

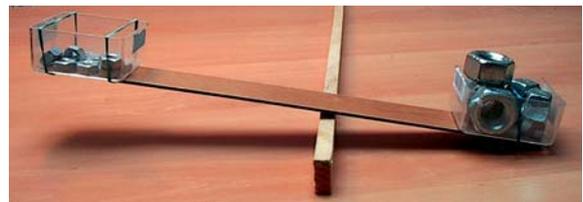


## funcionamento da alavanca

# “Dêem-me um ponto de apoio: levantarei o mundo”

Este módulo propõe atividades pedagógicas cujo objetivo é compreender que girar um sólido, por uma força de grandeza definida, será mais ou menos eficiente conforme a distância entre o eixo de rotação e o lugar onde essa força é aplicada. O estudo é realizado a partir de um objeto específico: a alavanca. Esta é constituída por uma barra rígida móvel em volta de um eixo de rotação chamado ponto de apoio. Uma alavanca modifica a força a ser aplicada. Além do objeto, a finalidade é aprender que o mesmo princípio está sendo usado em outros dispositivos técnicos. Escolhemos a ponte levadiça, que não é uma alavanca no sentido estrito, mas cujo funcionamento baseia-se no mesmo princípio. Uma aula é destinada ao reconhecimento do princípio das alavancas nos organismos vivos. Por meio desses exemplos, queremos ilustrar o interesse e a complementaridade de aproximações relacionadas a diferentes disciplinas: buscar um princípio geral (dispositivos técnicos, o mundo do vivente); construção; procura por uma solução técnica; e estudo de mecanismos. Assim, para levantar determinado objeto, pode-se, no limite, empregar uma força tão pequena quanto quiser, salvo se for utilizada uma alavanca suficientemente grande. “Dêem-me um ponto de apoio: levantarei o mundo”, disse Arquimedes três séculos antes de nossa era. Mas, em compensação, percebe-se que o objeto é levantado a uma altura menor. Este último aspecto, totalmente geral, tem grande importância teórica, pois está ligado ao princípio da conservação da energia.

Nesta configuração, a carga (cinco porcas grandes na caixa à direita) não pode ser levantada pela força provocada pelas seis porcas pequenas na caixa à esquerda.



Aproximando-se o ponto de apoio da carga, torna-se possível levantá-la.



Se a força provocada pela caixa à esquerda é aplicada mais perto do ponto de apoio, ela não consegue mais levantar a carga.



Figura 1. O princípio da alavanca.

## Contexto programático

Objetivos do conhecimento	Objetivos deste documento	
	Competências específicas	Comentários
<b>Mundo construído pelo homem</b> – Alavancas e balanças; equilíbrios.	Ser capaz de prever ou interpretar, qualitativamente, algumas situações de equilíbrio, principalmente quando as forças aplicadas não estão em distâncias iguais em relação ao eixo.  Ser capaz de aplicar as duas propriedades seguintes: – uma força igual tem mais efeito sobre o deslocamento se for aplicada a uma distância maior do eixo;  – uma força grande tem mais efeito do que uma força pequena se ela for aplicada na mesma distância do eixo.	Por meio de realizações efetivas e concretas se dá a reflexão (exclusivamente qualitativa) dos alunos.  Exemplos possíveis: construção de um guindaste e equilíbrio do seu braço; fabricação de um móvel e seu equilíbrio; fabricação ou utilização de alicates, de alavancas e estudo de sua eficiência...
<b>O corpo humano e a educação para a saúde</b> – Os movimentos do corpo (funcionamento das articulações e dos músculos).	Ser capaz de estabelecer relações por comparação com as patas de animais. Ser capaz de ler radiografias e representações multimídia.  Ser capaz de conceituar e construir um modelo material simples, representando, aproximadamente, o papel dos músculos antagônicos no movimento de uma articulação.	Este estudo inclui a implementação de atividades que permitem aos alunos questionar seus conceitos em dúvida, adquirindo uma visão funcional do movimento. Limita-se a uma representação muito simples.

### Conhecimento e habilidades que deveriam ser adquiridos ou estar em fase de aquisição pelos alunos no fim do módulo

- Ser capaz de reconhecer o princípio da alavanca em diversas áreas e de identificar o eixo em volta do qual ocorre a rotação.
- Saber que a eficiência de uma força exercida é maior quando aplicada à maior distância do apoio e que este princípio permitiu a construção das primeiras máquinas.
- Ser capaz de representar esse princípio por meio de um modelo simples.
- Ser capaz de representar, por meio de um modelo simples, o funcionamento de um sistema comportando uma articulação. Esta última competência talvez não seja adquirida até o final deste único módulo (vide a construção de uma grimpadora na seqüência “Como saber de onde vem o vento?”), mas encontra aqui uma contribuição.

## Um possível desdobramento do módulo

As duas primeiras aulas trazem a idéia da alavanca a partir de uma situação já conhecida (levantar a escrivaninha do professor) e da evocação dos trabalhos realizados pelo homem antes da invenção das máquinas motorizadas (as pirâmides do Egito, por exemplo). As duas aulas seguintes são destinadas a um estudo qualitativo mais exato do princípio das alavancas. As aulas 5 a 7 falam das alavancas em outro contexto: o das pontes levadiças. A aula 8 sugere a sensibilização à presença das alavancas nos organismos vivos. É um assunto mais difícil, sendo apenas um desdobramento.

Aulas	Questão inicial	Atividades com os alunos	Conclusão da aula, resultados
Aulas 1 e 2	Como levantar a escrivaninha do professor? Como os homens dos tempos antigos levantavam cargas?	Procura de hipóteses dentro de um contexto aberto. Construção de uma maquete baseada na imagem de uma máquina antiga.	Separação em duas colunas: máquinas motorizadas ou utilizando a força humana. Introdução da idéia da alavanca.
Aulas 3 e 4	Como reduzir o esforço por meio da uma alavanca?	Exploração experimental do princípio da alavanca.	Quando a carga está perto do ponto de apoio precisa-se de menos força para levantá-la; quando a carga está longe deste ponto, precisa-se de mais força para levantá-la, mas é levantada mais alto.
Aula 5	Como se fabrica uma ponte levadiça?	Construção com material modular.	Os princípios das alavancas colocados em prática pelos alunos em outro contexto, mas não necessariamente de maneira ciente.
Aula 6	Onde se afixa o fio da passarela?	Experimentação.	Quando o fio está afixado longe do eixo, fica mais fácil levantar a passarela.
Aula 7	O que é igual; o que não é igual?	Procura das diferenças e das semelhanças em duas situações, colocando as alavancas em jogo.	Abstração de um princípio comum e formulação definitiva de regras simples, porém gerais.
Aula 8	Existem alavancas nos organismos vivos?	Reaproveitamento, argumentação.	O lugar de inserção dos músculos é determinado para obter um movimento dentro de um sistema com articulações.

### Aula 1. Como levantar a escrivaninha do professor?

Propõe-se aos alunos levantar um objeto pesado, a escrivaninha do professor.\* Eles pensam como vão conseguir. Surgem, assim, duas categorias: os sistemas que utilizam a energia humana ou animal e os sistemas que utilizam outra forma de energia.

#### Em conjunto

O professor fala das enchentes, suas conseqüências dramáticas e a necessidade de levantar os móveis para protegê-los contra os danos da água. Propõe, então, o desafio de levantar a escrivaninha para

\* N. do T.: Mantivemos aqui o exemplo do texto original francês, embora no Brasil não haja escrivaninhas em sala de aula, e quando existem muitas vezes são tão leves que não seriam um bom exemplo. Caberá ao professor encontrar alternativas: armário na sala de aula ou em outros locais da escola, por exemplo.

colocar calços debaixo dos pés. Deixe um ou dois alunos testarem a operação sem ajuda e relatarem as impressões: “É pesado; machuca as mãos; dói as costas; não tenho músculos suficientes; a força...”  
 Surge o problema: imaginar como se poderia facilitar a tarefa para responder ao desafio.

### Em grupos pequenos

Os alunos imaginam dispositivos. Registram tudo por escrito ou por desenhos em seus cadernos de experimentos (Figura 2).

Algumas idéias:

- chamar mais pessoas;
- distribuir as tarefas: dois alunos levantam a escrivaninha enquanto outro coloca os calços;
- colocar um gancho no forro e levantar a escrivaninha com uma corrente;
- chamar um guindaste, um helicóptero, trazer um macaco de casa etc.;
- colocar uma tábua embaixo da escrivaninha e um tijolo embaixo da tábua e pular em cima!

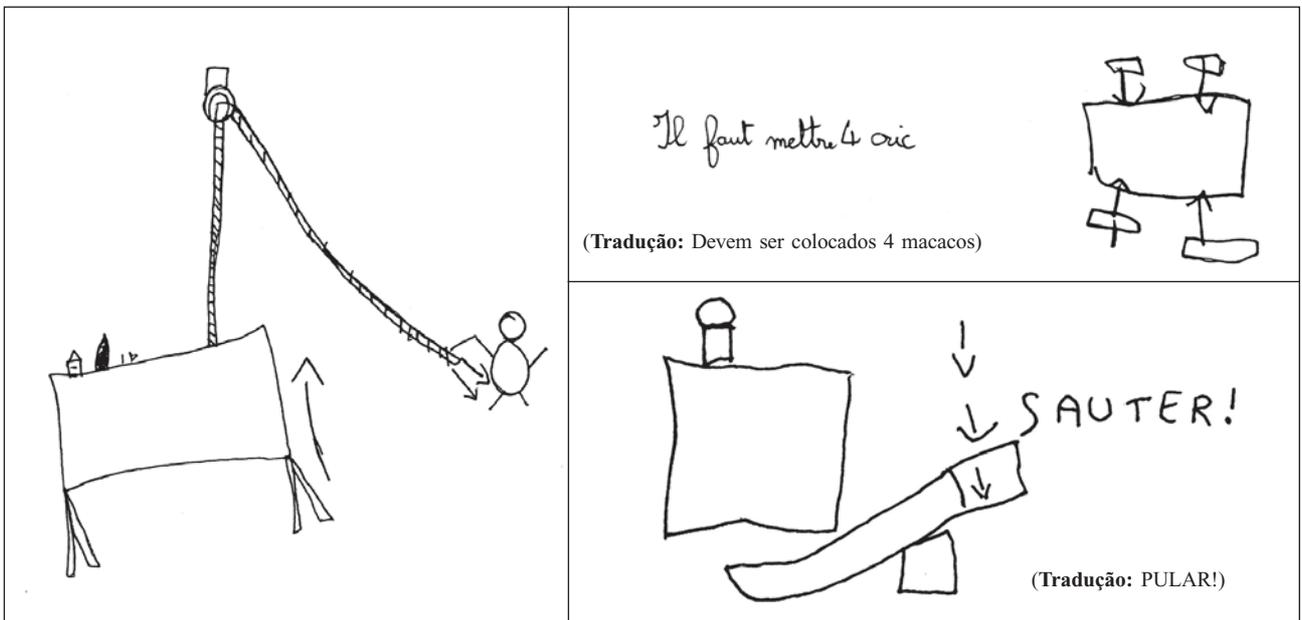


Figura 2

### Síntese coletiva

Cada grupo dá suas idéias. Essas idéias são colocadas em duas colunas de uma tabela: os dispositivos movidos pela força humana de um lado e os movidos por outra força de outro lado. Conclui-se dizendo aos alunos que haverá mais interesse pelo dispositivo da primeira coluna.

Obs.: Neste estágio, o professor não procura inserir a idéia da alavanca a qualquer preço. Se for proposta, será registrada da mesma forma que as outras da coluna nº 1.

## Aula 2. Como os homens da antiguidade levantavam cargas?

Os alunos constroem uma máquina baseada em alavancas, a partir de imagens que apresentam dispositivos dos tempos antigos. A aula leva a uma primeira formulação do que é uma alavanca.

*Obs.:* Será cômodo dispor de caixas de material de construção de brinquedo. Se não for possível, sarrafos e barbante bastam.

### Em conjunto

O professor fala de algumas construções realizadas desde o começo da humanidade, antes da existência de máquinas motorizadas. Pode evocar a construção das pirâmides, das quais mostra algumas imagens ou fotos, que indicam o caráter enigmático que ainda se nota em relação às técnicas empregadas para levantar massas enormes.<sup>1</sup>

### Em grupos pequenos

O professor distribui as imagens reproduzidas aqui, mostrando dois dispositivos que permitem levantar ou deslocar grandes blocos de pedra.<sup>2</sup>

Os alunos constroem uma maquete da máquina apresentada na Figura 3. Um de cada vez, vai para a escrivaninha testar a solução da Figura 4, em presença do professor, que cuida da segurança.

### Em conjunto

O professor orienta para as seguintes perguntas: estes dispositivos permitem diminuir o esforço necessário? É possível dar resposta positiva no caso do dispositivo da Figura 4, que já foi testado. A maquete da Figura 3, porém, não permite, necessariamente, responder: o prazer da construção e do jogo é, frequentemente, preponderante em relação ao estudo exato dos esforços a serem feitos, prematuro neste estágio. Assim o objetivo

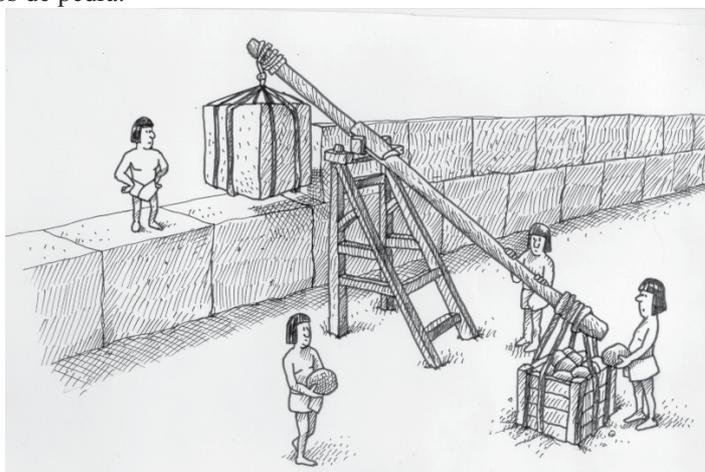


Figura 3. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

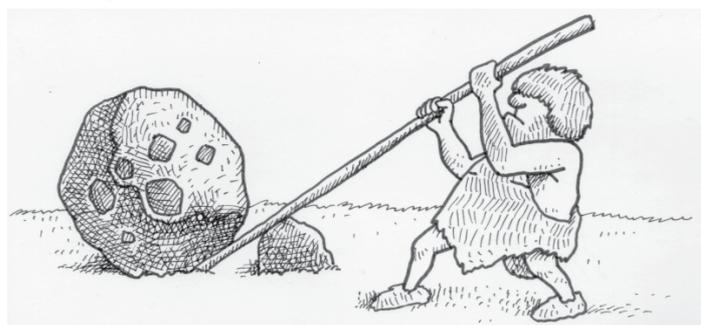


Figura 4. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

1. São formuladas duas hipóteses principais: deslocamento sobre rampas levemente inclinadas e a utilização de máquinas baseadas no princípio da alavanca. As duas ainda geram problemas aos historiadores. Para uma eventual exploração pedagógica, consultar a parte “Para ir mais adiante”, no final do módulo.

2. O professor que desejar mais tempo a este módulo pode pedir aos alunos que eles mesmo se informem a respeito desta questão e que tragam para a sala de aula os documentos interessantes que encontrarem.

não é concluir, mas formular a questão e guardá-la na memória. A palavra “alavanca” é introduzida a partir da verificação do que essas duas imagens têm em comum.

Leva-se os alunos a elaborarem uma formulação inicial que será melhorada ao longo das aulas. As grandes idéias, neste estágio, são: uma alavanca é uma barra rígida capaz de girar em volta de um ponto fixo (pivô) e é manobrada pelo homem para levantar cargas.

## Aula 3. Como reduzir o esforço com a ajuda de uma alavanca?

Os alunos entendem que uma alavanca permite reduzir o esforço com a condição de atuar sobre as grandezas pertinentes.

### Material

– Para os alunos:

Uma caixa contendo dez porcas de massas idênticas é afixada a uma das extremidades de uma régua de aproximadamente 30 cm (vide Figura 5). A caixa representa a carga a ser levantada. Uma segunda caixa e uma fita elástica que permita afixá-la são preparadas também, mas a caixa não é afixada sobre a régua: isto será a tarefa dos alunos, que perceberão o efeito da distância até o pivô.



Figura 5

– Para o professor:

Réguas ou sarrafos mais compridos podem ser oferecidos aos alunos que já terminaram seus primeiros experimentos.

### Em conjunto

O professor explica aos alunos que eles vão trabalhar com alavancas parecidas com a da maquete que fizeram (Figura 3), porém, mais simples, mais práticas e mais resistentes. Apresenta o material (vide Figura 5). Imaginamos um mundo em miniatura onde os homenzinhos não conseguem levantar mais do que uma porca por vez. Utilizando o material fornecido, devem colocar dez porcas na primeira caixa. A instrução se inicia. O professor verifica que os alunos percebem corretamente a correspondência entre os elementos da Figura 3 (a imagem da máquina verdadeira) e os da Figura 5 (a maquete).

### Em grupos pequenos

Os alunos fazem seus primeiros experimentos com as porcas adicionais, que colocam na segunda caixa. São encorajados a tentar de diversas maneiras, por meio de perguntas incentivantes.

“Você consegue utilizando menos porcas?”

“É possível levantar a carga mais para o alto?”

“Onde você amarrou a segunda caixa? Você tentou amarrá-la mais perto ou mais longe?”

O professor dá aos grupos mais rápidos a segunda régua de 50 cm.

“Tenta com a outra régua. O que isso muda?”

É importante que os alunos percebam, por meio desses experimentos realizados, a influência dos diversos parâmetros (posição do ponto de apoio, posição da caixa contendo as porcas que acrescentam, comprimento das réguas), assim como as conseqüências disso (aumento ou redução do número de porcas necessárias, altura da elevação).

### Em conjunto: unificação

O objetivo desta última fase é unificar as diversas observações que foram feitas. A síntese, que será feita no fim da próxima aula, após outras manipulações, destacará as poucas regras do princípio das alavancas.

## Aula 4. Como reduzir o esforço com a ajuda de uma alavanca?

Os alunos sistematizam as observações da aula anterior. Ao fazer a síntese, estas observações são estruturadas por algumas regras simples que melhoram a noção de alavanca.

### Material

É idêntico ao material da aula anterior. Sabemos que o pivô é uma régua ou uma vareta com secção quadrada. É importante para chegar corretamente à solução do problema número 1 (vide abaixo).

### Em conjunto

São apresentados três problemas aos alunos:

- Quantas porcas precisamos ter em uma das caixas, quando na outra temos dez e o pivô está no meio?
- Qual é o menor número de porcas necessário para levantar a caixa de dez porcas?
- Até que altura máxima podemos levantar a caixa contendo as dez porcas? Quantas porcas foram utilizadas?

### Em grupos pequenos

Os alunos experimentam e chegam a um acordo sobre a melhor solução imaginada para resolver cada problema.

### Individualmente

Os alunos fazem um desenho que explica, para cada caso, onde o grupo colocou o pivô e até que altura a caixa contendo dez porcas foi levantada.

### Síntese coletiva

Baseia-se essencialmente nos experimentos dos alunos. Acompanhando, o professor pode ter vantagem se colocar um dispositivo experimental de forma visível

por todos: uma prancha resistente de 2 m aproximadamente colocada sobre um pedaço de tronco. Sob supervisão do professor, dois alunos com corpulência diferente se posicionam sobre o balanço assim constituído. A demonstração contribui para ilustrar a segunda e terceira regra abaixo:

- Quando o pivô está no centro, a alavanca está em equilíbrio; as cargas são idênticas.
- À medida que a carga é colocada mais perto do pivô, fica mais fácil levá-la, mas a altura fica menor.
- Quanto mais longe do pivô, fica mais difícil levantar a carga, mas a altura alcançada é maior.

Esta regras melhoram a noção da alavanca, que já foi tratada na ocasião de uma formulação inicial durante a aula 2.

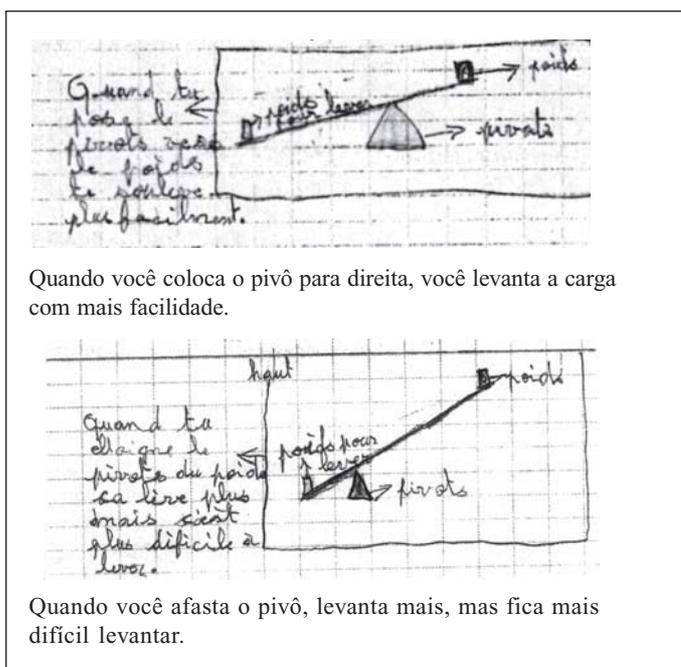


Figura 6

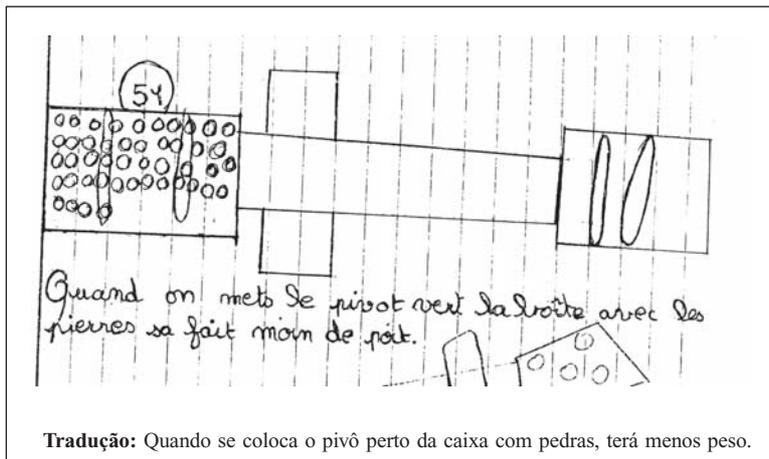


Figura 7

Para terminar, seria interessante discutir a famosa frase de Arquimedes: “Dêem-me um ponto de apoio e levantarei o mundo” (ou seja, a Terra) e seus limites práticos (comprimento da alavanca e resistência de seu material).

### Possíveis dificuldades

Alguns alunos pensam que, quando o ponto de apoio é colocado mais perto da carga, esta última parece menos pesada (Figura 7). Esses alunos podem ser convidados a tentar levantar a escrivainha outra vez (como na aula 2), agindo perto do ponto de apoio e, em seguida, mais longe. Deveriam saber que não ficam mais fortes no segundo caso, mas que a tarefa é mais fácil. Um trabalho com balança pode ser um complemento interessante.

## Aula 5. Como construir uma maquete de uma ponte levadiça?<sup>3</sup>

Os alunos já se familiarizaram com o princípio da alavanca e têm atividades dentro de um contexto especial. Colocam em prática seus conhecimentos em um contexto diferente.

### Em conjunto

O professor pode iniciar com uma história de príncipe onde aparece um castelo. Pode mostrar um filme de vídeo. A idéia que eles têm da ponte levadiça será suficiente para começarem o trabalho. O professor apresenta a tarefa: construir uma ponte levadiça, igual às pontes dos castelos fortificados. Não diz aos alunos que é uma extensão do estudo das alavancas. Se eles se derem conta sozinhos, eles deverão ser encorajados a pôr em prática o que sabem, perguntando qual semelhança vêem entre uma ponte levadiça e uma alavanca. Temos, porém, a impressão de que, para a maioria da classe, isso poderá ser explicado apenas na aula 7.

### Em grupos pequenos

Os alunos constroem do jeito que eles entendem. O professor os ajuda com pequenos problemas técnicos: construção da passarela e instalação de um mecanismo que permite sua rotação, guiamento dos cordões, resistência dos pilares etc. Por outro lado, não interfere na



Figura 8. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

3. A organização fica mais fácil se o professor tiver caixas de material de construção de brinquedo.

escolha dos pontos de fixação dos cordões à passarela da ponte. Pode-se mostrar uma imagem de uma ponte levadiça aos grupos que eventualmente tenham dificuldade.

### **Em conjunto**

Cada grupo mostra sua maquete, explicando as dificuldades enfrentadas e a maneira como foram resolvidas. Não há certeza de que todos os grupos consigam terminar até o final da aula. O professor verá se deve propor uma aula extra ou se deixa algum tempo entre esta aula e a próxima para que todos os alunos possam terminar suas construções.

## **Aula 6. Em que ponto da passarela deve-se prender o barbante?**

Os alunos imaginam e realizam um experimento com a finalidade de mostrar que é mais fácil levantar a passarela quando os barbantes estão presos longe do eixo de rotação ao qual se fixou a ponte.

### **Em conjunto**

O professor seleciona duas construções, uma na qual o cordão que deverá levantar a passarela será afixado na extremidade desta e outra onde será afixado no meio da passarela. Pergunta à classe qual opção necessita de menos força para levantar a passarela. Deixa os alunos darem suas opiniões por alguns minutos, mas não valida nenhuma delas. Em seguida, sugere aos alunos que procurem, em grupos pequenos, a maneira de comprovar qual solução é a melhor. Se todos os grupos afixarem os barbantes na extremidade da ponte, pergunta-se aos alunos por que fizeram assim. Em função dos argumentos expostos, sugere aos alunos que justifiquem suas escolhas por meio de experimentos. Mas o professor impõe outra limitação: os alunos não poderão construir pontes levadiças, deverão elaborar seus métodos a partir do material disponível: diversas réguas, sarrafinhos de madeira, fitas elásticas, diversas massas, cordão, cliques etc. O objetivo dessa limitação é obrigar os alunos a se dedicarem ao princípio, independentemente do que se quer construir na prática. Este método corresponde à prática industrial real. Quando, por exemplo, é preciso estudar a eficiência de um novo sistema de freio automotivo, os ensaios são realizados na banca de teste, não em veículos reais, o que se tornaria demorado e oneroso demais.

### **Em grupos pequenos**

Os alunos constroem um dispositivo. O professor orienta-os em direção a um experimento comprovador. Os ensaios realizados mostram que os alunos não encontram nenhuma dificuldade na simulação de uma passarela e na fixação de um barbante no meio ou na extremidade desta. Por outro lado, não entendem bem por que lhes foram impostas abstrações. Eles procuram completar seus dispositivos estendendo os cordões até uma manivela, igual à maquete que construíram antes. Nesse momento o professor interfere com um questionamento apropriado: “Se a construção parar neste estágio, você consegue responder à pergunta que se impõe?”. Outros aspectos têm de ser destacados. Os alunos tentam descobrir “à mão” qual o esforço necessário para levantar a passarela. Se esta for leve demais, as diferenças não se comprovam. Outros alunos nem pensam em comparar: levantam a passarela (por exemplo, com o cordão afixado na extremidade) e concluem: “Sim, assim é fácil...”. Por todas estas razões, e outras talvez, pode ser útil sugerir um reagrupamento.

### **Agrupamento**

Tem por finalidade analisar as dificuldades encontradas, comparar as soluções imaginadas e trocar idéias.

- Que material escolher para experimentar? As propostas são examinadas e a discussão deveria levar à estrutura mais simples: um sarrafinho com uma de suas extremidades deitada sobre um suporte e a outra sustentada por um cordão, cuja extremidade é simplesmente segurada na mão.
- Quantos dispositivos precisam ser construídos para responder a pergunta? O objetivo é que todos

os grupos entendam a necessidade de comparar dois dispositivos que diferem apenas pela posição do ponto de fixação do barbante.

- Como resolver o problema gerado pelo fato de a passarela ser leve demais? Podemos torná-la mais pesada, colocando sobre ela uma caixa cheia de porcas (ou qualquer outro objeto apropriado). Responder essas perguntas pode levar a uma experimentação, que comprova a solução que consiste em afixar o cordão no ponto mais distante possível do eixo.

No entanto, o professor pode iniciar um questionamento mais científico no que diz respeito à comparação das forças: “Medir o esforço com a mão não é muito científico: é possível encontrar um método melhor?” Geralmente, a resposta precisa do auxílio do professor, que pode propor o uso de elásticos com tensão suficientemente fraca para adaptar-se às forças em jogo. O método está ilustrado na Figura 9. Pode ser usado outra vez em relação aos planos inclinados, se a classe for estudar o assunto (vide a parte “Para ir mais longe”).

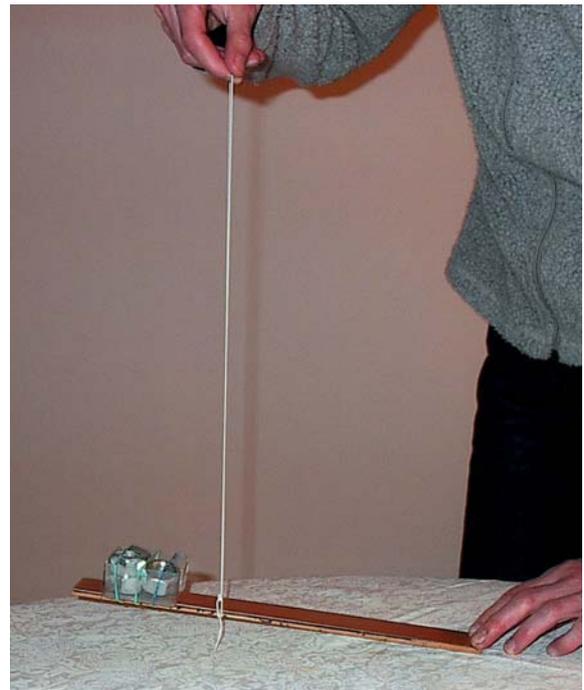
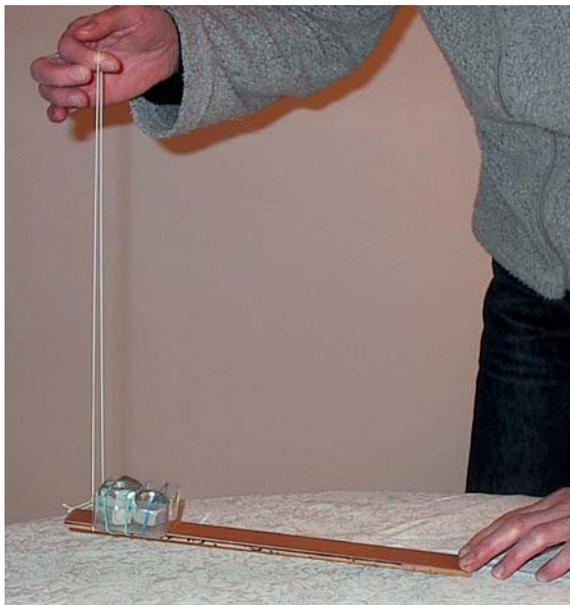
Assim, no final desse tempo de reagrupamento, todos os grupos são capazes de retomar suas experiências.

### **A volta aos grupos pequenos**

Os alunos voltam às suas experiências, registram-nas em seus cadernos de experimentos e anotam suas conclusões.

### **Síntese coletiva**

É rápida. Seu objetivo é responder à pergunta inicial: é mais fácil levantar a passarela quando o cordão é afixado longe do eixo.



*Figura 9.* Percepção direta ou medida com fita elástica: percebe-se a influência da posição do ponto de fixação.

## **Aula 7. O que é igual, o que não é igual?**

Os alunos relacionam as atividades das diversas aulas e reconhecem, dentro de formas diferentes, que há um princípio comum, que agora formulam de maneira mais geral.

### Em conjunto

O professor retorna os dois dispositivos: a régua deitada sobre um apoio e uma caixa com porcas sobre uma de suas extremidades. A passarela da ponte levadiça agora está mais pesada por causa da caixa com as porcas. O dispositivo é reproduzido esquematicamente no quadro (vide Figura 10).

O professor dá as instruções. Em grupos pequenos, os alunos anotam numa tabela com duas colunas: “o que é igual” e “o que não é igual”.

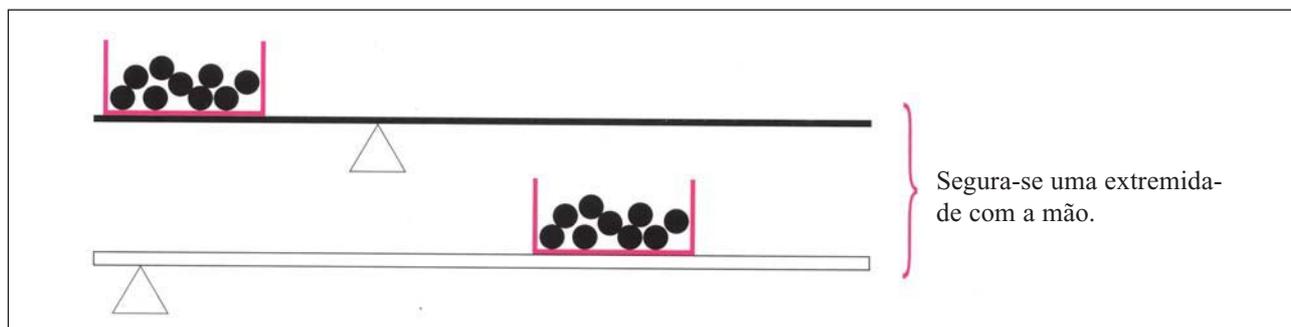


Figura 10

### Em grupos pequenos

Os alunos discutem entre si e preenchem as tabelas.

Se derem atenção exclusivamente à descrição dos objetos e não aos princípios fundamentais, o professor inicia um questionamento apropriado que os orienta para esta segunda reflexão: “Como tornar o esforço necessário para levantar as caixas o menor possível? Será que é igual nos dois exemplos?”

### Síntese coletiva

O professor anota e comprova as diversas propostas. É interessante a semelhança entre os papéis representados pelo eixo de rotação da ponte levadiça e pelo ponto de apoio. Podemos dizer a mesma coisa da posição do ponto de apoio: há dispositivos onde este ponto está posicionado entre os pontos onde são aplicadas as forças (por exemplo, a máquina da Figura 4); há outros, onde ele se encontra na extremidade (o que é o caso das pontes levadiças). Em seguida, o professor confirma e destaca a semelhança essencial que justifica este momento do trabalho. Formulamos essa semelhança em seguida, reproduzindo os termos do projeto, porém os alunos podem evocar outras formulações equivalentes: a mesma força tem mais efeito sobre a rotação quanto mais distante é aplicada do eixo e uma grande força tem mais efeito que uma força menor quando é aplicada à mesma distância do eixo.

## Aula 8. Há alavancas nos organismos vivos?

Deve ser destacado que o princípio da alavanca também se encontra no mundo vivo. O professor encontrará, porém, certa dificuldade.

Todavia, o professor perceberá que os alunos têm certa dificuldade em isolar o mecanismo básico da alavanca como parte de um organismo vivo complexo. Portanto, deverá ajudá-los a estabelecer a esquematização necessária. Por exemplo, no momento de refletir sobre os pontos de fixação dos tendões aos ossos, muitos alunos cometem o erro ilustrado na Figura 11. Para compreender o papel dos músculos no movimento das articulações são necessárias várias aulas (indicamos um exemplo em nossa seleção de sites). Suponhamos que esse exemplo tenha sido efetuado e indicamos aqui mais dois casos em que o princípio da alavanca intervém.

On marche d'abord surtout avec les os.  
 Si on avait pas d'os on serait recroquevillé.  
 Les os sont reliés au muscle par des tendons.  
 Les os sont fragile.  
 Si on tombe et qu'on se fait très mal peut-être l'os est cassé,  
 il faut aller à l'hôpital.  
 Le squelette du cheval est presque pareille que celui de l'homme.

**Tradução:**  
 A gente anda em pé principalmente com os ossos.  
 Se não tivéssemos ossos, estaríamos derrubados. Os ossos são ligados aos músculos por tendões.  
 Os ossos são frágeis.

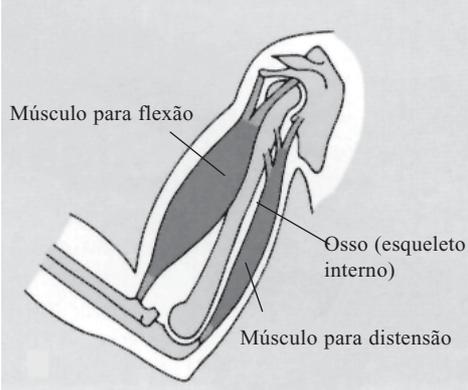


Figura 11. Afixação dos músculos sobre os ossos: um exemplo de alavanca. À esquerda: um erro freqüente. À direita: o esquema correto. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

### A articulação da asa de um inseto

Os alunos tomam conhecimento da ficha de trabalho (anexo 1). O professor dá todas as informações para que os alunos a entendam. Deve-se dar atenção especial à compreensão de um esquema representando uma secção do tórax de um inseto e à defasagem de escala na representação da espessura da cutícula (a pele externa dos insetos). Essa modificação tornou-se necessária para poder colocar as presilhas bailarinas. Também convida os alunos a ler outra vez, em seus cadernos ou livro, a lição sobre a articulação do antebraço do ser humano e o papel dos músculos. Em seguida, os alunos trabalham próximos um do outro, a fim de trocar idéias entre si e refletir. Executam individualmente o trabalho solicitado na ficha. O professor faz uma recapitulação para a turma inteira com base nas maquetes feitas pelos alunos ou em uma maquete maior que ele mesmo confeccionou (vide Figura 12).

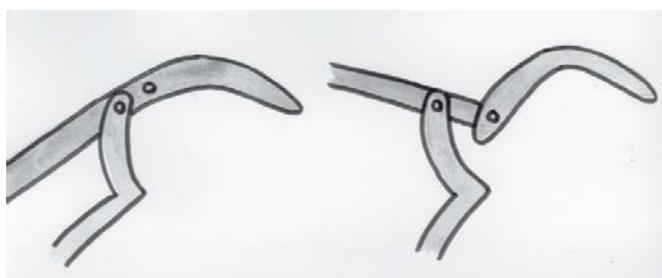


Figura 12. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

O corte do tórax, com músculos contraídos, tal como os alunos esperavam, está na Figura 13 (à direita), para ser comparada com a figura à esquerda, em que os músculos estão relaxados.

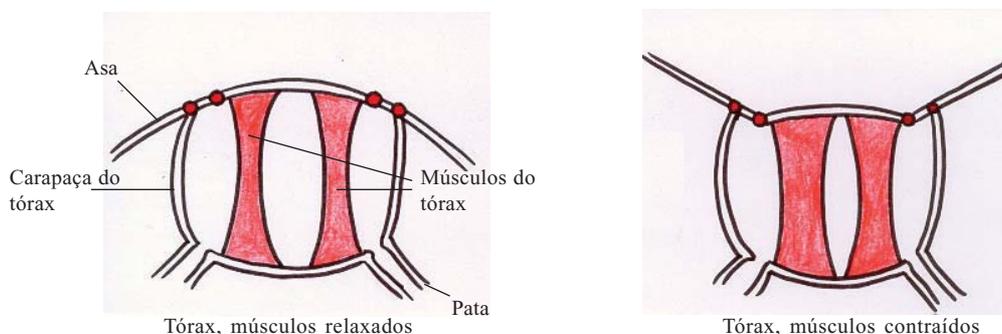


Figura 13. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

### **A abertura de uma concha por um caranguejo (anexo 2)**

Primeiramente, o professor distribui aos alunos conchas fechadas de moluscos marítimos. Pede aos alunos para abrirem as conchas com a mão, a fim de verificarem como são resistentes. Depois, explica como o caranguejo faz para quebrá-la para chegar e pegar sua comida.

Comenta como a pinça do caranguejo calappa é parecida com a alavanca estudada anteriormente. Após colocar a concha na posição certa, o caranguejo enfia o dente maciço e forte de sua pinça direita na abertura da concha e exerce um esforço sobre a borda da concha para quebrá-la. Assim ele alcançará o molusco, seu alimento, utilizando para isso o dedo longo e fino da pinça esquerda.

## **Condições de implementação do módulo**

### **Material para um grupo de três a quatro alunos (vide Figura 5)**

- Uma pequena caixa de material de construção de brinquedo. Se a classe não tiver, ela pode ser emprestada de outra escola ou dos alunos;
- uma régua chata ou um sarrafo de 30 a 50 cm e uma régua com seção quadrada para servir de apoio;
- duas caixas idênticas (sem tampa) para serem afixadas sobre as régua por meio de elásticos;
- uma série de objetos idênticos (bolas, porcas, parafusos, arruelas etc.) para serem colocados nas caixas.

### **Material coletivo**

- Um baú (ou uma pedra grande) e um cabo de enxada (ou outro pau semelhante) para levantar a escrivainha do professor (aula 2);
- uma tábua resistente de aproximadamente 2 m para ser colocada sobre o baú (síntese da aula 4).

### **Duração**

Propomos que o módulo seja desenvolvido em oito aulas. Os professores que pretendem detalhar mais o assunto encontrarão extensões na parte “Para ir mais longe”. E os que terminarem em um mínimo de tempo darão apenas as quatro primeiras aulas. Também é possível distribuir o trabalho durante o ciclo, dando as primeiras quatro aulas na 2ª série e as quatro outras na série seguinte.

## **Conclusões**

Para avaliar os conhecimentos e as competências adquiridos, são apresentados elementos de avaliação no anexo 3. Os alunos devem indicar se o princípio da alavanca está presente nas diversas imagens (com dificuldade variável) que receberão.

## **Para ir mais longe**

### **As balanças e a noção do equilíbrio**

Partindo da situação clássica na qual uma criança quer brincar de gangorra com um adulto (maior e mais pesado), poderemos propor aos alunos que aproveitem seus conhecimentos sobre as alavancas. (Onde colocaremos o pivô da gangorra? Com pivô fixo, onde colocar o adulto e onde colocar a criança?) Após este trabalho, pode-se sugerir a construção de uma balança romana ou balança de peixeiro, que consiste numa haste suspensa, por meio de um anel, em um ponto próximo a uma das extremidades. Procuraremos o equilíbrio entre uma carga suspensa nesta extremidade e um contrapeso (bola de massa de modelar, arruelas...) suspenso na haste por meio de um clipe, do outro lado do anel, e que pode ser deslocado ao longo da haste.

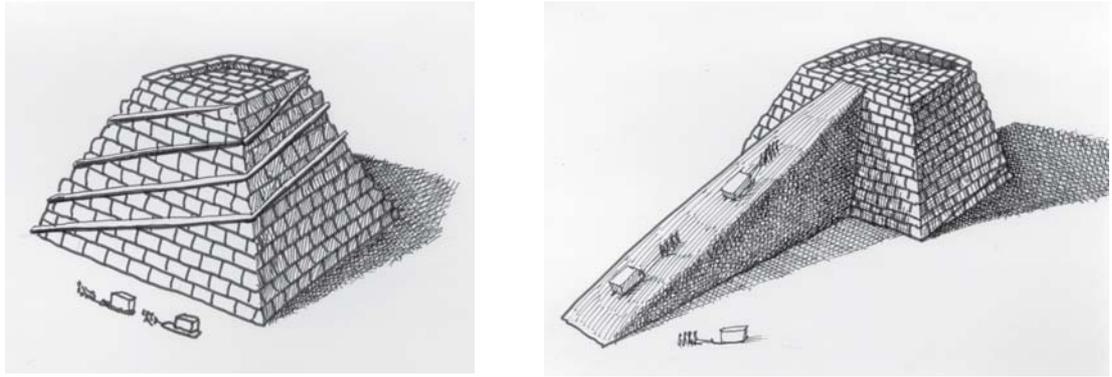


Figura 14. Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

### A construção das pirâmides: alavancas ou planos inclinados?

Quando a atividade da aula 6 terminar, os alunos terão à sua disposição um meio para comparar forças (Figura 9). Embora rudimentar, é suficiente para o objetivo em jogo. É possível apresentar rapidamente os elementos do debate por meio de um texto curto (a ser discutido com os alunos) e de algumas imagens.

“Novas hipóteses colocam em dúvida o uso de rampas para construir as pirâmides do Egito.”

Faça de conta que você é o arquiteto do faraó Quéops e ele deseja para seu túmulo a maior pirâmide já construída. Os desejos dele são ordens divinas – sua cabeça está em jogo – e você convoca imediatamente seu gabinete de engenharia para analisar o problema. Como se pode juntar milhares de blocos de calcário e 90 blocos de granito de 25 toneladas?

Os egiptólogos ainda se perdem em conjecturas sobre os métodos dos arquitetos egípcios. Há duas opiniões em oposição. A mais seguida propôs a construção de uma rampa, um plano inclinado que é progressivamente completado e prolongado, sobre o qual os homens puxavam os blocos de pedra. Conforme a segunda, máquinas em madeira utilizando o princípio da alavanca levantavam os blocos de pedra de uma camada horizontal para a outra.<sup>4</sup> Entre os defensores da tese ‘maquinista’ (das alavancas), o arquiteto Pierre Crozat propôs recentemente um sistema em acordo com os escritos do historiador grego Heródoto (–484; –420) (...).” © *Pour la science*, nº 265, novembro 1999.

O trabalho dos alunos consiste então em examinar, em grupos pequenos, a hipótese alternativa às alavancas, demonstrando por meio de experimentos que ao reduzir o atrito (superfícies polidas e ensaboadas) quando as cargas são puxadas, deslizando sobre um plano inclinado, o esforço necessário é menor do que quando são levantadas verticalmente.

## Seleção indicativa de sites

### História

- Uma página sobre a mecânica de Alexandria: [www.cnam.fr/museum/revue/ref/r20a04.html](http://www.cnam.fr/museum/revue/ref/r20a04.html)
- A ponte levadiça do Château du Coudray-Salbart:  
<http://visite.salbart.org/index.php3?url=t-portal.php3>
- A ponte levadiça na entrada da cidade de Carcassonne:  
<http://ecole.wanadoo.fr/lagravette.carcassonne/patrimoine/pont.htm>
- A tomada da Bastilha: começa pela destruição da ponte levadiça:  
[www.diagnopsy.com/Revolution/Rev\\_008.htm](http://www.diagnopsy.com/Revolution/Rev_008.htm)
- Histórico das pontes móveis em ferro (entre as quais uma ponte levadiça), em Tournai, sur l’Escaut:  
[www.met.be/metpub/src/actu12/p09.html](http://www.met.be/metpub/src/actu12/p09.html)

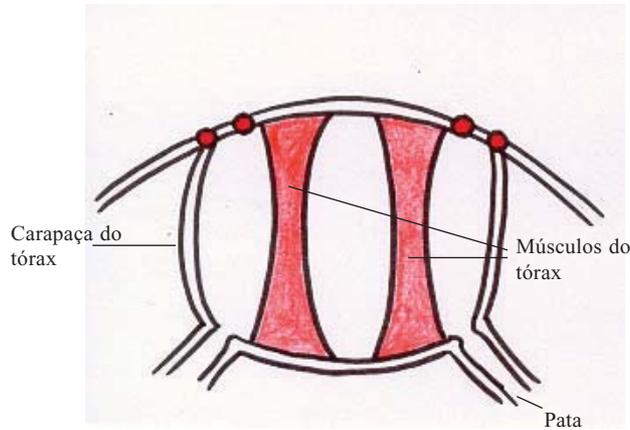
4. Estas máquinas são semelhantes às que foram apresentadas aos alunos na aula (Figura 6).



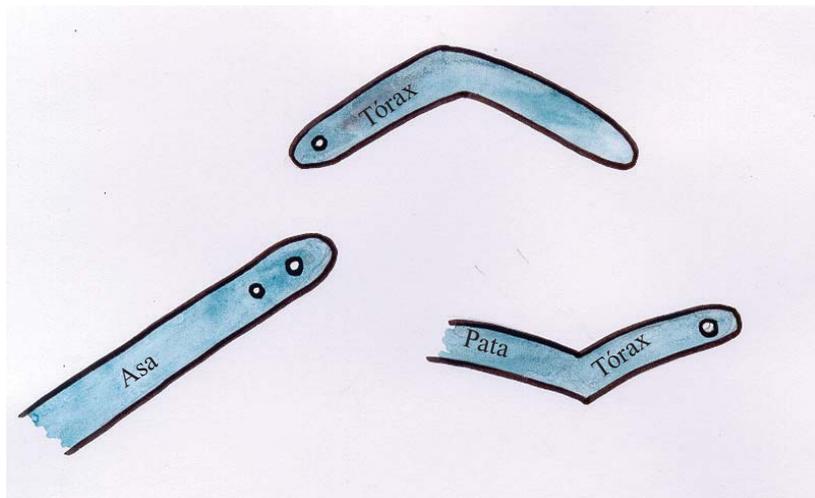
# O vôo dos insetos



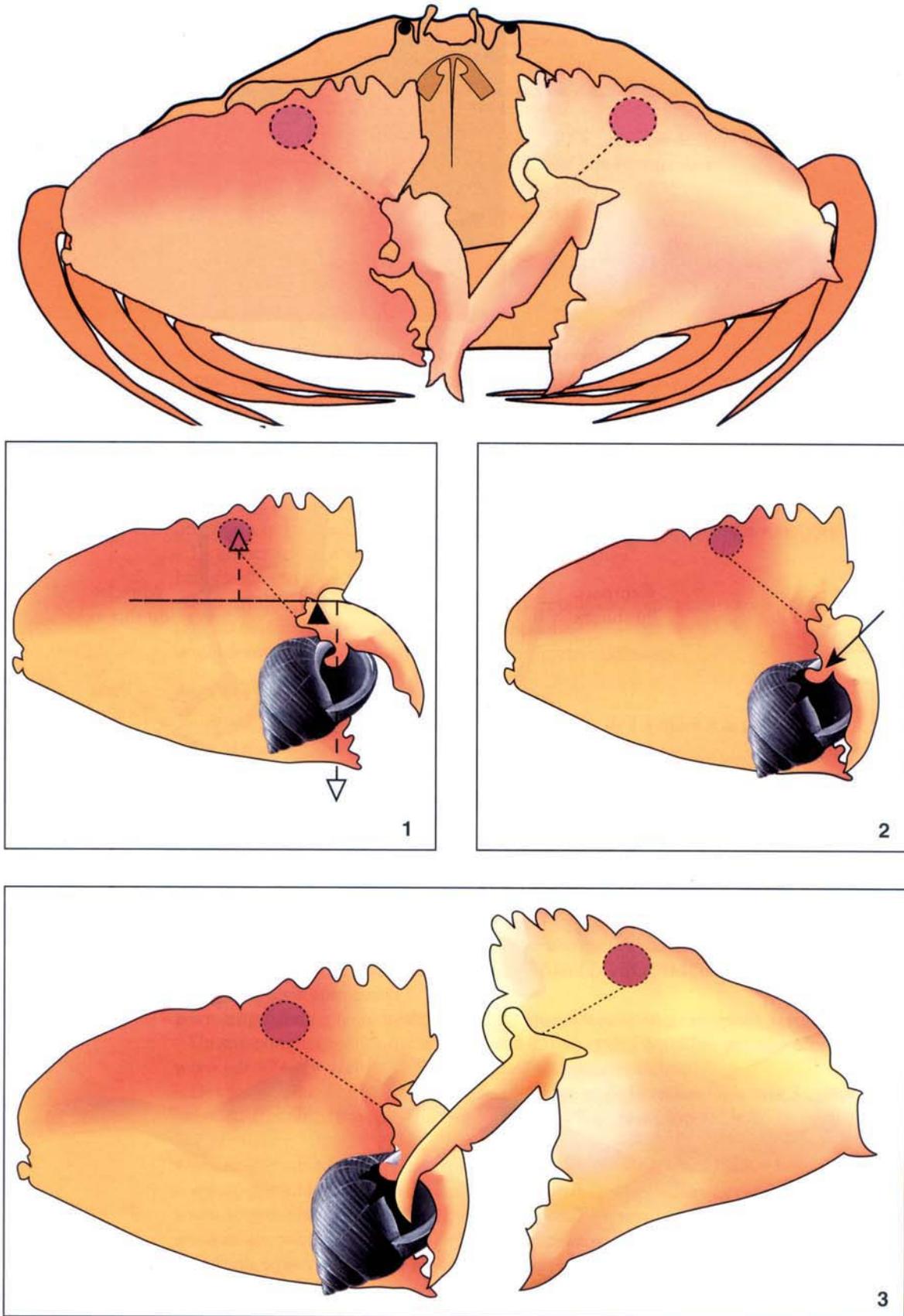
O esquema abaixo representa a secção do tórax de um inseto quando os músculos estão relaxados. Para simplificar, determinados músculos não foram representados.



Reproduza e recorte as formas abaixo em cartolina. Elas representam a parte esquerda da secção acima. Com o auxílio de presilhas bailarinas, monte as articulações das asas e faça as mesmas funcionarem.



Em seu caderno de experimentos, realize o esquema em corte com o tórax quando os músculos estão contraídos.



A esquematização (setas) sobre a Figura 1 sugere que a menor força exercida pelos músculos da pinça do caranguejo leva a exercer uma força maior sobre a concha, considerando a diferença entre as distâncias e o pivô.

Propomos aqui elementos que permitam aos professores avaliar a aquisição de três competências relacionadas às alavancas: saber reconhecer dispositivos utilizando o princípio das alavancas, compreender o papel das distâncias entre o ponto de apoio e o ponto onde são exercidas as forças, identificar o princípio das alavancas em dispositivos mais complexos que não foram estudados neste módulo. Podem ser utilizados em qualquer momento da aula. Seu papel pode ser simplesmente informativo, ou seja, destinado a informar os alunos de suas aquisições.

1. Observe estes objetos e aponte os que funcionam segundo o princípio das alavancas.



Imagem 1. Um pé-de-cabra.



Imagem 2. Um quebra-nozes.



Imagem 3. Um cortador de unhas.



Imagem 4. Força da tesoura.



Imagem 6



Imagem 5. Uma bolsa e seu zíper.



Imagem 7. Um furador de papel.



Imagem 8. Uma furadeira.

### Indicações para o professor

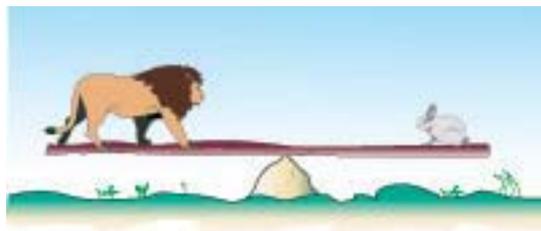
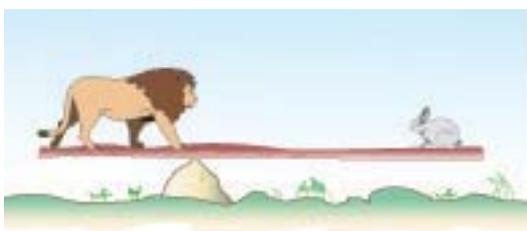
Dispositivos que utilizam alavancas (1, 2, 3, 4, 6, 7).

Dispositivos que não as utilizam, pelo menos não de maneira óbvia (5, 8).

É recomendado ter uma grande variedade dos dispositivos escolhidos. Alguns estão muito próximos dos que foram estudados (imagem 6), outros menos. Os alunos podem pensar que uma alavanca é necessariamente constituída por uma vara reta. O pé-de-cabra e o cortador de unhas são alavancas curvadas. Podem pensar que a alavanca é exclusivamente destinada a levantar cargas. Podem também imaginar que a alavanca é sempre uma ferramenta, por isso a proposta do furador de papel ou do quebra-nozes (que são alavancas) e também da furadeira (que é ferramenta, mas que não contém qualquer alavanca).<sup>5</sup>

#### 2. Observe o leão e o coelho.

Será que é possível que estejam em equilíbrio em um ou mais desenhos? Marque o(s) casos onde há equilíbrio.



#### 3. Observe o desenho abaixo.



Ilustração de Vladimir Filipovic, © ZUNS, Belgrado.

Desenhe a prancha e o pivô da maneira que foram dispostos pelos acrobatas. Por que foram dispostos assim?

5. Na verdade, um estudo detalhado da furadeira mostrará alguma alavanca, como o gatilho, por exemplo. Porém, para o nível do aluno de escola primária e levando em conta o trabalho que está sendo realizado, parece razoável não entrar tanto nos detalhes.



**Indicações para o professor**

Os exercícios 2 e 3 têm por objetivo saber se os alunos compreenderam bem a influência da posição do ponto de apoio (longe da carga a ser propulsada no caso desse número de acrobacia) e do ponto onde são aplicadas as forças). No caso do exercício 3, uma força grande (pessoa pesada) colocada próxima ao pivô produz muito movimento na criança que está afastada.