

## A DENSIDADE COMO UMA NOVA MÉTRICA DE QUANTIFICAÇÃO DE CARGAS NO TREINAMENTO DE FORÇA

Carlos Brendo Ferreira Reis<sup>1,2</sup>; Richard Diego Leite<sup>1,2</sup>; Bernardo N. Ide<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo do estudo foi realizar um breve comunicado sobre a adoção da densidade com uma nova métrica de quantificação de cargas no treinamento de força. Descrevemos como quantificá-la e destacamos as possíveis implicações da sua manipulação. Uma vez que considera o intervalo de recuperação entre as séries - onde podem ocorrer processos metabólicos importantes, como a ressíntese de fosfocreatina - a densidade pode ser um parâmetro representativo da magnitude do estresse metabólico induzido pelas sessões. Recomendamos que treinadores e pesquisadores da área de ciências do esporte passem a reportar quantificar e reportar a densidade dos treinos. Técnicas de treinamento que manipulam as pausas entre as séries, repetições e exercícios, como os treinos em circuito, o rest-pause, cluster training, intra-set rest e/ou inter-repetition rest, podem ter novas análises e, conseqüentemente, resultados interessantes a serem reportados.

**Palavras-chave:** variáveis do treinamento; periodização do treinamento; densidade do treino de força; estresse metabólico.  
Afiliação

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil; <sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil; <sup>3</sup> Department of Sport Sciences/Institute of Health Sciences, Federal University of Triangulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brazil.

## **DENSITY AS A NEW METRIC TO QUANTIFY STRENGTH TRAINING LOADS**

**Abstract:** The aim of the study was to provide a short communication about the adoption of density as a new metric to quantify strength training loads. We describe how quantify and highlighted the possible implications of density manipulation. Since considers the rest interval between sets - where important metabolic process such as phosphocreatine resynthesizes may occurs – density may represent the magnitude of metabolic stress induced by training session. In this sense, is recommended that sports sciences coach's and researchers report the training density. Training techniques that manipulate the rest intervals between sets, repetitions, and exercises, such as circuit training, rest pause, cluster training, intra-set rest, and/or inter-repetition rest may have new analysis, and consequently interesting results to be reported

**Key words:** Training variables; training periodization; Strength training density; metabolic stress

## Introdução

O treinamento de força (TF) é consolidado como um dos meios mais eficientes para aumentos na força, potência e hipertrofia muscular<sup>1,2</sup>. A exposição crônica ao TF, incrementa tais aspectos através de adaptações neuromusculares como a melhora no recrutamento e sincronização de unidades motoras e o aumento na taxa de síntese de proteínas miofibrilares. Todavia, não promove grandes mudanças na potência aeróbia, ou na capacidade de ressíntese de ATP via metabolismo oxidativo<sup>1,2</sup>.

A elaboração de um planejamento de TF consiste na configuração de sessões, dependente da manipulação de variáveis como a intensidade, volume, pausas entre séries, ações musculares, velocidade de execução dos movimentos, ordem dos exercícios e amplitude dos movimentos. O conjunto dessas variáveis configura o que a literatura denomina de carga de treino, podendo ser atribuída a uma sessão, microciclo, mesociclo, ou macrociclo de treinamento. Atualmente, há um consenso na literatura para a necessidade dos processos de monitoramento, quantificação e regulação das cargas de treino para o controle da eficiência do programa de treinamento, além da identificação dos possíveis estímulos indutores da fadiga pós sessões e/ou competições e a prevenção do estado de *overreaching e overtraining*<sup>3</sup>. No processo de quantificação de cargas no TF, duas métricas são classicamente reportadas e atribuídas aos exercícios, sessões e microciclos: 1) o volume de carga e 2) a intensidade<sup>4,5</sup>.

Recentemente, Marston e colaboradores<sup>6</sup>, propuseram uma nova métrica de quantificação das cargas do treino de força: a densidade do treinamento. No estudo, os autores observaram que as métricas “comuns” (cálculos de intensidade e volume de carga), não foram capazes de diferenciar os protocolos em relação a magnitude do estresse metabólico induzido, destacando a análise da densidade do treinamento como importante a ser considerada na quantificação de cargas do TF. Considerando a corrente importância do processo de quantificação e monitoramento de cargas de treino, o objetivo do estudo foi realizar um breve comunicado sobre a proposta realizada por Marstone e colaboradores<sup>6</sup> no tocante a adoção da densidade como uma nova métrica de quantificação de cargas no TF. Inicialmente, através de alguns exemplos práticos, descrevemos como quantificar o parâmetro e posteriormente, destacamos as possíveis implicações da sua manipulação.

### Como quantificar a densidade das sessões de treino de força?

O volume de carga e a intensidade das sessões são frequentemente reportados na literatura e podem ser calculados através de procedimentos simples<sup>4,5</sup> – ver Equações 1 e 2.

$$\text{Volume de carga (VC)} = \text{repetições} \times \text{carga} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Intensidade} = \text{VC} / \text{repetições} \quad (\text{Equação 2})$$

No estudo de Marston e colaboradores<sup>6</sup>, o cálculo proposto para quantificação da densidade das sessões de treino, consistiu em dividir o trabalho mecânico, ou o volume de carga, pelo tempo total dos

intervalos de recuperação. Todavia, no estudo em questão <sup>6</sup>, a divisão do trabalho mecânico pelo tempo foi reportada em Joules/s, o que pode ser confundido como a taxa de produção de trabalho (potência), cuja unidade de medida no sistema internacional é o watt (ver Equação 3).

$$P = \frac{dW}{dt}$$

(Equação 3).

Na física, trabalho é uma grandeza escalar. Ele pode ser positivo, ou negativo, e é realizado sobre um corpo quando o ponto de aplicação da força se desloca (ver Equação 4).

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$

(Equação 4)

Estudos prévios sobre a influência da densidade do TF, reportam o parâmetro como a relação entre o trabalho realizado e o tempo de pausa (*work-to-rest ratio*) <sup>7</sup>. No estudo de Paulo e colaboradores <sup>7</sup>, os autores colocam que o trabalho é considerado como o total do número de séries, repetições e peso levantado. A referência citada para sustentar a afirmação é um estudo do mesmo grupo de pesquisadores <sup>8</sup>. Infelizmente, ao considerarmos os princípios básicos da mecânica clássica acima descritos, constatamos que a definição de trabalho colocada no estudo de Paulo e colaboradores <sup>7</sup> está equivocada, assim como a expressão “*work-to-rest ratio*”. Assim sendo, recomendamos que o cálculo da densidade do treino TF seja feito somente através da divisão do volume de carga pelo tempo total dos intervalos de recuperação, sendo reportada em kg/s (ver Equação 5).

$$\text{Densidade de treino} = VC / \text{tempo total de intervalo entre as séries (s)} \quad (\text{Equação 5})$$

VC = Volume de carga.

Exemplificando como treinadores e pesquisadores podem realizar o cálculo da densidade das sessões, ilustramos as cargas de treino de duas sessões de TF (ver Tabelas 1 e 2), cujos cálculos de volume de carga, intensidade e densidade, estão expressos na Tabela 3.

**Tabela 1.** Sessão de TF composta de 4 séries de 8 repetições para 5 exercícios e com intervalo 120 segundos entre as séries.

Séries	Repetições	Intervalo entre as séries (s)	Exercícios e cargas (kg)				
			Agachamento livre	Puxador Frente	Leg Press 45°	Remada Unilateral	Rosca direta
1ª	8	120	100	80	380	35	47
2ª	8		100	80	380	35	47
3ª	8		100	80	380	35	47
4ª	8		100	80	380	35	47

**Tabela 2.** Sessão de TF composta de 4 séries de 8 repetições para 5 exercícios e com intervalo 60 segundos entre as séries.

Séries	Repetições	Intervalo entre as séries (s)	Exercícios e cargas (kg)				
			Agachamento livre	Puxador Frente	Leg Press 45°	Remada Unilateral	Rosca direta
1ª	8	60	100	80	380	35	47
2ª	8		100	80	380	35	47
3ª	8		100	80	380	35	47
4ª	8		100	80	380	35	47

**Tabela 3.** Quantificação de cargas de treino ilustradas nas Tabelas 1 e 2.

Controle de cargas	Sessão 1	Sessão 2
Total de repetições	160	160
Volume de carga (kg)	20544	20544
Intensidade (kg)	128	128
Tempo total de pausas (s)	1800	900
Densidade (kg/s)	11,4	22,8

Volume de carga = repetições x carga; Intensidade = volume de carga / repetições; Densidade de treino = volume de carga / tempo total de intervalo entre as séries.

Uma informação adicional que pode ser computada pelos treinadores e pesquisadores para o cálculo da densidade da sessão, é o intervalo entre os exercícios. Neste caso, sessões de treino realizadas em circuito, ou com diferentes intervalos entre os exercícios, também podem ter sua respectiva densidade reportada. Tal análise, pode ajudar na quantificação de cargas e controle da duração total das sessões.

### Quais as possíveis implicações da manipulação da densidade dos treinos?

No trabalho realizado por Marston e colaboradores <sup>6</sup>, treze homens (idade: 25,0 ± 1,4 anos) e sete mulheres (idade: 23,4 ± 1,4 anos), realizaram dois protocolos de TF. Eles foram separados em duas sessões, que foram realizadas em ordem randomizada e contrabalanceada. Os protocolos foram organizados para promover o mesmo nível de trabalho, mas com diferentes estímulos. Uma sessão foi denominada de “força”, consistindo em 5 séries de 5 repetições com uma carga correspondente a 5 repetições máxima (RM), com pausas passivas de 180s entre as séries. A outra sessão foi chamada de “hipertrofia” e consistiu em 3 séries de 10 repetições com uma carga correspondente a 10RM, com pausas passivas de 60s entre as séries. A magnitude do estresse metabólico foi inferida através das concentrações de lactato sanguíneo, mensuradas Pré e imediatamente após a execução das sessões.

Os principais resultados demonstraram que a densidade do treino, bem como as concentrações de lactato foram significativamente maiores para o treino de “hipertrofia” (p < 0,01; tamanho do efeito = 3,68 e p < 0,01; tamanho do efeito = 1,49, respectivamente) <sup>6</sup>. As mudanças relativas nas concentrações sanguíneas de lactato não apresentaram correlações significativas com o volume de carga e intensidade, mas foram observadas correlações moderadas com o total de repetições (r = 0,47; p < 0,01; IC 95%, 0,2

a 0,7) e a densidade do treino ( $r = 0.66$ ;  $p < 0,0$ ; IC 95%, -0,44 a 0,36)<sup>6</sup>. Com base nos resultados, os autores concluíram que as métricas “comuns” (cálculos de intensidade e volume de carga), não foram capazes de diferenciar os protocolos em relação a magnitude do estresse metabólico induzido.

Como visto no tópico anterior sobre a quantificação de cargas, a densidade do treino é diretamente proporcional ao volume de carga, mas inversamente proporcional ao tempo total dos intervalos de recuperação (ver Equação 5). Sendo assim, os resultados acima reportados podem ser, em parte, explicados pelo fato das sessões de treino com maior densidade possuírem menores intervalos de recuperação entre as séries. Durante as pausas entre os exercícios de alta intensidade, ocorrem processos metabólicos como a ressíntese de fosfocreatina (PCr), o tamponamento de  $H^+$  e a remoção do lactato produzido no meio intra, para o meio extracelular<sup>9</sup>. Especificamente a ressíntese de PCr, pode ser considerada como o principal processo metabólico intramuscular ocorrente durante as pausas. O processo envolve a re-fosforilação da creatina, com gasto de ATP pela enzima creatina quinase e possui um padrão bi exponencial, com um componente rápido e outro lento<sup>10</sup>. A meia vida do componente rápido é de ~ 21 a 22s, contabilizando apenas para uma pequena fração do total de PCr ressintetizada. A meia vida do componente lento é de mais de 170s.

A literatura reporta que a ressíntese de PCr é dependente da disponibilidade de oxigênio para a musculatura. Indivíduos treinados em resistência - e consequentemente com maior potência e capacidade aeróbia - são capazes de ressintetizar o substrato mais rapidamente do que sedentários. Consequentemente, a ressíntese de PCr é dependente do tempo das pausas entre séries e exercícios, definindo as pausas como curtas (incompletas para ressíntese de PCr), ou longas (completas para ressíntese de PCr). Por outro lado, quando a ressíntese de PCr é incompleta, os estoques intramusculares de ATP também podem ser recompostos pelo metabolismo anaeróbio a partir da degradação do glicogênio muscular ou da glicose sanguínea. Essa via metabólica é denominada anaeróbia láctica, pois tem como produto um dos compostos mais estudados na literatura: o lactato. O lactato é um produto inevitável da glicólise anaeróbia, pois a enzima lactato desidrogenase possui uma velocidade maior do que qualquer outra enzima da via glicolítica. Além disso, a constante de equilíbrio da reação piruvato  $\leftrightarrow$  lactato é muito mais tendente para a formação de lactato<sup>11</sup>. Assim sendo, se mantido o volume de carga, treinos com pausas mais curtas seriam considerados mais “densos”, proporcionando um menor tempo para ressíntese de fosfocreatina, uma maior participação da via anaeróbia láctica e, consequentemente uma maior produção de lactato.

### **Considerações finais e futuras perspectivas**

Assim como classificamos sessões de treino de acordo com seus volumes e intensidades, a partir das quantificações exemplificadas no presente trabalho, podemos passar a classificá-las também como mais, ou menos densas. Uma vez que passa a considerar o intervalo de recuperação entre as séries, onde podem ocorrer processos metabólicos importantes, como a ressíntese de fosfocreatina, o tamponamento de  $H^+$  e a remoção de lactato, a densidade pode ser um parâmetro representativo da magnitude do estresse

metabólico induzido pela sessão <sup>6</sup>.

Atualmente, diversos pesquisadores têm proposto que, além do estresse mecânico, o estresse metabólico induzido pelo treinamento também possa exercer uma influência considerável sobre a hipertrofia muscular <sup>12</sup>. O estresse metabólico é um processo fisiológico que ocorre durante o exercício em resposta a depleção dos substratos energéticos e ao consequente acúmulo de determinados metabólitos (e.g., lactato, fosfato inorgânico, íons hidrogênio e espécies reativas de oxigênio) <sup>13</sup>. Dentre os mecanismos teorizados da mediação da reposta hipertrófica pelo estresse metabólico, estão o incremento no recrutamento de unidades motoras, a elevação sistêmica hormonal, as alterações nas mioquinas, o aumento na produção de espécies reativas de oxigênio e o inchaço celular <sup>12</sup>.

Assim sendo, recomendamos que treinadores e pesquisadores da área de ciências do esporte passem a reportar e controlar em suas planilhas a densidade, assim como se controla o volume de carga e a intensidade das sessões de TF. Métodos, ou técnicas de treinamento que manipulam as pausas entre as séries e exercícios, como os treinos em circuito, o *rest-pause*, *cluster training*, *intra-set rest e/ou inter-repetition rest*, podem ter novas análises e, consequentemente, resultados interessantes a serem reportados.

### Potencial Conflito de Interesses

Declaramos não haver conflitos de interesses pertinentes.

### Referências

1. Folland, J. P. & Williams, A. G. The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sport. Med* **37**, 145–168 (2007).
2. Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sport. Med* **41**, 17–38 (2011).
3. Bourdon, P. C. *et al.* Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **12**, S2-161-S2-170 (2017).
4. Haff, G. G. Quantifying workloads in resistance training: a brief review. *Strength Cond* **10**, 31–40 (2010).
5. Scott, B. R., Duthie, G. M., Thornton, H. R. & Dascombe, B. J. Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports Med.* **46**, 687–98 (2016).
6. Marston, K. J., Peiffer, J. J., Newton, M. J. & Scott, B. R. A comparison of traditional and novel metrics to quantify resistance training. *Sci. Rep.* **7**, 5606 (2017).
7. Paulo, A. C., Tricoli, V., Queiroz, A. C. C., Laurentino, G. & Forjaz, C. L. M. Blood Pressure Response During Resistance Training of Different Work-to-Rest Ratio. *J. Strength Cond. Res.* **33**, 399–407 (2019).
8. Paulo, C. A., Roschel, H., Ugrinowitsch, C., Kobal, R. & Tricoli, V. Influence of Different Resistance Exercise Loading Schemes on Mechanical Power Output in Work to Rest Ratio –

Equated and – Nonequated Conditions. *J. Strength Cond. Res.* **26**, 1308–1312 (2012).

9. Glaister, M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* **35**, 757–77 (2005).

10. Walter, G., Vandeborne, K., McCully, K. K. & Leigh, J. S. Noninvasive measurement of phosphocreatine recovery kinetics in single human muscles. *Am. J. Physiol. Physiol.* **272**, C525–C534 (1997).

11. Brooks, G. A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. in *Medicine and Science in Sports and Exercise* (2000). doi:10.1097/00005768-200004000-00011.

12. Schoenfeld, B. J. Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. *Sport. Med.* **43**, 179–194 (2013).

13. Freitas, de M. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications 55 Targeted temperature management in neurological intensive care unit Basic Study 68 Nutech functional score: A novel scoring system to assess spinal cord injury patients. *World J. Methodol.* **7**, 33–72 (2017).