

**Artigo original**

Saray Giovana dos Santos<sup>1</sup>  
Carlos Rodrigo de Melo Roesler<sup>2</sup>  
Sebastião Iberes Lopes Melo<sup>3</sup>

## INVESTIGAÇÃO DO DESCONFORTO OFERECIDO POR DIFERENTES TATAMES UTILIZADOS NA PRÁTICA DO JUDÔ

### INQUIRY OF THE DISCOMFORT OFFERED FOR DIFFERENT TATAMIS USED IN THE PRACTICAL OF THE JUDO

#### RESUMO

Este estudo, caracterizado de duas formas, exploratório e diagnóstico, com o objetivo de investigar o conforto fornecido por diferentes tatames utilizados na prática do judô. Na pesquisa exploratória, dois atletas executaram projeções (*Ippon-Seoi-Nage*) e quedas da conseqüente (*Zempô-Kaiten-Ukemi*) para cada segmento do corpo avaliado (pulso e quadril), em sete tipos de tatame (seis sintéticos e uma de palha). Um acelerômetro triaxial foi fixado no atleta que era projetado (primeiramente no punho e depois no quadril), para as medidas respectivas do impacto. Para a pesquisa de campo, 63 judocas, executando as mesmas técnicas, responderam um protocolo sobre a percepção do desconforto sobre cada tipo de material. Os dados foram coletados por meio do programa SAD32 e as curvas experimentais do acelerômetro foram importadas para o software de MATLAB (versão 5, 1999), para parametrização e derivação a fim obter o  $A$ ,  $\theta$  e *jerk*, respectivamente. Os resultados obtidos para a percepção subjetiva e na parametrização das curvas ( $A$  and  $\theta$ ), classificaram os tatames quanto ao desconforto, sendo esta classificação na ordem crescente para o segmento do punho: A, B, F, G, D, C, E; e para o quadril: A, F, B, C, G, D, E. Acredita-se que os procedimentos descritos aqui para a realização do  $A$ ,  $\theta$  e os índices do *jerk* serão úteis para a classificação do desconforto fornecido por outros materiais submetidos ao impacto tal como sobrolas e solas de sapatas esportivo.

**Palavras-chave:** Artes marciais; Avaliação de impactos; Amortecimento

#### ABSTRACT

This study, characterized both as field and investigative had the objective of investigating the comfort provided by different tatamis for the fall absorption practice (ukemi). In the investigative research performed at laboratory, seven types of tatamis were tested (six synthetic and one straw made) in which 2 athletes performed projections (*Ippon-Seoi-Nage*) and consequent falls (*Zempô-Kaiten-Ukemi*) for each body segment evaluated (wrist and hip). A triaxial accelerometer was fastened to the athlete, first at the wrist and then at the hip, for the respective impact measures. For the field research, 63 judo fighters, performing the same fall projection, who inferred in a protocol the discomfort perception about each type of material, tested the same tatamis. The data were collected through the SAD 32 program and the experimental acceleration curves were imported for the MATLAB (version 5, 1999) software, which were parameterized and derived in order to obtain the  $A$ ,  $\theta$  and *jerk* calculations, respectively. The results obtained for both the subjective perception, in the parameterization of curves ( $A$  and  $\theta$ ) and for the values of *jerk*, ended up by classifying the tatamis with regard to the discomfort characteristic, being this classification in crescent order for the wrist segment: A, B, F, G, D, C, E; and for the hip: A, F, B, C, G, D, E. It is believed that the procedures here described for the attainment of the  $A$ ,  $\theta$  and *jerk* indexes will be useful for the classification of discomfort provided by other materials submitted to impact such as insoles and soles of sportive shoes.

**Key words:** Martial arts; Evaluation studies; Damping.

1 Cento de Desportos – Laboratório de Biomecânica – UFSC

2 Laboratório de Engenharia Biomecânica – UFSC

3 CEFID – Laboratório de Biomecânica – UDESC

## INTRODUÇÃO

Mesmo que as quedas no Judô, resultantes de técnicas de projeções, sejam efetuadas com técnicas específicas para amortecê-las (*ukemi*), o movimento envolve uma significativa mudança na velocidade do corpo em um relativamente curto período de tempo, caracterizando então um impacto.

É bem reconhecido que forças suficientemente altas envolvidas em impactos podem danificar o corpo humano<sup>1</sup>. Apesar do entendimento incompleto das causas e da natureza dos danos relacionados à prática de esportes, a crença de que exposição repetitiva a impactos pode induzir dano tem despertado um considerável interesse por parte de pesquisadores em biomecânica do esporte<sup>2,3,4,5</sup>. Na prática da modalidade Judô, em particular, foi mostrado que a ocorrência de lesões está intimamente relacionada com a qualidade do material utilizado no piso, o tatame<sup>6,7</sup>. Como a qualidade do tatame interfere na sensação de conforto ou desconforto sentida pelo atleta<sup>8</sup>, há razões para acreditar que existe uma particular relação entre conforto e não acometimento de lesões.

Outra linha de estudos voltados a amortecimento de impacto é direcionada à fabricação de calçados esportivos. Nigg e Segesser<sup>9</sup> propuseram três conceitos para prevenir cargas excessivas e lesões decorrentes - amortecimento, apoio e orientação (*cushioning, support, guidance*). Na manufatura de calçados estes objetivos podem ser alcançados alterando-se as propriedades materiais ou as características de construção empregadas. Na manufatura de pisos esportivos, apesar de existir a possibilidade de alteração das características de construção, a ação mais prática para melhorar a qualidade do piso é através da correta seleção do material para o piso. Entretanto, para que uma correta seleção seja obtida, uma caracterização do material no sentido tradicional (como, por exemplo, através da determinação da rigidez) pode não ser suficiente, pois, nestes casos, além do conhecimento das propriedades físicas do material é benéfico saber sobre o desconforto percebido pelo usuário.

Considerando que as forças envolvidas em quedas na prática do judô possam ser atenuadas através da correta seleção da superfície sobre a qual a queda é realizada (tatame), neste artigo objetivou-se identificar a percepção de desconforto corporal dos judocas ao sofrerem impacto com diferentes tipos de tatames, e relacionar esta percepção com a resposta quantitativa obtida experimentalmente via acelerometria.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracterizou-se como uma pesquisa do tipo exploratória<sup>10</sup>, com o intuito de caracterizar índices de impacto e, ainda, como uma pesquisa descritiva diagnóstica de campo, para verificar a percepção de desconforto físico de judocas

causada nas execuções de *ukemi* em diferentes tipos de tatames.

A pesquisa exploratória foi realizada no Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade do Estado de Santa Catarina e a pesquisa descritiva diagnóstica foi realizada com judocas catarinenses, nos seus respectivos locais de prática.

Os objetos do estudo foram agrupados em duas categorias, correspondendo às características do estudo: a) materiais (tatames) e b) humanos (judocas).

Quanto aos tatames, foram selecionados sete de forma intencional, sendo seis sintéticos e um de palha. O critério utilizado para a seleção, foi: quanto aos sintéticos, por serem os mais comercializados para a prática do judô, e quanto ao de palha, pela tradição e preferência por grande parte dos judocas catarinenses<sup>11</sup>.

Tendo em vista que não houve retorno da solicitação de autorização dos fabricantes e ou representantes para utilização dos diferentes tipos de tatames no estudo, as marcas dos tatames utilizadas não podem ser divulgadas. Nomeando os tatames por letras, tem-se: (a) tatame "A" - sintético tradicional com placa de copolímero etileno acetato de vinila (EVA), texturizado e siliconizado, medindo 199,0 x 99,0 x 4,0 cm; b) tatame "B" - modelo Vinisoft Sintético, com duas placas de copolímero etileno acetato de vinila (EVA), recheado com espuma aglomerada AG 100, coberto com lona vinílica, medindo 200,0 x 100,0 x 3,5 cm; c) tatame "C" - de palha de arroz prensada e costurada, coberta com lona de algodão, medindo 176,0 x 89,0 x 6,0 cm; d) tatame "D" - de espuma reconstituída de grânulos de poliuretano reciclados de 0,8 cm de diâmetros aglutinada com adesivo de poliuretano especial bicomponente, coberto por lona de vinil impermeável com base de látex antiderrapante, com dimensões de 200,0 x 100,0 x 3,8 cm; e) três ("E", "F" e "G") tatames emborrachados EVA, antialérgico, inodoro e atóxico, cujas dimensões são: tatame "E" - 189,0 x 99,0 x 3,0 cm; tatame "F" - 199,0 x 100,0 x 4,0 cm; e tatame "G" - 200,0 x 100,0 x 3,2 cm.

A participação de judocas foi efetuada em duas etapas: na pesquisa em laboratório e na pesquisa de campo. Na pesquisa em laboratório participaram dois sujeitos selecionados de forma casual-sistemática dentre judocas que se prontificaram a participar do estudo, sendo um deles o *tori* (judoca que projeta), com ótima execução da técnica *Ippon-Seoi-Nague*, e o outro o *uke* (judoca que cai), também com ótima execução do *Zempo-Kaiten-Ukemi*. Na pesquisa de campo participaram 63 judocas, também escolhidos de forma casual-sistemática, porém intencional, pois tinham que ter no mínimo dois anos de prática. Justifica-se apenas dois atletas em laboratório para manter o padrão da técnica independente do tipo de tatame testado; e o mínimo de dois anos de prática deve-se ao fato de que

a falta de domínio do amortecimento de queda pode interferir na percepção de desconforto.

Para medir os impactos resultantes das colisões de segmentos corporais do atleta (mão e quadril) contra os sete diferentes tipos de tatames, utilizou-se um acelerômetro piezoelétrico triaxial (modelo 4321, Brüel e Kjaer) com capacidade máxima de 1000 g, onde  $g$  é a aceleração da gravidade, e frequência natural de 40 kHz. Para a medida da percepção de desconforto foi construído um Protocolo de Percepção de Desconforto, o qual continha um termo de consentimento para a participação do estudo, aprovado pelo Comitê de Ética da UFSC conforme Processo 55/2000. O protocolo foi constituído de quatro desenhos de faces cujo semblante representa: (a) percepção de conforto (face alegre), (b) desconfortável (face triste), (c) muito desconfortável (face muito triste) e (d) extremamente desconfortável (face chorando). Este instrumento foi testado cientificamente, obtendo índices de confiabilidade de 100% para a clareza e para a validade de conteúdo e de 83% para a fidedignidade.

Para a coleta de dados em campo, os tatames foram cobertos com tecido de algodão, numerados de 1 a 7, conforme a seqüência para execução dos movimentos. Após serem separados de dois em dois, conforme o biótipo e categoria de peso, esclarecia-se aos judocas a forma de preenchimento do Protocolo. Eram realizadas duas projeções, sendo que na primeira não era preenchido o Protocolo. Na segunda repetição, imediatamente após a queda em cada tatame, o atleta assinalava o desenho respectivo à percepção que teve sobre o tatame.

Para a medida da magnitude do impacto utilizou-se um acelerômetro fixado com fita adesiva (Figura 1) no segmento corporal monitorado: punho ou quadril. No punho o local de fixação foi sobre a articulação radioulnar distal esquerda; no quadril na porção superior da crista ilíaca direita. Estes locais foram escolhidos por apresentarem menos tecidos (gordura e músculo) entre a pele e a estrutura óssea, com o intuito de minimizar o movimento do acelerômetro sobre o local fixado. Isto impediu que o sinal fosse mascarado por movimentos relativos entre o sensor e o local de medição. Apenas um segmento corporal era monitorado por vez. Após aquecimento, o judoca era projetado dez vezes sobre cada um dos sete tipos de tatame, respeitando-se intervalos entre as quedas. Assim, um total de 140 quedas foi monitorado (70 para cada segmento), em vários dias de experimentação.

Para relacionar os resultados subjetivos com os resultados das medições experimentais selecionou-se a variável quantitativa denominada *jer $\ddot{k}$* <sup>12</sup>, a qual parece refletir aspectos da sensação de desconforto humano. Esta variável representa a terceira derivada temporal da curva posição x tempo, podendo ser relacionada com a suavidade dos movimentos<sup>12</sup>. Para a avaliação das magnitudes alcançadas pela *jer $\ddot{k}$*  durante a realização do evento é necessário

derivar, em relação ao tempo, as curvas de aceleração medidas via acelerometria. Como o sinal de aceleração coletado possui natureza discreta, optou-se por ajustar uma curva paramétrica à curva experimental medida, obtendo-se assim uma equação explícita capaz de ser derivada analiticamente. Com uma equação explícita para a aceleração, a magnitude da *jer $\ddot{k}$*  pode ser avaliada em qualquer instante do tempo de duração do evento, simplesmente calculando-se o valor da derivada analítica da função aceleração no instante considerado.



**Figura 1.** Forma de fixação do acelerômetro no segmento corporal punho

A parametrização das curvas experimentais foi feita de maneira simplificada utilizando-se uma equação de ajuste com apenas 2 parâmetros - o primeiro representando a amplitude da curva ( $A$ ) e o segundo ( $\theta$ ) representando a forma da mesma. Como estes parâmetros são ajustados para cada curva experimental de forma que uma cópia destas é possibilitada, os mesmos são entendidos como índices de caracterização do fenômeno de impacto com relação a cada tatame utilizado.

Os seguintes procedimentos foram adotados para o cálculo da magnitude da *jer $\ddot{k}$*  alcançada em um determinado instante de cada queda monitorada:

a) selecionou-se uma função paramétrica para a parametrização das curvas de aceleração:

$$f(t) = A.t.\exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^2\right] \quad (01)$$

onde  $A$  é o parâmetro que quantifica a amplitude da resposta e  $\theta$  o parâmetro de forma da equação.

b) as curvas de aceleração experimentais foram importadas para o *software* MATLAB (versão5, 1999). A parte do registro anterior ao início do evento propriamente dito foi removida, de forma que o zero da representação cartesiana do sinal passou a coincidir com o zero do evento em análise. Assim, a função selecionada para ser ajustada não necessita de um período inicial de repouso.

c) os parâmetros eram variados até que o ajuste entre curva medida (original ou experimental) e curva calculada (parametrizada) fosse obtido.

Critérios que possibilitaram uma normalização do procedimento de ajuste foram respeitados nesta fase, pois representações paramétricas são geralmente não-únicas.

d) para o cálculo da  $\overline{jerk}$  a Eq.(01) deve ser derivada em relação ao tempo, fornecendo:

$$\frac{df(t)}{dt} = A.e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^2} + A.t.\left(\frac{-2.t}{\theta^2}\right).e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^2} \quad (02)$$

Um determinado instante de tempo deve ser escolhido para a avaliação da Eq. (02). O tempo de carga, compreendido entre o tempo de início do evento de queda e o tempo onde o pico máximo de aceleração é alcançado, corresponde ao período no qual a carga é transferida ao organismo. Neste trecho as curvas calculadas ajustam-se fielmente às curvas medidas, e acredita-se que, na metade deste período, menores influências da reação reflexiva do atleta à queda estão ativadas. Por isso, o tempo  $t$  escolhido para a avaliação

da  $\overline{jerk}$  foi  $t = \frac{\text{tempo de carga}}{2}$ .

e) o cálculo da  $\overline{jerk}$  relacionada com uma determinada queda sobre um determinado tatame era realizado substituindo-se os parâmetros ajustados para este evento na Eq.(02) e após avaliando-se esta equação para o tempo  $t$ . Assim, uma grandeza numérica escalar é associada com cada queda medida experimentalmente.

O critério de avaliação do ajuste realizado baseou-se na capacidade de reprodução obtida durante o tempo de carga do evento, bem como na reprodução alcançada para o valor pico de aceleração. Uma técnica como mínimos quadrados poderia ser usada para quantificar o grau de ajuste obtido. Entretanto, o procedimento programado para os ajustes fornecia ambas as curvas (medida e ajustada) plotadas sobre um mesmo sistema de referência. Desta forma, nos trechos onde o ajuste perfeito era alcançado, ocorria a sobreposição das curvas e apenas uma das cores identificadoras de curvas era plotada, possibilitando a inspeção visual do grau de ajuste obtido.

Com relação a cada segmento corporal, para cada

tatame foram ajustadas 10 equações representando 10 quedas no tatame. Assim, obteve-se 10 valores para cada um dos dois parâmetros ( $A$  e  $\theta$ ) envolvidos no ajuste, para cada tatame. Também, 10 magnitudes de  $\overline{jerk}$  eram avaliadas para cada tatame.

Como forma de associar uma única quantidade representativa da interação entre o corpo humano e o tatame considerado, a média aritmética das 10 magnitudes calculadas para a  $\overline{jerk}$  com relação a este tatame era calculada, resultando uma  $\overline{jerk}$  média por tatame.

Os dados foram tratados considerando o nível de mensuração das variáveis. Para a caracterização da percepção de desconforto dos atletas utilizou-se a estatística descritiva em termos de frequência simples. Para caracterizar as magnitudes de  $A$ ,  $\theta$  e  $\overline{jerk}$ , utilizou-se média e desvio padrão. Para relacionar a percepção de desconforto com as magnitudes de  $\overline{jerk}$  utilizou-se o teste de correlação de Spearman Brown ( $\rho \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS

A pesquisa de campo forneceu uma classificação subjetiva dos diferentes tatames. Com os tatames referenciados por letras maiúsculas ( $A$  até  $G$ ), em ordem crescente de desconforto, a seguinte ordenação entre tatames aparece:  $A, F, B, G, D, C, E$ . Notadamente, o tatame  $A$  foi julgado pela maioria dos atletas (44/63) como o mais confortável, ao passo que o  $E$  foi percebido por todos os atletas (63/63) como o tatame mais desconfortável.

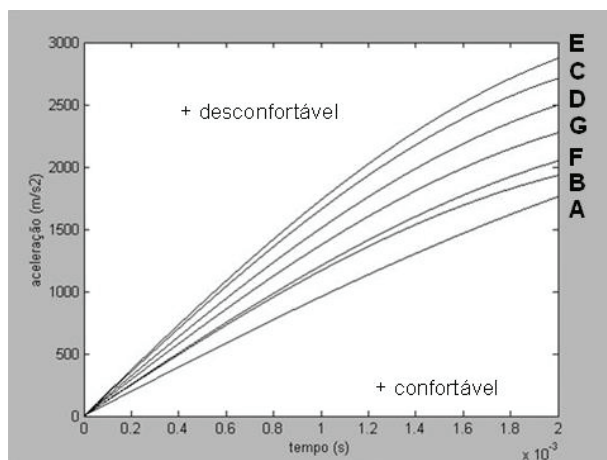
Uma primeira correlação entre classificação subjetiva e resultados quantitativos pode ser obtida considerando-se os valores médios dos parâmetros  $A$  e  $\theta$  associados com cada tatame investigado. Estes foram calculados simplesmente como a média aritmética dos 10 valores de  $A$  e  $\theta$  ajustados para cada tatame. A substituição dos valores médios na Eq.(01) possibilita a representação da interação atleta/tatame através de uma curva que pode ser entendida como curva média de aceleração. Dispondo-se conjuntamente as curvas de aceleração média assim obtidas para cada tatame (ver figura 4 e 5), as seguintes ordenações entre

**Tabela 1.** Características descritivas dos parâmetros  $A$  e  $\theta$  nos diferentes tipos de tatames dos segmentos corporais Punho e Quadril.

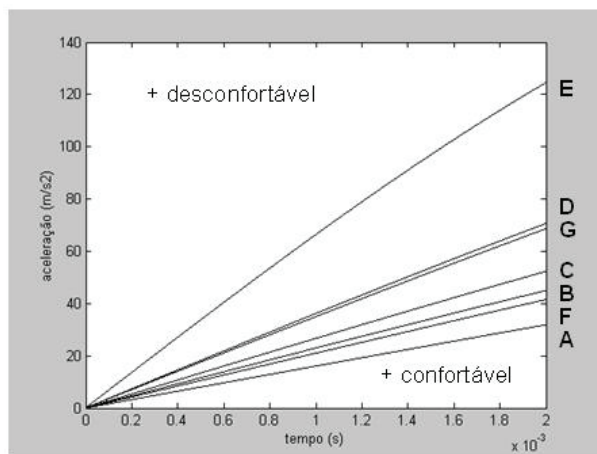
	A	B	C	Punho D	E	F	G
$\overline{X}_A$	983x10 <sup>3</sup>	1240x10 <sup>3</sup>	1770x10 <sup>3</sup>	1602x10 <sup>3</sup>	1843x10 <sup>3</sup>	1271x10 <sup>3</sup>	1459x10 <sup>3</sup>
$s_A$	195x10 <sup>3</sup>	184x10 <sup>3</sup>	137x10 <sup>3</sup>	146x10 <sup>3</sup>	169x10 <sup>3</sup>	280x10 <sup>3</sup>	292x10 <sup>3</sup>
$\overline{X}_\theta$	0,0056	0,0039	0,0039	0,0039	0,0038	0,0043	0,0039
$s_\theta$	0,0009	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0007	0,0001
	A	B	C	Quadril D	E	F	G
$\overline{X}_A$	16090x10 <sup>3</sup>	23105x10 <sup>3</sup>	26780x10 <sup>3</sup>	36410x10 <sup>3</sup>	67700x10 <sup>3</sup>	21050x10 <sup>3</sup>	35140x10 <sup>3</sup>
$s_A$	4033x10 <sup>3</sup>	6830x10 <sup>3</sup>	4874x10 <sup>3</sup>	8888x10 <sup>3</sup>	32400x10 <sup>3</sup>	7697x10 <sup>3</sup>	14021x10 <sup>3</sup>
$\overline{X}_\theta$	0,0198	0,0120	0,0129	0,0113	0,0069	0,0168	0,0128
$s_\theta$	0,0030	0,0036	0,0031	0,0023	0,0024	0,0038	0,0056

tatames aparecem para o segmento punho: A, B, F, G, D, C, E; para o quadril: A, F, B, C, G, D, E.

A comparação dos resultados quantitativos com a avaliação subjetiva dos atletas indica que as inclinações presentes nas citadas figuras (2 e 3) são representativas da severidade da interação atleta/tatame para cada tipo de tatame. Nestas figuras apenas o trecho inicial (ou tempo de carga) da curva de aceleração é apresentado, para facilitar o entendimento.



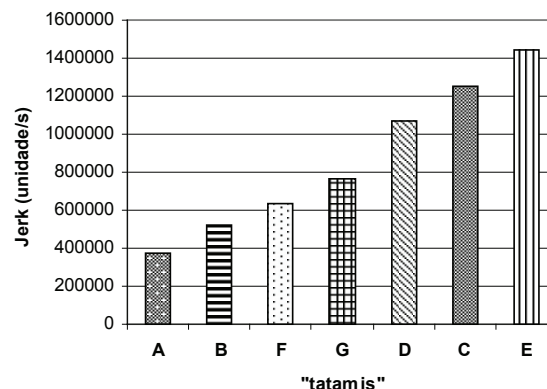
**Figura 2.** Curvas obtidas com os valores médios dos parâmetros A e  $\theta$  associados com cada tatame. Segmento corporal punho



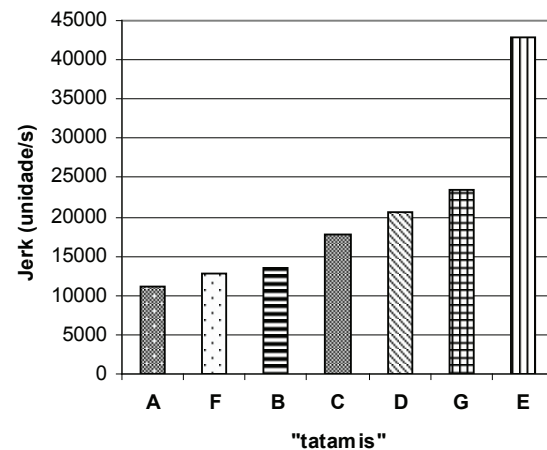
**Figura 3.** Curvas obtidas com os valores médios dos parâmetros A e  $\theta$  associados com cada tatame. Segmento corporal quadril

Como a  $jerk$  corresponde a 3ª derivada da curva posição x tempo, sua magnitude indica a inclinação da curva da aceleração no instante  $t$  avaliado. Assim, com relação a cada tatame, a magnitude da  $jerk$  (média da  $jerk$ ) associa um valor numérico com as inclinações das curvas visualizadas nas figuras 2 e 3. Disto resulta que a uma curva com grande inclinação deve corresponder alta magnitude da  $jerk$  e, conseqüentemente, alta taxa de mudança da aceleração.

Os valores numéricos calculados para a  $jerk$  para os diferentes tipos de tatames nos diferentes segmentos corporais, estão representados nos gráficos 4 (punho) e 5 (quadril), e fornecem as seguintes ordenações entre tatames - para o segmento punho: A, B, F, G, D, C, E; para o segmento quadril: A, F, B, C, D, G, E.



**Figura 4.** Representação dos valores médios da  $jerk$  em ordem crescente, do segmento corporal punho.



**Figura 5.** Representação dos valores médios da  $jerk$  em ordem crescente, do segmento corporal quadril.

Por fim, relacionou-se a percepção de desconforto dos judocas com as magnitudes de  $jerk$  e, mediante a aplicação do teste *Spearman Brown* ( $p < 0.05$ ), obteve-se uma forte correlação entre a percepção de desconforto dos judocas com a  $jerk$  calculada ( $r = 0,9$  em ambos os segmentos corporais)

## DISCUSSÃO

Com relação a diferença entre a classificação dos tatames advinda das medidas de acelerometria e a advinda do protocolo subjetivo de desconforto corporal, esta pode ser atribuída à diferença no número e tipo da

amostra utilizada em cada situação, e ao fato de que para a questão subjetiva cada um dos atletas realizava apenas duas repetições ao passo que em laboratório um mesmo atleta realizava dez repetições para cada segmento corporal em cada tipo de tatame.

Tendo em vista a ordenação entre os tatames advindo dos cálculos da *jerk* para o segmento punho e quadril, (Figuras 4 e 5, respectivamente), mesmo sendo pequena a diferença na ordenação dos tatames entre os segmentos avaliados, esta pode ser explicada pelo próprio amortecimento de queda, para o qual, o judoca acaba por proteger o organismo a partir da sensação obtida pelo segmento que toca primeiramente no tatame e, ainda, pelas características similares dos tatames com classificação intermediária. Vale ressaltar que os extremos (menos e mais desconfortável) foram ocupados pelos mesmos tatames em todas as situações.

Com base na interpretação da percepção de desconforto dos judocas e dos valores obtidos para a *jerk*, pode-se notar que menores magnitudes da *jerk* são associadas com superfícies mais confortáveis. Considerando-se lesão diretamente ligada à sensação de desconforto, pode-se hipotetizar que menores magnitudes da *jerk* são associadas com superfícies mais seguras para a prática das quedas na modalidade judô.

Schneider e Zernicke<sup>13</sup> haviam apontado que movimentos são suaves se os transientes de aceleração são mantidos em um mínimo. Os resultados derivados no presente artigo concordam com esta afirmativa e, de fato, associam a percepção de movimentos bruscos, e conseqüente desconforto, com altas magnitudes da taxa de mudança da aceleração. Além disto, no movimento investigado, os resultados apresentados permitem supor que a sensação de desconforto está diretamente relacionada com a ocorrência de altas taxas de mudança de aceleração na fase decorrente entre o início e o primeiro pico máximo do evento.

A forte correlação obtida entre a percepção de desconforto dos judocas com a *jerk* calculada, evidencia a capacidade desta variável refletir aspectos da sensação de desconforto do atleta no caso do *ukemi* em tatames. Portanto, o valor da *jerk* representa o nível de desconforto para um tatame específico. Correlação entre percepção e variáveis biomecânicas também tem sido aplicada em estudos relacionando a dureza de sapatos e lesões na corrida<sup>14</sup>, bem como na identificação das causas do desconforto de calçados<sup>15</sup>.

Apesar de ser reconhecido que dano pode ocorrer sem desconforto<sup>16</sup> e, quanto maior for o impacto recebido pela articulação, maiores são os riscos de lesões<sup>17</sup>, existem evidências de que na modalidade esportiva aqui investigada estes dois aspectos estão intimamente relacionados<sup>6,18</sup>. Isto permite alguns comentários sobre a ocorrência de lesões no corpo humano para esta atividade física em

particular. Em atividades diversas, pesquisas sugerem que carregamento repetitivo de impacto e as ondas transientes de tensão resultantes são os maiores fatores no desenvolvimento de osteoartrites degenerativas e ruptura de cartilagens<sup>19,20,21</sup>, assim como foi constatado por Machado et al.<sup>22</sup>, que a alta incidência de coeficiente de vibração pode ser um dos fatores de contribuição para o surgimento de epicondilite lateral em tenistas, além de lesões por esforço repetitivo resultante da repetitividade dos impactos articulares.

Assim, espera-se que esta regra aplique-se igualmente na prática do Judô. Em efeito, o atleta experimentado no laboratório contra os tatames apresentou dores e lesões na mão (*hematomas*) quando as superfícies menos confortáveis foram testadas. Isto, por sua vez, permite-nos hipotetizar que, adicionalmente à classificação de desconforto obtida para os tatames, foi alcançada uma classificação da segurança contra lesões oferecida por cada tatame.

Finalmente, deve-se notar que existem similaridades entre os campos de pesquisa de pisos esportivos e de manufatura de calçados. O conforto é uma variável de grande importância para a construção de calçados esportivos e de passeio<sup>15</sup>, e propriedades de calçados atléticos têm sido relacionadas com a prevenção de lesões e com conforto<sup>14</sup>. De acordo com Zekhry et al.<sup>23</sup>, calçados construídos com materiais de boa qualidade, com capacidade de absorção de impactos e com respostas mecânicas ideais podem diminuir a incidência de lesões, principalmente às crônicas.

A relação entre o conforto percebido e medidas físicas relevantes tomadas na interface chão-calçado tem sido explorada para determinar o que torna um calçado confortável para uma determinada população<sup>24,26</sup>. Quando medidas físicas que representam mudanças no conforto percebido entre calçados são encontradas, as alterações no projeto do calçado podem ser baseadas na causalidade física além das informações subjetivas<sup>15</sup>. Aqui, seguiu-se esta mesma aproximação ao procurar-se uma medida física relacionada com o percebido desconforto de diferentes tatames (pisos esportivos). Similarmente às aplicações em calçados e pisos para atletismo<sup>25,27</sup>, assumimos que o risco de lesões pode ser diminuído através da quantificação precisa dos transientes de impacto, a qual permite comparações entre diferentes tipos de pisos e possibilita intervenções. Entretanto, a aproximação proposta apresenta uma diferença crucial que deve ser notada. No projeto de calçados, muitos pesquisadores têm sugerido que as pressões e forças entre o pé e o solado influenciam a percepção do conforto<sup>28</sup>. Isto permite a utilização dos valores de pico da força de reação do solo e sua derivada temporal (taxa de carregamento), bem como medições da pressão, como medidas físicas do conforto percebido. Estas medidas físicas comuns poderiam ser aplicadas em investigações de pisos esportivos, mas aqui uma

medida derivada da aceleração do impacto resultante da colisão do corpo humano do atleta com o solo foi utilizada. A medida física então obtida representa a taxa de mudança da aceleração durante o impacto, e encontra uma forte correlação com o desconforto informado pelos atletas. Isto leva a crer que a  *jerk*  representa uma variável diferente para associar respostas subjetivas e medidas físicas nos campos de pisos esportivos e de fabricação de calçados. Vale enfatizar que os impactos gerados por calçados diferem daqueles gerados da colisão do corpo do judoca com o tatame e, portanto, as estratégias seguidas e resultados obtidos não podem ser simplesmente transpostos.

## CONCLUSÕES

Neste artigo, o desconforto oferecido por diferentes tatames, evidenciado conforme julgamento subjetivo dos atletas, foi associado com uma medida escalar obtida através do tratamento dos dados experimentais coletados via acelerometria. Como os acelerômetros utilizados nos experimentos foram fixados no corpo dos atletas, as variáveis derivadas para esta quantificação ( $A$ ,  $\theta$  e  *jerk* ) representam mais o evento de colisão atleta/tatame do que do tatame propriamente dito. Entretanto, considerando-se que as medidas em laboratório foram realizadas sempre pelo mesmo atleta, e que suas características biodinâmicas não se alteraram entre uma medição e outra, é razoável admitir que as diferenças entre os dados medidos para os sete tatames refletem as diferentes propriedades de desconforto oferecidas por cada superfície.

A forma como o tratamento dos dados experimentais foi realizado forneceu informações adicionais a respeito do evento de interação atleta/tatame. Uma análise conjunta entre os resultados subjetivos de percepção de desconforto dos atletas e as variáveis utilizadas para quantificar este desconforto mostrou que tanto o par de parâmetros ajustados ( $A$  e  $\theta$ ) quanto os valores da  *jerk*  acabam por classificar os tatames com relação ao desconforto oferecido. Em particular, a  *jerk*  mostrou-se capaz de refletir a sensação de desconforto vivenciada pelos atletas de judô durante os  *ukemi* .

Os procedimentos aqui delineados permitiram identificar o tatame A como mais adequado para amortecer os impactos na prática do judô.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Griffin MJ. A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. *J Sound Vibration* 1998; 215(4):883-914.
2. Gerberich SG, Luhmann S, Finke C, Priest JD, Beard BJ. Analysis of severe injuries associated with volleyball activities. *Physician Sports Med* 1987; 15(8):75-79.

3. Caster BL. The effects of height and post-landing movement task on lower extremity landing biomechanics. University of Oregon [tese on line]. 1996. Disponível em <<http://www.cev.org./biblioteca/index.html> at July 9 / 2000.> [2000 jul 9].
4. Zhang S. Selected aspects of biomechanical and neuromuscular responses to landing performance. 1996. University of Oregon [tese on line]. 1996. Disponível em <<http://www.cev.org./biblioteca/index.html>> [2000 jul 9].
5. Mercer JA. Effects of fatigue on shock attenuation during running. University of Oregon [tese on line]. 1999. Disponível em <<http://www.cev.org./biblioteca/index.html>> [2000 jul 9].
6. Santos SG dos, Duarte MFS, Melo SIL. Percepção de conforto corporal em judocas frente aos impactos ( *ukemi* ) no judô. Anais do XXIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Paulo: CELAFISCS; 2000. p. 164.
7. Santos SG dos, Melo SIL. Biomecânica aplicada ao judô. In: Franquini E. Judô desempenho competitivo. São Paulo: Manole, 2001. p. 97-125.
8. Santos SG dos. Estudo das características de impacto e da percepção humana de conforto na prática de  *ukemi*  em diferentes tatames. [Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
9. Nigg BM, Segesser B. Biomechanical and orthopedic concepts in sport shoe construction. *Med Sci Sport Exercice* 1992, 24(5):595-602.
10. Sellitz C, Wrightsman L, Cook S, Kidder L. Métodos de pesquisa nas relações sociais. Traduzido por Dante Moreira Leite. São Paulo: EPU. 1987.
11. Santos SG dos, Melo SIL. Os "ukemis" e o judoca: significado, importância, gosto e desconforto. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2003, 5(2):33-43.
12. Duncan JR, Wegscheid EL. Determinants of off-road vehicle transmission 'shift quality'. *Appl Ergon* 1985, 16(3):173-178.
13. Schneider K, Zernicke RF. Jerk-cost modulations during the practice of rapid arm movements. *Biol Cybern* 1989, 60:221-230.
14. Milani TL, Hennig, EM, Lafortune M. Perceptual and biomechanical variables for running in identical shoe constructions with varying midsole hardness. *Clin Biomech* 1997, 12(5):294-300.
15. Jordan C, Barlett R. Pressure distribution and perceived comfort in casual footwear. *Gait Posture* 1995, 3:215-220.
16. Griffin MJ. Measurement and evaluation of whole-body vibration at work. *Int J Ind Ergon* 1990, 6:45-54.
17. Griffin M J. Handbook of Human Vibration. San Diego: Academic Press; 1996.
18. Santos SG dos, Shigunov V. Percepção do atleta sobre as causas de suas lesões. Anais do XVI Congresso Internacional de Educação Física. Foz do Iguaçu: FIEP, 2001. p. 273.
19. Dekel S, Weissman SL. Joint damages after overuse and peak overloading of rabbit knees in vivo. *Acta Orthop Scand* 1978, 49:519-528.
20. Radin EL, Orr RB, Kelman, JL, Paul IL, Rose RM. Effect of prolonged walking on concrete on the knees of sheep. *J Biomech* 1982, 15:487-492.
21. Mizrahi J, Susak Z. In-vivo elastic and damping response of the human leg to impact forces. *J Biomech Eng* 1982, 104:63-66.
22. Machado E, Gurgel J, Porto F, Castro L, Gonçalves F. Estudo do padrão de vibração e impacto no epicôndilo lateral de jogadores de tênis durante a realização da técnica de saque pronado. *Rev bras ciênc Mov* 2004; p. 301.

- 
23. Zekhry D, Azevedo A, Lobo R, Wallerstein L, Bianco R, Amadio AC, et al. Conseqüências do uso de um calçado esportivo falsificado em variáveis dinâmicas selecionadas. Anais do XXVII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Caetano do Sul: 2004. p.10-15.
  24. Leber C, Evanski PM. A comparison of shoe insole materials in plantar pressure relief. Prosthet Orthot Int 1986;10:135-138.
  25. Nigg BM, Bobbert HA. On the potential of various approaches in load analysis to reduce the frequency of sport injuries. J Biomech 1990, 23(Suppl 1):3-12.
  26. Johnson GR. The effectiveness of shock absorbing insoles during normal walking. Prosthet Orthot Int 1988, 12:91-95.
  27. Gillepsie KA, Dickey JP. Determination of the effectiveness of materials in attenuating high frequency shock during gait using filterbank analysis. Clin Biomech 2002, 18:50-59.
  28. Chen H, Nigg BM, Koning J. Relationships between plantar pressure distribution under the foot and insole comfort. Clin Biomech 1994; 9:335-341.

---

**Endereço para correspondência**

Saray Giovana dos Santos  
Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC  
Centro de Desportos  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física.  
88040-900 – Florianópolis, SC. Brasil  
E-mail: saray@cds.ufsc.br

Recebido em 03/08/07  
Revisado em 15/09/07  
Aprovado em 06/10/07