



INCLINAÇÃO DO TRONCO E CUSTO DE TRANSPORTE EM DIFERENTES VELOCIDADES DE CAMINHADA COM CARGA EM TERRENO INCLINADO

Natalia Andrea Gomeñuka^a
Rodrigo Gomes da Rosa^b

RESUMO

Estudos sobre o carregamento de cargas em inclinações determinaram que os padrões mecânicos da caminhada são alterados devido à carga. O objetivo deste estudo foi analisar o ângulo de inclinação do tronco, o deslocamento angular do tronco e custo de transporte (C) na inclinação de +15% do terreno em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹) de caminhada com e sem carga. Para comparação entre a carga e as velocidades foi utilizada ANOVA de dois fatores. Resultados: o comportamento do C da caminhada carregando 25% da massa corporal em terreno com 15% de inclinação se assemelha a caminhada no plano sem carga, pois apesar de apresentar maiores valores comparados a situação terreno plano, o comportamento da curva apresenta um menor C na velocidade intermediária (3 km h⁻¹). O ângulo de inclinação e o deslocamento angular do tronco aumentam com o incremento da velocidade de caminhada. Conclusão: a carga não influencia o C, comparando-as nas mesmas velocidades de caminhada sem carga. O aumento da velocidade de caminhada é o principal fator para as mudanças no C aos 15% de inclinação do terreno.

Palavras chave: Caminhada, inclinação, carga, custo de transporte, inclinação do tronco.

ABSTRACT

Studies about of transport of load in gradients determined that the mechanics of walking patterns are altered due to the load. The aim of this study was to analyze the angle of inclination of the trunk, the angular displacement of the trunk and the cost of transport (C) on the terrain with +15% of gradient, in five different walking speeds (1, 2, 3, 4 and 5 km h⁻¹) with and without load. For comparison between the load and speed was used two factors ANOVA. Results: the behavior of the C in the walking with load 25% of body mass in gradient of 15% resembles the walk on the level, as despite having higher values compared with the situation flat terrain, the behavior of the curve C has a lower speed intermediate (3 km h⁻¹). The inclination angle of the trunk and the angular displacement of the trunk increases with increasing walking speed. Conclusion: the load does not influence the C, comparing them at the same speeds of walking without load. The increase in walking speed is the main factor for the changes in C on 15% of gradient.

Keywords: Walking, gradient, load, cost of transport, trunk inclination.



RESUMEN

La mecánica de la caminata puede ser modificada debido al transporte de carga, en inclinaciones. Objetivo: analizar el ángulo de inclinación del tronco, el desplazamiento angular del tronco y el costo de transporte (C) en 15% de inclinación del terreno y en cinco diferentes velocidades de caminata (1, 2, 3, 4 y 5 km h⁻¹) con y sin carga. Para comparaciones entre la carga y las velocidades se utilizó ANOVA de dos factores. Resultados: El comportamiento del C de la caminata con 25% del peso corporal en 15% de inclinación del terreno es similar a la situación de terreno plano, ya que a pesar de tener valores más altos, el comportamiento de la curva de C presenta el valor más bajo en la velocidad intermedia (3 km h⁻¹). El ángulo de inclinación y el desplazamiento angular del tronco aumentan con el aumento de la velocidad de caminata. Conclusión: la carga no influye en el C, comparándolos con la misma velocidad de caminata sin carga. El aumento de la velocidad de caminata es el principal factor para los cambios en el C a 15% de inclinación del terreno.

Palabras clave: Caminata, inclinación, carga, costo de transporte e inclinación del tronco.

Introdução

A caminhada é um padrão locomotor fundamental do ser humano. A estratégia bípede da caminhada humana nos concedeu uma nova visão do mundo, o que permitiu o uso dos membros superiores para novas descobertas.

O padrão da caminhada impõe ao sistema locomotor diversas exigências que devem ser atendidas e integradas durante a locomoção, tais como: economia energética, otimização da tarefa motora e proteção do sistema músculo-esquelético (MISAILIDIS *et al.*, 2006).

Em relação à economia energética da caminhada, os autores têm estabelecido que em superfícies deformáveis (areia e neve) ou em inclinações o custo energético da caminhada é maior que a locomoção em superfícies firmes ou em terrenos planos (ALEXANDER, 2002). Igualmente, os movimentos integrados e complexos dos segmentos corporais na locomoção, podem sofrer alterações em seu padrão normal, devido a fatores externos como o carregamento de cargas (simétrica ou assimetricamente) (CROSBIE *et al.*, 1994; GARCIAGUIRRE *et al.*, 2007).

Durante o carregamento de cargas em atividades da vida diária (AVD's), o equilíbrio dinâmico pode ser alterado devido a uma assimetria postural imposta pelo diferente arranjo das estruturas corporais que ocorrem para acomodar a carga, como por exemplo, os desvios laterais do tronco (FOWLER; RODACKI *et al.*, 2006), o ângulo de inclinação do tronco a frente (LI; HONG *et al.*, 2003), o deslocamento do centro de massa durante o transporte de cargas assimétricas (KINOSHITA, 1985; WU; MACLEOD, 2001) e simétricas (DEVITA; HONG *et al.*, 1991). Desta forma a necessidade de (re-)estruturação do equilíbrio pode levar a outras alterações no padrão dinâmico da caminhada (SARRAF, 2006).

Pesquisadores têm investigado diferentes situações da caminhada humana, como: com carga (MALOY *et al.*, 1986; MINETTI *et al.*, 2006) e em diferentes inclinações (ÀRDIGO *et al.*, 2003). A inclinação do terreno tanto positiva quanto negativa torna o gesto locomotor da caminhada mais complexo, assim como uma carga carregada em uma mochila ou na cabeça. No caso do *trekking* em



regiões montanhosas é sabido que as inclinações do terreno influenciam diretamente no padrão da caminhada alterando o comportamento energético durante a caminhada.

Tendo em consideração que a situação da caminhada com mochila em terrenos inclinados é comum tanto nas AVD's quanto em corridas ou caminhadas de aventura e operações militares, o peso da carga e a maneira de transporte são fatores intervenientes na análise da caminhada. Bastien *et al.*, (2005) indicam que a carga comumente usada por praticantes de *trekking* é de 25% da massa corporal. Esta carga permite a caminhada durante muitas horas sem interferir no custo de transporte, durante a caminhada no plano. Além disso, faltam informações na literatura acerca da locomoção com carga na inclinação.

O custo de transporte (C) relacionado à energia utilizada para percorrer uma distância (SAIBENE; MINETTI, 2003), é comumente usado como um marcador de economia energética da caminhada e corrida humana. Estudos indicam que a velocidade ótima de caminhada no plano, na qual, ocorre o menor dispêndio energético na caminhada, estaria próxima aos 4 km h⁻¹ em adultos (SAIBENE; MINETTI, 2003; ABE *et al.*, 2008). O C menor à aproximadamente 4 km h⁻¹ é mantido transportando cargas de até 75% da massa corporal em uma mochila durante a caminhada em terreno plano (BASTIEN *et al.*, 2005).

Nossa principal hipótese é que a inclinação do tronco aumente na situação de caminhada com carga aos 15% de inclinação do terreno em relação à caminhada sem carga, e que quando incrementada da velocidade de caminhada, a inclinação do tronco aumentará como uma estratégia de minimização do C.

Deste modo, o objetivo deste estudo é analisar as alterações na inclinação do tronco, deslocamento angular do tronco e o C em diferentes velocidades de caminhada com e sem carga nos 15% de inclinação positiva do terreno.

Métodos

Participaram do estudo sete homens fisicamente ativos (Tabela 1). Os sujeitos foram selecionados entre estudantes da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Médias e desvio padrão (DP) ± correspondentes às características físicas e antropométricas do grupo avaliado.

Idade (anos) ± DP	Estatura (m) ± DP	Massa (Kg) ± DP	Massa Mochila (Kg) ± DP
23,1 ± 3,36	1,8 ± 0,07	73,5 ± 3,82	18,4 ± 0,99

Todos os voluntários leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Foram orientados sobre as atividades que iriam realizar durante o experimento pelos pesquisadores responsáveis do estudo.

O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa desta universidade, conforme Protocolo 33083629.

Inicialmente era realizada a avaliação antropométrica para obter os dados de estatura (EST) e da massa corporal (MC) (PS - 180 da marca URANO, RS/Brasil). Após a verificação da MC dos sujeitos, era calculado 25% da MC, utilizado como percentual da massa transportada na mochila. O peso da mochila



foi distribuído entre as cintas dos ombros e o suporte do quadril. Foi utilizado um frequencímetro (*POLAR*, modelo *VANTAGE XL*) para a mensuração dos batimentos cardíacos dos sujeitos durante os períodos de exercício e repouso.

O protocolo se iniciava com uma familiarização do sujeito aos equipamentos utilizados, foram explicados os possíveis desconfortos da mochila e na utilização da máscara de neoprene para a coleta de oxigênio. Em seguida, a mensuração do consumo de oxigênio (VO_2) de repouso era realizada em pé durante 6 min sem carga e também durante 6 min com carga.

Posteriormente o indivíduo realizava um aquecimento de 5 min caminhando na esteira rolante (*BH fitness, Explorer ProAction*) aos 15% de inclinação. Logo após, iniciava o teste com caminhadas de 5 min em cada uma das velocidades estabelecidas em ordem randomizada.

Foram 5 min em cada velocidade de caminhada (1, 2, 3, 4 e 5 $km\ h^{-1}$), com 3 min de repouso entre cada teste ou até que o indivíduo atingisse 100 batimentos por minuto (bpm) (ROTSTEIN *et al.*, 2005). Deste modo, todos os sujeitos realizaram 10 testes de caminhada. Os registros de VO_2 (*VO2000* da *Inbramed St. Paul, EUA*) foram realizados nos dois últimos minutos de cada teste, e durante o período de repouso entre os testes.

Para avaliação da distância percorrida pelas 15 passadas da caminhada foi utilizado o programa de captação de imagens *Dvideow* (*Digital Video for Biomechanics* desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas, Brasil versão 5.0).

Para obtermos o custo de transporte, foi calculado o consumo energético (VO_2) médio do 4º e 5º minuto, realizado para percorrer a distância em metros das 15 passadas realizadas, dividida pela massa corporal e subtraído pelo valor de repouso em pé. A unidade é dada em $J\ kg^{-1}\ m^{-1}$ (SAIBENE; MINETTI, 2003).

A inclinação do tronco foi considerada como o ângulo formado entre a linha vertical e a linha que conecta o acrômio ao trocânter maior do fêmur. O deslocamento angular do tronco foi calculado em uma rotina computacional para análise de dados cinemáticos no software *Matlab*® como a diferença entre o ângulo máximo de inclinação do tronco e o ângulo mínimo de inclinação do tronco durante cada passo (HONG *et al.*, 2003).

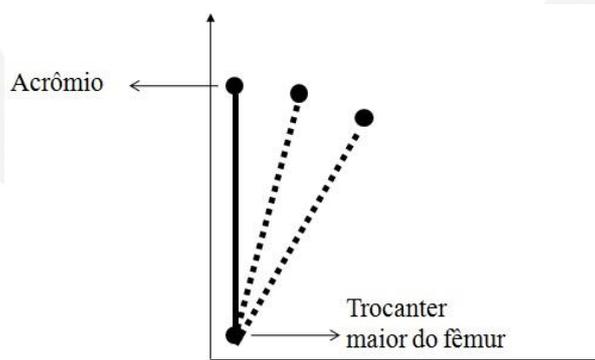


Figura 1. Modelo do cálculo do deslocamento e ângulo máximo do tronco.

Foram calculados as médias e os desvios padrão para as variáveis analisadas.



Também, utilizamos testes estatísticos comparativos das variáveis dependentes (custo de transporte e inclinação do tronco) através da ANOVA de dois fatores: 2x5 [2 cargas (massa corporal e massa corporal + 25% da massa corporal), e 5 velocidades 1,2,3,4,5 km h⁻¹]; seguido de um *post hoc* de Bonferroni. O índice de significância estatística foi de $p < 0,05$.

Foi utilizado o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 17.0.

Resultados

Na figura 2 são apresentados os valores médios e o desvio padrão da variável C (J kg⁻¹ m⁻¹) dos sete sujeitos analisados nas cinco velocidades analisadas, não apresentando alteração no C da caminhada na situação com carga quando comparada sem carga para cada uma das velocidades avaliadas.

Quando comparamos o C entre as diferentes velocidades de caminhada, os resultados foram significativos para: com carga 1 e 3 km h⁻¹ ($p = 0,003$), 1 e 4 km h⁻¹ ($p = 0,026$), e 1 e 5 km h⁻¹ ($p = 0,020$). Na situação sem carga, houve diferença significativa entre as velocidades 1 e 3 km h⁻¹ ($p = 0,037$).

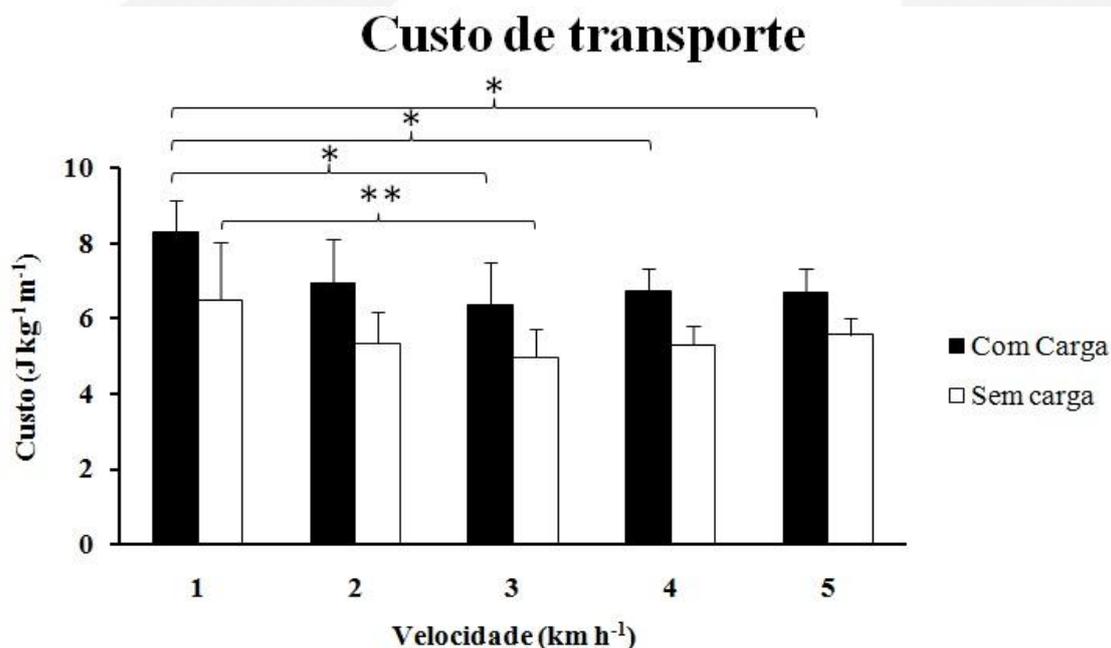


Figura 2: valores médios e desvio padrão do C com e sem carga em diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹) de caminhada a 15% de inclinação do terreno. Custo é apresentado em J kg⁻¹ m⁻¹ e a velocidade em km h⁻¹. Ambas as situações apresentam o C mínimo na velocidade intermediária (3 km h⁻¹). * representa as diferenças significativas. * $p < 0,05$ entre 1x3, 1x4, 1x5 km h⁻¹ com carga; e ** $p < 0,05$ 1x3 km h⁻¹ sem carga.

Na tabela 2 são apresentados os resultados de média e desvio padrão do ângulo de inclinação do tronco (em graus) dos sete sujeitos analisados, não havendo alteração no ângulo de inclinação da caminhada na situação com carga quando comparada sem carga para cada uma das velocidades avaliadas.



Tabela 2. Médias e desvio padrão (DP) \pm do ângulo de inclinação do tronco em graus ($^{\circ}$).

	1 km h ⁻¹	2 km h ⁻¹	3 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	5 km h ⁻¹
Sem carga	11,2° \pm 4,3°*	12,3° \pm 4,0°	13,0° \pm 3,5°	17,2° \pm 5,4°	17,6° \pm 4,4°
Com carga	14,4° \pm 5,0°	14,7° \pm 4,5°	18,0° \pm 3,9°	21,3° \pm 3,7°	25,6° \pm 4,7°

Para o ângulo de inclinação do tronco, houve diferença significativa na situação com carga entre as velocidades 1 e 4 km h⁻¹ (p = 0,046), na velocidade 5 com a 1 e 2 km h⁻¹ (p = 0,001), e 5 e 3 km h⁻¹ (p = 0,025). O ângulo de inclinação do tronco, na situação sem carga, houve diferença significativa entre as velocidades 1 e 5 km h⁻¹ (p = 0,008), e 2 e 5 km h⁻¹ (p = 0,029).

Na figura 3 observamos os valores médios do ângulo de inclinação do tronco, para ambas as situações de caminhada com e sem carga, o ângulo de inclinação do tronco aumenta conforme aumenta a velocidade de caminhada.

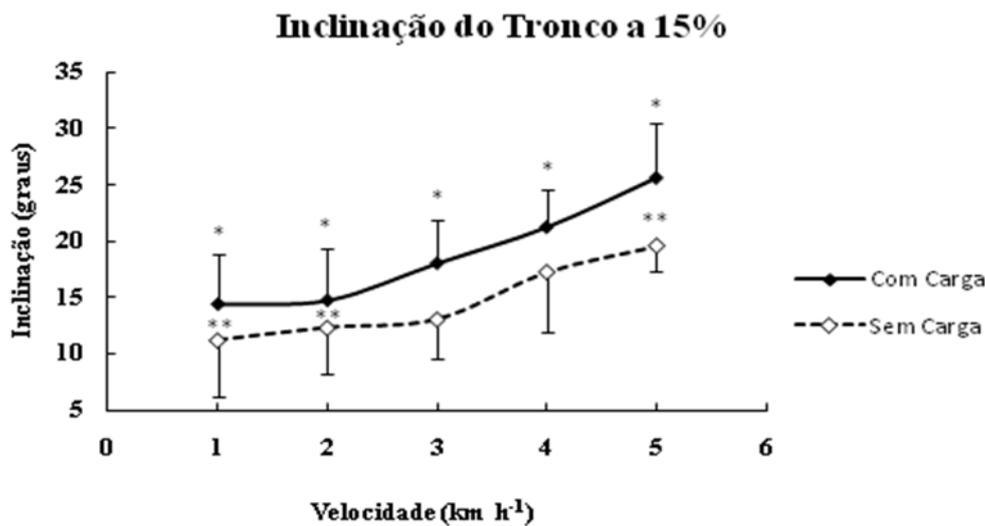


Figura 3: valores médios e desvio padrão do ângulo de inclinação do tronco com e sem carga, em diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹) de caminhada a 15% de inclinação do terreno. Ângulo de inclinação do tronco é apresentado em graus ($^{\circ}$) e a velocidade em km h⁻¹. * representa as diferenças significativas.

* p < 0,05 entre 1x4, 1x5, 2x5, 3x5 km h⁻¹ com carga e ** p < 0,05 1x5, 2x5 km h⁻¹ sem carga.

Na figura 4, são apresentados os resultados do deslocamento angular do tronco (em graus) dos sete sujeitos analisados, não havendo alteração no deslocamento angular do tronco quando comparada a situação com carga e sem carga para cada uma das velocidades avaliadas.

Analisando o deslocamento angular do tronco na situação com carga entre as diferentes velocidades, houve diferença significativa na situação com carga entre 5 e 1 km h⁻¹ (p = 0,002), e 5 e 2 km h⁻¹ (p = 0,005). Para o deslocamento angular do tronco situação sem carga entre as diferentes



velocidades, houve diferença significativa entre 5 e 1 km h⁻¹ (p = 0,001), 5 e 2 km h⁻¹ (p = 0,012), e 5 e 3 km h⁻¹ (p = 0,015).

Deslocamento Angular do Tronco

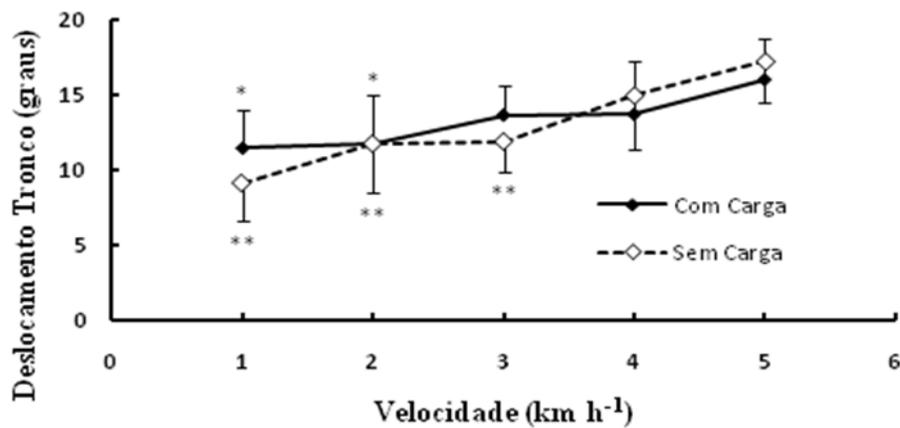


Figura 4: Valores médios e desvio padrão do deslocamento angular do tronco com e sem carga, em diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹) de caminhada a 15% de inclinação do terreno. O deslocamento angular do tronco é apresentado em graus (°) e a velocidade em km h⁻¹. * representa as diferenças significativas. * p < 0,05 entre 1x5, 2x5 km h⁻¹ com carga e ** p < 0,05 1x5, 2x5, 3x5 km h⁻¹ sem carga.

Na figura 5 é apresentado o comportamento do C em relação ao ângulo de inclinação do tronco dos sete sujeitos analisados. O C diminui na medida em que a inclinação do tronco aumenta.

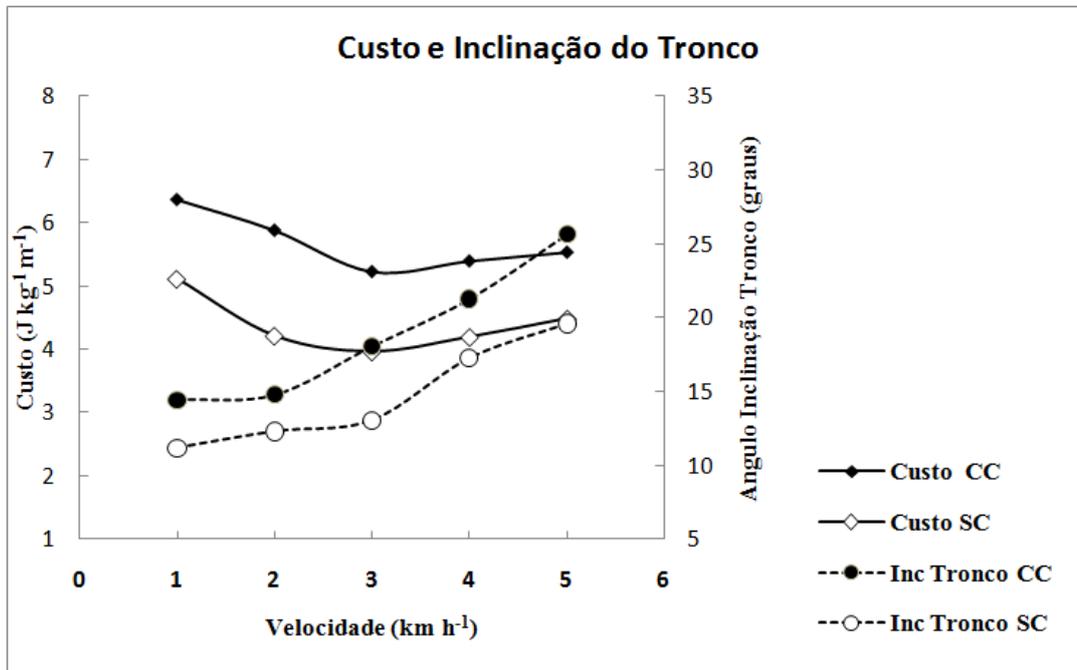


Figura 5: valores médios de C e do ângulo de inclinação do tronco com e sem carga, em diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹) de caminhada a 15% de inclinação do terreno. O custo de transporte é apresentado em J kg⁻¹ m⁻¹ e o ângulo de inclinação é apresentado em graus (°). A velocidade em km h⁻¹. O custo de transporte diminui nas baixas velocidades à medida que aumenta o ângulo de inclinação do tronco e a velocidade de caminhada.

Discussão

A velocidade ótima de caminhada no plano, na qual, ocorre o menor C, é próxima aos 4 km h⁻¹ em adultos (SAIBENE; MINETTI, 2003; ABE *et al.*(2008). Este C é mantido transportando cargas de até 75% da massa corporal em uma mochila durante a caminhada em terreno plano (BASTIEN *et al.*, 2005). Constatamos uma diferença no comportamento do C na caminhada com carga em terreno inclinado, onde, a velocidade ótima estaria próxima dos 3 km h⁻¹.

Uma das explicações para o mínimo C de transporte se encontrar em velocidades mais baixas comparada a caminhada no plano pode ser o menor aproveitamento do mecanismo pendular, que segundo Minetti *et al.* (1993) não estaria mais atuando aos 15% de inclinação. Entretanto outros métodos deverão ser utilizados para investigar o comportamento das energias mecânicas durante a caminhada com carga em inclinações.

No presente estudo a velocidade de 3 km h⁻¹ apresentou um menor C indicando uma velocidade ótima um pouco menor ao encontrado por autores que investigaram a caminhada em diferentes situações (BASTIEN *et al.*, 2005; MINETTI *et al.*, 2006; ABE *et al.*, 2008).

Em um artigo clássico Maloy *et al.* (1986) investigaram as mulheres africanas da tribo Luo, que comumente transportam cargas equivalentes a 70% da sua massa corporal acima de suas cabeças, e as mulheres da tribo Kikuyu que também utilizam o método de transporte de carga na cabeça com cintas apoiadas na testa, observando que as mulheres africanas podem carregar cargas de até 20% de sua massa corporal sem qualquer C adicional, o que poderia indicar uma utilização de elementos estruturais e não metabólicos.



Posteriormente foi estabelecido que a carga pode influenciar positivamente no C da caminhada no plano. Cavagna *et al.* (2002) indicam uma melhora em variáveis mecânicas em sujeitos que caminharam com cargas de 20 a 30% da MC. A carga melhora as trocas entre a energia potencial (EP) e a energia cinética (EC) durante a fase de descida do centro de massa, assim como o incremento na troca entre a EP e EC, determinada pelo comportamento fora da fase entre a troca das energias mecânicas, mais especificamente durante a fase de balanço da caminhada (CAVAGNA *et al.*, 2002).

Os indivíduos deste projeto não foram treinados e nem eram altamente adaptados ao uso da mochila com 25% de suas MC's, pois, o objetivo não foi identificar elementos estruturais e sim adaptações biomecânicas durante situação de carga em maiores velocidades a fim de minimizar o custo metabólico.

Martin e Nelson (1986) observaram que uma carga quando transportada nas costas em uma mochila as mudanças no padrão da caminhada ocorrem somente quando a carga ultrapassa 30% da MC do sujeito e aumentam a inclinação do tronco para manter o centro de massa dentro dos limites de segurança.

Levine *et al.* (2007), observaram que a flexão da coluna lombar aumentou durante uma caminhada intensa e corrida em inclinações positivas do terreno e que o contrário ocorreu durante a caminhada e corrida em inclinações negativas. Além disso, uma maior amplitude de movimento da coluna lombar ocorreu durante a corrida, em comparação com as caminhadas.

Abe *et al.* (2008) examinaram os efeitos da carga sobre o custo energético da caminhada e verificaram que a demanda metabólica durante a caminhada com carga aumentou linearmente com o peso da carga. No presente estudo não houve um aumento significativo do C quando o sujeito utilizava a carga.

Em um estudo clássico, Waters e Morris (1971), investigaram a ativação dos músculos do tronco durante a caminhada. Utilizaram eletrodos colocados em determinados músculos da coluna para demonstrar através da eletromiografia as contribuições dos grupos musculares durante flexão, extensão, rotação e outros movimentos do tronco. Foi observado nas velocidades mais rápidas a necessidade de aumento da força muscular para o equilíbrio do tronco. O tronco alcançou um máximo deslocamento descendente na fase de duplo apoio da passada (contato dos dois pés com o solo) e um máximo deslocamento ascendente durante a fase de apoio simples (contato de um dos pés com o solo). No presente estudo foi determinado o aumento da inclinação do tronco na situação com carga, quando comparada com a situação sem carga, e ainda um aumento da inclinação do tronco com o aumento da velocidade de caminhada, confirmando nossa hipótese inicial.

Minetti *et al.* (2006) encontraram um diferente padrão motor do tronco, durante a caminhada com carga, entre carregadores do Himalaia e caucasianos, os autores sugerem que a capacidade de manter uma menor e mais consistente oscilação do tronco poderia implicar em uma redução de co-contrações e ser o principal determinante da maior economia observada nos carregadores nepaleses. Além disso, há uma associação entre a estabilidade do tronco e a média no ângulo de flexão do tronco que foi maior nos carregadores nepaleses. No presente estudo os sujeitos mesmo não sendo habituados com grandes cargas como os carregadores do Himalaia, também apresentaram um comportamento de maior inclinação do tronco utilizando cargas, existindo uma possível ligação entre a economia energética e o comportamento do tronco durante a caminhada.

Hong *et al.* (2003) encontraram em crianças (± 10 anos) durante a caminhada em terreno plano, uma maior inclinação do tronco com cargas de 20% da MC em comparação a utilização de 10 e 15% da MC, além disso, a inclinação máxima do tronco encontrada nas crianças foi de aproximadamente 12°,



enquanto que no presente estudo a inclinação máxima foi de 26°. A inclinação do terreno e a carga um pouco maior em nosso estudo (25% da MC) podem justificar essa maior magnitude da inclinação em relação ao estudo de Hong *et al.* (2003).

Essa inclinação do tronco pode ser explicada pela teoria do controle motor. Uma das principais funções do controle motor é orientar o corpo em relação ao espaço externo, que envolve a postura de manutenção para minimizar a perturbação do equilíbrio, estabilizando o centro de gravidade do corpo. Quando carregada por uma mochila, a carga vai modificar a posição do centro de gravidade corporal. Uma estratégia básica de re-equilíbrio é a inclinação do tronco à frente (BLOM; WOOLHULL-MCNEE, 1987) e tal adaptação auxilia o corpo a minimizar a energia e aumentar a eficiência do andar com carga.

Conclusão

Concluimos que o comportamento do C da caminhada carregando 25% da MC em terreno com 15% de inclinação se assemelha a caminhada no plano sem carga, pois apesar de apresentar maiores valores comparados a situação terreno plano, o comportamento da curva apresenta um menor C na velocidade intermediária (3 km h⁻¹).

A carga não influencia o C, comparando-as nas mesmas velocidades de caminhada sem carga. O aumento da velocidade de caminhada é o principal fator para as mudanças no C aos 15% de inclinação do terreno.

O C diminui na medida em que a inclinação do tronco aumenta, mas faltam estudos específicos sobre o ângulo de inclinação do tronco para determinar se existe uma relação inversamente proporcional entre estas variáveis.

Estudos futuros com utilização de outros parâmetros mecânicos poderão indicar os mecanismos que explicam como essa economia energética acontece. Também a utilização de eletromiografia na situação de caminhada com carga na inclinação poderia auxiliar no entendimento da relação entre o Custo de transporte e a inclinação do tronco.

Bibliografia

ABE, D. *et al.* Ergonomic effects of load carriage on the upper and lower back on metabolic energy cost of walking. *Applied Ergonomics* [S.I.], v. 39, n. 3, p. 392-398, 2008.

BLOOM, D. WOOLHULL-MCNEAL, A.P. Postural adjustments while standing with two types of loaded backpack. *Ergonomics*. v. 30, n. 10, p. 1425-1430, 1987

ALEXANDER, R. M. Energetics and optimization of human walking and running: The 2000 Raymond Pearl Memorial Lecture. *American Journal of Human Biology* [S.I.], v. 14, n. 5, p. 641-648, 2002.

ARDIGO, L. P. *et al.* The optimal locomotion on gradients: walking, running or cycling? *European Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 90, n. 3-4, p. 365-371, 2003.

BASTIEN, G. J. *et al.* Energetics of load carrying in Nepalese porters. *Science* [S.I.], v. 308, n. 5729, p. 1755-1755, Jun 2005.



CAVAGNA, G. A. *et al.* Pendular energy transduction within the step in human walking. *Journal of Experimental Biology* [S.I.], v. 205, n. 21, p. 3413-3422, Nov 2002.

CROSBIE, J. *et al.* Effect of side load carriage on the kinematics of gait. v. 2, n. 2, p. 103-108, 1994.

FOWLER, N. E. *et al.* Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait & Posture* [S.I.], v. 23, n. 2, p. 133-141, 2006.

GARCIAGUIRRE, J. S. *et al.* Baby carriage: Infants walking with loads. *Child Development* [S.I.], v. 78, n. 2, p. 664-680, 2007.

GOTTSCHALL, J. S.; KRAM, R. Energy cost and muscular activity required for leg swing during walking. *Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 99, n. 1, p. 23-30, 2005.

GRIFFIN, T. M. *et al.* Metabolic cost of generating muscular force in human walking: insights from load-carrying and speed experiments. *Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 95, n. 1, p. 172-183, 2003.

KINOSHITA, H. Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. *Ergonomics* [S.I.], v. 28, n. 9, p. 1347-1362, 1985.

LAFIANDRA, M. *et al.* Transverse plane kinetics during treadmill walking with and without a load. *Clinical Biomechanics* [S.I.], v. 17, n. 2, p. 116-122, 2002.

LEVINE, D.; COLSTON, M.A. WHITTLE M.W.; PHARO, E.C.; MARCELLIN-LITTLE, D.J. Sagittal lumbar spine position during standing, walking, and running at various gradients. *Journal of Athletic Training*, 42:29-34, 2007.

LI, J. X. *et al.* The effect of load carriage on movement kinematics and respiratory parameters in children during walking. *European Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 90, n. 1-2, p. 35-43, 2003.

MALOIY, G. M. O. *et al.* Energetic cost of carrying loads - have african women discovered an economic way. *Nature* [S.I.], v. 319, n. 6055, p. 668-669, 1986.

MINETTI, A. E. *et al.* Mechanical determinants of gradient walking energetics in man. *Journal of Physiology-London* [S.I.], v. 472, p. 725-735, 1993.

MINETTI, A. E. *et al.* Himalayan porter's specialization: metabolic power, economy, efficiency and skill. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* [S.I.], v. 273, n. 1602, p. 2791-2797, 2006.

MISAILIDIS, M. A. L.; GOMES, M. M.; BARELA, J. A. Análise da oscilação lumbo-pélvica durante a marcha em esteira ergométrica. *Motriz*, v. 12, n. 1, p. 23-32, 2006.



ROTSTEIN, A. *et al.* Preferred transition speed between walking and running: Effects of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [S.I.], v. 37, n. 11, p. 1864-1870, 2005.

SAIBENE, F.; MINETTI, A. E. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *European Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 88, n. 4-5, p. 297-316, Jan 2003a.

SARRAF, T. A. A influência do transporte de cargas manuais simétricas e assimétricas de diferentes magnitudes sobre a marcha em idosos. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

WATERS, R. L.; MORRIS, J. M. Electrical-Activity of muscles of trunk during walking. *Journal of Anatomy*, v. 111, n. fev, p. 191-&, 1972.

WU, G.; MACLEOD, M. The control of body orientation and center of mass location under asymmetrical loading. *Gait & Posture* [S.I.], v. 13, n. 2, p. 95-101, 2001.

^a mestranda em ciências do movimento humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

^b aluno da graduação da escola de educação física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

Rua Felizardo, 750 Porto Alegre, RS Brasil CEP 90690-200

^a natyg2412@gmail.com

Recurso tecnológico necessário para Comunicação Oral: data show (*Power point*).