capazes de permitir comparações ajustadas pela MC entre levantadores de peso, até mesmo quando os mesmos pertencem a categorias diferentes ([CLEATHER](#), 2006).

O cenário atual da literatura apresenta uma lacuna com relação ao uso de modelagem alométrica para comparação de indivíduos não-atletas. Uma das poucas publicações detalhadas sobre o assunto é de [Vanderburgh](#) (1999). Baseado no modelo alométrico tradicional e assumindo como expoente padrão o valor de dois-terços ( $b=0,67$ ), o autor apresenta uma tabela com índices de força ajustada (equação 4), que podem ser usados por qualquer indivíduo, de ambos os sexos, como uma forma simplificada para comparar pessoas de diferentes massas corporais.

Assim sendo, apesar de a alometria ser um método extremamente versátil de normalização da força pela MC, seu uso parece ainda exigir cautela, especialmente devido ao fato de que a curva de ajuste gerada não corresponde à universalidade dos fenômenos de manifestação da força muscular. Ainda assim o modelo alométrico deve ser privilegiado em detrimento ao uso da taxa padrão de correção ( $F/MC^1$ ), já que essa última assume que toda capacidade de produção de força é devida única e exclusivamente à MC, relação essa que sabidamente não é linear.

### Considerações finais

Apesar da aparente importância dos temas abordados neste trabalho, parece haver certa negligência da massa acadêmico-científica produtiva, haja vista a carência de trabalhos que se proponham a investigar os temas, bem como a inobservância metodológica dos conceitos aqui apresentados na elaboração de boa parte das pesquisas.

Com referência ao uso de percentuais de 1RM na prescrição de ER, sob a luz da literatura revisada, a relação entre cargas relativas e número de repetições que podem ser realizadas é claramente não-linear e, portanto, não deve ser generalizada.

Assim sendo, deve-se ter cautela em assumir que percentuais semelhantes de 1RM proporcionem intensidade e volume de treinamento também semelhantes entre diferentes indivíduos. Isso parece ser especialmente verdadeiro quando se tem como objetivo a prescrição de ER dentro de domínios fisiológicos específicos e também nas comparações entre diferentes estudos.

Apesar da evidente relação entre força muscular e MC, a correção, normalização ou ajuste entre essas variáveis ainda é bastante negligenciado. Embora a alometria seja um método extremamente versátil, seu uso ainda exige cautela, especialmente devido ao fato de que a curva de ajuste gerada não corresponde à universalidade dos fenômenos de manifestação da força muscular. Ainda assim, o modelo alométrico deve ser privilegiado em detrimento ao uso da taxa padrão de correção.

Em esportes de levantamento de peso como o halterofilismo, todavia, o uso da alometria parece ser questionável, sendo que equações polinomiais permitem uma curva mais ajustada à relação entre MC e desempenho.

De maneira geral, em relação ao uso da MC, o método de ajuste alométrico pode ser utilizado como ferramenta útil na construção de valores referenciais para prescrição de exercícios resistidos voltados à saúde e ao esporte.

### Referências

ACSM. Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.6, p.975-91, 1998. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/pt-core/template-journal/msse/media/0698a.htm>. Acesso em: 20 fev. 2009.

ACSM. Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.2, p.364-80, 2002. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/pt-core/template->

[journal.msse/media/0202.pdf](http://journal.msse/media/0202.pdf). Acesso em: 20 fev. 2009.

ACSM. Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, n.3, p.687-708, 2009. Disponível em: [www.msse.com/pt/re/msse/positionstandards.htm](http://www.msse.com/pt/re/msse/positionstandards.htm). Acesso em: 20 abr. 2009.

ALEXANDER, R.M. **Size and shape**. In **Studies in Biology**, vol. 29, ed. T. I. o. Biology. London: Edward Arnold, 1971.

ASTRAND, P.; RODHAL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2. Ed. Rio de Janeiro: 1980.

ATKINS, S.J. Normalizing expressions of strength in elite rugby league players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.1, p. 53-58, 2004.

AZEVEDO, P.H.S.; DEMAMPRA, T.H.; OLIVEIRA, G.P; *et al.* Efeito de 4 semanas de treinamento resistido de alta intensidade e baixo volume na força máxima, endurance muscular e composição corporal de mulheres moderadamente treinadas. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v.1, n.3, p.76-85, 2007. Disponível em: [http://www.brjb.com.br/files/brjb\\_13\\_1200709\\_id1.pdf](http://www.brjb.com.br/files/brjb_13_1200709_id1.pdf). Acesso em: 20 abr. 2009.

BARBOSA, A.C.; ANDRIES JUNIOR, O. Efeito do treinamento de força no desempenho da natação. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.20, n.2, p.141-150, 2006. Disponível em: [http://www.usp.br/eef/rbefe/v20n22006/v20\\_n2\\_141.pdf](http://www.usp.br/eef/rbefe/v20n22006/v20_n2_141.pdf). Acesso em: 20 abr. 2009.

BARBOSA, J.R.M., CHAGAS, M.H. Relação entre o número de repetições máximas e o percentual de intensidades a partir do teste de 1RM. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, Ouro Preto, 2003. **Anais**. Belo Horizonte: Imprensa Universitária UFMG, 2003. p.423-426.

BATTERHAM, A.M.; GEORGE, K.P. Allometric modeling does not determine a dimensionless power function ratio for maximal muscular function. **Journal of Applied Physiology**, v.83, n.6, p.2158-66, 1997.

CHAGAS, M.H.; BARBOSA, J.R.M.; LIMA, F.V. Comparação do número máximo de repetições realizadas a 40 e 80% de uma repetição máxima em dois diferentes exercícios na musculação entre os gêneros masculino e feminino. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.19, n.1, p.5-12, 2005. Disponível em:

<http://www.usp.br/eefe/rbefe/v19n12005/v19n1p5.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.

CHALLIS, J.H. Methodological report: the appropriate scaling of weightlifting performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, n.4, p.367-71, 1999.

CLEATHER, D.J. Adjusting powerlifting performances for differences in body mass. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.20, n.2, p.412-421, 2006.

CRAGG, P.A. Oxygen consumption in the lizard genus *Iacerta* in relation to diel variation, maximum activity and body weight. **The Journal of Experimental Biology**, v.77, n.1, p.33-56, 1978. Disponível em: <http://jeb.biologists.org/cgi/reprint/77/1/33>. Acesso em: 20 abr. 2009.

DAVIES, M. J.; DALSKY, G. P. Normalizing strength for body size differences in older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n.5, p. 713-17, 1997.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. ed.2, Porto Alegre, RS: Artmed, 1999.

FOLLAND, J.P.; MC CAULEY, T.M.; WILLIAMS, A.G. Allometric scaling of strength measurements to body size. **European Journal Applied Physiology**, v.102, n.6, p.739-745, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-007-0654-x>.

FONTOURA, A.S.; SCHNEIDER, P.; MEYER, F. O efeito do destreinamento de força muscular em meninos pré-púberes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.10, n.4, p.281-4, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v10n4/22044.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.

GARCÍA-MANSO, J.M.; MARTÍN-GONZÁLEZ, J.M. Leis de potência ou escala: sua aplicação ao fenômeno esportivo. **Fitness & Performance Journal**, v.7, n.3, p.195-202, 2008. <http://dx.doi.org/10.3900/fpj.7.3.195.p>.

GAYON, J. History of the concept of allometry. **American Zoologist**, v.40, n.5, p.748-758, 2000. <http://dx.doi.org/10.1093/icb/40.5.748>.

GERAGE, A.M.; CYRINO, E.S; SCHIAVONI, D.; et al. Efeito de 16 semanas de treinamento com pesos sobre a pressão arterial em mulheres normotensas e não treinadas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.13, n.6, p.361-365, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v13n6/01.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.

- GOMES, M.A.F. Física e esporte. *Ciência e Cultura*, v.57, n. 3, 2005. Disponível em: [www.cce.ufes.br/jair/ieff/Ci%C3%82nciaCultura\\_v57p36/F%C3%ADsica\\_Esporte.pdf](http://www.cce.ufes.br/jair/ieff/Ci%C3%82nciaCultura_v57p36/F%C3%ADsica_Esporte.pdf). Acesso em: 20 abr. 2009.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990.
- GONÇALVES, R.; GURJÃO, A.L.D.; GOBBI, S. Efeitos de oito semanas do treinamento de força na flexibilidade de idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.9, n.2, p.145-153, 2007. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/4055/3430>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- HILL, A.V. The dimensions of animals and their muscular dynamics. **Science Program**, v. 164, p.820, 1949. <http://dx.doi.org/10.1038/164820b0>.
- HOEGER, W.W.; HOPKINS, D.R.; BARETTE, S.L.; *et al.* Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. **Journal of Applied Sport Science Research**, v.4, no.2, p.47-54, 1990.
- HOEGER, W.W.; BARETTE, S.L.; HALE, D.F.; *et al.* Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. **Journal of Applied Sport Science Research**, v.1, n. 1; p.11-13, 1987.
- IKAI, M.; FUKUNAGA, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. **European Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 1, p.26-32, 1968. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00696087>.
- IKEDA, T.; TAKAMATSU, K. Effect of individual difference in maximal strength and number of repetitions at relative intensity on muscle oxygenation during knee extension exercise. **International Journal of Sport and Health Science**, v.5, n.1, p.54-62, 2007. Disponível em: <http://www.shobix.co.jp/ijshs/tempfiles/journal/8/20050190.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- JARIC, S. Muscle strength testing: Use of normalization for body size. **Sports Medicine**, v.32, n.10, p.615-631, 2002.
- JARIC, S.; MIRKOV, D.; MARKOVIC, G. Normalizing physical performance tests for body size: a proposal for standardization. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.2, p.467-474, 2005.
- KERKHOFF, A.J.; ENQUIST, B.J. Multiplicative by nature: why logarithmic transformation is necessary in allometry. **Journal of Theoretical Biology**, v.257, n. 3, p.519-21, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2008.12.026>.
- KLEIBER, M. Body size and metabolism. **Hilgardia**, v.6, p. 315-53, 1932.
- LIETZKE, M. H. Relation between weight-lifting totals and body weight. **Science**, v. 124. n. 3220, p.486-487, 1956. <http://dx.doi.org/10.1126/science.124.3220.486>.
- MARKOVIC, G.; JARIC, S. Scaling of muscle power to body size: the effect of stretch-shortening cycle. **European Journal of Applied Physiology**, v.95, n. 1, p.11-19, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-005-1385-5>.
- MAUGHAN, R. J.; WATSON, J.S.; WEIR, J. Muscle strength and cross-sectional area in man: a comparison of strength-trained and untrained subjects. **British Journal of Sports Medicine**, v. 18, n. 3, p. 149-157, 1984. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.18.3.149>.
- MCMAHON, T. Size and Shape in Biology: Elastic criteria impose limits on biological proportions, and consequently on metabolic rates. **Science**, v.179, n.4079, p.1201-4, 1973. <http://dx.doi.org/10.1126/science.179.4079.1201>.
- MOHALLEM, D.F.; TAVARES, M.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; FREITAS, R.F. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.449-453, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v60n2/a26v60n2.pdf>. Acesso em: 16 agt. 2009.
- NEVILL, A. M.; RAMSBOTTOM, R.; WILLIAMS, C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.65, n.2, p.110-117, 1992. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00705066>.
- PEREIRA, M.I.R.; GOMES, P.S.C. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.9, n.5, p.325-335, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v9n5/v9n5a12.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, n.3 p.523-527, 2006.
- SALE, D.; MACDOUGALL, D. Specificity in strength training: a review for the coach and

athlete. **Canadian Journal of Applied Sports Sciences**, v.6, n.2, p.87-92, 1981.

SALVADOR, E.P.; CYRINO, E.S.; GURJÃO, A.L.D.; *et al.* Comparação entre o desempenho motor de homens e mulheres em séries múltiplas de exercícios com pesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, n.11, v.5, p.257-261, 2005. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rbme/v11n5/27584.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbme/v11n5/27584.pdf). Acesso em: 20 abr. 2009.

SHIMANO, T.; KRAEMER, W.J.; SPIERING, B.A.; *et al.* Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, n.4, p.819-823, 2006.

SIFF, M.C. Biomathematical relationship between strength and body mass. **South African Journal of Research in Sport, Physical Education and Recreation**, v.11, n.1, p.81-92, 1988.

SIMÃO, R.; FONSECA, T.; MIRANDA, F.; *et al.* Comparação entre séries múltiplas nos ganhos de força em um mesmo volume e intensidade de treinamento. **Fitness Performance Journal**, v.6, n.6, p.362-366, 2007. <http://dx.doi.org/10.3900/fpj.6.6.362.p>.

SINCLAIR, R.G. Normalizing the performances of athletes in Olympic weightlifting. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, v. 10, n.2, p.94-98, 1985.

SMIL, V. Laying down the law. **Nature**, v.403, p.597, 2000. <http://dx.doi.org/10.1038/35001159>.

STONE, M.H.; SANDS, W.A.; PIERCE, K.C.; *et al.* Relationship of Maximum Strength to Weightlifting Performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.37, n.6, p.1037-43, 2005.

TOUS, J. **Nuevas tendencias en fuerza y musculación**. Barcelona: Ergo, 1999.

VANDEBURGH, P. M.; DOOMAN, C. Considering body mass differences, who are the world's strongest women? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.32, n.1, 197-201, 2000.

VANDEBURGH, P. M.; BATTERHAM, A. M. Validation of the wilks powerlifting formula. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, n.12, 1999.

VANDEBURGH, P.M. A simple index to adjust maximal strength measures by body mass. **Journal of Exercise Physiology**, v.2, n.4, p.7-12, 1999.

WEST, G.B.; BROWN, J.H.; ENQUIST, B.J. General model for the origin of allometric scaling laws in biology. **Science**, v. 276, 1997. <http://dx.doi.org/10.1126/science.276.5309.122>.

WESTPHAL, M.; BAPTISTA, R.R.; OLIVEIRA, A.R. Relações entre massa corporal total, massa corporal magra, área de seção transversa e 1 rm em mulheres. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.8, n.1, p.52-57, 2006. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/3764/3208>. Acesso em: 20 abr. 2009.

Endereço:

Wladimir Kulkamp  
Laboratório de Instrumentação, Centro de Ciências da Saúde e do Esporte, CEFID UDESC  
Rua Pascoal Simone, 358 Coqueiros  
Florianópolis SC Brasil  
88080-350  
Telefone: (48) 3321.8676  
e-mail: [wkulkamp@gmail.com](mailto:wkulkamp@gmail.com)  
[d4wk@udesc.br](mailto:d4wk@udesc.br)

Recebido em: 16 de junho de 2009.

Aceito em: 18 de outubro de 2009.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)