

## Tutorial do aplicativo Curva-Empuxo Online

Objetivo do aplicativo: obter a curva de empuxo de um motor-foguete e parâmetros relacionados.

### Informações básicas sobre o aplicativo:

- Nesta versão, escrito em HTML, CSS e JavaScript.
- Ele lê os dados brutos de tempo e empuxo obtidos por um sistema de aquisição de dados, durante a queima do propelente do motor-foguete.
- Estes dados brutos contêm muitas informações que não são de interesse.
- A partir destes dados brutos, são extraídos apenas os valores de interesse de tempo e empuxo.
- O impulso total ( $I_t$ ) é obtido por integração numérica (regra do trapézio) da curva de empuxo.
- A partir de  $I_t$  e outros dados, são calculados parâmetros pertinentes a uma curva de empuxo de motor-foguete.

### Procedimento:

1. Inicializar o aplicativo [clikando aqui](#).
  - Como resultado, ocorrerá a abertura do site.



Figura 1. Tela inicial.

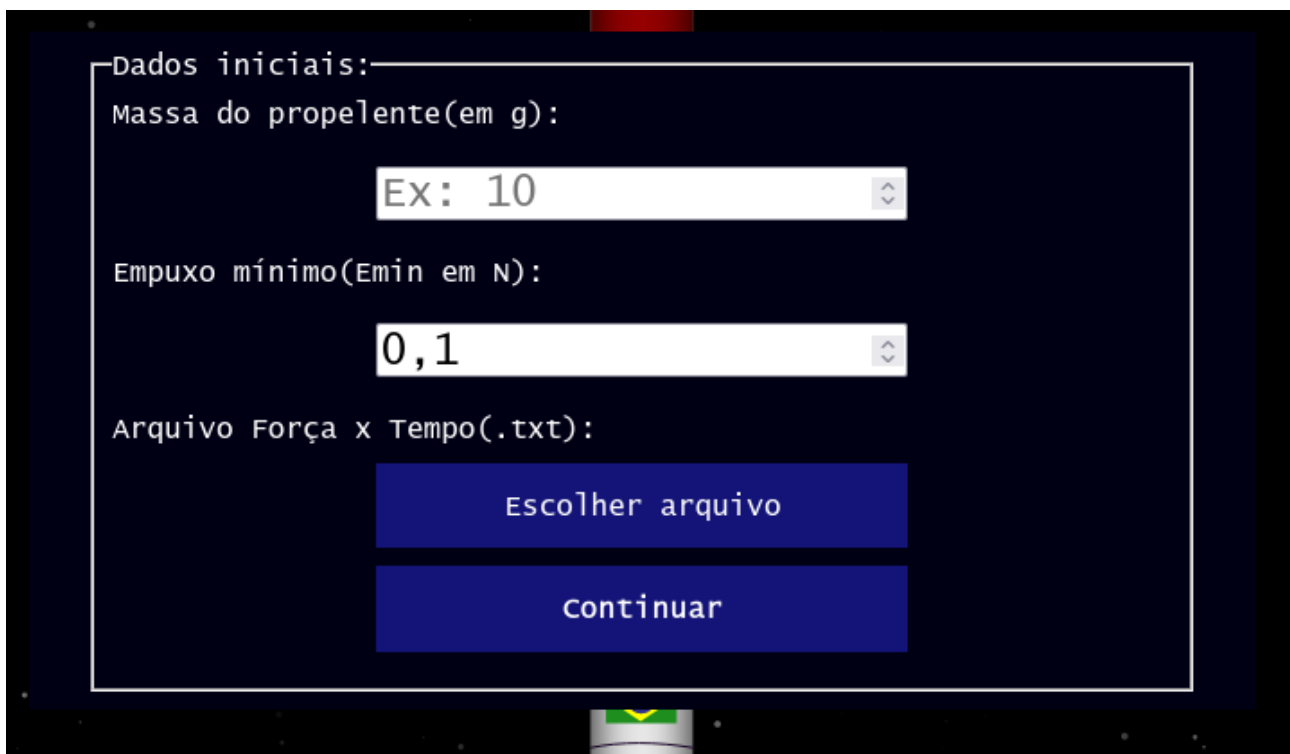
Expressando:



Figura 2. Tela inicial com números.

Significados:

1. Volta para tela anterior (isso em qualquer tela, porém não a antecessora);
  2. Recarrega/reinicia site(f5);
  3. Vai para tela de novo cálculo;
  4. Vai para tela de ajuda;
  5. Vai para tela de dados sobre o site;
- 
2. Pressione o botão “Novo cálculo”(nº 3);
  3. Preencha:
    - Massa em gramas do propelente;
    - Por padrão, o empuxo mínimo a ser usado é 0,1 N, mas pode ser alterado;
    - Também por padrão, o valor da gravidade é 9,80665 N/s, e não pode ser editada;
    - Pressione o botão “Escolher arquivo” para selecionar localmente o arquivo de empuxo(ou não clicar para adicionar manualmente os dados, veja apêndice A);
    - Após preenchido, pressione “Continuar”;



Dados iniciais:

Massa do propelente(em g):

EX: 10

Empuxo mínimo(Emin em N):

0,1

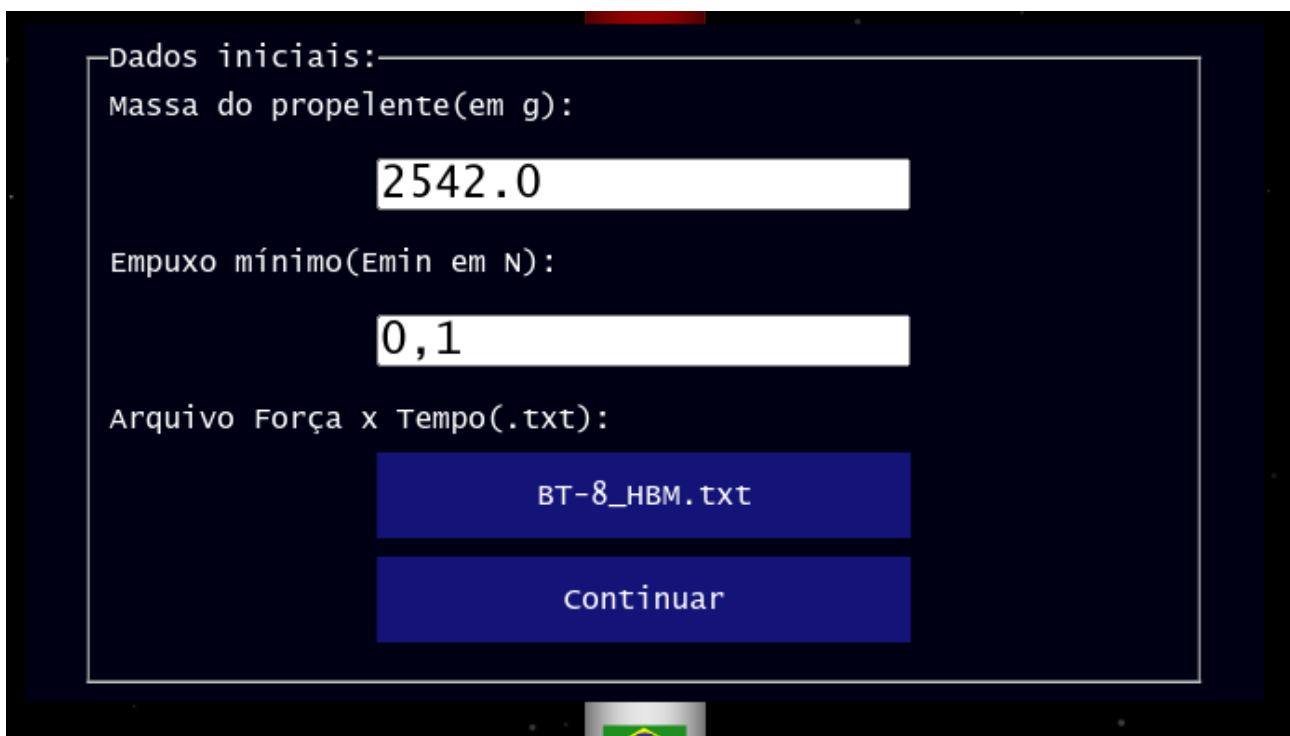
Arquivo Força x Tempo(.txt):

Escolher arquivo

continuar

Figura 3. Tela de dados iniciais (do propelente e da curva-empuxo).

Para esse exemplo foi utilizado os dados(.txt) do motor “BT-8\_HBM”( [clique aqui para baixá-lo](#)), esses dados contém em cada linha o tempo e o empuxo:



Dados iniciais:

Massa do propelente(em g):

2542.0

Empuxo mínimo(Emin em N):

0,1

Arquivo Força x Tempo(.txt):

BT-8\_HBM.txt

continuar

Figura 4. Tela de dados iniciais preenchida.

4. Após pressionar continuar, aparecerá uma tela em que lhe mostra os dados do arquivo(.txt), dá também a opção de o modificar(veja apêndice B). Caso não queira alterar, pressione “Calcular”;

**Edição de Pontos**

Marcar	Tempo	Empuxo
<input type="checkbox"/>	0	0
<input type="checkbox"/>	0,005	0
<input type="checkbox"/>	0,01	0,003
<input type="checkbox"/>	0,015	0
<input type="checkbox"/>	0,02	0
<input type="checkbox"/>	0,025	0,003
<input type="checkbox"/>	0,03	0,003
<input type="checkbox"/>	0,035	0
<input type="checkbox"/>	0,04	0

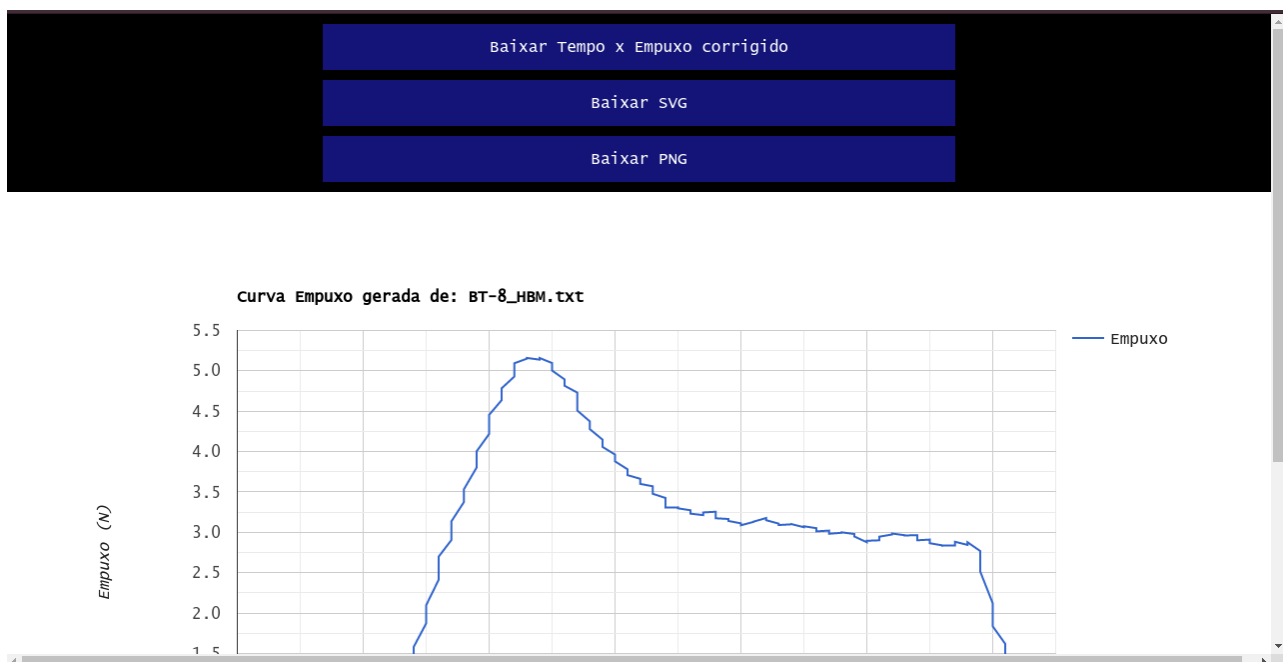
**Excluir**

Nova linha

**Calcular**

**Figura 5. Tela de edição de pontos do arquivo de dados.**

5. Abrirá uma nova janela com três botões e opções e a baixo a curva empuxo:
  - “Baixar Tempo x Empuxo corrigido”: baixa os dados(.txt) utilizados para fazer a curva empuxo;
  - “Baixar SVG”: SVG é um formato de imagem vetorial(.svg), [saiba mais em Wikipédia](#);
  - “Baixar PNG”: PNG é um dos formatos de imagem mais utilizados(.png);



**Figura 6. Nova janela com curva de empuxo.**

6. Na janela principal, há dois botões e a análise da curva de empuxo corrigida:
- “Abrir gráfico”: abre nova janela igual a aberta anteriormente(a do passo 5);
  - “Baixar resultados”: baixa os resultados da análise da curva de empuxo corrigida;



Figura 7. Tela com resultados da análise da curva de empuxo.

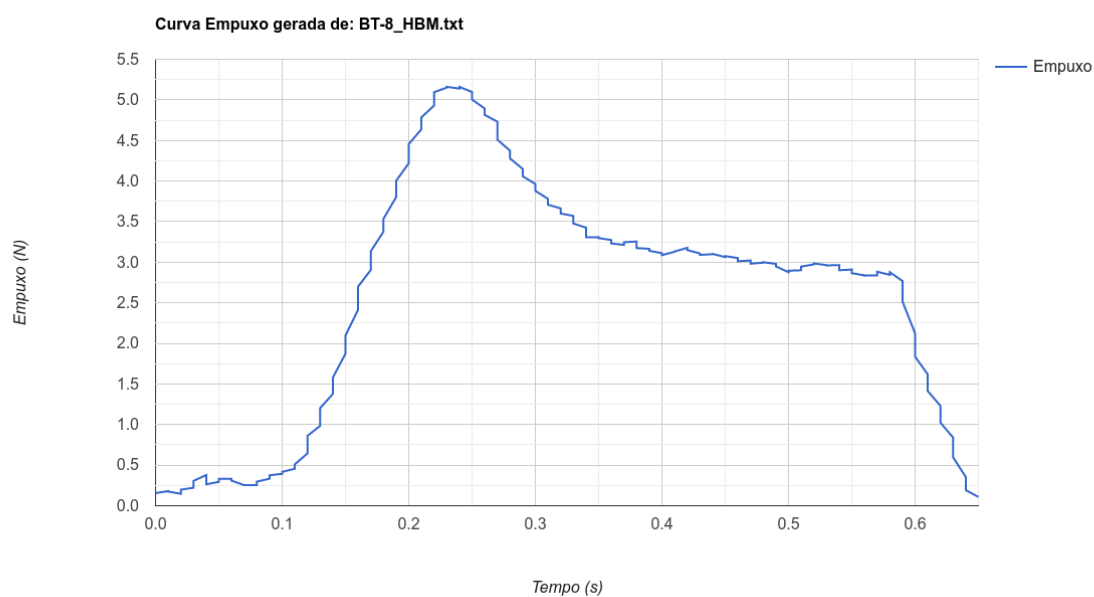


Figura 8. Imagem gerada da curva de empuxo.

```

*** CURVA TEMPO x EMPUXO ***
t (s)   empuxo (N)
0,0000  0,16
0,0100  0,18
0,0100  0,17
0,0200  0,15
0,0200  0,20
0,0300  0,22
0,0300  0,31
0,0400  0,38
0,0400  0,26
0,0500  0,29
0,0500  0,33
0,0600  0,33
0,0600  0,31
0,0700  0,25
0,0700  0,25
0,0800  0,25
0,0800  0,30
0,0900  0,33
0,0900  0,28

```

Figura 9. Parte do conteúdo da curva de empuxo corrigida(arquivo .txt).

```

Massa do propelente = 2542,000 g
Aceleração gravitacional local = 9,807 m/s^2
Empuxo mínimo = 0,100 N
Empuxo máximo = 5,160 N
Tempo original do empuxo máximo = 2,935 s
Tempo corrigido do empuxo máximo = 0,232 s
Tempo original inicial = 2,703 s
Tempo original final = 3,352 s
Tempo de queima = 0,650 s
Impulso total = 1,683 Ns
Empuxo médio = 2,591 N
Velocidade de exaustão efetiva média = 0,662 m/s
Impulso específico médio = 0,068 s
Fluxo de massa médio (s) = 3912,705 g/s
Razão empuxo máximo / empuxo médio = 1,991 %
Razão empuxo mínimo / empuxo máximo = 1,938 %
Classificação do motor = A 3

```

Figura 10. Conteúdo de resultados da curva de empuxo(arquivo .txt).

## Apêndices

### Apêndice A – Criando próprios dados de “Tempo x Empuxo”

No passo 3 há a possibilidade de não carregar um arquivo de dados e criar seus próprios dados.

- Após ter preenchido o campo de “massa do propelente”, pressione “Continuar”;
- Aparecerá a tabela de dados vazia, para preencher com linhas, utilize os campos abaixo da tabela, em seguida pressione “Add” para adicionar uma nova linha, se a linha for válida (não for tempo repetido, ou negativo), uma nova linha aparecerá na tabela.

**Edição de Pontos**

Marcar	Tempo	Empuxo
<input type="checkbox"/>	0	0
<input type="checkbox"/>	0,5	10
<input type="checkbox"/>	1	10
<input type="checkbox"/>	1,5	10
<input type="checkbox"/>	2	0

**Excluir**

Nova Linha

**Add**

**Calcular**

Figura 3,5. Tabela sendo preenchida.

### Apêndice B – Editando pontos

No passo 4 tem-se uma tabela com todos os valores de dados do arquivo, você pode adicionar, editar ou excluir as linhas (uma por vez). Para isso existem os campos e o botão abaixo da tabela:

- Por padrão estão configurados para adicionar uma nova linha, se os dados dela forem válidos;
- Para editar uma linha, marca-se o quadrado que está à sua esquerda, isso automaticamente modificará a função dos campos abaixo da tabela. Para voltar ao padrão (adicionar linha), é só desmarcar o campo;
- Para excluir uma linha, marca-se a linha e pressiona o botão “Excluir”.



Edição de Pontos

Marcar	Tempo	Empuxo
<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
<input type="checkbox"/>	0,005	0
<input type="checkbox"/>	0,01	0,003
<input type="checkbox"/>	0,015	0
<input type="checkbox"/>	0,02	0
<input type="checkbox"/>	0,025	0,003
<input type="checkbox"/>	0,03	0,003
<input type="checkbox"/>	0,035	0
<input type="checkbox"/>	0,04	0

Excluir

Editar Linha

0

0

Editar

Calcular

Figura 4,5. Linha marcada e campos e botão abaixo atualizados.