

1) Metodologia de ensino	1
2) Prática	2
3) Introdução e conceitos básicos	6
4) Conceitos de estruturas rígidas e não rígidas	7
5) Fixação, conexão móvel e articulação	9
6) Engrenagens	11
7) Introdução ao movimento	13
8) Força de atrito	14
9) Exercícios de fixação dos conceitos	15

**Objetivo:** aprender sobre estruturas rígidas e flexíveis, sobre a fixação de estruturas com porcas e parafusos, sobre engrenagens e sobre as forças que atuam sobre essas estruturas.

## 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

Para começarmos a entender sobre as diferenças entre estruturas rígidas e as flexíveis, primeiro vamos construir a estrutura abaixo, que utiliza duas barras metálicas, dois parafusos e duas porcas.



Os dois parafusos irão passar pelas duas barras metálicas, de preferência deixando um furo de espaçamento entre eles, e serão fixados com as porcas.

Vamos tentar mover agora uma barra independentemente da outra. Iremos perceber que não é possível, pois a fixação entre elas as tornou uma **estrutura rígida**.

Agora vamos pegar mais duas barras metálicas e dessa vez utilizaremos um parafuso, uma arruela e duas porcas.

O parafuso irá passar pelas duas barras, depois será fixado com uma arruela e duas porcas, nessa ordem. As porcas devem ficar pressionadas uma contra a outra, mas sem apertar muito contra as barras e a arruela.



Percebemos que o movimento entre as barras fica livre, o que caracteriza uma **estrutura flexível**.

Já com esses conceitos em mente vamos tentar construir um carrinho para carregar pesos.

Para o corpo do carrinho teremos que construir estruturas rígidas, pois não o queremos “bambo”, já que também iremos carregar peso nele. Para essa estrutura rígida vamos utilizar o conceito de estruturas triangulares.

Vamos utilizar 4 barras metálicas de mesmo tamanho, 2 barras metálicas de tamanho menor, 8 parafusos e 8 porcas. Primeiro montaremos um quadrado com as barras de mesmo tamanho e os parafusos e porcas. Depois iremos fixar as barras de menor tamanho em vértices opostos desse quadrado, isso irá gerar uma estrutura rígida que estudaremos mais à frente.

Para finalizar nosso carrinho faltam as rodas. Para fixar rodas em uma estrutura é preciso alguns elementos básico: mancal, eixo e orings. O eixo irá passar pela roda e pelo mancal que irá suportar esse eixo, para fixar o eixo no mancal utilizaremos orings.



Oring



Mancal  
(3x2)



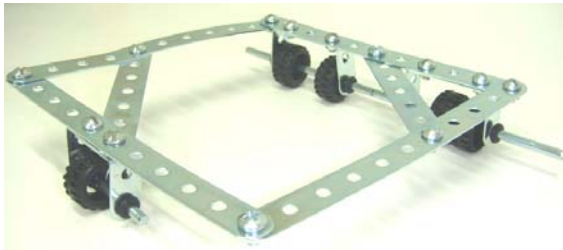
Eixo

Fixe o eixo com roda ao mancal e o resultado será o seguinte:





Para nosso carrinho utilizaremos três desses conjuntos de rodas, dois em um lado do quadrado e um no meio do lado oposto, assim ele terá estabilidade.



Você pode agora amarrar algum peso sobre ele e tentar arrastar utilizando um barbante. É fácil carregar pesos assim graças às rodinhas, iremos estudar a **força de atrito** mais à frente, e entenderemos o porquê.

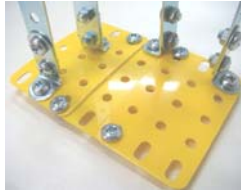
Vamos agora montar uma estrutura que utiliza engrenagens. Para isso, vamos precisar novamente de eixos que suportem essas engrenagens, assim como mancais e orings. A diferença é que o eixo para as engrenagens é quadrado, ao contrário do eixo das rodas que era redondo.

Iremos precisar de dois mancais, três bases de plástico, dois eixos quadrados, duas engrenagens cônicas e uma engrenagem pequena (servirá para atuar a força de rotação), quatro estruturas em “L” para fixar as estruturas na base, quatro barras metálicas maiores (ex.: 8) e quatro menores de 5 furos (servirão de hélice, distanciador para as duas estruturas, e estrutura triangular), e orings.

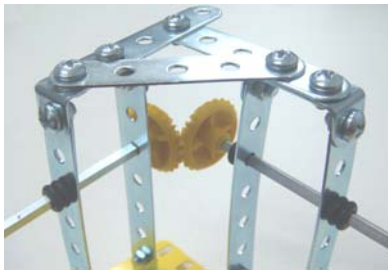
Primeiro una as três bases com parafusos e porcas, formando uma base maior. Depois faça estruturas de apoio para os dois eixos, utilizando



as barras maiores e os mancais. Fixe essas estruturas na base com as quatro peças em “L” (uma estrutura defasada de 90° da outra).

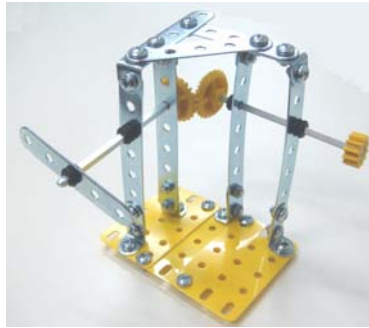


Use uma das barras menores para manter uma distância fixa entre as duas estruturas que irão suportar os eixos, para isso, é só fixá-la no topo das duas estruturas, unindo-as. Para tornar essa estrutura rígida será preciso construir uma forma triangular, como já foi dito. Para isso será preciso fixar outras duas barras menores, uma em cada topo de estrutura, fechando um triângulo.



Os eixos devem estar na mesma altura nas duas estruturas e serão fixados usando orings. Em um dos eixos vai uma engrenagem cônica e uma engrenagem pequena, e no outro vai uma engrenagem cônica e a hélice (uma das barras menores) fixada por orings. As engrenagens cônicas devem ficar bem encaixadas para que a rotação ocorra, e elas não escapem uma da outra.





Percebemos que a direção do eixo onde atuamos a força, e a direção do eixo em que a hélice gira, são diferentes. Essa é uma das propriedades das engrenagens, vamos ainda estudar essa característica e outras mais à frente.

### **3) Introdução e conceitos básicos**

Desde que o homem dominou a técnica de criar estruturas, foi fundamental a criação de modelos de estruturas que fossem rígidos, que sobrevivessem a condições climáticas, que fossem firmes e não se derrubassem com seu próprio peso ou com forças aplicadas.

Essas estruturas foram estudadas e analisadas, e chegou-se a um modelo em que estruturas que possuem triângulos são sólidas e tem a rigidez que se busca.

Uma forma somente retangular, não tem a solidez necessária para se manter e ser firme. As formas retangulares que nos cercam costumam estar apoiadas com outro tipo de material; como cabos, ou barras e sempre formando uma forma triangular. Isto se deve ao fato de que as formas que possuem triângulos são rígidas e mantêm a forma da estrutura quando puxados ou empurrados.

As Forças que agem sobre essas estruturas, são ações que puxam ou empurram uma estrutura, a força de “empurrar” é chamada de Compressão. Enquanto a força de “puxar” é chamada Tensão.



Uma estrutura parada é afetada pelas Forças de Equilíbrio, ou seja, cada força que a afeta se encontra equilibrada em relação a outra de mesma intensidade em sentido contrário. Uma estrutura que não tem forças com mesma intensidade sofre danos e deformações, caso uma de suas forças esteja com intensidade maior em relação a outra, isso se chama Força Desequilibrada, que pode ocasionar o movimento de desmonte desta estrutura não rígida.

## 4) Conceitos de estruturas rígidas e não rígidas

Um conceito muito importante, e que deve ser levado em conta quando se trabalha com estruturas, é o conceito sobre articulações móveis e rígidas. Este conceito se torna muito importante, pois permite construir estruturas da maneira mais adequada.

As estruturas rígidas são estruturas que resistem a qualquer tipo de força externa, por exemplo, forças de compressão, que são forças que tendem a comprimir a estrutura, ou seja, esmagá-las, outro tipo de força que uma estrutura pode sofrer é uma força de tração, que é a força que tende a tracionar a estrutura de forma a provocar o seu estiramento. Quando um objeto está parado uma das forças que o afeta diretamente é a força de equilíbrio, pois para que o mesmo se mantenha estático é necessário que todas as forças atuantes tenham a mesma intensidade, e sentidos opostos. Qualquer diferença entre forças fará com que o objeto se mova para a direção em que a força de maior intensidade atua. Essas forças em desequilíbrio fazem com que se tenha uma estrutura frágil, ou seja, a qualquer momento esta pode sofrer uma deformação.

Observe a estrutura triangular que segue na figura abaixo, se a estrutura receber uma força de ação  $F_1$ , a força  $F_2$  exercerá uma força de reação mantendo a estrutura em equilíbrio e impedindo que a mesma se mova, se a força atuante for a  $F_4$ , a força  $F_3$  é que será responsável pelo equilíbrio do corpo.

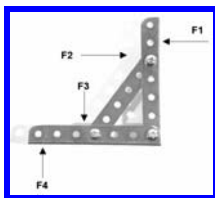


Figura 2: Forças atuantes em uma estrutura triangular.



Observe agora a estrutura com formato em “L” abaixo, se a mesma receber uma força de ação  $F_1$  não existirá nenhuma força contrária para estabelecer o equilíbrio, o que fará com que a estrutura se desloque.

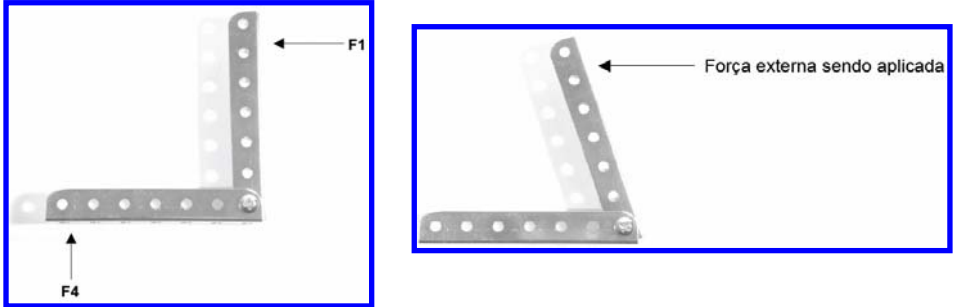


Figura 3: Estrutura sendo deformada por força externa.

Veja a seguir outro exemplo de estrutura, sendo que a da esquerda se torna flexível, não sendo recomendada em montagens que exijam rigidez. A da direita já apresenta em sua geometria uma estrutura triangular, o que permite uma estrutura bastante confiável para serem usadas em estruturas que necessitem de rigidez.

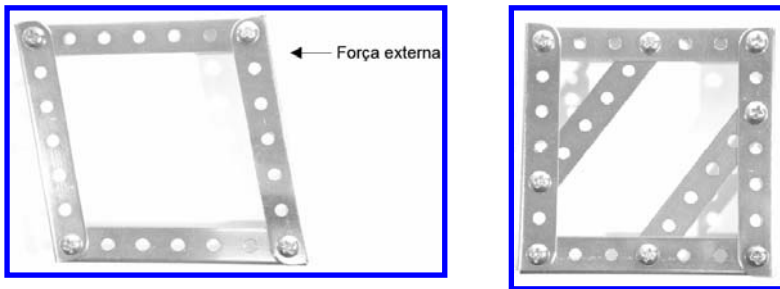


Figura 4: Exemplos de estruturas flexíveis e rígidas.

As estruturas flexíveis são estruturas que são construídas com o intuito de promoverem o movimento estrutural entre suas partes constituintes, como vemos na figura abaixo.







Figura 5: Exemplo de fixação flexível.

## 5) Fixação, conexão móvel e articulação

As figuras abaixo mostram tipos de conexão muito utilizados na montagem de estruturas onde se deseja a articulação das mesmas, observe a utilização de uma arruela, um parafuso e duas porcas para a fixação.

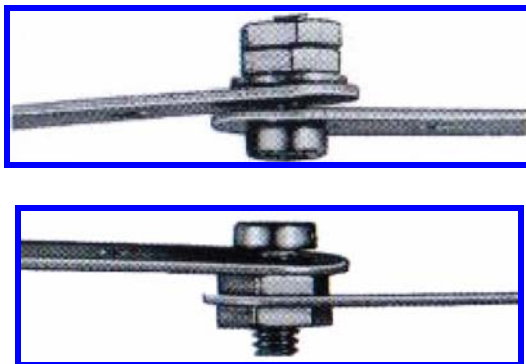


Figura 6: Estruturas com articulação.



Para estruturas rígidas que utilizam duas peças, para aumentar a resistência sempre prenda-as por dois pontos de apoio, vazando um furo entre eles, assim evitará possíveis articulações indesejadas.



Figura 7: Exemplo de fixação de duas peças sem articulação.

Outro método de “amarração” entre duas peças é realizado com uma terceira peça, que deve ser parafusada entre as duas, esta servirá de apoio à estrutura, logo evitará que elas se articulem prejudicando a sustentação.

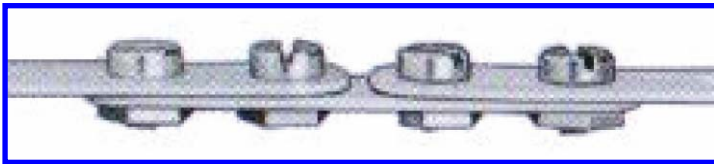


Figura 8: Exemplo de fixação rígida.

Para concluir as dicas, esta figura demonstra uma fixação semelhante à primeira, contendo como característica a utilização de dois furos seqüenciais, mas o princípio não muda dos outros demonstrados acima.

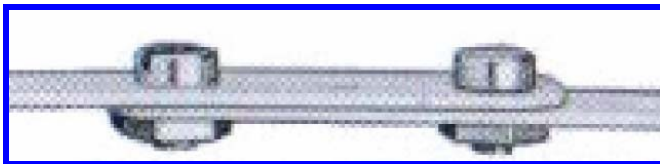


Figura 9: Exemplo de fixação rígida.



## 6) Engrenagens

Engrenagens são discos dentados que podem ser feitos de plástico (para usos mais leves, como brinquedos e relógios de parede) ou de diversos metais ou ligas resistentes (para serviços mais pesados, como máquinas, câmbios e motores).

Por meio da combinação de engrenagens de diferentes características, é possível transmitir movimentos e ampliar ou reduzir forças.

É possível determinar a exata relação de transferência de movimento. Quando uma engrenagem tem 60 dentes e a outra tem 12, a relação de transferência de movimento quando elas estão engrenadas é de 5:1, isso é, para cada volta completa da engrenagem maior, a menor vai completar 5 voltas.

Os sistemas de engrenagem tem compensação entre a força giratória (torque) e a velocidade de rotação. O que se perde em força, se ganha em velocidade e o que se perde em velocidade, ganha-se em torque. Torque é a medida de quanto uma força que age em um objeto faz com que o mesmo gire em torno de um eixo ou ponto central, conhecido como *ponto pivô* ou *ponto de rotação*.

Os tipos de engrenagem são engrenagens retas e engrenagens cônicas.

Nas engrenagens retas os dentes são dispostos paralelamente entre si em relação ao eixo. É o tipo mais comum de engrenagem e o de mais baixo custo. É usada em transmissão que requer mudança de posição das engrenagens em serviço, pois é fácil de engatar. É mais empregada na transmissão de baixa rotação do que na de alta rotação por causa do ruído que produz. O ruído é devido ao fato de que cada vez que os dentes se encaixam, eles colidem e esse impacto faz muito ruído e também aumenta a tensão sobre os dentes.

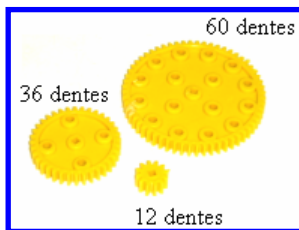


Figura 10: Engrenagens retas de diferentes tamanhos.



As engrenagens cônicas são úteis quando a direção da força e a rotação de um eixo precisam ser alteradas. Elas costumam ser montadas em eixos separados por 90°, mas podem ser projetadas para funcionar em outros ângulos também, e requerem uma montagem precisa para o funcionamento adequado.

Os dentes das coroas podem ser retos, em espiral ou hipóides. Dentes retos de coroa acabam tendo o mesmo problema que na engrenagem de dentes retos: conforme cada dente se junta ao outro, ele causa impacto de uma só vez no dente correspondente.



Figura 11: Engrenagens cônicas.

Os eixos para as engrenagens podem ser de dois tipos: redondos ou quadrados.

Os eixos redondos podem ser usados de forma livre, isso é, eles podem girar livremente; ou podem ser usados na transmissão do movimento do eixo para uma polia de metal, através da fixação com parafuso.

Os eixos quadrados são usados nas engrenagens e nas polias de plástico, com a vantagem de não precisar de parafuso pra se fixar a elas, pois devido encaixe das engrenagens e polias de plástico serem quadrados também, os eixos não conseguem girar livremente, sendo assim, se o eixo girar, as engrenagens ou polias de plásticos também girarão.



Figura 12: À esquerda eixo reto e à direita eixo quadrado.



Uma engrenagem também pode ser usada como roda, colocando um anel de borracha em torno da mesma. Uma vantagem da roda feita com engrenagem é que ela aceita eixo quadrado, o que permite uma melhor fixação ao eixo sem precisar de parafuso.



Figura 13: Engrenagem sendo utilizada como roda.

Iremos aprofundar mais o conhecimento sobre engrenagens na próxima Aula de Mecânica.

## 7) **Introdução ao movimento**

A definição específica de movimento é que: movimento é a variação de posição espacial de um objeto ou ponto material no decorrer do tempo.

O filósofo grego Aristóteles definiu movimento como passagem de potência a ato, distinguindo o movimento como deslocamento no espaço, entre outras definições aplicáveis.

No universo da física da relatividade, o movimento nada mais é do que a variação de posição de um corpo relativamente a um ponto chamado “referencial”.

Foi Galileu quem primeiro estudou, os movimentos na Terra. As suas experiências permitiram chegar a algumas leis da Física que ainda hoje são aceitas. Galileu promoveu várias experiências, como deixar cair corpos de vários volumes e massas, estudando os respectivos movimentos.

Essas experiências permitiram-lhe chegar a conclusões sobre o movimento em queda livre e ao longo de um plano inclinado. É atribuído a Galileu o estudo do movimento do pêndulo, segundo o qual concluiu que



independentemente da distância percorrida pelo pêndulo o tempo para completar o movimento será sempre o mesmo.

E com base nos estudos de Galileu, Isaac Newton desenvolveu os principais estudos já feitos sobre movimento, criando leis gerais que são aceitas ainda hoje em dia. As leis de Newton são:

**Primeira Lei de Newton:** Também conhecida como Lei da Inércia, diz que: “Todo corpo continua no estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudá-lo por forças a ele aplicadas.”

**Segunda Lei de Newton:** Também conhecida como Lei Fundamental da Dinâmica, diz que: “A resultante das forças que agem num corpo é igual à variação da quantidade de movimento em relação ao tempo.”

**Terceira Lei de Newton:** Também conhecida como Lei de Ação-Reação, diz que: “Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto à força que aplicou em B.”

Essas leis são fundamentais no estudo do movimento em Física e Mecânica, e são essenciais na resolução de problemas relacionados com movimento, velocidade, aceleração e forças, em termos físicos e reais.

Na próxima Aula de Mecânica aprofundaremos sobre componentes que atuam diretamente na criação de movimento: Manivelas, Polias e mais sobre Engrenagens. Por enquanto, vamos apenas abordar e entender com exercícios práticos a força de atrito.

## 8) Força de atrito

A força de atrito é a força que uma superfície exerce sobre um corpo que dificulta ou impede o movimento dele.

Exemplo 1: ao arrastar uma mesa, o chão exerce uma força que dificulta o movimento.

Exemplo 2: ao segurar uma escova, a força de atrito com os dedos impede que a escova escorregue.

Esse atrito pode ser reduzido colocando-se fluido escorregadio (óleo ou sabão) ou reduzindo a superfície de contato (utilizando rodas).



## 9) Exercícios de fixação dos conceitos

- 1) Faça conexões entre duas estruturas para demonstrar uma fixação rígida e outra móvel.
- 2) Construa uma base rígida que possua rodas com eixos.
- 3) Demonstre que uma estrutura com rodas pode ser tirada do repouso (vencer a força de atrito) mais facilmente que uma estrutura sem.
- 4) Construir uma estrutura que movimente uma hélice em que a direção da força de rotação será alterada em  $90^\circ$ .

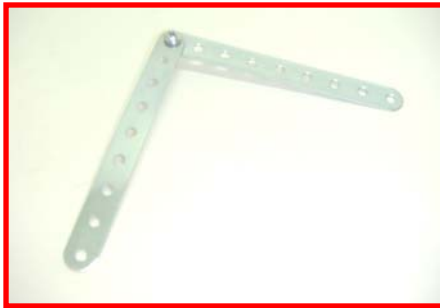
### Respostas:

- 1) Fixação rígida: dois parafusos e duas porcas.

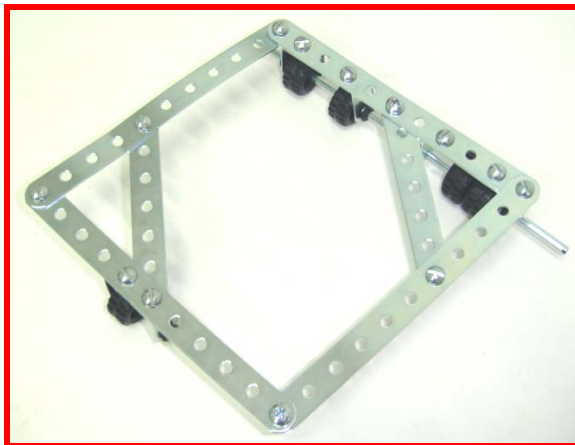


Fixação com articulação: parafuso, arruela e duas porcas.

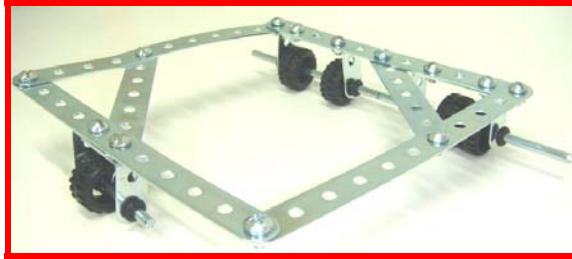




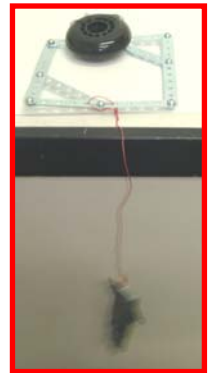
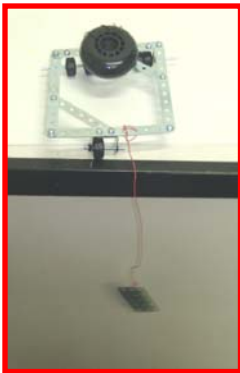
2) Como já vimos, para construir formas rígidas é preciso estruturas triangulares. No exemplo, as barras metálicas de 11 furos foram fixadas, com parafuso e porcas, em forma de um quadrado, e depois, com barras de 7 furos, foi feita uma base rígida fixando em vértices opostos desse quadrado. Para as rodas é preciso utilizar os mancais, que são as estruturas em forma de “C”, foram colocadas as rodas com um eixo nesses mancais, fixando com orings. Depois é só parafusar os mancais na estrutura quadrada rígida que já está montada.







3) Para fazer essa demonstração, vamos utilizar a estrutura com rodas do exercício anterior. Colocando ela em um lugar mais alto, como por exemplo uma mesa e, depois de fixar um peso nela, tentaremos movimentar essa estrutura com pesos pendurados nela, fora da mesa. Depois faremos a mesma coisa, mas sem as rodas. O que vamos perceber é que é preciso pendurar muito mais peso nela, para fazê-la entrar em movimento, quando ela está sem rodas, ou seja, é mais difícil vencer a força de atrito.



4) Para alterar a direção da força em  $90^\circ$  será preciso utilizar as engrenagens cônicas, com dois eixos defasados de  $90^\circ$ . Montar uma estrutura simples para sustentar esses eixos, e fixar essa estrutura em uma base, você poderá usar uma peça reta para servir de hélice. Os eixos serão fixados com orings na estrutura, e uma engrenagem pequena servirá para aplicar a força e girar a hélice.



