



A física através do skate: um estudo do seu movimento utilizando conceitos da mecânica clássica

Albérico Blohem de Carvalho Júnior^{1.#} e
Gerson Cortês Duarte Filho¹

¹Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE, Brasil.

RESUMO

Segundo a Confederação Brasileira de Skate, o Brasil tem aproximadamente 5 milhões de praticantes de skate, fazendo com que um esporte antes visto como marginalizado ganhe espaço, como nas Olimpíadas de Tóquio, e, assim, incentivando os adolescentes a saírem dos seus estados de inércia. Devido a essa afinidade com o mundo jovem, alguns estudos vêm mostrando que o skate pode ser utilizado para facilitar a construção da ciência, como na física, tornando-a mais acessível e compreensível. Dessa forma, foram apresentados através desse esporte alguns conceitos básicos da estática. Cabe ressaltar que outros conceitos e outras grandezas da mecânica clássica podem ser considerados, por exemplo, a conservação de energia, as grandezas cinemáticas, como o deslocamento, a velocidade, a aceleração e as grandezas dinâmicas, como o momento de inércia. Porém, o intuito deste trabalho foi abrir novas portas, ou seja, criar novas metodologias para o processo de ensino-aprendizagem desses conceitos aproveitando o movimento de crescimento da prática do skate para agregá-lo ao ensino de física.

Palavras-chave: física dos esportes; skate; centro de massa; alavancas

1. Introdução

Atualmente, alguns estudos mostram que os adolescentes estão mais propensos a níveis pressóricos elevados e estão cada vez mais sedentários [1,2]. Segundo a Ref. [3], a falta de atividade física por parte dos jovens pode refletir em uma vida adulta inativa e, assim, aumentar o risco de doenças crônicas. Isso indica que é necessário criar uma forma de incentivar os jovens a praticarem esportes.

No entanto, devido às conquistas realizadas por alguns atletas brasileiros de esportes radicais, como Gabriel Medina (bicampeão mundial de *surf*), Ítalo Ferreira (campeão mundial de *surf*), Sandro Dias (hexacampeão mundial pela World Cup Skateboarding) e Pedro Barros (campeão mundial de *skate bowl*), vêm ocorrendo um aumento na divulgação desses esportes e, dessa forma, ganhando novos adeptos, principalmente jovens. Segundo a Confederação Brasileira de Skate [4], o Brasil tem aproximadamente 5 milhões de praticantes de skate, fazendo com que esportes antes vistos como marginalizados [5,6] ganhem espaço, incentivando os adolescentes a saírem dos seus estados de inércia.

Devido a essa afinidade com o mundo jovem, alguns estudos [7,8] vêm mostrando que o skate pode ser utilizado para facilitar a construção do conhecimento. Segundo a Ref. [9], podemos refletir a respeito da possibilidade de se utilizar o skate nas aulas de educação física e, assim, contribuir para o desenvolvimento motor dos alunos.

A disseminação da física [10-13] através da internet já vem sendo feita e apoiada pelos órgãos de amparo à pesquisa, porém são poucas as pesquisas que utilizam o skate como ferramenta de ensino de física. Dessa forma, dando continuidade ao processo de popularização da ciência, o intuito deste trabalho é mostrar como conceitos básicos de física podem ser utilizados para de-

scriver os movimentos que o skatista realiza com o seu equipamento e, assim, criar novas possibilidades na construção deste conhecimento e incentivar o público-alvo a praticarem o esporte.

Este artigo encontra-se organizado da seguinte forma:

na seção 2, apresentamos uma forma simples de calcular o centro de massa do skate por meio do Método de Arquimedes. Na seção 3, apresentamos três abordagens envolvendo o simples ato de levantar o skate por uma de suas extremidades, o que é essencial para realizar a maioria das manobras. Exploramos e discutimos, ainda, conceitos como alavanca interfixa, alavanca interpotente e alavanca interpotente. Finalmente, na seção 4, apresentamos nossas conclusões sobre o trabalho.

2. Materiais e métodos

2.1. Centro de massa

Com o objetivo de estudar fisicamente uma determinada manobra do skate, temos que, inicialmente, obter algumas grandezas, como sua massa, seu comprimento, a distância entre os eixos (onde se encontram as rodas), a distância dos mesmos com relação às extremi-

Devido a essa afinidade com o mundo jovem, alguns estudos vêm mostrando que o skate pode ser utilizado para facilitar a construção da ciência, como na física, tornando-a mais acessível e compreensível

#Autor de correspondência. E-mail: ablohem@academico.ufs.br.

dades do *skate* e, principalmente, o seu Centro de Massa (CM).

Conforme a Ref. [14], o CM de um corpo extenso ou de um sistema de partículas é uma idealização utilizada na física para reduzir o problema da ação das forças externas sobre esse corpo extenso ou sobre o sistema de partículas. Assim, considera-se que o corpo extenso ou um sistema de partículas é reduzido a uma partícula de massa igual à massa total do corpo extenso ou do sistema de partículas e nela atua a força peso. Segundo as Refs. [15,16], o CM é chamado algumas vezes de Centro de Gravidade (CG), pois, em muitos casos, o campo gravitacional pode ser considerado uniforme, ou seja, é o mesmo em todos os pontos do corpo.

No caso de corpos de grandes dimensões, o centro de gravidade não estará, em geral, no centro de massa do sistema, pois ele depende da distância entre os corpos (sistema corpo-terra) [16]. Porém, quando as dimensões do corpo em estudo, como no caso deste trabalho, são pequenas em comparação com a dimensão da Terra, considera-se que o valor da aceleração da gravidade para as diferentes partes do mesmo será igual, sendo assim, o CM coincidirá com o CG.

2.2. Cálculo do centro de massa: Método de Arquimedes

Há alguns métodos para se encontrar o CM e, como queremos determiná-lo da forma mais fácil possível, pois o intuito é que o professor possa realizar esta metodologia em sala de aula e, assim, encontrar a grandeza rapidamente em uma demonstração junto aos estudantes, foi escolhido o chamado Método de Arquimedes ou Método da Pendura [17,18].

Esse método diz que podemos encontrar o CM de um corpo através da linha de ação da força peso. Sendo assim, deve-se criar uma condição em que o corpo sofra um torque da força peso e posteriormente encontre o equilíbrio.

Dessa forma, segurou-se o *skate* por uma de suas extremidades, que foi considerada como o ponto de apoio “A”, conforme pode ser visto na Fig. 1. Devido ao torque (Eq. (1)) gerado pela força peso no *skate*, ao soltá-lo, ele fará um giro até encontrar uma posição de equilíbrio,

$$\tau_P = d \times P, \quad (1)$$

onde d é a distância entre o eixo de rotação e a aplicação da força, que é cha-

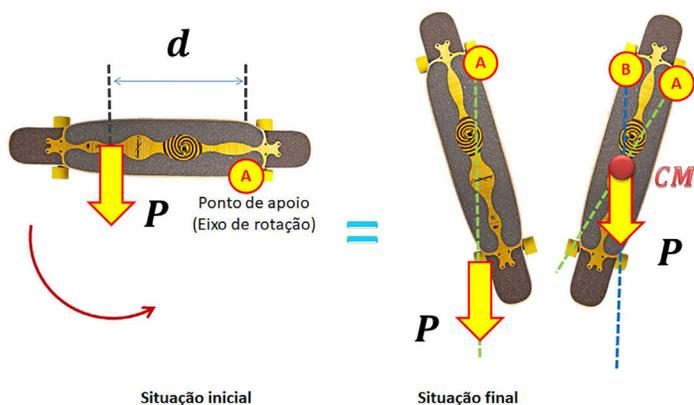


Figura 1 - Representação da determinação do CM utilizando o método de Arquimedes.

mada de braço da força, e P é a força que atua no CM do *skate*, no caso, a força peso. Inicialmente, temos que $P \perp d$, então

$$\tau_P = d \times P \text{sen}(90^\circ) = d \cdot P. \quad (2)$$

Quando o *skate* gira, o torque se anula, pois as grandezas vetoriais (d e P) ficam paralelas entre si:

$$\tau_P = d \times P \text{sen}(0^\circ) = 0. \quad (3)$$

Dessa forma, podemos encontrar a linha de ação da força peso na situação de equilíbrio. É traçada essa linha de ação (reta vertical em verde) com um prumo (fio com um peso na extremidade) preso ao ponto de apoio “A”. Em seguida, segurando o *skate* na extremidade oposta e a chamando de ponto de apoio “B”, realizou-se o mesmo procedimento (reta vertical em azul). O CM foi encontrado por meio da intersecção das linhas de ação da força peso para as duas situações.

3. Resultados e discussões

3.1. Skate: uma alavanca interfixa

Para estudarmos os conceitos básicos da física utilizando o *skate*, analisamos o simples ato de elevá-lo do chão utilizando o pé e mantê-lo suspenso em equilíbrio conforme a Fig. 2. Esse ato é um movimento básico e necessário para realizar uma boa parte das manobras. A princípio, simplificamos a estru-

tura do *skate* e o consideramos como sendo uma alavanca de primeira classe (interfixa), onde o ponto de apoio se encontra entre a força de ação (skatista) e a força resistente (força peso do *skate*). Dessa forma, o eixo inferior virou o ponto de apoio, a madeira do *skate* virou a haste da alavanca e a massa dele ficou concentrada no CM, conforme pode ser visto na Fig. 2. Devemos destacar aqui que calculamos o CM para o *skate* completo, ou seja, a madeira com os dois eixos e as suas respectivas rodas, e, ao considerar o eixo inferior como sendo o ponto de apoio de alavanca, a posição do CM se modifica, já que o eixo inferior deixa de contribuir para a massa do *skate*. Porém, a fim de que não seja necessária a retirada do eixo inferior do objeto para calcular o CM e facilitar a sua demonstração pelo professor em sala de aula, iremos, de antemão, utilizar o valor do CM obtido para o *skate* completo e, depois, iremos verificar se haverá alguma mudança significativa nos cálculos quando abordamos uma metodologia mais completa.

Nessa situação, verificamos que podemos utilizar duas abordagens. A primeira calcula somente a força necessária para elevar e manter o *skate* suspenso, logo a madeira do skate ficará na iminência do toque no chão e a sua normal, assim, será desprezível (Fig. 3a). Nesse caso, o pé do skatista aplica uma força ($F_{pé}$) na madeira do *skate* e, pela

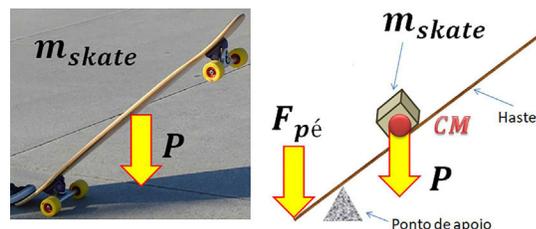


Figura 2 - Representação do skate como uma alavanca.

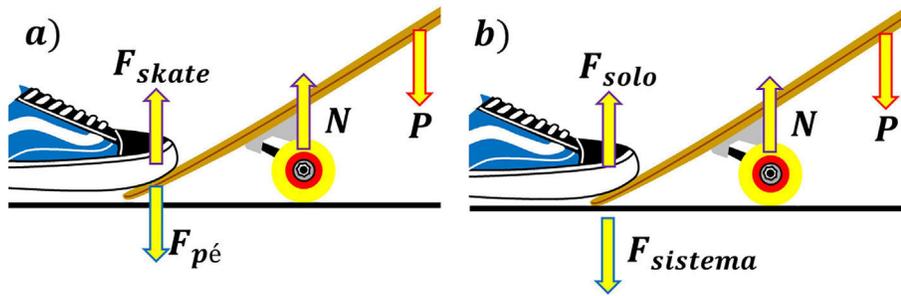


Figura 3 - Representação das forças associadas às duas abordagens.

terceira lei de Newton, a madeira exerce de volta uma força de igual intensidade (F_{skate}) na mesma direção, porém em sentido contrário. A outra abordagem considera que o pé do skatista e a madeira do skate (massa desprezível) são um sistema único, dessa forma, o sistema aplica uma força ($F_{sistema}$) no solo e o solo exercerá, de volta para o sistema, uma força de igual intensidade (F_{solo}) na mesma direção, porém em sentido contrário (Fig. 3b). Nesta segunda abordagem, o que será calculado é a força de reação do solo no sistema. As duas fornecerão os mesmos resultados, no entanto consideramos a primeira abordagem devido à fácil visualização da força aplicada no skate e, por conseguinte, a visualização das forças que atuam na alavanca.

Para estudarmos este tipo de situação, utilizamos o conceito de equilíbrio de translação, o qual indica que a resultante das forças que agem na alavanca deve ser nula. Nele, também é verificado que a força normal que atua no ponto de apoio será igual à soma da força aplicada pelo pé e a força peso, conforme a Eq. (4),

$$N = F_{pé} + P. \quad (4)$$

No equilíbrio rotacional, considera-se que a soma dos torques das forças que atuam no corpo é igual à zero

$$\sum_{i=1}^n \tau_i = d_1 \times F_1 + d_2 \times F_2 + \dots = 0. \quad (5)$$

Na nossa condição, para elevarmos o skate até uma determinada altura, o skatista aplicou uma determinada força com o pé. Para mensurá-la, podemos partir do pressuposto que o torque gerado por esta força deve estar em equilíbrio com a força peso atuante no CM do skate (Fig. 4). Sabendo que o skate completo (madeira e os dois eixos com as rodas) tem uma massa de 4,3 kg, então o valor da força peso que atua nela será de 42,1 N (considerando que a aceleração da gravidade vale $\cong 9,8 \frac{m}{s^2}$).

Realizando as medidas necessárias com o skate elevado, encontramos o valor de $\theta = 36,9^\circ$. Sabendo que θ e φ são complementares, então o valor de φ será $53,1^\circ$. Considerando o sentido anti-horário de rotação como sendo positivo e sabendo que o torque da normal será nulo, pois é o ponto de apoio. Dessa forma, teremos para a condição de equilíbrio rotacional,

$$F_{pé} \times d_F^\perp - P \times d_P^\perp = 0, \quad (6)$$

ou

$$F_{pé} = \frac{P \times d_P}{d_F}. \quad (7)$$

Para encontrarmos os valores dos braços de força (d_F , d_P), medimos as distâncias entre o ponto de apoio até o ponto de aplicação da força exercida pelo skatista e o ponto de apoio até o CM do skate. Os valores encontrados foram de aproximadamente 0,18 m e 0,42 m, respectivamente. Assim, substituindo na Eq. (7), o valor mínimo da força aplica-

da pelo skatista será de aproximadamente 98,4 N. Utilizando a Eq. (4), averiguamos que o valor da normal será de 140,5 N e, utilizando a definição de torque, verificamos que o valor do mesmo gerado pelo skatista será

$$\tau_{pé} = d_F \times F_{pé} \text{sen}(53,1^\circ)$$

$$\cong 14,2 \text{ N.m.} \quad (8)$$

Com o intuito de verificar a coerência nos cálculos anteriores devido à simplificação adotada, consideraremos agora os valores das massas dos componentes do skate separadamente, como os dois eixos com suas rodas e a madeira. O valor da massa de cada eixo, considerando também as rodas, foi de 0,9 kg e o da madeira foi de 2,5 kg. Utilizando o Método da Pendura, averiguou-se somente o CM da madeira do skate e verificamos que a sua distância até o ponto de apoio foi de 0,46 m. Isso indica que, quando ele está com os eixos acoplados, gera-se uma redistribuição de massa, fazendo com que o CM fique mais próximo do ponto de apoio. Para realizarmos os cálculos, utilizamos novamente o processo de simplificação da estrutura do skate, mas além de considerar o eixo inferior como sendo o ponto de apoio e a madeira do skate como a haste da alavanca, introduzimos na análise o valor da massa do eixo superior, conforme pode ser visto na Fig. 5.

Utilizando o conceito de equilíbrio

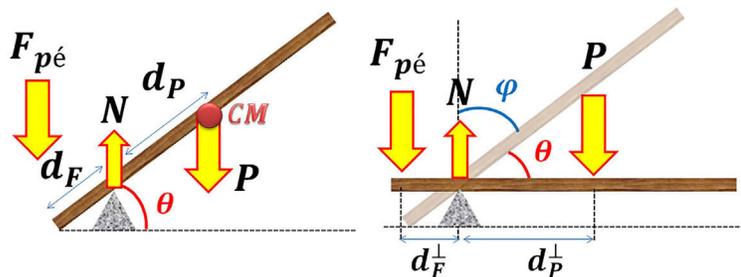


Figura 4 - Representação do equilíbrio rotacional no skate.

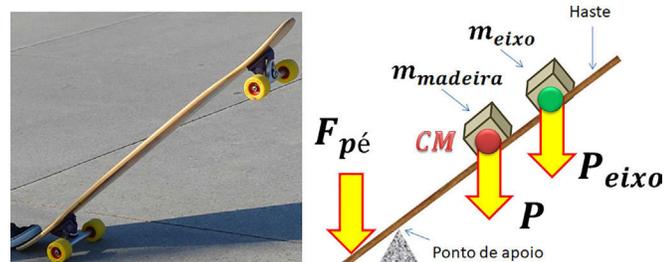


Figura 5 - Representação do skate como uma alavanca.

de translação, encontramos a Eq. (9),

$$N = F_{pé} + P + P_{eixo}. \quad (9)$$

A Eq. (9) indica que no ponto de apoio atua a força normal, que é igual à soma da força aplicada pelo skatista, da força peso da madeira e da força peso do eixo superior. Para verificarmos o equilíbrio rotacional, podemos observar por meio da Fig. 6 as forças atuantes nesta nova abordagem.

Utilizando a Eq. (5), teremos que

$$F_{pé} \times d_F^\perp - P \times d_P^\perp - P_{eixo} \times d_E^\perp = 0, \quad (10)$$

ou

$$F_{pé} = \frac{P \times d_P + P_{eixo} \times d_E}{d_F}. \quad (11)$$

Medimos o valor da distância do eixo superior até o ponto de apoio da haste e encontramos o valor de 0,89 m. Consideramos aqui alguns valores calculados anteriormente, como o valor do braço da força do skatista (0,18 m) e os valores dos ângulos ($\theta = 36,9^\circ$ e $\varphi = 53,1^\circ$). Lembrado que agora o braço da alavanca da força peso que atua no CM vale 0,46 m e que a força peso da madeira vale 24,5 N, encontramos o valor de 106,3 N para a força aplicada pelo skatista, resultando em uma diferença percentual de 7,5% com relação à abordagem anterior. Dessa forma, podemos verificar que a primeira abordagem pode ser apresentada em uma sala de aula, porém alertando os alunos a respeito das considerações adotadas, visto que será complicado para o professor, devido ao tempo, desmontar e montar o skate para realizar a segunda abordagem de cálculo. Utilizando a Eq. (9), verificamos que o valor da normal será de 139,6 N e o valor do torque, 15,3 N.m. Estes valores também estão bem próximos aos valores encontrados anteriormente, corroborando, assim, a aplicabilidade de ambas as abordagens.

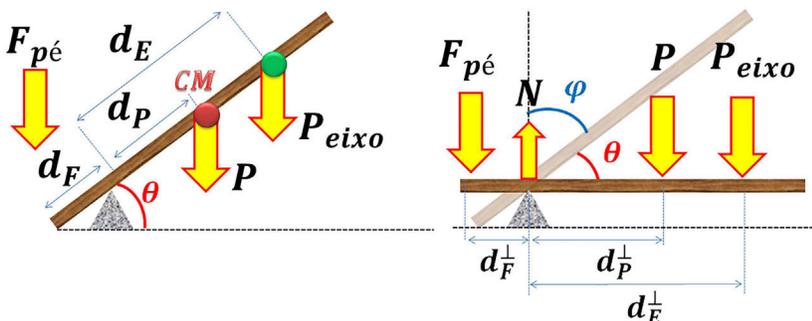


Figura 6 - Representação do skate como uma alavanca.

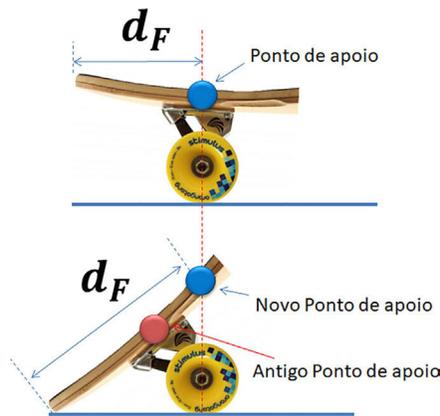


Figura 7 - Representação do deslocamento do ponto de apoio.

3.2. Novo ponto de apoio da nossa alavanca

Ao realizar o estudo da segunda abordagem, foi verificado mais uma condição na qual não tinha sido considerada anteriormente. Percebeu-se que, ao elevar o skate, o ponto de apoio, que deve ser perpendicular ao chão e estar em contato com a haste, deslocar-se, modificando, dessa forma, todos os valores dos braços da força em análise. Se esta análise fosse em uma gangorra, verifica-se que o ponto de apoio será sempre constante e, no caso do skate, a parte do ponto de apoio que rotaciona é a sua roda, que não está em contato com a haste. Isso resulta no deslocamento do ponto de apoio, conforme pode ser visto na Fig. 7. Assim, realizamos um estudo mais detalhado com o intuito de compará-lo às abordagens anteriores.

Nesta abordagem, continuamos a considerar o ponto de apoio como origem das nossas coordenadas, porém com um novo valor. Por meio da Fig. 8, pode-se verificar que, além das forças citadas anteriormente, também estamos considerando as duas forças normais associadas às duas rodas que estão em contato com o chão.

Utilizando o conceito de equilíbrio de translação, encontramos a Eq. (12),

$$N_{RD} + N_{RE} = F_{pé} + P + P_{eixo}, \quad (12)$$

onde agora estamos considerando as normais das rodas ($N_{RD} + N_{RE}$), a força aplicada pelo skatista ($F_{pé}$), a força peso da madeira do skate (P) e a força peso do eixo superior (P_{eixo}). Deve-se lembrar também que, aqui, a madeira do skate está na iminência do toque, resultando, assim, em uma normal desprezível conforme descrito na subseção 2.1. Os torques associados às respectivas forças serão:

$$\tau_{F_{pé}} = d_F \times F_{pé} =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & -0,21 & 0 \\ 0 & 0 & -F_{pé} \end{pmatrix} = 0,21F_{pé}\hat{i}, \quad (13)$$

$$\tau_{NR} = d_{ND} \times N_{RD} =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0,1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{RD} \end{pmatrix} = -0,1N_{RD}\hat{j}, \quad (14)$$

$$\tau_{NE} = d_{NE} \times N_{RE} =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0,1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{RE} \end{pmatrix} = 0,1N_{RE}\hat{j}, \quad (15)$$

$$\tau_P = d_P \times P =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 0,30 & 0,39 \\ 0 & 0 & -P \end{pmatrix} = -0,30P\hat{i}, \quad (16)$$

$$\tau_{P_{eixo}} = d_E \times P_{eixo} =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 0,70 & 0,69 \\ 0 & 0 & -P_{eixo} \end{pmatrix} = -0,70P_{eixo}\hat{i}. \quad (17)$$

Resolvendo cada uma das equações e considerando o sentido anti-horário da rotação como positivo, teremos para a direção x e y as seguintes equações

Para y,

$$-0,1 \times N_{RD} + 0,1 \times N_{RE} = 0, \quad (18)$$

ou

$$N_{RD} = N_{RE}. \quad (19)$$

mostrando que as normais são iguais. Seus valores serão encontrados após obter o valor da força aplicada pelo skatista.

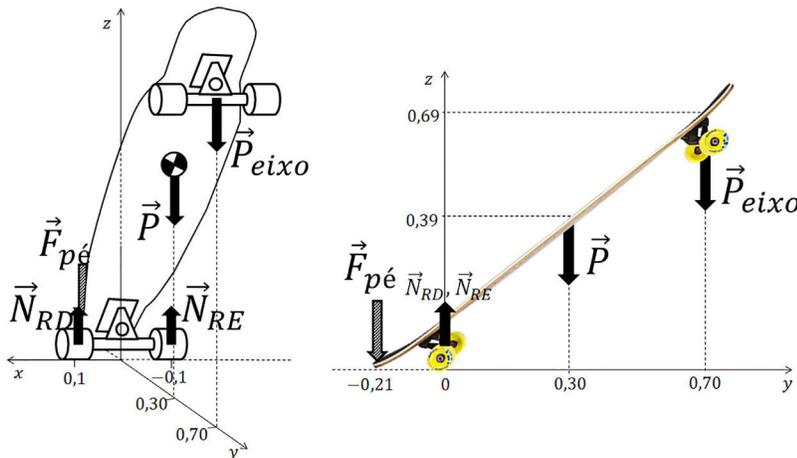


Figura 8 - Representação geral das forças atuantes no skate.

E para x ,

$$\begin{aligned} 0,21 \times F_{pé} - 0,30 \times P \\ - 0,70 \times P_{eixo} = 0, \end{aligned} \quad (20)$$

ou

$$F_{pé} = \frac{0,30 \times P + 0,70 \times P_{eixo}}{0,21}. \quad (21)$$

Como a força peso da madeira vale 24,45 N e a força peso do eixo superior vale 8,87 N, então a força aplicada pelo skatista será de 64,49 N. Em comparação à segunda abordagem, o valor da força aplicada pelo skatista resultou em uma diferença percentual de aproximadamente 64%. Este valor mostra que a não consideração do traslado do ponto de apoio levará a um erro significativo da força aplicada pelo skatista. Nas abordagens anteriores, os valores dos braços da força foram obtidos com o skate na horizontal, então, para utilizarmos uma destas abordagens, devemos medir os valores dos braços da força após elevar o skate e explicar a respeito do deslocamento do ponto de apoio. Os valores das forças normais foram obtidos utilizando a Eq. (12) e encontramos 49,49 N, cada. Utilizando a Eq. (13), encontramos 13.54 N.m para o torque realizado pelo skatista. Observa-se que, nas três abordagens, os torques têm valores próximos entre si. Isso ocorre devido a uma compensação com relação aos valores dos braços da força e as forças do

sistema, pois quando alguns valores aumentavam, outros diminuam.

3.3. Skate: uma alavanca inter-resistente

Com base em uma determinada manobra (Fig. 9), nós consideramos o momento no qual o skatista eleva o seu equipamento, fazendo-o realizar um giro de 180°. Não estamos interessados no movimento como um todo, mas sim na situação em que o skatista aplica uma determinada força para elevar o skate semelhante à nossa primeira análise (quadro 5 da direita para a esquerda da Fig. 9).

Anteriormente, utilizamos o conceito da alavanca interfixa, porém, para esta situação, devemos utilizar a chamada alavanca inter-resistente, pois a força peso do skate (força resistente) está entre o ponto de apoio (onde está a

força normal) e a força aplicada pelo skatista (força de ação), conforme é mostrado na Fig. 10.

Para simplificar o problema e estimar o valor mínimo da força aplicada pelo pé do skatista (observe que nesta situação ela é aplicada para cima), consideramos que o sistema está em equilíbrio, ou seja, que o skatista elevou o seu equipamento até uma determinada altura e o manteve suspenso, algo que é simples de ser realizado pelo atleta. Dessa forma, poderemos analisar a manobra em seu caráter estático e poderemos facilmente calcular a força mínima aplicada pelo pé do skatista. Utilizado o conceito de equilíbrio de translação, encontramos as forças que atuam no sistema através da Eq. (22),

$$N + F_{pé} = P_{skate}. \quad (22)$$

Para verificarmos o equilíbrio rotacional, consideramos que o sentido anti-horário de rotação é positivo. Dessa forma, teremos

$$F_{pé} \times d_{Fp}^{\perp} - P_{skate} \times d_{Ps}^{\perp} = 0, \quad (23)$$

onde d_{Fp} é o braço da força associada à força do skatista (1,03 m) e d_{Ps} é o braço da força associada à força peso do skate (0,60 m). Após simples manipulações matemáticas, obtemos a Eq. (24),

$$F_{pé} = \frac{P_{skate} \times d_{Ps}}{d_{Fp}}. \quad (24)$$

Sendo assim, a força aplicada pelo skatista neste movimento foi de 24,55 N. Encontramos o valor de $\theta \cong 29^\circ$ para o início do movimento, e como θ e φ são complementares, então o valor de φ se-

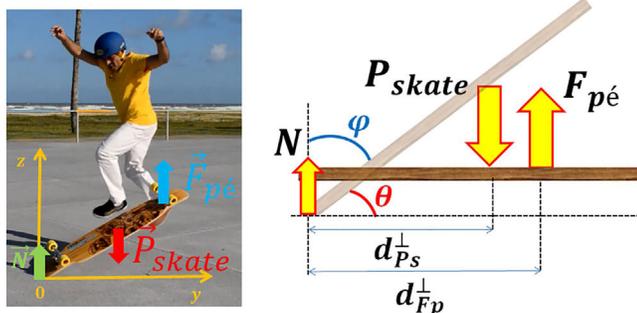


Figura 10 - Representação do skate como uma alavanca inter-resistente.



Figura 9 - Sequência da manobra realizada pelo skatista (sentido da manobra é da direita para a esquerda).

rá 61°. Assim, o torque aplicado pelo skatista será

$$\begin{aligned}\tau_{pé} &= d_{Fp} \times F_{pé} \text{sen}(61^\circ) \\ &= 22,12 \text{ N.m.}\end{aligned}\quad (25)$$

Aplicando o conceito de vantagem mecânica para a nossa situação (alavanca inter-resistente), encontramos

$$V_M = \frac{d_{Fp}}{d_{Ps}}. \quad (26)$$

Utilizando esse conceito, verifica-se que, para se realizar a manobra com menos esforço, deve-se aumentar o braço da força do skatista. Isso foi observado durante a filmagem da manobra, pois quando o skatista estava aplicando uma força no meio do *skate*, ou seja, mais próximo do CM, ele estava sendo obrigado a aumentar a intensidade da sua força e, assim, tendo dificuldade na realização da manobra. Contudo, quando começou a aplicar a força mais afastada do CM, houve um aumento do tamanho do braço da força associado à sua força, o que tornou a execução da manobra mais fácil. Se o skatista fosse aplicar uma força depois do CM e mais próximo do ponto de apoio, o sistema se enquadraria como uma alavanca interpotente, onde a força de ação estaria entre a força de resistência e o ponto de apoio. No entanto, a execução desta manobra ficou cada vez mais difícil devido

ao aumento considerável da intensidade da força que o skatista teve que aplicar.

4. Conclusões

Neste trabalho, mostramos como os professores, adotando o *skate* como uma alavanca, podem utilizá-lo para ensinar física. Exploramos dois movimentos do *skate*, sendo que, no primeiro, apresentamos três abordagens diferentes e tivemos que verificar cuidadosamente algumas considerações, por exemplo, como obter o CM do *skate* (completo ou não) e como calcular os braços da força quando o ponto de apoio se desloca ao elevar o *skate*. No segundo movimento, aplicamos diretamente alguns conceitos apresentados nas outras abordagens e verificamos como o skatista pode realizar a manobra de forma mais fácil e com menos esforço, aumentando o seu braço de alavanca. Verificamos que, dependendo do tipo de movimento, o *skate* pode ser considerado como uma alavanca interfixa, inter-resistente ou interpotente. Elucidando todas estas considerações, vimos que o *skate* pode ser uma boa ferramenta para se apresentar conceitos de mecânica e, como o

O esporte pode ser um instrumento que aproxima os adolescentes da física, além de incentivá-los à prática de esportes

objeto faz parte, de alguma forma, do universo dos alunos, esta metodologia poderá ser utilizada pelo professor sem muita resistência por parte deles. Outras perspectivas de ensino podem ser abordadas com o uso do *skate*, por exemplo, estudar grandezas cinemáticas, como o deslocamento, a velocidade e a aceleração, e aquelas relacionadas ao movimento de rotação, como o momento de inércia. Dessa forma, o esporte pode ser um instrumento que aproxima os adolescentes da física, além de incentivá-los à prática de esportes. Uma continuação natural deste trabalho é apresentar a eles os mais diversos tipos de esportes que podem ser analisados sob a luz da física clássica e abrir novas portas, ou seja, novas metodologias para o processo de ensino-aprendizagem destes conceitos.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE).

Recebido em: 20 de Julho de 2021
Aceito em: 13 de Setembro de 2021

Referências

- [1] D.A.S. Silva, L.R.A. Lima, R.A. Dellagrana, E.D.A. Bacil, A.R. Rech, *Ciênc. Saúde Coletiva* **18**, 3391 (2013).
- [2] D.A.S. Silva, J.O. Lima, R.J. Silva, R.L. Prado, *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* **11**, 299 (2009).
- [3] J.G.B. Alves, F.M.U. Montenegro, F.A. Oliveira, R.V. Alves, *Rev Bras Med Esporte* **11**, 291 (2005).
- [4] Confederação Brasileira de Skate, <http://www.cbsk.com.br>
- [5] L. Brandão, *Recorde: Revista de História de Esporte* **1**, 2 (2008).
- [6] T.A. Honorato, *Rev. Bras. Ciênc. Esporte* **35**, 95 (2013).
- [7] I. Armbrust, in: *Anais do III Congresso Brasileiro de Atividades de Aventura*, Santa Teresa/ES, 2008.
- [8] C.T. Candotti, J.F. Loss, R.E. Silva, M.O. Melo, R.B. Teixeira, G.B. Delwing, M Noll, *Rev. Bras. Ciênc. Esporte* **34**, 697 (2012).
- [9] I. Armbrust, F.A.A. Lauro, *J. Phys. Education* **16**, 799 (2010).
- [10] Física Moderna UFF, <https://www.youtube.com/channel/UCkRpTBmo09y3QfU35oqWtmw>.
- [11] UnivespTV, <https://www.youtube.com/user/univesptv>.
- [12] Dr.Skateboard, <http://www.drskateboard.com/links.htm>.
- [13] Física pelo Esporte, https://www.youtube.com/channel/UCd8e0oOc3X9xc_JKFuimxjg.
- [14] M. Duarte, E. Okuno, *Física do Futebol: Mecânica* (Oficina de Textos, São Paulo, 2012).
- [15] R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Addison-Wesley, 1967), v. 1.
- [16] K.R. Symon, *Mecânica* (Campus, Rio de Janeiro, 1982).
- [17] A.K.T. Assis, E.C.P. Magnaghi, *O Método Ilustrado de Arquimedes: Utilizando a Lei da Alavanca para Calcular Áreas, Volumes e Centros de Gravidade* (Ed. Apeiron, Montreal, 2014).
- [18] E. Okuno, L. Fratin, *Desvendando a Física do Corpo Humano: Biomecânica* (Malone, São Paulo, 2003).
- [19] M.A. Dias, P.S. Carvalho, D.M. Vianna, *Phys. Educ.* **51**, 1 (2016).