

1) Metodologia de ensino	1
2) Prática	2
3) Continuação de Engrenagens	6
4) Manivelas	8
5) Polias	9
6) Exercícios de fixação dos conceitos	11

**Objetivo:** aprender mais sobre movimento, abordando os seguintes temas: engrenagens, cremalheiras, manivelas e polias.

## 1) *Metodologia de ensino*

A Modelix preparou suas aulas com uma metodologia de ensino particular, que instiga primeiro a curiosidade do aluno, já começando a partir da prática, e depois ensinando a teoria.

Com exemplos básicos para o aluno construir logo no início da aula, ele poderá aprender conceitos simples na própria prática, para depois aprofundar e fixar os conhecimentos com a teoria que envolve o que ele já construiu.

No final existem exercícios a serem realizados pelo aluno para verificar o quanto do conteúdo ele assimilou.

Fica a critério do professor usar essa metodologia das aulas Modelix, ou a metodologia que o professor preferir, podendo inverter a ordem de prática e teoria.



## 2) Prática

Antes de continuar nosso assunto de engrenagens, vamos agora montar uma estrutura que utiliza uma manivela. Primeiro vamos precisar de uma estrutura semelhante à da aula anterior para suportar um eixo.

Vamos precisar de duas barras metálicas de mesmo tamanho (ex.: 9), três mancais de 1x1, uma base de plástico, uma engrenagem média, um eixo quadrado, um parafuso grande, um pedaço de barbante e orings.

Primeiro vamos fixar um dos mancais, unindo as duas barras metálicas. Ele deverá ficar inclinado em relação às barras, veremos mais à frente o propósito disso.



Depois vamos fixar as barras na base de plástico usando os outros dois mancais.



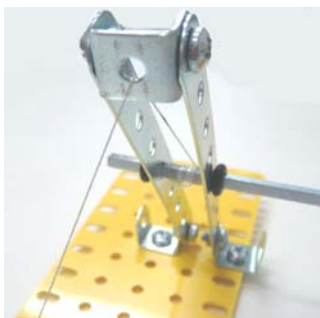
Para a manivela vamos utilizar a engrenagem média, com um parafuso fixado em um dos seus furos externos com duas porcas. A



engrenagem deverá ser fixada em um eixo, que por sua vez será fixado nas duas barras metálicas usando orings.



Depois de finalizada a estrutura, vamos precisar de um pedaço de barbante, que será amarrado no eixo e irá passar pelo furo do mancal no topo.



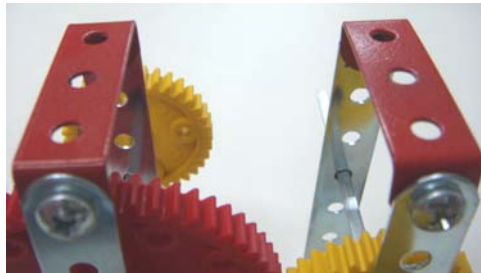
Prendendo um peso agora na outra ponta do barbante e girando a manivela, podemos levantar esse peso. Veremos mais sobre manivela depois.



Já com essa idéia de manivela, vamos construir outra estrutura com engrenagens, mas dessa vez com engrenagens de tamanhos diferentes juntas.

Vamos utilizar quatro barras metálicas de 9 furos, duas barras de 11 furos, uma barra de 5 furos, quatro mancais de 3x1, dois eixos quadrados, duas engrenagens de tamanho médio e uma grande, um parafuso grande, um catavento e orings para fixação dos eixos.

Fixando as barras metálicas de 9 furos, duas a duas, em dois dos mancais de 3x1, teremos o suporte que precisamos para os eixos.



Fixando agora a outra ponta dessas barras de 9 furos nas barras de 11, deixando um espaçamento de três furos entre elas, e depois parafusando os outros dois mancais nas extremidades dessas barras de 11, teremos nossa base com os suportes para os eixos.



Uma das engrenagens médias servirá de manivela como no exercício anterior, para isso basta fixar o parafuso grande em um dos furos externos da engrenagem com duas porcas.



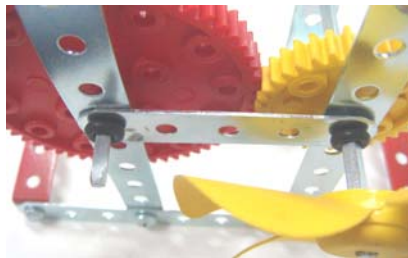


Um dos eixos terá em uma ponta a manivela e no meio uma engrenagem grande. O outro eixo terá em uma ponta o catavento e no meio uma engrenagem média.

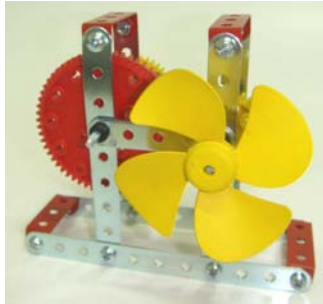
Eles devem ser fixados um em cada suporte que construímos, com as barras de 9 furos, usando orings para mantê-los presos à estrutura e também no meio para manter as engrenagens na posição correta, encaixadas.



A barra metálica de 5 furos será colocada entre os eixos para garantir a distância entre eles.



Com isso teremos nossa estrutura pronta. Você deve girar a manivela e observar o comportamento do catavento.



Agora vamos inverter a posição da manivela e do catavento, colocando o catavento no eixo da engrenagem maior e a manivela no eixo da engrenagem média, observando novamente o comportamento do catavento.

A diferença no comportamento do catavento nos dois casos se deve à relação de transferência das engrenagens, que vamos estudar a seguir.

### **3) Continuação de Engrenagens**

Como já vimos na primeira Aula de Mecânica, engrenagem é um elemento mecânico composto de rodas dentadas que se ligam a um eixo rotativo, que trabalham juntas para produzir movimentos.

As engrenagens operam aos pares, os dentes de uma encaixando nos dentes de outra. Se os dentes de um par de engrenagens se dispõem em círculo, a razão entre as velocidades angulares e os torques do eixo será constante. Se o arranjo dos dentes não for circular, variará a razão de velocidade. A maioria das engrenagens é de forma circular. Para que uma roda dentada transmita movimento para outra, elas têm de estar próximas de modo que seus dentes possam se



encaixar e, quando uma delas girar, os seus dentes empurrarão os da outra e assim movimentando o sistema de engrenagem.

Duas rodas encaixadas, giram em direções opostas. Quando duas rodas tem medidas diferentes, a maior gira mais devagar que a menor. Rodas que foram montadas num mesmo eixo, giram na mesma velocidade, mesmo se elas forem de tamanhos diferentes uma da outra.

Os dentes da engrenagem motor servem para fazer girar a engrenagem saída, através do encaixe das rodas dentadas, que se movimentam. Se ambas tem o mesmo número de dentes, uma volta da engrenagem motor faz o mesmo número de voltas de uma engrenagem saída. Se uma delas tiver menos dentes que a outra, invariavelmente terá que dar mais voltas no mesmo espaço de tempo e, conseqüentemente, rodando mais rápido.

Para indicar como rodas dentadas diferentes se movimentam, utiliza-se a relação de transmissão. Esse cálculo indica quantas vezes uma das rodas terá que dar uma volta para que a outra dê uma volta no seu eixo.

Para calcular essa relação de um par de rodas dentadas encaixadas, divide-se o número de dentes da engrenagem saída pelo número de dentes da engrenagem motor:

$$\text{Relação de Transmissão} = \frac{\text{Número de dentes da engrenagem saída}}{\text{Número de dentes da engrenagem motor}}$$

Suponha ter em mãos duas engrenagens, uma com 40 dentes e outra com 8 dentes. Sendo que a engrenagem de saída é a de 8 dentes e a engrenagem motor será a de 40 dentes. Divide-se 8 por 40 e obterá 1:5.

Isto significa que uma volta da engrenagem motor equivalerá a 5 voltas da engrenagem saída, ou seja, este sistema de engrenagens serve para produzir velocidades de giro elevadas.

Usando as mesmas engrenagens, invertemos as posições e a divisão será agora: 40 (dentes da engrenagem de saída) por 8 (dentes da engrenagem motor) para obter 5:1, ou seja, 5 voltas da engrenagem motor produz 1 volta da engrenagem saída. Este sistema serve para produzir um alto torque.

Para obter movimentos retilíneos a partir de um movimento de rotação, ou vice-versa, são utilizadas cremalheiras. Uma cremalheira é uma barra de dentes destinada a se encaixar em engrenagens e produzir esse movimento retilíneo.



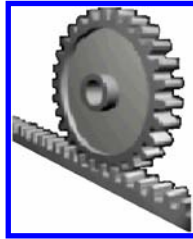


Figura 1: Cremalheira encaixada em uma engrenagem.

## 4) Manivelas

As manivelas são peças, de diferentes formas, e que, presas por uma extremidade ao eixo ou à roda de uma máquina, apresentam a outra extremidade disposta de modo que se pode pôr em movimento com a mão.

As manivelas funcionam de modo que se faz rodar um eixo ou parafuso, e se põe em movimento qualquer máquina ou engenho. A manivela tem como uma de suas funções básicas, reduzir o esforço e a força aplicada na movimentação de um eixo acoplado em um determinado mecanismo.

Usa-se manivela em mecanismos que necessitam ser movimentados de modo mais forte ou que tenham a necessidade de utilizar um sistema de transferência de movimentos através de polias. A Manivela aciona este sistema e o faz funcionar de acordo com a movimentação feita por quem aciona a manivela.

O sistema de funcionamento de manivelas é baseado no padrão de alavancas, aonde se diminui o esforço em função de um movimento de algo acima das capacidades de força empregadas pelo usuário.

As manivelas trabalham muitas vezes em conjunto, para a movimentação de um circuito de transferência de movimentos através de engrenagens ou também com polias.

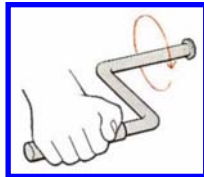


Figura 2: Rotação de uma manivela e exemplo de construção que a utiliza.





## 5) Polias

As polias são mecanismos simples, utilizadas em diversos mecanismos que encontramos em nosso cotidiano, por exemplo: guindastes, máquinas de costura, entre outros que utilizam essa transferência de movimento.

Uma polia é constituída por uma roda de material rígido, normalmente metal, mas outrora comum em madeira, lisa ou sulcada em sua periferia. Acionada por uma correia, corda ou corrente metálica, a polia gira em um eixo, transferindo movimento e energia a outro objeto.

Geralmente duas polias são interligadas através de correias, de acordo com o movimento de uma, a outra conseqüentemente gira.

As polias possuem diversas aplicações, como alterar a posição de um movimento de rotação, alterar a direção de rotação, aumentar ou diminuir a velocidade de rotação, e aumentar o torque.

Duas Polias ligadas por uma correia movem-se na mesma direção, mas se a correia estiver cruzada, as duas polias girarão em direções contrárias.

O funcionamento das polias pode se afetar por deslizamentos, ou seja, quanto mais deslizar a corda, mais devagar girará a polia. Quando duas polias estão montadas no mesmo eixo, elas tem a mesma velocidade, mesmo com diferenças de tamanho.

Nas polias ligadas por uma correia, cria-se uma compensação entre a força e a velocidade de rotação, em geral, perde-se em força o que se ganha em velocidade e perde-se em velocidade o que se ganha em força também.

No modelo abaixo (figura 3), o mais simples, a força transferida é igual, e a movimentação das polias tem a mesma rotação.



Figura 3: Polias com mesma transferência de movimento.



No próximo exemplo (figura 4) temos a correia (elástico) invertida, o que gera a inversão de movimentos de uma polia para a outra, fazendo com que cada polia gire em um sentido diferente da outra.



Figura 4: Exemplo de inversão de rotação.

Agora veremos uma demonstração de que uma polia maior tende a rodar menos vezes que a menor, e com menor velocidade que a mesma, no entanto a polia maior tem um torque mais alto que a menor.

Este modelo (figura 5) é baseado em trabalhos em que é necessária uma velocidade maior no receptor de força, abrindo mão de um torque mais forte, enquanto no transmissor será necessário maior esforço para movimentação.

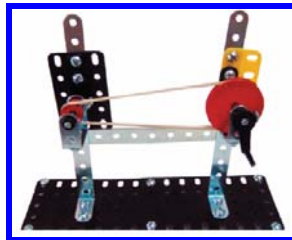


Figura 5: Exemplo de compensação entre torque e velocidade.

A polia de transmissão (ou Polia Motor) usa correia para fazer girar a polia do receptor (ou Polia Saída). Enquanto a polia de transmissão está esticando a correia – seja por motor ou manivela – a correia estica a ranhura da polia do receptor.

Se as duas forem do mesmo tamanho, uma volta da polia de transmissão vai gerar uma volta na polia do receptor. Agora, se uma das polias for menor que



a outra terá que correr uma distância superior no mesmo espaço de tempo, e assim terá que girar mais rápido.

A chamada “relação de transmissão” é usada para descrever como polias de tamanhos distintos se movem em relação a outra polia do mesmo conjunto. Esse cálculo vai nos indicar quantas vezes uma polia tem que girar para que a outra dê um giro.

A fórmula para a relação de transmissão em polias é:

$$\text{Relação de Transmissão} = \frac{\text{Diâmetro da Polia Saída (do receptor)}}{\text{Diâmetro da Polia Motor (de transmissão)}}$$

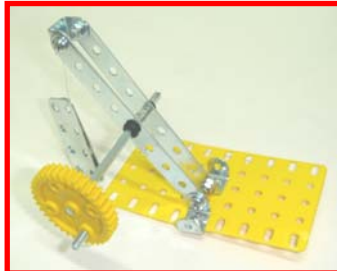
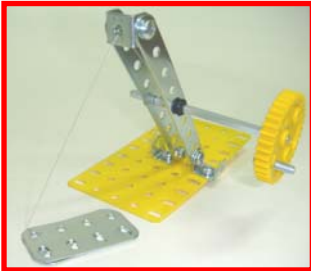
## 6) Exercícios de fixação dos conceitos

- 1) Construa uma estrutura simples com manivela para elevar uma pequena carga.
- 2) Construa uma estrutura simples para girar um catavento a partir de uma manivela.
- 3) Construa uma estrutura com engrenagens para girar um catavento usando relação de transmissão para girar com maior velocidade.
- 4) Agora inverta a manivela e o catavento de eixos, colocando a manivela em um eixo menor e o catavento em um eixo maior, observe o novo comportamento.
- 5) Construa uma estrutura que irá levantar um peso a partir de uma manivela, utilizando uma engrenagem e cremalheiras.

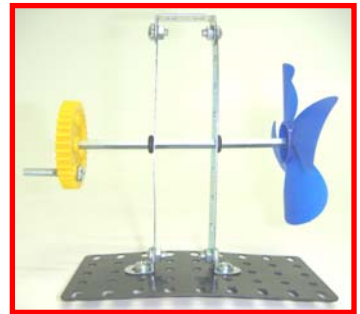
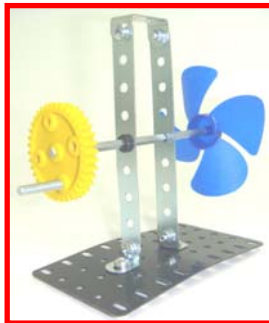


## Respostas:

1) Uma das formas de construir essa estrutura é a seguinte, utilizando duas barras metálicas de 9 furos, três estruturas em forma de “C” de três furos, duas delas servindo para fixar em uma base, e a outra sendo fixada no topo para passar o barbante. Para a manivela utilizamos uma engrenagem com um parafuso e assim gira-se o eixo dessa engrenagem a partir desse parafuso. Para fixar o eixo na estrutura usamos borrachinhas. Depois da estrutura montada, passamos um barbante pelo furo na estrutura do topo e prendemos esse barbante no eixo. Quando se gira a manivela o barbante é enrolado no eixo.

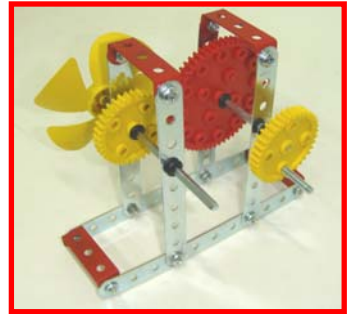
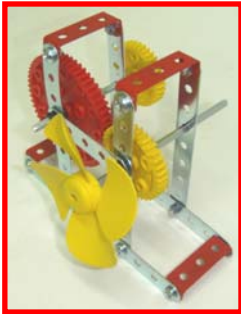


2) Será preciso uma estrutura para fixar esse catavento. Como exemplo utilizamos barras metálicas de 9 furos, onde o eixo do catavento será fixado com borrachinhas. Pode-se montar uma base para essa estrutura de vários modos, no exemplo utilizamos uma plataforma reta.



3) Para que o catavento gire com maior velocidade, utilizaremos duas engrenagens, uma com 60 dentes e outra com 36. A manivela ficará no eixo da engrenagem de 60 dentes e o catavento na de 36. As estruturas que irão sustentar os eixos são semelhantes à do exercício anterior. Será preciso fixar essas estruturas com cuidado em uma base, mantendo a distância adequada para que as engrenagens fiquem encaixadas uma na outra, colocar uma barra metálica entre os eixos para que a distância entre eles não mude, ou seja, continuem encaixados.



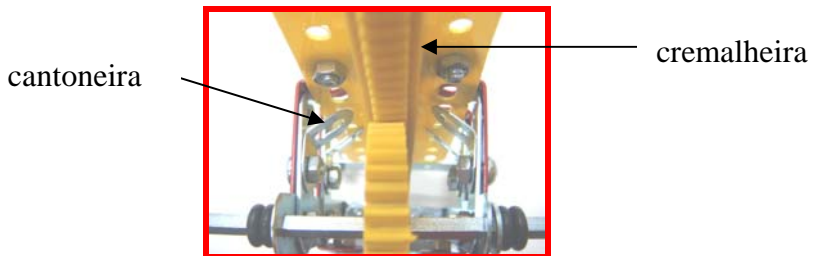


4) O novo comportamento será a perda de velocidade do catavento e maior torque, graças à relação de transmissão ter se tornado inversa.

5) A montagem dessa estrutura é um pouco mais complexa que os exercícios anteriores, lembrando que você sempre pode fazer as modificações que achar melhor, construindo seu próprio projeto.

Vamos utilizar três mancais de 3x2 e uma plataforma metálica, para o suporte da base; e quatro mancais de 3x1 (mancais de cor vermelha nas fotos) para o suporte das cremalheiras.

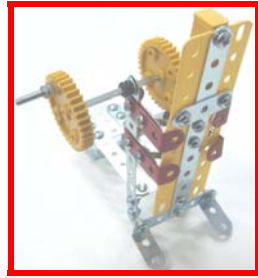
Na parte interna desses mancais de 3x1, irão cantoneiras para assegurar a fixação das cremalheiras na estrutura.



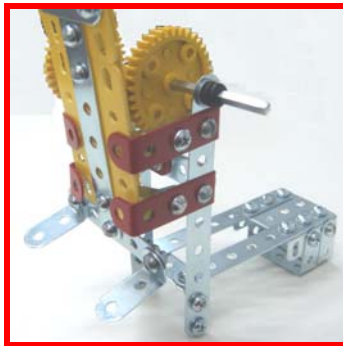
Para a manivela vamos utilizar uma engrenagem com um parafuso em um dos seus furos externos, fixado por duas porcas.

Para fixar o eixo vamos utilizar orings e arruelas.





Os suportes amarelos (onde estão fixadas as cremalheiras) irão correr entre os mancais de 3x1 e as cantoneiras, quando a manivela for girada.  
Com esse movimento temos uma empilhadeira.



Empilhadeira levantada.

