

UNICEUB
ENGENHARIA DE SOFTWARE

Guilherme de Alcantara Dantas 22509506

ESTUDO DO ATRITO CINÉTICO E ESTÁTICO

Objetivos e Hipótese

O experimento tem como objetivo observar o comportamento de objetos com diferentes massas em um plano inclinado, analisando como a inclinação e o coeficiente de atrito influenciam o movimento desses objetos. A base deste estudo saiu da premissa de que quanto maior a massa menor será a angulação necessária para que o objeto comece a deslizar, e a partir disso por meio da plataforma PhET foram realizados experimentos e observações por meio de um plano inclinado. Para isso, foi necessário analisar diversos fatores, como o ângulo de inclinação e a própria massa dos objetos.

Entre os aspectos a serem considerados, por conhecimentos prévios destaquei alguns fatores que são fundamentais para uma base mais sólida sobre o assunto, entre eles destacam-se:

1. **Tipo de superfície:** O material e a textura da superfície influenciam de forma direta no coeficiente de atrito.
2. **Massa do objeto:** A massa tem impacto na força normal, que é essencial para a realização do cálculo do atrito.
3. **Forma do objeto:** A geometria do objeto é um fator essencial que pode modificar diretamente a forma de interação com a superfície.

4. **Movimento:** O estado inicial do objeto ao começar a análise, se ele encontrava-se em movimento ou em repouso, também impacta a análise, por conta dos diferentes valores do atrito estático e dinâmico.
5. **Área:** A mudança na área do objeto interfere diretamente no atrito estático, apesar de ser uma mudança que causa uma discreta alteração do sistema observado. É o ponto menos significativo dessa lista, porém, causa mudanças, logo, não deve ser descartado

Conhecimento Prévio

O atrito é uma força que por natureza é definida como de contato, ele surge do contato entre superfícies e se opõe ao deslizamento relativo entre elas. Para entendê-lo melhor, é preciso conhecer um pouco sobre a estrutura interna dos sólidos: ao pressionar dois ou mais corpos um contra o outro, as ligações interatômicas se comprimem - fenômeno que se torna mais claro ao iniciar ou manter o movimento de um objeto. Dessa forma, o corpo "A" atinge regiões não comprimidas do corpo "B", comprimindo as ligações à sua frente e aliviando as de trás, de modo que a força exercida por "B" pode ser vista como a soma de duas componentes ortogonais. No experimento realizado na plataforma PhET, a inclinação do plano cria uma componente do peso que provoca a movimentação do objeto para baixo, enquanto o atrito irá atuar na direção contrária provocando retardação ou impedimento de seu deslizamento.

Variáveis Resposta e Explicativas

- Coeficiente de Atrito: μ
- Inclinação da Rampa (estudada em graus $^{\circ}$)
- Massa do Objeto (estudada em Kg)

Por meio da manipulação e alteração dessas variáveis no próprio software, será possível mensurar e perceber o impacto que cada uma delas causa nas situações propostas acima, com um enfoque maior na inclinação - que impactará diretamente na maneira como as forças atuam sobre o corpo- e também na massa do objeto.

Fatores que serão mantidos constantes

- Gravidade no modelo
- O tamanho da rampa
- Material da rampa
- Força externa inicial aplicada ao objeto - será =0 sempre.

Todos esses fatores serão mantidos constantes por meio da não alteração de seus valores e medidas no próprio software.

Fatores Nuisance

Sempre que experimentos são realizados em meios acadêmicos devemos levar em conta erros amostrais e aleatórios que como o próprio nome já diz, por fatores que não sabemos explicar com precisão acabam acontecendo. Nesse caso, tendo em vista um ambiente físico, estarão mais conectados principalmente com o ângulo de inclinação da rampa e o coeficiente de atrito estático que por vezes permitirá o deslizamento mais precoce ou mais tardio, dependendo da sua variação.

Interações

- Coeficiente de atrito
 - Estático
 - $F_{at} = \mu_e \cdot N$
 - Dinâmico
 - $F_{at} = \mu_d \cdot N$
 - $\mu = m \cdot g \cdot \cos\theta$
 - Portanto, caso μ aumente: o ângulo mínimo para que comece o deslizamento aumenta e a aceleração ao deslizar também será reduzida
- Massa do objeto
 - Quanto maior a massa do objeto mais “difícil” será superar o atrito estático

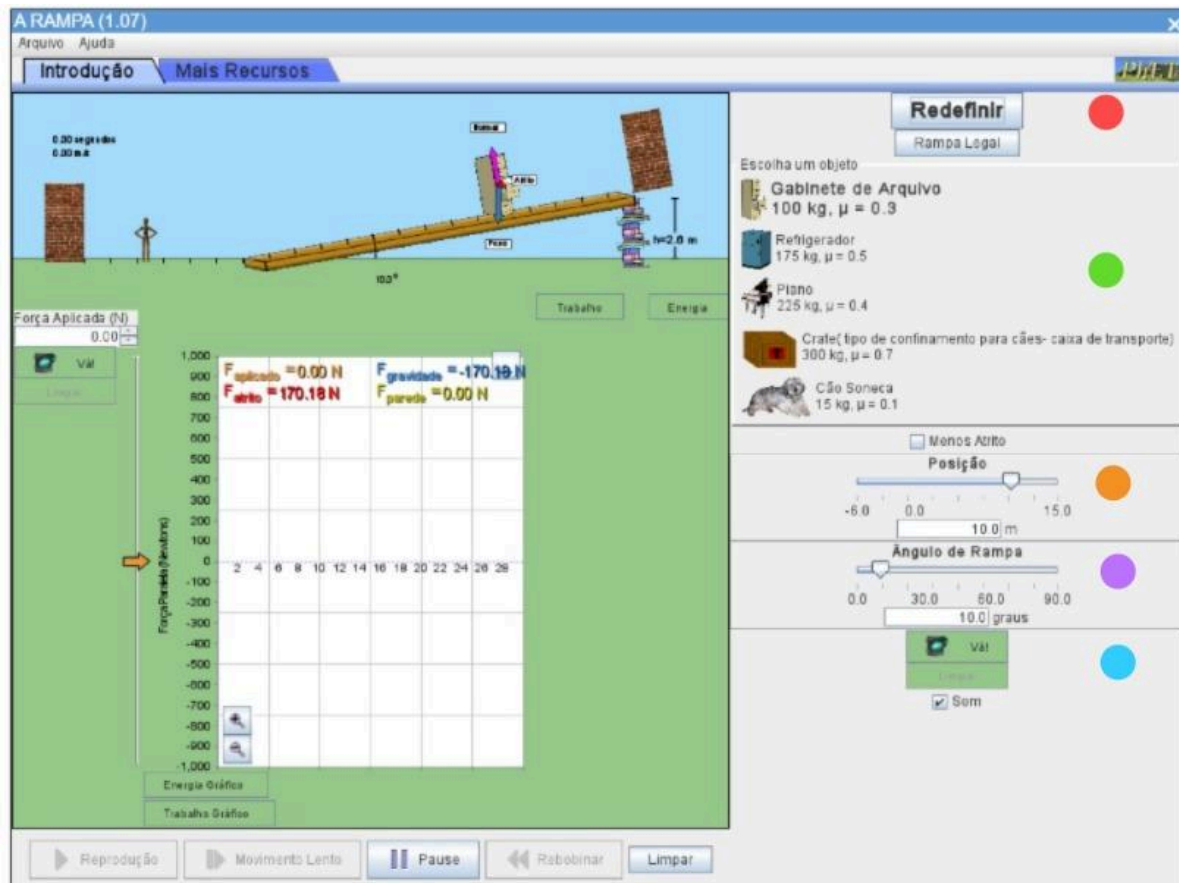
- Ângulo de Inclinação
 - A medida que a angulação aumenta, maior fica a força atuando “puxando” o corpo para baixo

Restrições do Experimento

Nesse experimento a parte mais complicada foi por conta do próprio software, uma vez que, para alterar a angulação do plano e os objetos era necessário realizar manualmente a troca desses fatores e reiniciar a simulação toda vez após um teste, ou seja, não era possível realizar um aumento contínuo das variáveis, fator esse que deixou mais trabalhoso algo que seria simples manualmente.

Desenho Experimental

O experimento será realizado no ambiente de simulação abaixo:



Note a presença de círculos de diferentes cores na lateral direita da interface, elas não estão presentes no software, adicionei apenas para explicar como funciona cada ferramenta.

- Na parte superior é a funcionalidade de **redefinir** o experimento, que como o próprio nome já diz, reinicia o teste realizado. Existe a função **rampa legal** que aparece um cachorro e molha a superfície, diminuindo assim o atrito, porém, essa funcionalidade não foi utilizada aqui.
- Abaixo do círculo vermelho localiza-se a parte em que selecionamos qual objeto queremos utilizar para a realização do experimento, note que, todos possuem

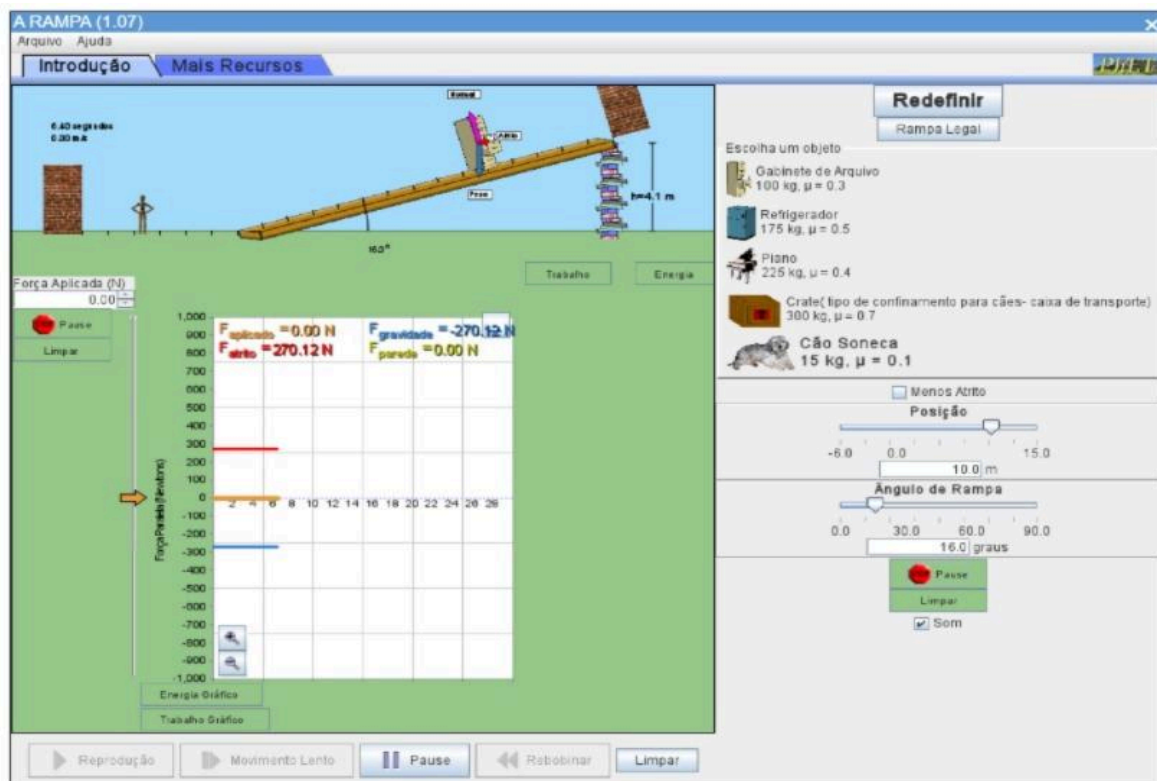
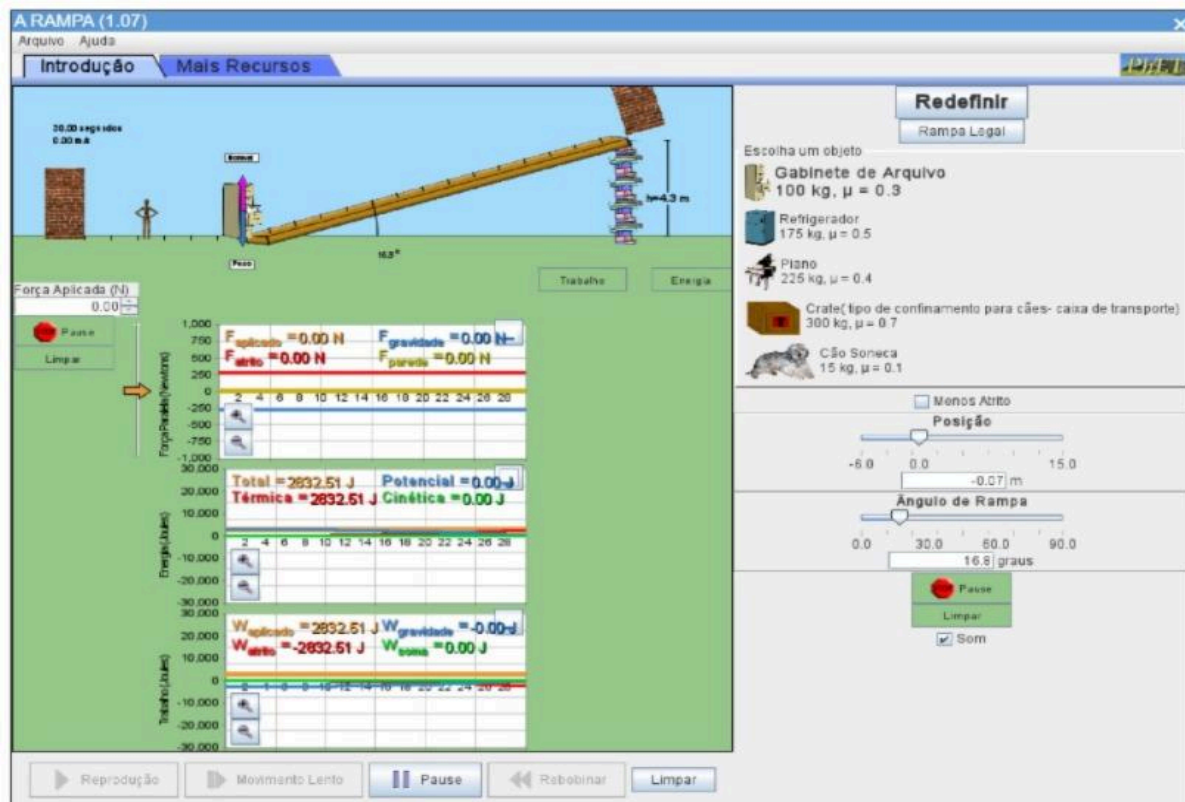
massas e coeficientes diferentes. É possível mudar o valor do atrito na opção “mais recursos”, porém, não será utilizado neste experimento.

- No círculo laranja é possível selecionar o ponto inicial do objeto selecionado, nesse caso, utilizei a medida inicial padrão de 10m em todos os testes.
- No círculo roxo localiza-se o botão para mudar a inclinação da rampa, neste caso, mudei a inclinação diversas vezes para estudar o comportamento dos objetos em relação ao deslize na mesma.
- No círculo azul localiza-se o botão para iniciar a simulação e fim da simulação após a definição de objeto, local de início e angulação da rampa.
- Existe um gráfico no meio do software que será explicado posteriormente sobre o seu funcionamento.

Experimento Piloto

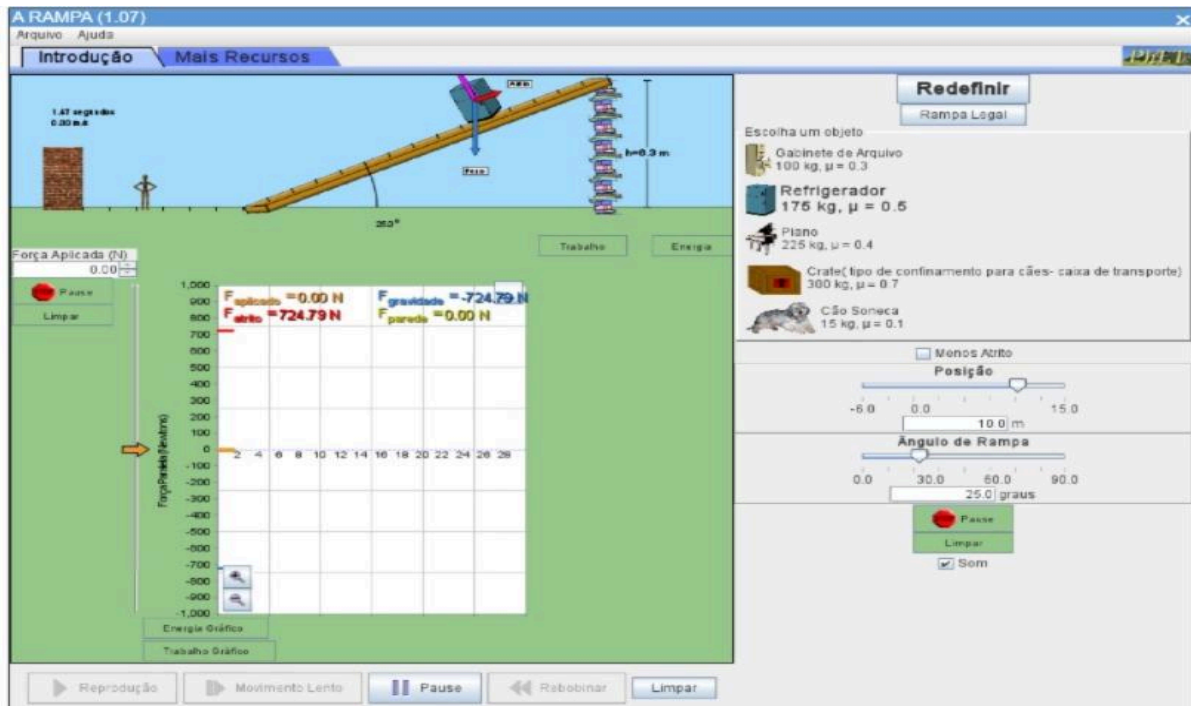
Nesse experimento selecionei o objeto “Gabinete de Arquivo” que possui uma massa de 100kg e μ de 0.3, defini o local de início como o padrão do software (10m) e escolhi uma angulação inicial de 10° . Como resultado, não houve movimentação alguma e o sistema permaneceu em repouso, após esse resultado, fui reiniciando o software e aumentando gradativamente a angulação, a primeira mudança no sistema ocorreu quando a angulação atingiu 16.8° , no qual, notou-se uma velocidade inicial muito baixa em torno dos primeiros 8 segundos (aproximadamente) e uma velocidade maior posteriormente causada pela aceleração resultante das ação das forças.





Posteriormente, repliquei o mesmo experimento, só que agora com o “Refrigerador” que possui uma massa de 175 Kg e um μ de 0.5. Mais uma vez comecei com uma angulação de 10° e fui aumentando gradativamente em busca de uma diferença no sistema. A diferença nos resultados foram nítidas, uma vez que, a angulação teve que aumentar praticamente 10° -até alcançar 26.6° - em relação ao objeto estudado anteriormente para que houvesse uma alteração no sistema. Mostrando assim que, objetos com massas maiores e μ maiores reagem de uma forma completamente diferente a mesma situação do que um objeto mais leve por conta da força de atrito ali presente.



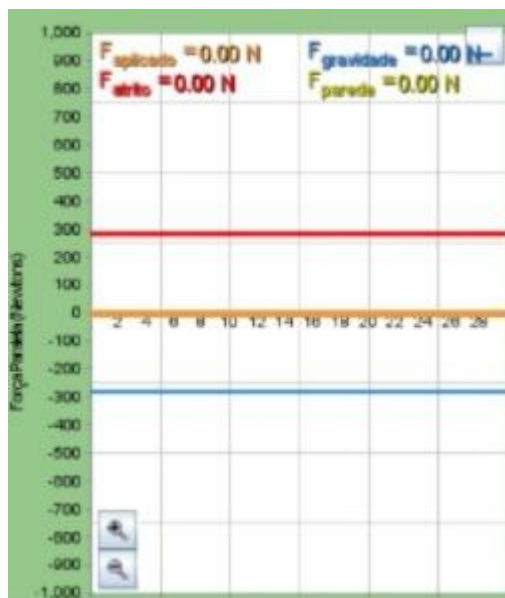


Gráficos e Dados

No **primeiro caso**, o gráfico de **forças paralelas** ficou constante da seguinte forma:



Com o objeto em movimento na rampa



Com o objeto parado após o deslizamento

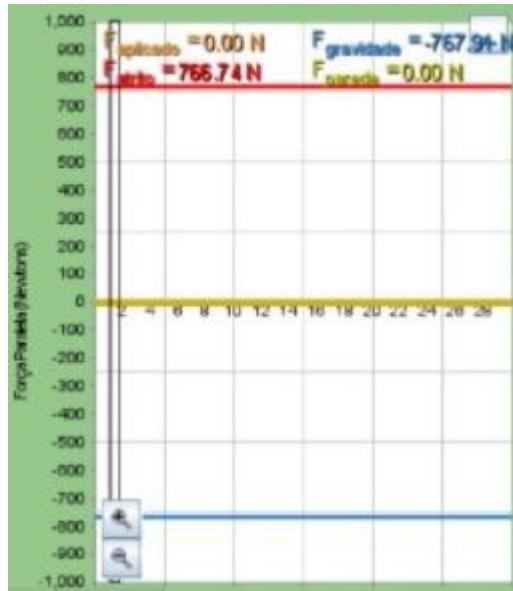
Gráfico de **Energia** do **primeiro caso**:



Nesse gráfico foi interessante observar que a medida que o objeto ia deslizando a energia potencial -que inicialmente era igual a energia total do sistema- foi diminuindo à medida que a térmica e a cinética foram aumentando de uma modo que a energia total manteve-se sempre igual, reforçando a teoria de que energia não é criada e sim transformada.

No **segundo caso**, o gráfico de **forças paralelas** ficou constante da seguinte forma:

Com o objeto em movimento na rampa



Com o objeto parado após o deslizamento

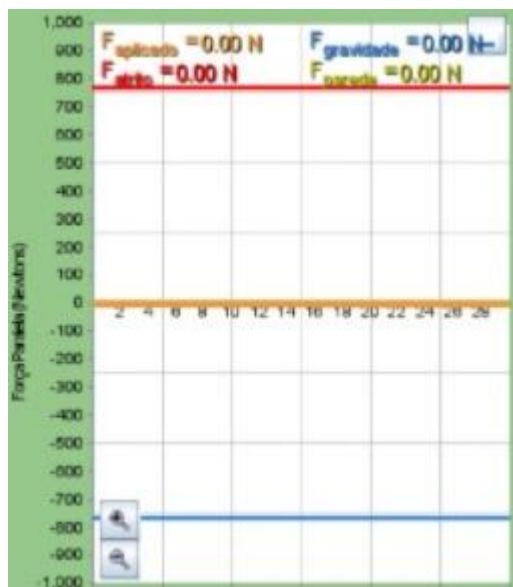
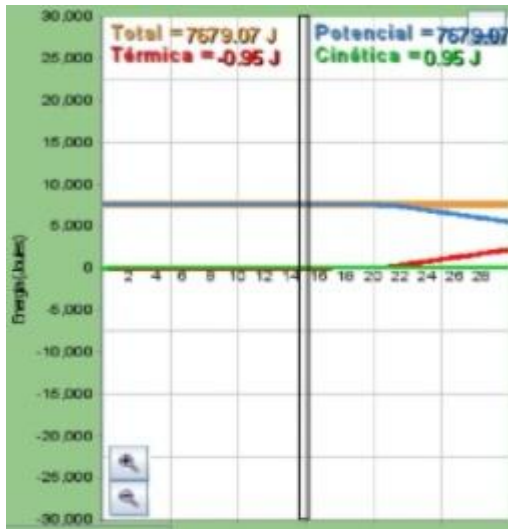


Gráfico de **Energia** do **segundo caso**:



Nota-se que o gráfico de energia no segundo caso comportou-se exatamente da mesma forma que no primeiro caso.

Conclusão

O experimento buscou entender como a massa e o coeficiente de atrito dos objetos influenciam em seu comportamento de deslizamento na plataforma.

Assim, de acordo com os dados e os resultados obtidos confirmou-se as suposições iniciais, ou seja, o aumento da massa e no μ resultam em um aumento de atrito fazendo com que a angulação necessária para que ocorra movimentação no sistema aumente.

Faz-se necessário reforçar conclusões óbvias, a partir de certo ponto no aumento da angulação o objeto desliza com maior velocidade e o μ estático serve apenas como um componente para tentar evitar o deslize, mas sem sucesso.

A manutenção da mesma plataforma ao longo de todo o experimento é fundamental também, já que diferentes plataformas possuem coeficientes de atrito diferentes, assim, resultados diferentes seriam obtidos mesmo se a angulação e massa dos objetos fossem mantidas.

Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicada – FATECS
Engenharia De Software
Fundamentos de Engenharia
Professor: Romes Heriberto Pires de Araujo

