



A interpretação física de um golpe do karatê: o Gyaku-zuki

No intuito de apresentar propostas alternativas a abordagens metodológicas para o ensino de física, nesse artigo propomos trabalhar com a interdisciplinaridade da física dos esportes. Sabemos do grande fascínio que os esportes exercem na maior parte dos jovens no mundo atual, seja na sua prática direta ou como torcedores. Portanto, realçar as relações significativas entre essas duas áreas do conhecimento humano tem um grande potencial pedagógico a ser explorado. E que jovem não gostaria de estudar o universo do vôlei, do futebol, das lutas e de outros tantos esportes associado ao da ciência? Falar dos times, das regras, dos movimentos dos atletas, dos chutes, dos golpes, e das jogadas históricas que ocorreram ao longo dos tempos. E por que não falar dos conceitos físicos envolvidos nesses lances? Falar da evolução dos materiais utilizados para produzir os equipamentos e vestimentas, como a roupa desenvolvida pela Nasa que ajudou ao nadador Michael Phelps a ganhar suas oito medalhas de ouro na Olimpíada de Pequim. Em contra partida do prejuízo da brasileira Fabiana Murer na perda da medalha, nesse mesmo evento, devido ao sumiço temporário de sua vara especialmente produzida para um determinado salto em altura.

Uma outra vantagem de trabalhar com a física dos esportes é a possibilidade do desenvolvimento de projetos interdisciplinares nas escolas do ensino básico entre professores de diferentes disciplinas, principalmente com os de educação física. Através de atividades esportivas como corrida, natação, salto em altura, entre outras, é possível contextualizar alguns conceitos físicos, como exemplo, distância

percorrida, velocidade média, atrito, etc, superando por vezes, a falta de laboratório para desenvolvimento de atividades experimentais.

Nesse trabalho escolhemos o karatê como o esporte a ser estudado. Vamos apresentar um modelo físico que desenvolvemos para o golpe chamado *Gyaku-zuki*, este golpe usa o quadril, o braço e punho, resultando num movimento parecido com um soco. Apresentaremos as relações culturais inerentes à compreensão desse esporte, que provocam um diálogo não só com a física e biologia, mas também com as disciplinas de história,

Uma vantagem de trabalhar com a física dos esportes é a possibilidade do desenvolvimento de projetos interdisciplinares nas escolas do ensino básico entre professores de diferentes disciplinas, principalmente com os de educação física

geografia e filosofia, deixando ao cargo daquele que se interessar por esse assunto aprofundar-se nas questões aqui levantadas. Do ponto de vista do ensino, já há algum tempo percebeu-se como é insti-

gante investigar as relações entre a física e o karatê [1, 2]. Aqui abordaremos temas como movimento uniformemente variado (MUV) e movimento circular uniforme (MCU) que estão presentes no golpe *Gyaku-zuki*. Nosso objetivo é obter o valor da força final associada a esse golpe, ou seja, a força que atinge o alvo.

A origem do karatê

O karatê teve suas origens no século XVII nas ilhas de Okinawa, parte sul do território japonês, situado no Mar Amarelo (veja Fig. 1). Provavelmente, essa luta é resultado da união de uma arte chinesa levada por mercadores e marinheiros à província de Fujian com uma arte marcial local. Karatê significa “mãos vazias” retratando o tipo de luta desarmada e desenvolvida em segredo durante muito tempo em Okinawa, como consequência da imposição dos fidalgos japoneses que conquistaram

.....
Rosana B. Santiago e José Carlos Martins

Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

.....

No intuito de apresentar propostas alternativas a abordagens metodológicas para o ensino de física, nesse artigo propomos trabalhar com a interdisciplinaridade da física dos esportes. Desenvolvemos um modelo físico para calcular o valor da força final que atinge o alvo quando o golpe do karatê chamado *Gyaku-zuki* é aplicado. Este golpe usa o quadril, o braço e punho, resultando num movimento parecido com um soco.



Figura 1 – Mapa da região onde Okinawa se situa.

essa ilha, proibindo os seus súditos de usarem armas. Os estilos de karatê de Okinawa mais antigos são o *Shuri-te*, o *Naha-te* e o *Tomari-te*, assim chamados de acordo com os nomes das três cidades em que eles foram criados, a terminação *te* significa mão. Em 1820, Sokon Matsumura fundiu os três estilos e criou o *shorin* e este teve muitos seguidores. Um de seus discípulos e filósofo, Gichin Funakoshi, foi quem popularizou essa luta no resto do Japão ao introduzi-la nas escolas como uma atividade esportiva, em 1913, antes da 1ª Guerra Mundial. O karatê na cultura moderna japonesa é imbuído de elementos do zen budismo, onde palavras como honra, lealdade, compromisso e respeito ganham significados reais através da prática desse esporte. As aulas frequentemente começam e terminam com curtos períodos de meditação. Também a repetição de movimentos, como a executada no *kata*, é consistente com a meditação zen pretendendo maximizar o autocontrole, a atenção, a força e velocidade, mesmo em condições adversas. Valores como estes também são fundamentais na construção do ensino e aprendizado em ciências. Assim como, a vivência dos professores em sala de aula, a influência do zen nesta arte marcial depende muito da interpretação de cada instrutor, o que se assemelha aos saberes experienciais dos professores em atividade.

O golpe Gyaku-zuki

As técnicas do karatê que descrevem um soco direto recebem o nome de Choku zuki. Para a execução do golpe Gyaku-zuki, a mão que golpeia deve iniciar seu movimento na lateral do corpo, entre o quadril e costelas, veja Fig. 2a, com a parte que corresponde à palma da mão voltada para cima e o braço rotacionado na sua distância máxima. O movimento do golpe inicia-se com a rotação do quadril com o punho junto a ele acompanhando a rotação; durante esse movimento as pernas permanecem abertas e fixas no mesmo ponto.

Ao término da rotação do quadril, a alavanca do ombro é acionada, o braço é estendido lançando um soco que atravessa uma linha reta para frente até atingir o alvo, com o cotovelo seguindo praticamente a mesma linha do punho. No final do movimento, o punho faz uma rotação para que no fim do movimento esteja com a parte da palma da mão voltada para baixo, Fig. 2b. No final do movimento deve acontecer o *kime*, que é a contração dos músculos para sustentar o impacto do golpe.

Segundo Nakayama [3], "...um certo grau de rotação dos quadris resulta num movimento maior das extremidades do corpo". Motivados por estas observações, veremos como esta rotação pode ajudar na eficácia do golpe.

A pergunta que estamos interessados em responder é: Qual é a força final que o braço de um karateca faz ao colidir com o alvo?

Para entender a física envolvida nesse golpe, dividiremos o *Gyaku-zuki* em dois estágios: 1) o primeiro estágio está associado ao giro do quadril com o braço direito rente à cintura, acompanhando o movimento do quadril (Fig. 2a), 2) o segundo estágio começa no instante em que cessa o movimento do quadril e o braço é lançado horizontalmente para frente até atingir o alvo (Fig. 2b).

O modelo físico que aqui propomos usa os resultados analisados num trabalho experimental [4] sobre o deslocamento da mão em função do tempo em um soco do kung-fu que não usa o quadril para lançar o braço, ou seja, o que corresponde apenas ao segundo estágio do *Gyaku-zuki*. Neste trabalho, os autores usaram uma câmera rápida de 1000 Hz que registra imagens em intervalos de 0,005 s, confirmando que a força muscular resultante desse soco é constante durante o movimento e que a resistência do ar pode ser desprezada

ao serem empregadas às equações de movimento. A seguir, iremos modelar fisicamente o primeiro estágio do golpe do karatê.

Movimento do quadril

Nesse tópico analisa-se a biomecânica associada ao primeiro estágio do golpe *Gyaku-zuki*. Observa-se que o movimento dos quadris executa uma rotação tendo como centro, o ponto de interseção dos eixos principais longitudinal, transversal e frontal do corpo do atleta [5]. No karatê o giro perfeito do quadril representa o aperfeiçoamento da técnica e este é um dos aspectos que faz com que o atleta consiga subir de categoria ao pleitear uma troca de faixa. Para fins práticos do nosso modelo físico, num primeiro momento, vamos supor que o giro executado (no máximo de 45°) no *Gyaku-zuki* descreve um movimento circular uniforme (MCU). O MCU é um movimento que em intervalos de tempos iguais se percorre as mesmas distâncias em trajetória circular [6]. Neste movimento apenas está presente a aceleração centrípeta, direcionada para o centro da trajetória, fazendo com que a velocidade tangencial mude de direção a cada instante, sem alterar o seu módulo. Portanto, ao ser lançado o braço para golpear o alvo, este não sairá do repouso, mas com a mesma velocidade da trajetória circular que o conjunto quadril-braço apresenta. Desta forma, suporemos que esta velocidade tangencial é a velocidade inicial do segundo estágio do *Gyaku-zuki*.

Movimento do braço

Para interpretarmos o segundo estágio desse golpe nos apoiamos no trabalho sobre o soco do kung-fu [4], cujo movimento do braço do atleta durante o golpe foi filmado, analisado e obtido o gráfico de deslocamento em função do tempo, confirmando que o movimento descrito é um movimento uniformemente variado (MUV) [6]. A diferença básica entre esses dois golpes fica por conta que no golpe do

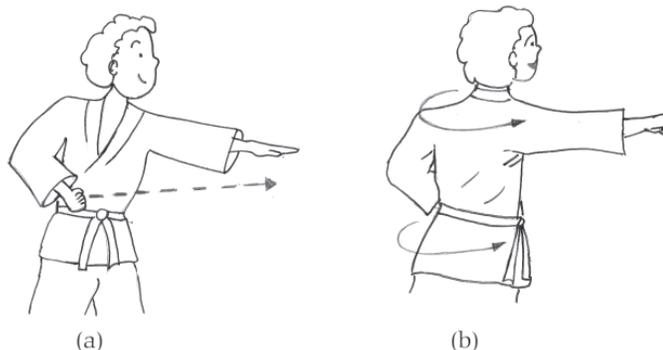


Figura 2 – a) posição inicial do golpe, b) giro do quadril acompanhado da distensão do braço.

kung-fu não há o giro da cintura e, portanto, o golpe parte do repouso, enquanto que no *Gyaku-zuki* tem velocidade inicial não nula. Suporemos que o segundo estágio do golpe do karatê é semelhante ao golpe do kung-fu e que também é descrito pelo MUV.

Em ambos os golpes o deslocamento total associado ao final do movimento deve ser igual ao tamanho do braço do atleta, já que o corpo do mesmo não deve deslocar-se durante a execução do golpe. Consideramos que o tamanho do braço do atleta que executa o golpe do Kung-fu é igual ao do karateca e que ambos tem a mesma aceleração ao distender o braço. Assim é possível igualar a função horária do MUV desses dois golpes (no caso do karatê somente o 2º estágio) por terem a mesma posição final (o tamanho do braço) e obter a velocidade inicial v_0 do soco do karatê

$$v_0 = \frac{1}{2} a \frac{(t_1^2 - t_2^2)}{t_2}$$

onde, a é o módulo da aceleração, t_1 e t_2 é o tempo que o braço leva para ser totalmente distendido no kung-fu e no karatê, respectivamente; note que $t_1 > t_2$ porque temos a contribuição da velocidade inicial não nula no golpe do karatê. A Fig. 3 apresenta alguns valores possíveis de velocidades iniciais para o segundo estágio do *Gyaku-zuki*. No modelo aqui sugerido não é levada em conta a torção do punho durante a distensão do braço, o valor da aceleração é $82,125 \text{ (m/s}^2\text{)}$ e $t_1 = 0,08 \text{ s}$ foram experimentalmente obtidos via filmagem [4].

Força final do golpe

A força final do *Gyaku-zuki* é a soma das forças, que são colineares no instante

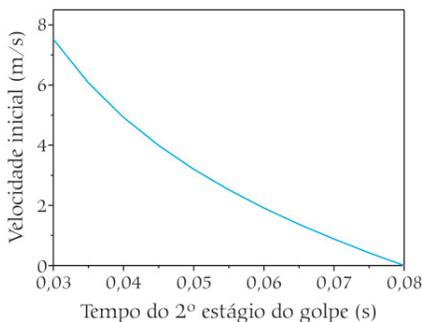


Figura 3 - Velocidade inicial do 2º estágio do golpe do karatê em função do tempo de duração do mesmo.

do golpe, feitas no primeiro e no segundo estágio do golpe, ou seja, a força do quadril (F_{quadril}) com a força feita pelo braço ($F_{\text{braço}}$).

Sabendo que o movimento do braço é o MUV, então a força associada a esse estágio é constante e escreve-se como

$$|\vec{F}_{\text{braço}}| = m_{\text{braço}} a.$$

Supondo um atleta de 70 kg, a massa do braço é 13 kg [7], então $|\vec{F}_{\text{braço}}| = 1067,69 \text{ N}$.

Podemos admitir que a força que o quadril faz é a própria força centrípeta $|\vec{F}_{\text{quadril}}| = mv_0^2/R$, onde m é a massa do tronco de um ser humano, que corresponde a 46,10% da sua massa total e R o raio deste tronco (considerando uma circunferência perfeita) [7]. Então, para esse mesmo atleta, $m = 32,27 \text{ kg}$ e $R = 0,14 \text{ m}$.

A Fig. 4 apresenta os possíveis valores da força total exercida no golpe direto do karatê em função da velocidade inicial do segundo estágio do golpe.

Observando a Fig. 4, nota-se que quando o golpe parte do repouso a força final é em torno de 1000 N, correspondendo a um tempo de distensão do braço do atleta próximo de 0,08 s. Para produzir uma força de 2000 N o atleta precisa diminuir este tempo em

torno de 0,02 s, embora pareça um intervalo de tempo irrelevante, para efeitos de melhoria de resposta do corpo humano é um valor considerável, já que é o tempo que o cérebro huma-

no demora para registrar um som [8]. Portanto, o giro do quadril no golpe do *Gyaku-zuki* vem facilitar a diminuição desse tempo através da introdução da velocidade inicial no MUV.

É interessante compararmos os valores do gráfico acima da força final produ-

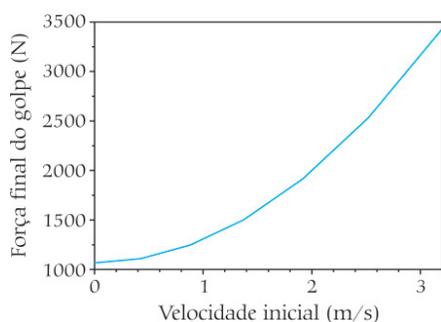


Figura 4 - força final do golpe do karatê em função da velocidade inicial do segundo estágio desse golpe.

zida pelo golpe ao atingir o alvo com outras forças que o ser humano pode fazer. Por exemplo, para sustentar uma massa de 6 kg na mão, com o antebraço formando um ângulo de 90° com o braço, um adulto faz uma força muscular de 563,81 N [9], ou seja, é equivalente à força peso de um corpo adulto de aproximadamente 57 kg. Um atleta de 70 kg, com seu corpo pendurado pelas suas mãos numa barra horizontal, com o antebraço levemente inclinado formando um ângulo de 10° com relação à vertical, o tendão do seu bíceps (músculo do braço que liga ao antebraço) faz uma força de 1303,16 N para manter-se nessa posição em equilíbrio [9]. Dessa forma, concluímos que o corpo humano produz valores de forças expressivas para se deslocar ou se manter em determinadas posições.

Conclusão

Inovar a metodologia de ensino de ciências através de temas interdisciplinares permite trazer para sala de aula situações reais do cotidiano dos alunos. A física dos esportes é um tema que tem essas características e supera obstáculos disciplinares. Nesse trabalho, mostramos que conteúdos de física comumente apresentados nas séries iniciais do ensino médio podem ser vistos de uma forma diferente, em certo aspecto, mais lúdica. Analisamos um golpe do karatê e o modelamos com os MCU e MUV para obter o valor da força que atinge o alvo. Sugerimos ao professor que ao apresentar essa aplicação peça aos seus alunos para levantarem, tentarem reproduzir o golpe com e sem o giro do quadril, observando e sentindo a mudança do movimento.

Referências

- [1] J. D. Walker, Am. J. Phys. **43**, 845 (1975).
- [2] S.R. Wilk, R.E. McNair and M.S. Feld; Am. J. Phys. **51**, 783 (1983).
- [3] M. Nakayama, *O Melhor do Karate – Fundamentos* (Cultrix, São Paulo, 1999).
- [4] O. Pinto Neto, M. Magini, M.M.F. Saba; Revista Brasileira de Ensino de Física **28**, 235 (2006).
- [5] Gerry Carr, *Biomecânica do Esporte* (Ed. Manole Ltda., São Paulo, 1998).
- [6] A. Máximo e B. Alvarenga, *Curso de Física – Volume 1* (Scipione, São Paulo, 2003), 6ª ed.
- [7] O. Okuno e L. Fratin, *Desvendando a Física do Corpo Humano* (Ed Manole, São Paulo, 2003), 1ª ed.
- [8] D. Texeira, *Revista Veja*, 5 de setembro, p 93 (2007).
- [9] J.E.R. Durán, *Biofísica Fundamentos e Aplicações* (Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2003).