

## Volume 1 • Módulo 2 • Física • Unidade 8

# Eu tenho a força!

Andreia Mendonça Saguia, Angelo Longo Filho, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas.

## Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizadas e/ou adaptadas, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção, existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 8 – Eu tenho a força! – procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física. Para isto, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos do conceito de Força. Este conceito está intimamente associado ao conceito de esforço, porém os alunos não o enxergam como a ação de vetores, o que poderá ser facilitado com a visualização de um dinamômetro a ser construído em sala. Applets auxiliarão o professor na tarefa de ensinar, de maneira qualitativa, a ação de vetores em diversas situações.

Vale notar que, pela similaridade de conteúdos, algumas seções foram agrupadas, como as Seções 1 e 2, as Seções 3 e 4, as Seções 5 e 6 e as Seções 7 e 8.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao lado do professor com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

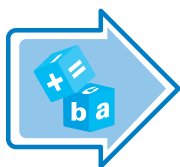
## Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	1	2	8	4 aulas de 2 tempos

Titulo da unidade	Tema
Eu tenho a força!	Dinâmica
Objetivos da unidade	
Identificar em quais condições um corpo realiza um movimento retilíneo uniforme.	
Associar o conceito de força a interações entre os corpos.	
Desenvolver diagramas de corpo livre.	
Explicar fenômenos simples, utilizando a Lei da ação-reação.	
Associar a força peso à interação entre o planeta Terra e os objetos que nele residem.	
Diferenciar força normal de força peso.	
Associar a força normal a uma força perpendicular à superfície em questão.	
Seções	Páginas no material do aluno
Seção 1 - Forçando a barra	223
Seção 2 – $2 + 2$ é mesmo igual a 4?	228
Seção 3 – Saindo do normal	231
Seção 4 – Vale o quanto pesa	232
Seção 5 – Diagramas de corpo livre	234
Seção 6 – A Lei do Movimento (Primeira Lei de Newton, ou ainda Lei do Movimento de Galileu)	236
Seção 7 – Tração nas 4, para aumentar a tensão!	240
Seção 8 – A Terceira Lei de Newton (“Já está quase no fim! Ânimo! Reaja!”)	244

# Recursos e ideias para o Professor

## Tipos de Atividades



### Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



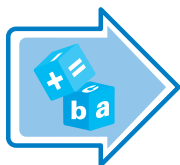
### Material copiado para distribuição em sala

São atividades que irão utilizar material reproduzido na própria escola e entregue aos alunos;



### Datashow com computador, DVD e som

São atividades passadas por meio do recurso do projetor para toda a turma;



### Atividades lúdicas

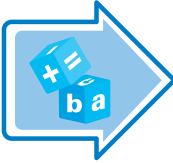
Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



### Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.


## Atividade Inicial

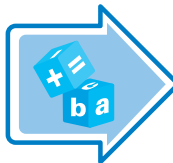
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Atravessando uma batata crua com um canudo de plástico	Uma batata crua e um canudo de plástico	Nesse experimento, mostramos que uma batata pode ser perfurada por um simples canudo de plástico. Nosso objetivo é mostrar aos alunos que estudar dinâmica pode ser curioso e divertido. Aproveitaremos para discutir a diferença entre aplicar uma força vagarosamente e com um golpe rápido. O vídeo referente a esta atividade encontra-se disponível no material anexo do professor (mod1-unid8-ativ-inicial.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 min.

**Seções 1 e 2 – Forçando a barra**  
 $2 + 2$  é mesmo igual a 4?

*Página no material do aluno*

**223-230**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Regra do Paralelogramo	Applet criado com o GeoGebra (Fisica_Mod1_Un8_Sec2.html), presente no material anexo do professor.	Este objeto de aprendizagem auxiliará na visualização da soma de vetores através da regra do paralelogramo.	Todos podem interagir	20 min.

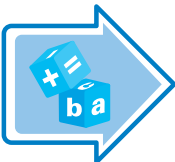
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Apresentando o dinamômetro	Espiral de caderno, régua.	O dinamômetro é um aparelho utilizado para medição de forças. Nesta atividade, iremos ilustrar de que maneira podemos construir um e como utilizá-lo.	Não necessária	15 min.

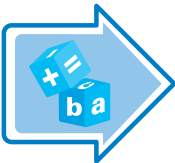
## Seções 3 e 4 – Saindo do normal

### Vale o quanto pesa

Página no material do aluno

231-233

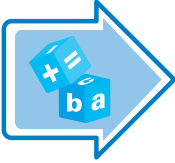
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Peso x Normal numa balança inclinada	Uma balança digital (aquela utilizada na cozinha é uma ótima opção) e um objeto pequeno que possa ser pesado na balança.	Neste experimento, utilizaremos uma balança para trabalhar com os alunos a diferença entre força Normal e força Peso. Mostraremos que ao inclinar a balança, a indicação da medida muda, embora o peso do objeto permaneça constante.	Professor interage com toda a turma.	20 min.

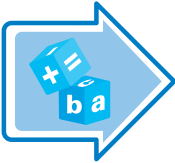
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A Física no elevador		Esta atividade aborda os conceitos de força normal e força peso utilizando uma situação cotidiana, subir e descer em um elevador.	O professor interage com toda a turma.	30 min.

**Seções 5 e 6 – Diagramas de corpo livre**  
**A lei do movimento (Primeira Lei de Newton, ou ainda Lei do Movimento de Galileu)**

*Página no material do aluno*

**234-239**


Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A moeda e a caneca	Uma moeda, uma caneca e uma tira de papel	O principal objetivo deste experimento é ilustrar a 1ª Lei de Newton. Colocamos uma moeda em equilíbrio sobre uma tira de papel na beira da caneca e, com um golpe rápido, arrancamos o papel, deixando a moeda imóvel. O vídeo ilustrando esta atividade encontra-se disponível no material anexo do professor (mod1-unid8-sec5e6.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 min.

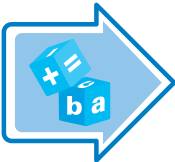
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O desafio da corda	Uma corda de aproximadamente 2 m, um barbante de 2 m e um objeto pesado, por exemplo, um livro.	Ilustrar que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação. Ou seja, forças são grandezas vetoriais.	O professor interage com toda a turma.	20 min.

**Seções 7 e 8 – Tração nas 4, para aumentar a tensão!  
A Terceira Lei de Newton (“Já está quase no fim!  
Ânimo! Reaja!”)**

*Página no material do aluno*

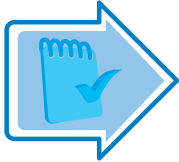
**240-262**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Diagrama de Forças	Applet (Pesos e roldanas.swf), presente no material anexo do professor.  Fonte: <a href="http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10265/equilibrio1.swf?sequence=1">http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10265/equilibrio1.swf?sequence=1</a>	Ilustrar, por meio de um recurso multimídia, que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação.	O professor interage com toda a turma.	30 min.

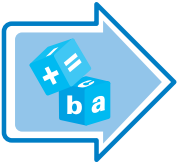
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Foguete de bola de aniversário	3 m de barbante, um canudo de plástico, fita adesiva e uma bola de aniversário	Este experimento tem como principal objetivo trabalhar com os alunos os conceitos envolvidos na 3ª Lei de Newton. Utilizaremos uma bola de aniversário para simular o movimento de um foguete.	O professor interage com toda turma.	20 min.



## Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Forças	Lápis e papel.	A Lista de exercícios a seguir aborda o tema apresentado durante a unidade "Eu tenho a força!". Arquivo contendo a lista de exercícios a seguir disponível no material anexo do professor.	Atividade individual.	1 aula.

## Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Atravessando uma batata crua com um canudo de plástico	Uma batata crua e um canudo de plástico	Nesse experimento, mostramos que uma batata pode ser perfurada por um simples canudo de plástico. Nosso objetivo é mostrar aos alunos que estudar dinâmica pode ser curioso e divertido. Aproveitaremos para discutir a diferença entre aplicar uma força vagarosamente e com um golpe rápido. O vídeo referente a esta atividade encontra-se disponível no material anexo do professor (mod1-unid8-ativ-inicial.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 min.

---

## Aspectos operacionais

- Inicie o experimento perguntando aos alunos se eles acreditam que é possível perfurar uma batata com um simples canudo de plástico. Para provocá-los, segure a batata com uma das mãos e com a outra tente pressioná-la com o canudo ou tente perfurá-la com um golpe sem muita velocidade. Mostre aos alunos como é difícil furar a batata com um canudo.
- Após algum debate, segure a batata com uma das mãos e com um golpe firme e rápido perfure-a com o canudo. O canudo pode atravessar completamente a batata. Para obter este efeito, tente golpeá-la nas proximidades das extremidades mantendo o canudo perpendicular ao plano central da batata.
- A realização do experimento é bastante simples, mas vale a pena treinar um pouco em casa para no dia da aula se obter o efeito desejado com rapidez.



**Fonte:** Andreia M. Saguia.

---

## Aspectos pedagógicos

Ao verificar a sua simplicidade, é possível que os alunos queiram, eles próprios, realizarem o experimento. Pensando nisso, seria interessante disponibilizar outras batatas e canudos para que eles possam participar mais ativamente da aula.


Passado o momento lúdico da aula, provavelmente, os alunos vão querer entender como é possível ter uma batata atravessada por um objeto frágil como um canudo de plástico. Podemos aproveitar esse momento para chamar a atenção deles para os diversos fatores que, juntos, levam ao sucesso do experimento. A seguir listamos alguns:

- 1) Embora o canudo pareça ter uma estrutura frágil, a sua forma cilíndrica lhe confere uma grande rigidez;
- 2) Ao golpear a batata com o canudo, estamos imprimindo uma grande força sobre uma pequena área de contato e, por isso, a pressão do canudo sobre a batata é muito grande;
- 3) A alta velocidade do golpe é importante por vários motivos: a) para que não haja tempo de o canudo se dobrar; b) se o canudo se mover devagar, haverá tempo para a superfície da batata se deformar para dentro e o canudo terá que romper várias camadas da batata ao mesmo tempo; c) para frear o canudo e a mão que aplica o golpe, a batata terá que fazer uma força enorme. Segundo a 3ª Lei de Newton, essa mesma força será aplicada pelo canudo sobre a batata.

## Seções 1 e 2 – Forçando a barra $2 + 2$ é mesmo igual a 4?

Página no material do aluno

**223-230**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Regra do Paralelogramo	Applet criado com o GeoGebra (Fisica_Mod1_Un8_Sec2.html), presente no material anexo do professor.	Este objeto de aprendizagem auxiliará na visualização da soma de vetores através da regra do paralelogramo.	Todos podem interagir	20 min.

## Aspectos operacionais

A soma de vetores costuma gerar confusão entre os alunos. Uma das causas principais é a de que, conforme ilustrado na seção do material impresso,  $2+2$  não é necessariamente 4 quando lidamos com vetores. O resultado depende do ângulo compreendido entre os vetores. O objetivo deste *applet* é mostrar a soma entre três vetores com ângulos escolhidos pelo usuário.

Utilizando-se a regra do paralelogramo, a soma de vetores se torna mais intuitiva, já que é possível visualizar os vetores envolvidos e o vetor resultante. Considere a seguinte sugestão para utilização do *applet* em sala de aula:

- Inicie o *applet* e discuta como deve ser a soma de vetores;
- Após esta discussão, pode-se perguntar aos alunos qual deve ser o ângulo entre dois vetores para que tenhamos " $2+2=4$ ";
- Escolha diferentes valores para os módulos dos vetores e ângulos entre os vetores. Faça o módulo de um dos vetores igual a zero, para trabalhar como soma de dois vetores;
- Neste momento, os alunos podem ser convidados a interagir com o *applet* e escolher, eles mesmos, os valores dos módulos e dos ângulos entre os vetores.

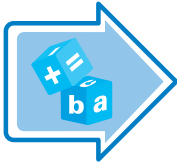
## Aspectos pedagógicos

A soma de vetores é fundamental em diversas áreas da Física. Alguns casos particulares são mais frequentes e devem ser enfatizados. Deve-se comentar que quando o ângulo entre dois vetores vale  $180^\circ$ , o módulo do vetor resultante é a subtração dos módulos dos vetores que estão sendo somados. Além disso, quando o ângulo entre os dois vetores é  $90^\circ$ , o módulo é dado pelo teorema de Pitágoras, ou seja: a soma  $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{C}$  resulta em um vetor com módulo  $C^2 = A^2 + B^2$ .

- Para facilitar o entendimento da soma, pode-se reforçar a ideia de que estes vetores são livres, de modo que podemos movê-los e reorganizá-los para facilitar a visualização da soma. Lembrando que esta organização deve ser tal que as “pontas” de dois vetores nunca se encontrem.
- Neste ponto, pode-se trabalhar o conceito de subtração de vetores. Para esse fim, discuta o conceito de sentido de um vetor,  $\mathbf{A}$ , e o significado do vetor  $-\mathbf{A}$ , por exemplo. Verifique como as regras mencionadas anteriormente continuam válidas.

### Seções 1 e 2 – Forçando a barra $2 + 2$ é mesmo igual a 4?

Página no material do aluno  
**223-230**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Apresentando o dinamômetro	Espiral de caderno, régua.	O dinamômetro é um aparelho utilizado para medição de forças. Nesta atividade, iremos ilustrar de que maneira podemos construir um e como utilizá-lo.	Não necessária	15 min.

## Aspectos operacionais

Utilizando um espiral de caderno, ilustraremos o funcionamento de um dinamômetro de maneira rudimentar, porém muito ilustrativa. A ideia principal da atividade é ilustrar a natureza vetorial da força por meio da utilização de uma mola. Para isto, o professor deverá seguir os seguintes procedimentos:

- Prenda a extremidade do espiral em um ponto fixo, de tal maneira que seja possível deformar o espiral ao puxarmos a outra extremidade.

- Coloque uma régua paralela ao espiral.
- Puxe o espiral por uma de suas extremidades, provocando uma deformação na mola; a régua ao lado ilustrará o quanto esta mola foi deformada. Solte o espiral.
- Puxe o espiral em uma direção inclinada com relação à régua e solte-o.



**Fonte:** Fábio Ferreira Luiz.

---

## Aspectos pedagógicos

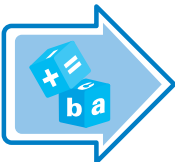
Ao puxarmos o espiral e o liberarmos em seguida, veremos o mesmo voltando pela mesma direção em que foi puxado. Isto vale mesmo quando o espiral foi puxado na direção inclinada à régua. No entanto, a leitura na régua foi diferente nas duas situações. Isto devido ao fato de que a força é uma grandeza vetorial e, por isto, necessita de informações a respeito de seu módulo, direção e sentido.

O professor poderá explorar esta simples atividade variando a massa anexada ao espiral, fazendo com que a deformação da mola varie. Desta maneira, o professor estimulará a turma a entender a relação entre a força aplicada e a deformação da mola.

## Seções 3 e 4 – Saindo do normal Vale o quanto pesa

Página no material do aluno

231-233

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Peso x Normal numa balança inclinada	Uma balança digital (aquela utilizada na cozinha é uma ótima opção) e um objeto pequeno que possa ser pesado na balança.	Neste experimento, utilizaremos uma balança para trabalhar com os alunos a diferença entre força Normal e força Peso. Mostraremos que ao inclinar a balança, a indicação da medida muda, embora o peso do objeto permaneça constante.	Professor interage com toda a turma.	20 min.

## Aspectos operacionais

- Coloque a balança em cima de uma mesa plana e pese o objeto. Nesta posição, Peso e Normal possuem mesmo módulo e a balança fornece exatamente a massa do objeto;
- Agora, deixe o objeto sobre a balança e levante vagarosamente uma de suas extremidades de modo que a balança fique numa posição inclinada de um ângulo  $\theta$  em relação à mesa;
- Perceba que, apesar de a massa do objeto sobre a balança permanecer a mesma, a leitura indicada pela balança, que está relacionada com a força normal, diminui constantemente com  $\theta$ .

## Aspectos pedagógicos

Inicialmente, os alunos podem pensar que existe algum truque por trás da balança ou da pesagem. Para que essa dúvida seja dissipada, é importante deixá-los à vontade para verificar a balança e repetir o experimento com as próprias mãos.

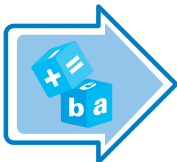
É importante deixar claro para os alunos a diferença fundamental entre força Normal, força Peso e massa. Normal é uma força perpendicular à superfície de contato. Peso é a força que a Terra faz sobre objetos com massa; essa força sempre aponta para o centro da Terra. A balança mede a massa do objeto colocado sobre ela através da medida da força Normal. Essa força Normal nem sempre é igual ao peso do objeto, como podemos concluir desse experimento.

## Seções 3 e 4 – Saindo do normal

### Vale o quanto pesa

Página no material do aluno

231-233

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A Física no elevador		Esta atividade aborda os conceitos de força normal e força peso utilizando uma situação cotidiana, subir e descer em um elevador.	O professor interage com toda a turma.	30 min.

## Aspectos operacionais

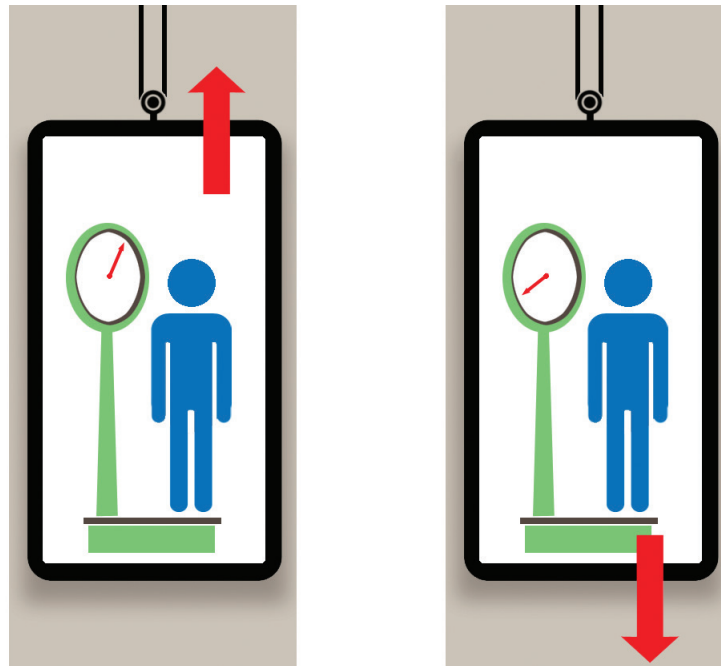
O objetivo da presente atividade é abordar os conceitos de força normal e força peso em uma situação-problema comumente presente no cotidiano dos alunos, o elevador. Com esse objetivo, propomos que seja feito um debate com os alunos a partir da seguinte situação:

*“Qualquer um que já andou de elevador já percebeu que temos a sensação de sermos comprimidos contra o chão ou de estarmos mais “pesados” no momento em que o elevador começa a subir, e assim que ele começa a parar, sentimos como se estivéssemos mais “leves”.*

Para fomentar a discussão com os alunos, sugerimos algumas questões:

- Qual seria a explicação física para essa sensação?
- Ficamos realmente mais “pesados” ou mais “leves” quando subimos ou descemos em um elevador?
- Estaria a força peso variando dentro do elevador? Como é definida a força peso? Teria sentido dizer que ela varia nessa situação?
- Quais são as demais forças atuando nessa situação?

Essa discussão deve ser utilizada para elaborar, juntamente com os alunos, uma explicação para a situação-problema. Para essa explicação, será utilizada a Segunda Lei de Newton ( $F_r = m \cdot a$ ). Para isso, construa com os alunos um diagrama de forças para cada um das situações: o elevador iniciando o processo de subida e o elevador iniciando o processo de descida, deixando claro quais são as forças presentes e seus respectivos sentidos em cada uma situação. Pode ser interessante atribuir valores para as grandezas envolvidas, por exemplo, uma pessoa de massa = 60 Kg em um elevador que sobe e desce com uma aceleração de  $3 \text{ m/s}^2$ , e considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



## Aspectos pedagógicos

O subir e descer em um elevador, apesar de ser uma situação bastante corriqueira para muitos, costuma causar confusão nos alunos. Estes, de modo geral, tentam associar a força normal como sendo sempre igual à força peso. O problema dos elevadores, proposto nessa atividade, é um ótimo contraexemplo para esse tipo de pensamento, pois, mesmo tendo a mesma direção e sentidos opostos, forças peso e normal em módulo são diferentes. É importante a participação dos alunos durante a atividade para que estes compreendam os conceitos de força normal, força peso e força resultante e desenvolvam um pensamento lógico para encontrar a solução de um problema.

Questões envolvendo o movimento de elevadores comumente são consideradas complicadas pelos alunos em geral porque costumam envolver movimentos relativos e geralmente consideram o referencial acelerado do elevador. A atividade proposta pode ser ainda mais aprofundada abordando todas as cinco situações possíveis no movimento dos elevadores:

- Elevador parado ou subindo e descendo com velocidades constantes (MRU);
- Elevador iniciando seu movimento de subida;
- Elevador terminando seu movimento de subida;



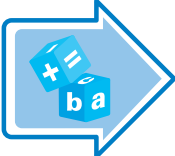
- Elevador iniciando o movimento de descida;
- Elevador terminando o movimento de descida.

Outra situação curiosa que pode ser abordada é se o elevador descesse com uma aceleração igual à gravidade, ou seja, se ele simplesmente caísse sob a ação da força gravitacional. Neste caso, a força normal exercida sob uma pessoa no interior desse elevador seria nula; sendo assim, a pessoa flutuaria dentro do elevador. Este é o mesmo efeito utilizado para simular a “gravidade zero” em aviões em queda livre para o treinamento de pilotos e astronautas.

## Seções 5 e 6 – Diagramas de corpo livre A lei do movimento (Primeira Lei de Newton, ou ainda Lei do Movimento de Galileu)

Página no material do aluno

**234-239**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A moeda e a caneca	Uma moeda, uma caneca e uma tira de papel	O principal objetivo deste experimento é ilustrar a 1ª Lei de Newton. Colocamos uma moeda em equilíbrio sobre uma tira de papel na beira da caneca e, com um golpe rápido, arrancamos o papel, deixando a moeda imóvel. O vídeo ilustrando esta atividade encontra-se disponível no material anexo do professor (mod1-unid8-sec5e6.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 min.

## Aspectos operacionais

- Coloque uma moeda em equilíbrio sobre a tira de papel na beira da caneca;
- Para provocar os alunos, pergunte se eles se acham capazes de tirar o papel sem que a moeda caia da beira da caneca;
- Após algum debate, inicie o experimento;

- Utilizando as pontas dos dedos, atinja a tira de papel com um golpe rápido, de modo a arrancá-lo de baixo da moeda sem que esta se mova;
- Esse experimento é bastante simples e de fácil execução; no entanto, é bom praticar um pouco em casa antes de apresentá-lo a turma.

**Montagem Experimental:**



**Fonte:** Andreia Saguia.

---

## Aspectos pedagógicos

Inicialmente, os alunos podem pensar que existe algum truque por trás da moeda ou que a caneca é especial em algum sentido. Para que essa dúvida seja dissipada, é importante deixá-los à vontade para verificar a caneca e a moeda e repetir o experimento com as próprias mãos. Após algum treino, eles também serão capazes de tirar o papel sem derrubar a moeda.

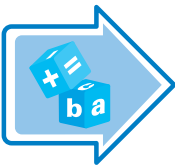
É importante deixar claro para os alunos os princípios físicos envolvidos neste experimento. Se for necessário, utilize o quadro negro para mostrar a eles o diagrama de forças que atuam sobre a moeda quando esta está em equilíbrio na beira da caneca (nesse caso, peso e normal se anulam). Ao retirar o papel com um golpe rápido, a moeda não cai porque a rapidez do golpe não permite que haja tempo para que a moeda sinta o movimento do papel (em outras palavras, existe uma força de atrito entre a moeda e o papel que poderia derrubar a moeda; no entanto, ela atua num intervalo de tempo curtíssimo e, por isso, ela não consegue provocar uma variação na quantidade de movimento da moeda). Como inicialmente, a moeda está parada sobre a caneca; então, ela tende a permanecer neste estado de equilíbrio.

## Seções 5 e 6 – Diagramas de corpo livre

### A lei do movimento (Primeira Lei de Newton, ou ainda Lei do Movimento de Galileu)

Página no material do aluno

**234-239**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O desafio da corda	Uma corda de aproximadamente 2 m, um barbante de 2 m e um objeto pesado, por exemplo, um livro.	Ilustrar que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação. Ou seja, forças são grandezas vetoriais.	O professor interage com toda a turma.	20 min.

## Aspectos operacionais

O conceito de vetores não costuma ser algo de fácil assimilação, o que nos traz um sério problema na tentativa de ensinar as Leis de Newton, uma vez que esta lida, em sua essência, com grandezas vetoriais. Nesta atividade tentaremos, utilizando-se um simples aparato experimental, ilustrar o fato de que para anular uma força peso cujo sentido aponta para o centro da Terra, necessariamente será preciso uma força na mesma direção e em sentido oposto à mesma.

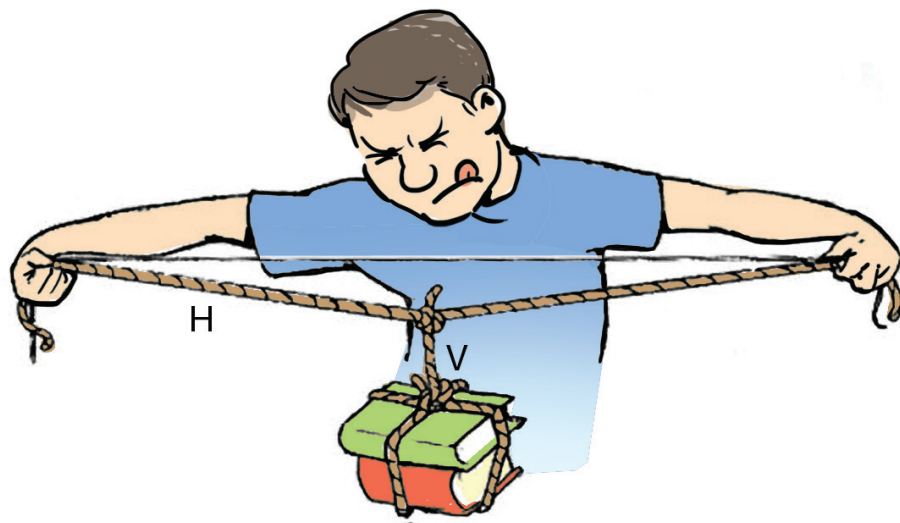
Passos:

- Inicie a atividade amarrando o pedaço menor de corda ao objeto pesado. Amarre a outra ponta no pedaço maior de corda, fazendo com que o objeto pesado fique pendurado perto da metade desta. Para ter um referencial do que seja horizontal, utilize um barbante de igual comprimento ao da corda maior.
- Peça a um dos alunos que segure cada uma das extremidades da corda maior e tente, separando seus braços, fazer com que esta corda fique na horizontal.
- Pergunte aos demais alunos se aquela corda está na horizontal ou não. Em caso afirmativo, faça com que o aluno segure, além da corda, um fio de barbante que, quando bem esticado, estará na horizontal.
- Você pode pedir o auxílio dos demais alunos na tentativa de fazer com que esta corda fique na horizontal, porém não terão sucesso, pois a presença do objeto faz com que haja uma força peso na direção vertical e com o sentido para o centro da Terra. Desta forma, separando as extremidades da corda, só estaremos realizando forças na horizontal, o que não é suficiente para anular a força peso.

## Aspectos pedagógicos


Ao verificar a simplicidade do experimento, é possível que os alunos queiram, eles próprios, realizarem o experimento, o que deve ser fortemente motivado, pois a incapacidade de deixar a corda na horizontal fará com que o aluno exerça uma força cada vez maior e abrirá espaço para a explicação do professor.

Será necessária a montagem do experimento utilizando-se um objeto pesado para que os propósitos fiquem mais evidentes. O “quase alinhamento” acontece quando há uma pequena força vertical de torção na corda, que deve ser evitada. O alinhamento nunca será total, mas para que isto seja melhor apreciado, é necessário que o professor estique corretamente o barbante. A partir deste momento, o professor poderá iniciar a discussão a respeito do caráter vetorial da força.



**Seções 7 e 8 – Tração nas 4, para aumentar a tensão!  
A Terceira Lei de Newton (“Já está quase no fim!  
Ânimo! Reaja!”)**

Página no material do aluno  
**240-262**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Diagrama de Forças	Applet (Pesos e roldanas.swf), presente no material anexo do professor. Fonte: <a href="http://objeto-seducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10265/equilibrio1.swf?sequence=1">http://objeto-seducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10265/equilibrio1.swf?sequence=1</a>	Ilustrar, por meio de um recurso multimídia, que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação.	O professor interage com toda a turma.	30 min.

## Aspectos operacionais

Por meio da utilização de um *applet*, o professor poderá ilustrar a direção e o sentido das forças envolvidas em um simples mecanismo de bloco e roldanas. Além disso, o *applet* conta com a possibilidade de alterarmos o valor da massa dos três objetos presentes, o que enriquece o número de possibilidades a serem exploradas. Nossa intenção não é a realização de cálculos de força, mas sim o aspecto qualitativo do diagrama de forças em um objeto.

- Inicie a utilização do *applet* aumentando a massa do objeto do meio, ou seja, aumentando a força peso do mesmo. Você poderá perguntar aos alunos quais são as forças que estão atuando no sistema blocos+roldanas.
- Em um segundo momento, é interessante perguntar o que corresponde à seta em azul ilustrada na figura, uma vez que esta está fazendo uma contraposição à força peso do objeto do meio.
- Outra situação a ser explorada é diminuir ao máximo o valor da força peso no objeto do meio e aumentar ao máximo a força nos demais objetos. Desta maneira, a força tensão ou tração, devido aos dois outros blocos, quase ficará na horizontal, porém estas nunca ficarão totalmente nesta direção, pois é necessária a presença de uma força na vertical apontando para cima que se oponha à presença da força peso do objeto do meio.

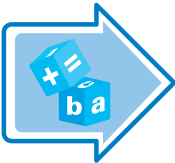
## Aspectos pedagógicos

O *applet* proposto possui um fácil entendimento operacional, porém o conceito de vetores costuma ser de difícil assimilação por parte dos alunos. Ao utilizarmos o recurso visual presente em um exemplo rotineiro, o aluno poderá manipular o *applet* testando as inúmeras configurações por ele permitidas e com isso sanar suas dúvidas com o professor.

O professor poderá testar previamente as configurações do *applet*, tais como a utilização da grade e do transferidor, se lhe for conveniente para a discussão a respeito das projeções de um vetor. A contribuição mais importante deste recurso é visualizar a direção, módulo e sentido das forças que atuam no bloco do meio, cabendo ao professor a escolha de se aprofundar ou não nos conceitos envolvidos.

**Seções 7 e 8 – Tração nas 4, para aumentar a tensão!  
A Terceira Lei de Newton (“Já está quase no fim!  
Ânimo! Reaja!”)**

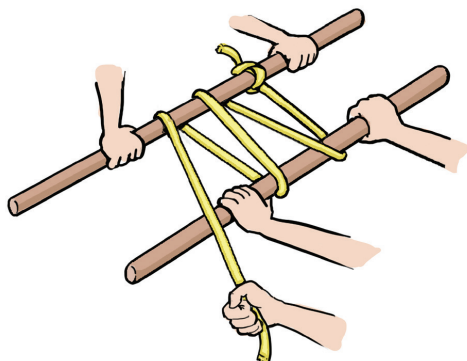
*Página no material do aluno*  
**240-262**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A multiplicação das forças	Dois bastões (pedaço de cano ou cabo de vassoura), uma corda ou fio resistente.	O objetivo deste experimento é mostrar, de forma simples e lúdica, como uma pequena força aplicada pode ser multiplicada, utilizando-se um sistema que simula o efeito de um conjunto de roldanas.	O professor interage com toda a turma.	15 min.

## Aspectos operacionais

- Para esse experimento, você precisará da ajuda de 3 alunos. Dois deles devem segurar os bastões firmemente. Os bastões devem ser mantidos paralelos e um pouco afastados.
- Amarre uma ponta da corda na extremidade de um dos bastões e entrelace o resto de corda pelos bastões conforme indicado na figura abaixo;
- Peça ao terceiro aluno para aplicar uma força na extremidade livre da corda de modo a tentar juntar os bastões.

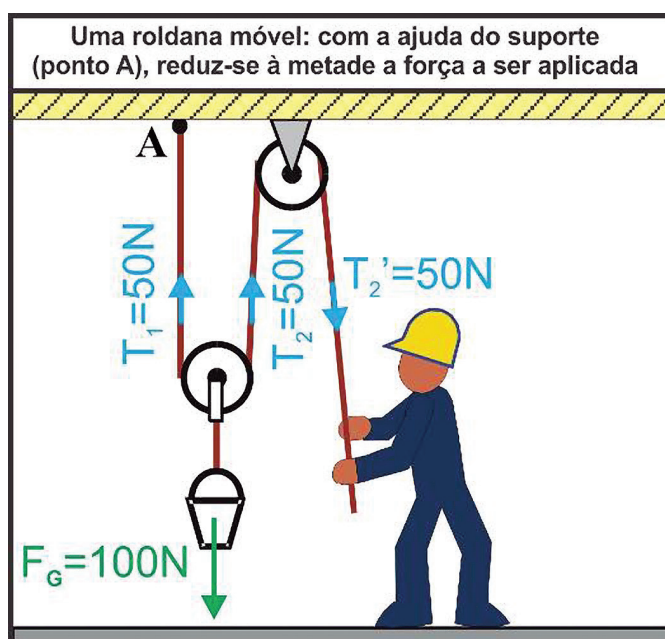
### Esquema de montagem:



## Aspectos pedagógicos

Provavelmente os alunos vão demonstrar grande curiosidade sobre o experimento. Nesse momento, é importante deixá-los interagir com o aparato experimental e repetir o procedimento para que eles se sintam participantes mais ativos na aula e também para que possam dissipar qualquer dúvida que ainda reste sobre o funcionamento do dispositivo.

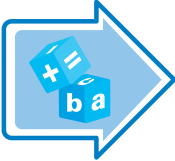
É importante deixar claro para os alunos que o sistema de roldanas funciona como um multiplicador de forças. Para ilustrar essa ideia, podemos utilizar o diagrama de forças da figura abaixo. Perceba que, para manter o bloco de 100N suspenso, precisamos aplicar uma força correspondente a apenas 50N.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/23249>

**Seções 7 e 8 – Tração nas 4, para aumentar a tensão!  
A Terceira Lei de Newton (“Já está quase no fim!  
Ânimo! Reaja!”)**

*Página no material do aluno*  
**240-262**

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Foguete de bola de aniversário	3 m de barbante, um canudo de plástico, fita adesiva e uma bola de aniversário	Este experimento tem como principal objetivo trabalhar com os alunos os conceitos envolvidos na 3ª Lei de Newton. Utilizaremos uma bola de aniversário para simular o movimento de um foguete.	O professor interage com toda turma.	20 min.

## Aspectos operacionais

- Inicie o experimento perguntando aos alunos se eles têm ideia de como um foguete pode voar. Para aguçar mais ainda a curiosidade deles, diga que, diferentemente do avião e do helicóptero, o foguete não precisa de atmosfera para voar;
- Após algum debate, proponha o experimento para facilitar o entendimento de como se dá o movimento do foguete;
- Primeiramente, amarre uma das pontas do barbante em um suporte (pode ser uma cadeira ou a maçaneta da porta);
- Utilizando a fita adesiva, cole a bola vazia no canudo;
- Passe a extremidade livre do barbante por dentro do canudo (veja o esquema abaixo);
- Encha a bola e segure o bico, para que o ar não escape;
- Estique o barbante, posicione o balão próximo a sua extremidade livre e solte-o de modo que ele se movimente linearmente em direção ao suporte.



### Esquema de montagem:



**Fonte:** <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/23319>

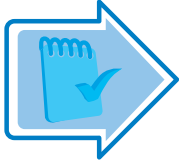
## Aspectos pedagógicos

Após a apresentação do experimento, os alunos podem se interessar em repetir o procedimento (talvez até com algumas variações) ou mesmo brincar com outras bolas que porventura estejam à disposição. Você pode aproveitar esse momento para chamar a atenção deles para alguns detalhes. Por exemplo, pedir para eles posicionarem uma das mãos na saída de ar da bola enquanto ela esvazia, para que eles possam sentir a pressão do ar que está sendo expelido pela bola. Também é interessante soltar uma bola cheia no ar e observar que, diferentemente do movimento retilíneo no barbante, agora ela executa um movimento aleatório.

É importante deixar claro para os alunos que os princípios físicos que regem o movimento da bola são exatamente os mesmos que permitem um foguete voar e alcançar o espaço (onde não há atmosfera): a 3ª Lei de Newton. Diga que o sistema em estudo é composto de duas partes: a bola e o ar. O ar preso dentro da bola está sob uma forte pressão devido ao comportamento elástico da bola. Quando a bola é aberta, o ar é expelido para fora com alta velocidade; nesse momento, o ar reage e empurra a bola no sentido oposto.

Como uma curiosidade, resalte que o termo foguete aplica-se a um motor que impulsiona um veículo expelindo gases de combustão por queimadores situados em sua parte traseira, exatamente como acontece no movimento da bola de ar.

## Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Forças	Lápis e papel.	A Lista de exercícios a seguir aborda o tema apresentado durante a unidade "Eu tenho a força!". Arquivo contendo a lista de exercícios a seguir disponível no material anexo do professor.	Atividade individual.	1 aula.

## Aspectos Operacionais

Para o momento da avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 8. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade.
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

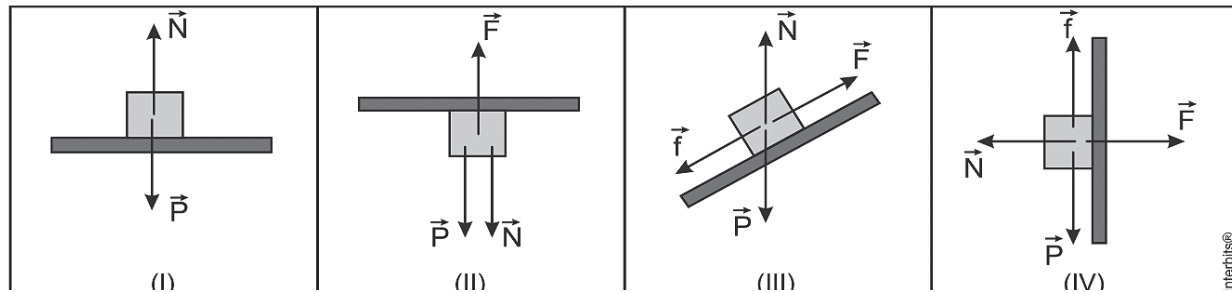
## Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios: Forças

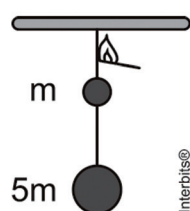
- 1) (UFSM 2013) O uso de hélices para propulsão de aviões ainda é muito frequente. Quando em movimento, essas hélices empurram o ar para trás; por isso, o avião se move para frente. Esse fenômeno é explicado pelo(a)
  - a) 1ª Lei de Newton.
  - b) 2ª Lei de Newton.
  - c) 3ª Lei de Newton.

- d) Princípio de conservação de energia.
- e) Princípio da relatividade do movimento.
- 2) (G1 - UTFPR 2013) Analise as alternativas e marque a única que apresenta grandezas físicas vetoriais.
- a) Comprimento, aceleração, massa e temperatura.
- b) Força, tempo, energia e velocidade.
- c) Deslocamento, força, velocidade e peso.
- d) Peso, deslocamento, massa e aceleração.
- e) Temperatura, velocidade, massa e peso.
- 3) (G1 - IFSC 2012) A força de reação normal é uma força que surge quando existe contato entre o corpo e uma superfície, sendo definida como uma força de reação da superfície sobre a compressão que o corpo exerce sobre esta superfície. Abaixo temos quatro situações com os respectivos diagramas de forças. Analise a representação da Força de Reação Normal ( $\vec{N}$ ) em cada uma das situações.

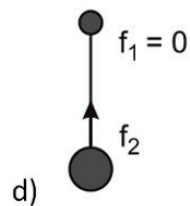
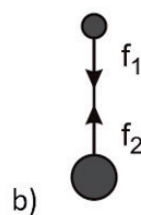
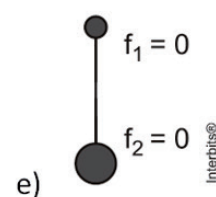
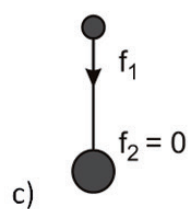
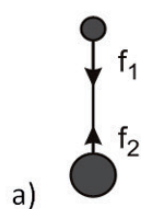


Assinale a alternativa **CORRETA**.

- a) A força de reação normal está corretamente representada em I, II e IV.
- b) A força de reação normal está corretamente representada em I, II e III.
- c) A força de reação normal está corretamente representada em I, III e IV.
- d) A força de reação normal está corretamente representada em II, III e IV.
- e) A força de reação normal está corretamente representada em todas as situações.
- 4) (G1 - CFTMG 2013) Considere um bloco em repouso sobre uma superfície plana, sujeito a uma força externa horizontal. Por ação gravitacional, esse bloco atua sobre a superfície com uma força de compressão. A partir das Leis de Newton, o par ação e reação é constituído pelas forças:
- a) normal e peso.
- b) peso e de atrito.
- c) normal e de compressão.
- d) externa e de compressão.
- 5) (UFF 2012) Dois corpos, um de massa  $m$  e outro de massa  $5m$ , estão conectados entre si por um fio, e o conjunto encontra-se originalmente em repouso, suspenso por uma linha presa a uma haste, como mostra a figura. A linha que prende o conjunto à haste é queimada e o conjunto cai em queda livre.



Desprezando os efeitos da resistência do ar, indique a figura que representa corretamente as forças  $f_1$  e  $f_2$  que o fio faz sobre os corpos de massa  $m$  e  $5m$ , respectivamente, durante a queda.



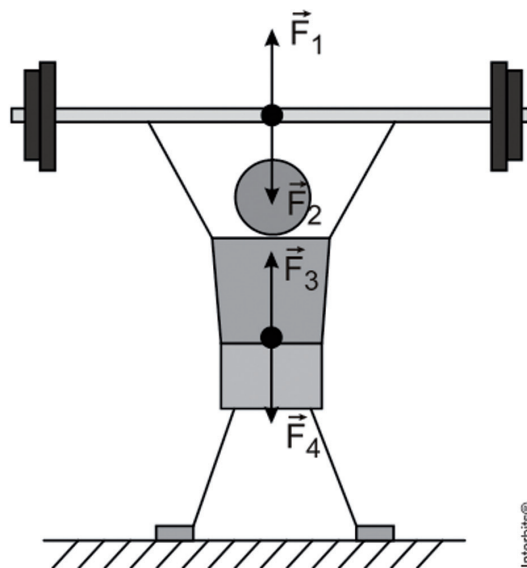
- 6) (Ufsm 2012) Um halterofilista segura, por um curto intervalo de tempo, um haltere em equilíbrio, conforme indica a figura. As forças indicadas não estão necessariamente representadas em escala. Assim,

$\vec{F}_1$  representa a força do atleta sobre o haltere;

$\vec{F}_2$  representa o peso do haltere;

$\vec{F}_3$  representa a força do solo sobre o atleta e o haltere;

$\vec{F}_4$  representa o peso do atleta.

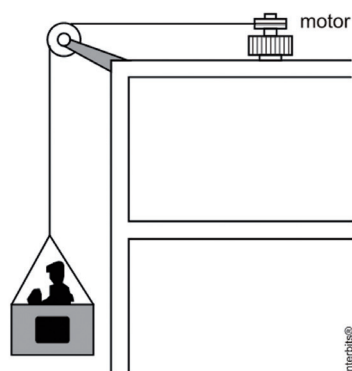


São forças de mesmo módulo:

- a)  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_3$ .
- b)  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_4$ .
- c)  $\vec{F}_3$  e  $\vec{F}_4$ .
- d)  $\vec{F}_1$  e  $(\vec{F}_3 - \vec{F}_4)$ .
- e)  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$ .

**TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:**

Para transportar os operários numa obra, a empresa construtora montou um elevador que consiste numa plataforma ligada por fios ideais a um motor instalado no telhado do edifício em construção. A figura mostra, fora de escala, um trabalhador sendo levado verticalmente para cima com velocidade constante, pelo equipamento. Quando necessário, adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

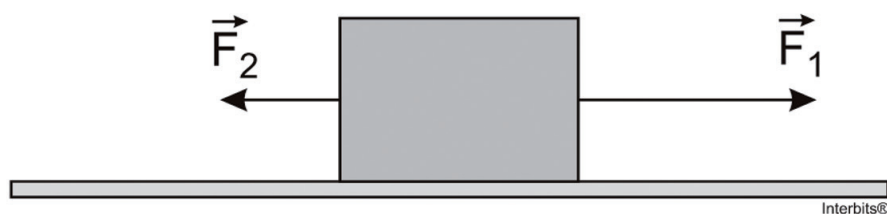


- 7) (G1 - IFSP 2012) Preocupada com as normas de segurança, a empresa responsável pelo elevador afixou a placa mostrada a seguir, indicando a carga máxima que pode ser transportada por ele.



Considerando-se as unidades de medida estabelecidas pelo Sistema Internacional, quem escreveu os dizeres da placa cometeu um erro e, para corrigi-lo, bastaria trocar “600 kg” por:

- a) 600 000 g.
  - b) 0,6 kgf.
  - c) 60 N.
  - d) 600 N.
  - e) 6 000 N.
- 8) (G1 - IFSC 2011) Um bloco, apoiado sobre uma superfície horizontal, está submetido a duas forças,  $F_1 = 4 \text{ N}$  e  $F_2 = 2 \text{ N}$ , como mostra a figura.



É correto afirmar que:

- a) a resultante das forças é igual a 6 N.
- b) o bloco não está em equilíbrio.
- c) a resultante das forças que atuam sobre o bloco é nula.
- d) a resultante das forças é diferente de zero e perpendicular à superfície.
- e) se o bloco estiver em repouso, continuará em repouso.

Gabarito Comentado:

#### Resposta da questão 1:

[C]

As forças do par ação-reação têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, conforme afirma a 3ª Lei de Newton (princípio da ação-reação).

#### Resposta da questão 2:

[C]

O enunciado está impreciso. Todas as opções apresentam grandezas vetoriais. Deveria ser: "Análise as alternativas e marque a única que apresenta **apenas** grandezas vetoriais".

Além disso, peso é uma força. Não deveriam aparecer os dois termos na mesma opção. Grandezas vetoriais possuem módulo, direção e sentido. Massa, temperatura, energia não são grandezas vetoriais.

#### Resposta da questão 3:

[A]

A força normal tem sempre direção perpendicular à superfície de apoio, no sentido de evitar a penetração do corpo na superfície, o que não se verifica apenas na situação III.

#### Resposta da questão 4:

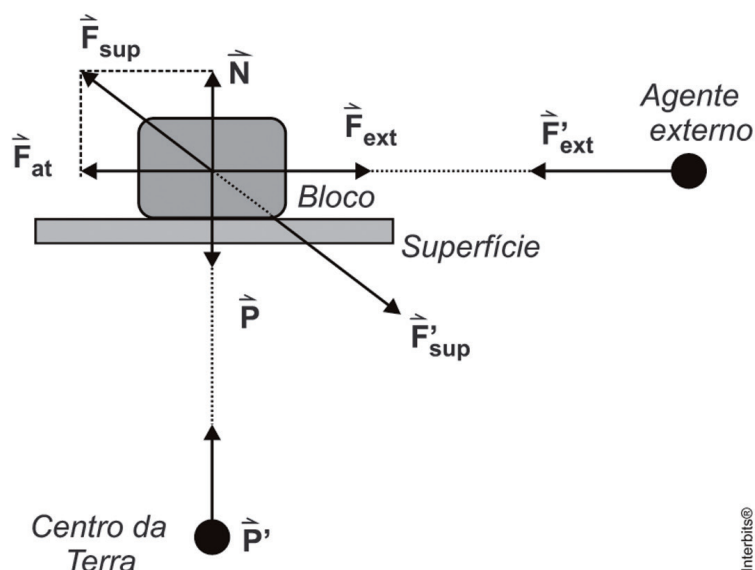
[C]

Rigorosamente, não temos par ação-reação em nenhuma das opções. As forças de ação-reação são da mesma interação, têm mesma direção, mesma intensidade e sentidos opostos. As interações realizadas pelo bloco e os respectivos pares de forças de ação-reação geradas, conforme ilustra a figura, são:

– Bloco-Agente externo:  $\vec{F}_{\text{ext}}$  e  $\vec{F}'_{\text{ext}}$ .

– Bloco-Terra:  $\vec{P}$  e  $\vec{P}'$ .

– Bloco-Superfície:  $\vec{F}_{\text{sup}}$  e  $\vec{F}'_{\text{sup}}$ .

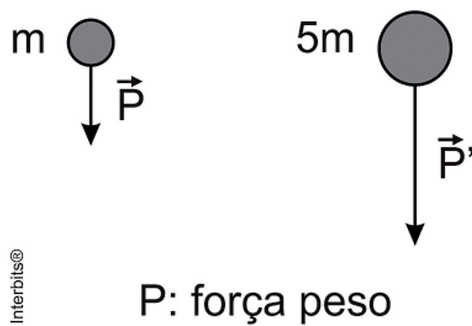


Notemos que a Normal não é uma força, mas apenas uma componente da força que a superfície troca com o bloco. Caso não houvesse atrito, a força trocada com a superfície seria apenas a Normal; aí sim teríamos a força de compressão e a Normal formando um par ação-reação.

#### Resposta da questão 5:

[E]

Corpos em queda livre não trocam forças entre si, pois caem com a mesma aceleração que é igual à aceleração da gravidade. Desenhando as forças que atuam nos corpos em queda livre:





Como a única força que atua nos corpos é a força peso, podemos dizer que:  $F_R = P$ , onde  $F_R$  representa a força resultante que atua nos corpos (não se esqueça de que  $F_R = m.a$  e  $P = m.g$ ).

$$\text{Corpo de massa } m: F_R = P \rightarrow m.a = m.g \rightarrow a = g$$

$$\text{Corpo de massa } 5m: F'_R = P' \rightarrow 5m.a' = 5m.g \rightarrow a' = g$$

$$\text{Ou seja: } a = a' = g$$

**Resposta da questão 6:**

Gabarito oficial: [D].

Como se trata de equilíbrio:

No haltere:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{F}_1 \Rightarrow |\vec{F}_2| = |\vec{F}_1|.$$

No conjunto:

$$\vec{F}_2 + \vec{F}_4 + \vec{F}_3 = \vec{0}.$$

Mas:

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1.$$

Então:

$$-\vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_1 = \vec{F}_3 + \vec{F}_4 \Rightarrow |\vec{F}_1| = |\vec{F}_3 + \vec{F}_4|.$$

Logo, têm mesmo módulo:

$$\vec{F}_1 \text{ e } (\vec{F}_3 + \vec{F}_4).$$

A banca examinadora fez confusão quanto à forma de escrever uma equação na forma vetorial e na forma escalar. A alternativa ficaria correta se fosse assim expressa:

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_3| + |\vec{F}_4|.$$

**Resposta da questão 7:**

[E]

Peso é uma força, portanto deve ser medido em newtons.

$$P = mg = 600(10) \Rightarrow P = 6.000 \text{ N}.$$

**Resposta da questão 8:**

[B]

Como a resultante das forças é **não** nula, o bloco adquire aceleração, não estando, portanto, em equilíbrio.

