

## TUTORIAL DO APLICATIVO CURVA\_EMPUXO 1.2 (20 Ago 2014)

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

### Informações básicas sobre o aplicativo:

- Escrito em linguagem Fortran 90.
- 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 (It) é obtido por integração numérica (regra do trapézio) da curva de empuxo.
- A partir de It e outros dados, são calculados parâmetros relacionados a uma curva de empuxo de motor-foguete.

### Procedimento:

- 1) Inicializar o aplicativo clicando duas vezes sobre o arquivo Curva\_Empuxo\_1p2.exe.
  - Como resultado, ocorrerá a abertura do arquivo curva\_empuxo\_1p2\_dados\_geral.txt.
  - Um exemplo de conteúdo deste arquivo é mostrado na Figura 1.

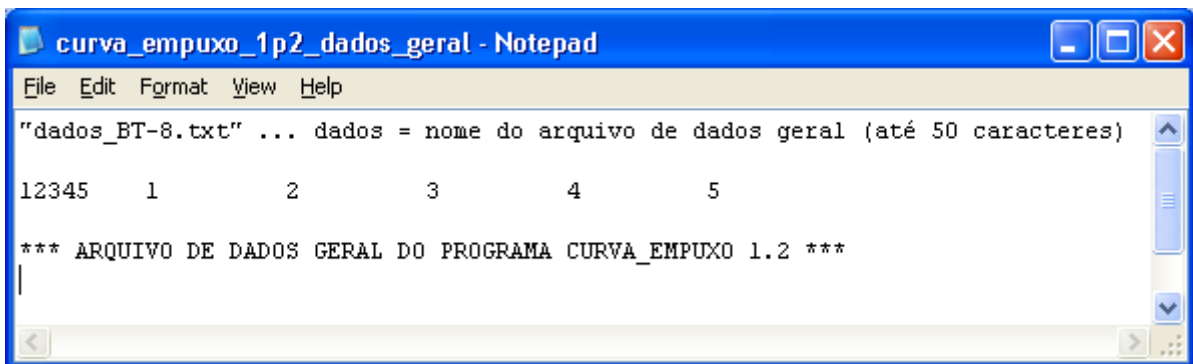
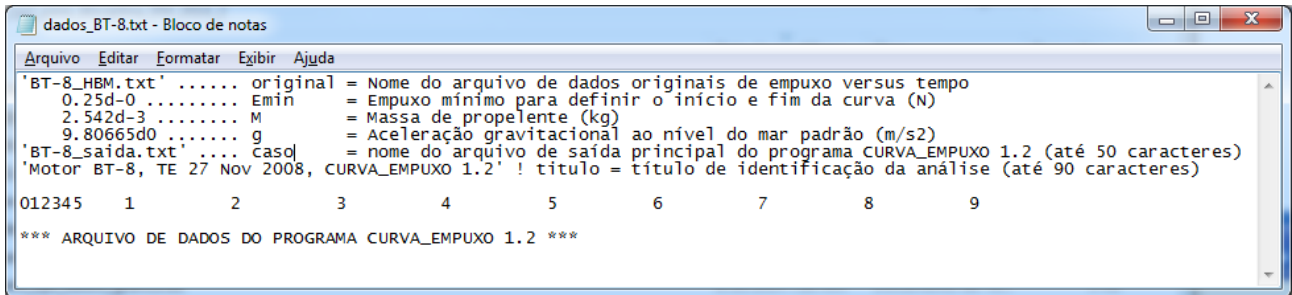


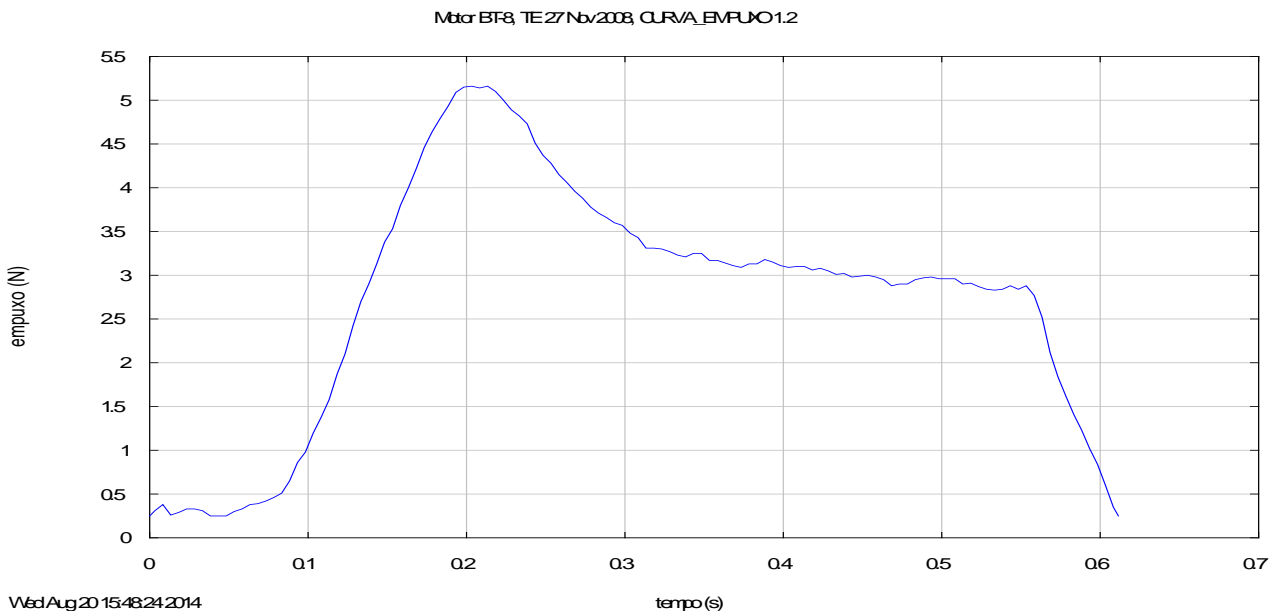
Figura 1. Exemplo de janela inicial do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2.

- 2) O arquivo curva\_empuxo\_1p2\_dados\_geral.txt requer apenas um dado: o nome do arquivo de dados geral sobre um motor-foguete testado.
  - Este nome deve ser especificado pelo usuário mas o arquivo deve existir; não pode ser um arquivo inexistente ou sem conteúdo.
  - Digitar, por exemplo, dados\_BT-8.txt.
  - Após digitar o nome do arquivo, salvar e fechar o arquivo curva\_empuxo\_1p2\_dados\_geral.txt.
  - Como resultado, ocorrerá a abertura do arquivo especificado; neste exemplo, dados\_BT-8.txt
  - Seu conteúdo é mostrado na Figura 2.
- 3) Digitar os dados solicitados:
  - Em "original", deve-se entrar com o nome de um arquivo de dados que foi gerado no sistema de aquisição de dados, tendo em cada linha tempo e empuxo. O nome do arquivo deve ser definido pelo usuário.
  - "Emin" pode ser alterado mas se recomenda usar 0.25 N.
  - Em "M", deve-se indicar a massa de propelente do motor testado, em kg.
  - Em "g", deve-se usar o valor padrão da aceleração gravitacional ao nível do mar que é  $9.80665 \text{ m/s}^2$ .

- “caso” é um nome definido pelo usuário que será usado pelo aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para salvar os resultados da curva de empuxo.
- Em “título”, deve-se entrar com um título para identificar a análise. Este título aparecerá no gráfico da curva de empuxo e no arquivo “caso”.
- Após digitar os dados, salvar e fechar o arquivo.
- Como resultado, será mostrado um gráfico com a curva de empuxo correspondente aos dados fornecidos.
- No caso do exemplo adotado, sua curva de empuxo é mostrada na Figura 3.



**Figura 2. Exemplo de dados gerais para o aplicativo Curva\_Empuxo 1.2.**



**Figura 3. Curva de empuxo gerada pelo aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para o motor BT-8.**

- 4) Se for de interesse, clicar no botão do lado direito do mouse sobre o gráfico, e imprimir (Print) o gráfico ou copiá-lo (Copy to Clipboard) para a memória para depois incluí-lo (colar) em aplicativos como o Word, para fazer um relatório, por exemplo.
  - Após fechar a janela do gráfico, é apresentado um arquivo com os dados e resultados da curva de empuxo; um extrato dele, para o exemplo deste tutorial, é mostrado na Figura 4.
- 5) Ao ser fechado o arquivo de resultados, encerra-se a execução do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2.

**Exercícios:**

- [1] Executar o aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para extrair a curva de empuxo e seus parâmetros do motor BT-11 utilizando-se os arquivos dados\_BT-11.txt e BT-11\_HBM.txt. Deve ser usado  $M = 2.575d-3$ . Alguns resultados que devem ser obtidos são apresentados na Figura 5.

```
BT-8_saida.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

Saída do programa CURVA_EMPUXO 1.2, versão de 9 Nov 2008
Caso    = BT-8_saida.txt
Título  = Motor BT-8, TE 27 Nov 2008, CURVA_EMPUXO 1.2
5.16    = empuxo máximo (N)
0.612   = tempo de queima (s)
1.68    = impulso total (Ns)
2.74    = empuxo médio (N)
659.3   = velocidade de exaustão efetiva média (m/s)
67.2    = impulso específico médio (s)
4.16    = fluxo de massa médio (g/s)
classificação do motor = A 3
```

Figura 4. Alguns resultados do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para o motor BT-8.

```
BT-11_saida.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

5.40    = empuxo máximo (N)
0.588   = tempo de queima (s)
1.81    = impulso total (Ns)
3.08    = empuxo médio (N)
703.0   = velocidade de exaustão efetiva média (m/s)
71.7    = impulso específico médio (s)
4.38    = fluxo de massa médio (g/s)
classificação do motor = A 3
```

Figura 5. Alguns resultados do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para o motor BT-11.

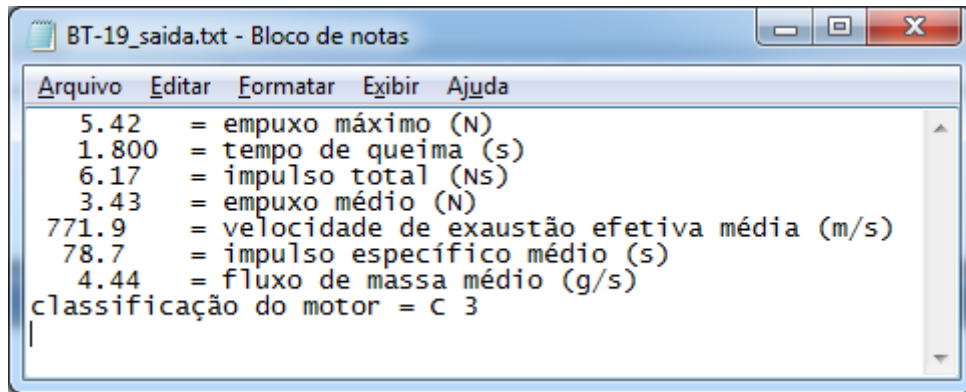
- [2] Executar o aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para extrair a curva de empuxo e seus parâmetros do motor BT-16 utilizando-se os arquivos dados\_BT-16.txt e BT-16\_HBM.txt. Deve ser usado  $M = 4.956d-3$ . Alguns resultados que devem ser obtidos são apresentados na Figura 6.

```
BT-16_saida.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

7.47    = empuxo máximo (N)
1.121   = tempo de queima (s)
3.75    = impulso total (Ns)
3.35    = empuxo médio (N)
757.1   = velocidade de exaustão efetiva média (m/s)
77.2    = impulso específico médio (s)
4.42    = fluxo de massa médio (g/s)
classificação do motor = B 3
```

Figura 6. Alguns resultados do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para o motor BT-16.

- [3] Executar o aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para extrair a curva de empuxo e seus parâmetros do motor BT-19 utilizando-se os arquivos dados\_BT-19.txt e BT-19\_HBM.txt. Deve ser usado  $M = 7.996d-3$ . Alguns resultados que devem ser obtidos são apresentados na Figura 7.



```
Arquivo  E_ditar  F_ormatar  E_xibir  A_juda
5.42    = empuxo máximo (N)
1.800  = tempo de queima (s)
6.17   = impulso total (Ns)
3.43   = empuxo médio (N)
771.9  = velocidade de exaustão efetiva média (m/s)
78.7   = impulso específico médio (s)
4.44   = fluxo de massa médio (g/s)
classificação do motor = C 3
```

Figura 7. Alguns resultados do aplicativo Curva\_Empuxo 1.2 para o motor BT-19.