

A DINÂMICA NEWTONIANA NA GUARNIÇÃO DE COMBATE À INCÊNDIO

Anderson Joabe Queiroz de Souza ¹

Adiel Gideão Queiroz de Souza ²

Ronaldo Pereira de Melo Júnior ³

RESUMO

O ensino dos conteúdos da Física mostra-se um desafio cotidiano para alunos e professores. Segundo Pinto (1999) a Física ainda está longe de ser uma das matérias favoritas dos alunos, na maioria das escolas. Por isso, é fundamental uma mudança do ensino da Física, oferecendo algo mais atrativo. Outro desafio é a educação bancária – conceituada por Paulo Freire, onde o aluno não é levado a pensar ou refletir, apenas induzido a aceitar tudo que lhe é passado, não tendo uma aprendizagem significativa e não desenvolvendo senso crítico (MOREIRA, 2017). Porque o (a) professor (a) intelectual crítico é alguém que ao mesmo tempo se vale de profundo estudo e rigor metodológico enquanto se permite ser criativo (a) e autônomo (a) em suas reflexões (CONTRERAS, 2012). Este artigo propõe como a Física pode ser abordada em sala de aula pelos professores, trazendo a Mecânica Newtoniana para explicar situações reais com interesse em criar um material didático a partir de casos reais da profissão Bombeiro Militar, a fim de explicitar conceitos da Física em situações mais próximas do dia-a-dia e apresentar aos alunos como ela está presente em várias situações. Para tanto, utiliza exemplos de atividades que utilizam a força humana como ferramenta para manter o equilíbrio, descrevendo as grandezas atuantes em um sistema, como elas funcionam na prática, como em um salvamento ao utilizar água de uma mangueira para apagar um incêndio, explicando como as Leis de Newton se aplicam em cada caso. Bem como apresentar uma proposta de aplicação em sala de aula, que possibilite uma compreensão mais detalhada das leis de Newton e sua interdisciplinaridade (VALTER DIVINO BORGES, 2020).

Palavras-chave: Mecânica Newtoniana, Aprendizagem significativa, Educação bancária, Profissão Bombeiro Militar.

INTRODUÇÃO

O propósito deste trabalho é abordar didaticamente conceitos físicos que podem ser extraídos do trabalho exercido pelo Corpo de Bombeiros, seja em situações de resgate ou em combate a incêndios. Na perspectiva de contextualizar as ações supracitadas, apresenta uma alternativa para compreensão para os estudantes, sobre alguns conceitos da Mecânica Newtoniana, a partir de exemplos de atividades profissionais que utilizam a força humana como

¹ Major do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco. Mestre em Engenharia Gestão e Mídia do Conhecimento com ênfase em Segurança Pública. Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, anderson.joabe@bombeiros.pe.gov.br;

² 1º Sargento do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco. Estudante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), POLO 58 – Universidade Federal Rural de Pernambuco, adiel.souza@ufrpe.br;

³ Professor e orientador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), POLO 58 - Universidade Federal Rural de Pernambuco, rpmj09@gmail.com.

ferramenta para manter o equilíbrio. Para tanto, o estudo apresenta a situação de um salvamento ao utilizar água de uma mangueira para apagar um incêndio, explicando como as Leis de Newton se aplicam no caso, descrevendo as grandezas físicas presentes no sistema, destacando como elas funcionam na prática. Portanto, a pergunta basilar é: Como as Leis de Newton podem ser interpretadas em ações profissionais de uma guarnição de combate a incêndio?

METODOLOGIA

Marconi e Lakatos (2004, p. 46) definem método como “o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo (conhecimentos válidos e verdadeiros), traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista”. Para construir um instrumento capaz de analisar as aplicações Newtonianas e, a fim de obter resultados coerentes para o estudo proposto, Gil (2002, p. 47) diz que, “a pesquisa metodológica é o estudo que se refere a instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir determinado fim”. Menezes (2016) reforça dizendo que, deve-se utilizar instrumentos que transformem a aula em um processo envolvente, onde o estudante participe de forma ativa e perceba que a Física está presente no cotidiano, em profissões e na sociedade através de exemplos e situações que façam a “ponte” entre o conceito e a prática. A pesquisa possui caráter descritivo, pois busca analisar as relações entre os fatos e fenômenos, já que, segundo Gil (2002, p. 42) ressalta que “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

REFERENCIAL TEÓRICO

Isaac Newton foi um dos cientistas mais influentes de todos os tempos. Suas ideias se tornaram a base da Física Moderna. Ele baseou-se nos trabalhos de cientistas anteriores, incluindo Galileu e Aristóteles, e conseguiu provar algumas ideias que eram apenas conjecturas no passado. Ele estudou óptica, astronomia e matemática - e inventou o cálculo (Santos, 2019).

Os princípios da dinâmica foram claramente estabelecidos pela primeira vez por Newton são conhecidos como as três Leis de Newton do movimento. A primeira afirma que, quando a força resultante que atua sobre um corpo é igual a zero, o movimento do corpo não se altera. A segunda afirma que o corpo sofre aceleração quando a força resultante que atua sobre

ele não é igual a zero, sendo essa aceleração proporcional em módulo e possuindo mesma direção e sentido da força. A terceira lei é uma relação entre as forças de interação que um corpo exerce sobre outro (Young e Freendman, 2016, p. 110).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Leis de Newton do movimento trabalham um conceito fundamental, o de força.

[..] A primeira lei de Newton e o conceito de referenciais, podemos definir uma força como uma influência externa, ou ação, sobre um corpo, que provoca uma variação de velocidade do corpo, isto é, acelera o corpo em relação a um referencial inercial. (Supomos inexistentes ou outras forças sobre o corpo) Força é uma quantidade vetorial. Possui magnitude, intensidade, ou módulo e orientação (Tipler e Mosca - 2009, p. 94).

Na segunda Lei de Newton, ou Princípio Fundamental da Dinâmica, a força pode ser interpretada em função da variação temporal do momento linear, quando a massa de um corpo permanece constante. Enuncia que “a mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida” (NEWTON, 2008, p. 55). A partir daí, tem-se a seguinte expressão:

$$F = \frac{dP}{dt} \quad (1)$$

$$F = m \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

$$F = m \cdot a \quad (3)$$

A massa, aqui generalizada para Coeficiente de Inércia m , é uma constante positiva do objeto. A força F deve ser obtida em última análise. A segunda lei diz que o estado de um objeto é determinado pela sua posição e velocidade em qualquer instante do movimento, pois qualquer derivada da posição de ordem maior ou igual a dois pode ser obtida a partir da equação (1) (BORGES,2020).

Terceira Lei de Newton: Lei da Ação e Reação: “A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.” (NEWTON.1686. p. 54).

assim, a toda força que é atua sobre algum objeto, esse tende a reagir a essa ação com a mesma intensidade e direção, porém com o sentido contrário, que matematicamente é apresentado Sendo da seguinte forma:

$$F_{a,b} = -F_{b,a} \quad (4)$$

No qual, temos que $F_{a,b}$ é a força que o corpo/partícula a exprime no corpo/partícula b , e o $F_{b,a}$ é a força que o corpo/partícula b exprime no corpo/partícula a . O sinal negativo é justamente para apresentar que se encontram em sentidos opostos.

O uso de uma ferramenta de combate a incêndio, mangueira com jato de água, é representado na Figura 1(a). Nesse procedimento, observa-se que o *bombeiro chefe* da linha de mangueira, que segura o esguicho, está um pouco inclinado para a frente e, ainda, mantém seus pés fixados aos pés do seu auxiliar. Nota-se que a mangueira, todavia, é segurada numa posição próxima ao centro de massa do bombeiro chefe (admitido na altura acima da pélvis). Tudo isso para proporcionar uma melhor situação de equilíbrio estático e o para que o militar consiga combater o incêndio sem ser derrubado devido à força que a mangueira exerce sobre ele (F_m)⁴. Para análise da situação de equilíbrio translacional e rotacional, é preciso levar em conta que as resultantes das forças envolvidas, bem como os torques, respectivamente, sejam nulas.

Figura 1: (a) Bombeiros controlando um incêndio. (b) Diagrama de Forças atuantes no bombeiro chefe.



Fonte: Souza et al. (2020)

Fonte: Autores.

Na Figura 1(b), representa-se por F_m a força que a mangueira faz sobre o bombeiro chefe, F_m a força de atrito, F_{21} a força que o auxiliar faz sobre o bombeiro chefe (desenhada abaixo para destaque), P força peso e N força normal, do bombeiro chefe. θ é o ângulo formado pela reta que passa pela horizontal (solo) e o centro de massa do bombeiro chefe. Para a abordagem

⁴ O texto utilizará notação em negrito para vetores.

rotacional, serão tomadas como referência o ponto O, como centro de rotação e o sentido anti-horário como o positivo dessa.

Para o caso de diversas forças atuando sobre o mesmo corpo, pode-se representar a força resultante como somatório de todas as forças, como pode ser visto na equação (5).

$$\mathbf{F}_{\text{res}} = \sum_{i=1}^n \mathbf{F1} + \mathbf{F2} + \mathbf{F3} + \mathbf{F4} + \dots + \mathbf{Fn} \quad (5)$$

O somatório deve ser nulo para condição de equilíbrio.

Para facilitar a solução do problema, considera-se as direções horizontal e vertical separadamente, com isso, não é preciso utilizar a notação vetorial explicitamente. Assim, de acordo com a Figura 1.b, pode-se obter as seguintes equações referente ao equilíbrio de translação:

$$N - P = 0 \quad (5.1)$$

(para as componentes horizontais)

$$Fa + F_{2l} - Fm = 0 \quad (5.2)$$

(para as componentes verticais)

Resolvendo-se o sistema, fica-se com:

$$\mu P - F_{2l} - Fm = 0 \quad (5.3)$$

Onde μ é o coeficiente de atrito entre a bota do bombeiro e o chão.

Para determinar a Força da mangueira leva-se em conta a situação do equilíbrio de rotação.

$$\mathbf{M}_{\text{res}} = \sum_{i=1}^n \mathbf{M1} + \mathbf{M2} + \mathbf{M3} + \mathbf{M4} + \dots + \mathbf{Mn} \quad (6)$$

O somatório deve ser nulo para condição de equilíbrio, portanto, de acordo com a Figura 1.b, pode-se obter as seguintes equações referente ao equilíbrio de rotação:

$$Fm \cdot y - (Fa + F_{2l}) \cdot 0 - N \cdot 0 - P \cdot x = 0 \quad (6.1)$$

$$Fm d \sin\theta - P d \cos\theta = 0 \quad (6.2)$$

Onde d é a distância do ponto O ao centro de massa do bombeiro chefe.

Resolvendo-se, fica-se com:

$$Fm = P \cos\theta / \sin\theta = P \cot\theta \quad (6.3)$$

A relação 6.3 é a relação entre o peso do bombeiro chefe e a força que a mangueira faz sobre ele. Nesse caso, é importante notar que a inclinação θ que o bombeiro chefe utiliza é fundamental para que esse possa manter o equilíbrio e segurar a mangueira.

Além disso, também se pode verificar a importância do suporte que o bombeiro auxiliar fornece ao chefe, combinando-se as relações (5.3) e (6.3), fica-se com a expressão da força que esse exerce sobre o chefe:

$$F_{21} = P(\cot\theta - \mu) \quad (7)$$

Para ilustrar numericamente as considerações obtidas acima, considera-se a F_m como a força de reação do jato de água saindo da mangueira, que pode ser obtido pela relação (Chin et al., 2017):

$$F_m = \rho \times Q \times v \quad (8)$$

Onde: ρ = densidade da água (1000 kg/m^3); Q = fluxo de água (m^3/s) e v = velocidade da água na saída da mangueira (m/s).

Estimando valores de $Q \approx 20 \text{ L/min}$ (GOIÁS CBMGO, 2014) $\approx 3,3 \times 10^{-1} \text{ kg/s}$ e $v \approx 25,0 \text{ m/s}$ (Chin et al., 2017), calcula-se $F_m = 825 \text{ N}$.

Tomando-se a equação (6.3), calcula-se o peso P que o bombeiro chefe precisaria possuir, caso ele fosse segurar (o recuo) da mangueira sozinho, ou seja, $P = 825 \tan\theta$. Como há a dependência do ângulo de inclinação (θ), os resultados estão postos na tabela 1.

Tabela 1: Valores estimados de Peso e massa do bombeiro chefe, em função da sua inclinação, caso ele precisasse segurar a mangueira sozinho

θ (°)	P (N)	m (kg)
80	4.677,8	477,3
70	2.260,5	230,7
60	1.427,3	145,6
45	825,0	84,2
30	470,3	48,0
20	297,0	30,3

A partir da Tabela 1, podemos considerar a posição de equilíbrio do combatente na zona de trabalho por volta de 60° , de acordo com a Figura 1, portanto o bombeiro chefe precisaria possuir uma massa corpórea (adicionado ao equipamento e uniforme) de aproximadamente 146

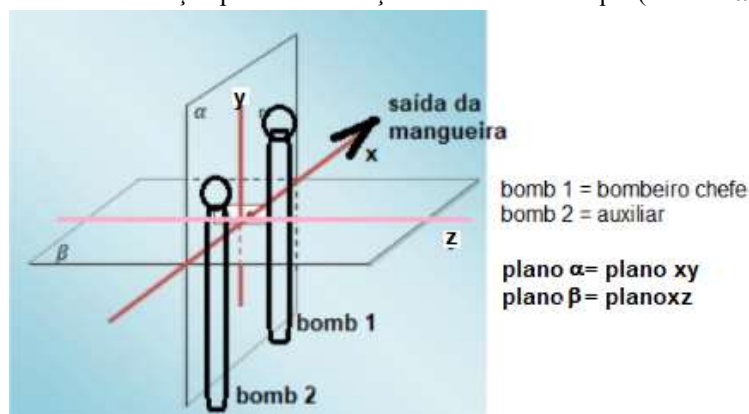
kg, o que não concorda bem com a realidade. Para compensar, esse bombeiro teria que se inclinar mais para a frente, porém às custas de perder o controle sobre seu equilíbrio e cair, soltando a mangueira, podendo causar outro acidente.

Nesse contexto, é importante destacar o suporte que o bombeiro auxiliar dá ao bombeiro chefe, explicitada pelo valor de F_{21} . Considerando o coeficiente de atrito estático entre a borracha da bota do bombeiro e o piso (concreto molhado) da ordem de 0,7 (FISICANET), estima-se que a F_{21} seja da ordem de 174 N para a inclinação de 60° . Portanto mais de 10% da força necessária para segurar a mangueira, apenas considerando a força de recuo.

Apesar dessa estratégia de apresentar valores para exemplificar o exemplo, é preciso destacar para os estudantes que estão sendo desconsiderados diversas outras variáveis para a descrição do problema real. Uma consideração leva em conta o fato que os dois bombeiros estejam conectados, segurando a mangueira de maneira que essa fique horizontal e o contato entre os pés precisa ser levado em conta na descrição do problema como um todo. O objeto a ser estudado é formado pelo conjunto dos dois bombeiros e a mangueira, portanto a abordagem precisaria ser mais elaborada, até mesmo, levando em conta os torques do plano horizontal (Figura 2), visto que, caso a “pega” do bombeiro chefe não for firme, mantendo a mangueira na direção correta, haverá componentes de força de reação da água lateralmente, aumentando a possibilidade de desequilíbrio dos profissionais, podendo causar queda e acidentes com eles.

Por outro lado, de maneira nenhuma essa abordagem simplificada perde seu mérito, visto que destaca a importância e necessidade da existência colaborativa de dois profissionais para o uso da ferramenta (mangueira de incêndio). Esse é um dos exemplos que consegue propor como a Física pode ser abordada em sala de aula pelos professores, fazendo a Mecânica Newtoniana explicar situações da realidade. É uma proposta de aplicação em sala de aula, que possibilita um entendimento mais detalhado das leis de Newton e de sua interdisciplinaridade.

Figura 2: Planos de rotação para consideração de cálculos e torque (vertical α e lateral β).



Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como proposta a elaboração de um material didático que pode ser construído através da Física do cotidiano, que estuda as Leis de Newton, trazendo a relação da Física com o trabalho dos bombeiros, onde talvez fosse válida até uma visita ao quartel para que os alunos pudessem vivenciar as experiências mostradas nas fotos e compreender melhor a Física envolvida nelas. É possível observar, nas figuras apresentadas, a relação entre as grandezas e o trabalho dos bombeiros, como por exemplo a forma com que cada ação pode gerar uma reação, entre outras coisas. Este trabalho é voltado para o exercício dos bombeiros. Contudo, ele pode servir de inspiração para que outras pessoas possam estabelecer uma relação da Física com outras atividades ou profissões (GOMES JÚNIOR, 2021). Às vezes pensamos que um determinado conceito é útil apenas na nossa área de atuação, ou em áreas afins, não imaginamos que, em uma área que até então não se acreditava fazer conexão com Física, seja possível usar as Leis de Newton, como é o caso da Biomecânica, dinâmica molecular, controle de vibrações e na perícia criminal ou Forense (VALTER DIVINO BORGES, 2020).

Por isso, foram abordados exemplos do cotidiano para o aprendizado, revelando como a Física é importante na prática e aguçando sua curiosidade nos estudantes, consolidando o processo de aprendizagem. Os resultados aqui apresentados apontam para a continuidade de trabalhos nessa linha de pesquisa, verificando a possibilidade de uma proposta de uma melhor formação dos professores e o uso de ferramentas para uma melhor contextualização dos conteúdos, na qual os estudantes possam integrar uma “Força tarefa” com os conceitos aprendidos no dia-a-dia, o que pode criar uma posição pujante frente à Física.

REFERÊNCIAS

Borges, Valter Divino. **As leis de Newton e a sua interdisciplinaridade**. TCC, PUC GOIÁS, 2020.

CHIN, Selena K.; SUNDERLAND, Peter B.; JOMAAS, Grunde. *Firefighter nozzle reaction*. **Fire Technology**, v. 53, n. 5, p. 1907–1917, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10694-017-0661-3>. Acesso em: 30 set. 2025.

CONTRERAS, J. **A Autonomia de Professores**. São Paulo: Cortez, 2012.

FÍSICANET. *Coefficientes de atrito estático e cinético*. Disponível em: <https://www.edukapa.com.br/FisicaNet/TabelasConstantes/Coefficientedeatrito.htm>. Acesso em: 30 set. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar. **Norma Técnica nº 22/2014 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Goiânia: CBMGO, 2014. Disponível em: https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/03/nt-22_2014-sistemas-de-hidrantes-e-de-mangotinhos-para-combate-a-incendio.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

GOMES JÚNIOR, Eridelson José. **Física que salva**. TCC, UFPE, 2021.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 1: Mecânica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. - 4. ed. - São Paulo: Atlas 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. 2a ed. 2010. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>

MENEZES, Luciene da Silva et al. **Sequência didática para aprendizagem ativa das Leis de Newton**. 2016.

NEWTON, I. Principia. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Londres: USP, 1686.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

Santos, Valdilson Noberto dos. **Uma sequência didática para o estudo das leis de Newton e suas aplicações**. TCC, UFCG, 2019.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros - Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2009.