

# TMEC-056 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

## Aulas lecionadas em 2018/2

Atualizado em 20 Nov 2018 às 14:03 h

**ATENÇÃO:** para não reprovar por frequência nesta disciplina, cada aluno poderá faltar no máximo 3 dias de aulas.

As notas de aula digitais estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/apostila/>

As leituras complementares estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/bibliografia/>

Os aplicativos estão em <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/>

### Interessados sobre:

- As atividades desenvolvidas no grupo de pesquisa em *CFD, propulsão e aerodinâmica de foguetes* da UFPR: ver no *site* da disciplina o arquivo Grupo\_CFD\_fevereiro\_2014\_v8.pdf e o *site* [www.cfd.ufpr.br](http://www.cfd.ufpr.br).
- **Foguetes:** ver o *site* do grupo de foguetes da UFPR em [www.foguete.ufpr.br](http://www.foguete.ufpr.br), o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/> e o Facebook em <https://www.facebook.com/gfcsufpr/>.
- **Orientação do prof. Marchi** para Iniciação Científica, Estágio e Trabalho de Conclusão de Curso: ver o arquivo temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_julho\_2018.pdf no *site* da disciplina.

### Aula 15: PLANO para 21 Nov 2018

#### Objetivos:

- Apresentar os resultados dos lançamentos de 15 Nov 2018 [Resultados\_TMEC-056\_LT-2018-11-15.pdf]  
Dados e imagens estão disponíveis no link [http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/TRABALHO\\_LANCAMENTO/](http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/TRABALHO_LANCAMENTO/)
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho de lançamento de minifoguete [Trabalho\_Lancamento\_2018-2.pdf]
- **Vídeo de Pablo Contreras** sobre o **V Festival Brasileiro de Minifoguetes (2018)**:  
YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Zsmm4CMiPv4>
- Encerramento da disciplina

### Aula 14: lecionada em 15 Nov 2018 (período: 14:00-15:40; 19 alunos)

**Atenção:** para entrar no Centro Politécnico da UFPR nesse dia, caso seja necessário, o aluno deverá se identificar na portaria, informando ao segurança que seu nome está em uma lista de autorização de entrada chamada de **MINIFOGUETES**. Esta autorização também vale para os seus acompanhantes.

Dependendo das condições climáticas (se estiver chovendo ou esteja com vento muito forte), não serão feitos os lançamentos.

Tendo dúvida, acesse o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/> para ver se há algum aviso adiando os lançamentos para o dia 18 às 14:00 horas.

**Local:** campo de futebol número 1 do CED/UFPR

**Hora:** 14:00

**Objetivo:** realizar 7 lançamentos de minifoguetes com motor Bandeirante A6-0/2013

**Aviso:** os resultados dos lançamentos de 15 Nov 2017 deverão estar disponíveis no *site* da disciplina a partir do dia 21 Nov 2018.

### Aula 13: lecionada em 14 Nov 2018 (período: 9:35-11:15; 21 alunos)

#### Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre lançamento de minifoguete [Trabalho\_Lancamento\_2018-2.pdf]
- Mostrar fisicamente três tipos de altímetro de bordo: Perfect Flite; Altimeter Two; MicroPeak.
- Mostrar resultados experimentais de altímetros de bordo:
  - MicroPeak: LAE-45\_mP-10\_LT\_2014-04-11.pdf e LAE-45\_mP-10\_LT\_2014-04-11\_tabelas.pdf
  - Altimeter Two: LAE-21\_resultados.pdf
  - Perfect Flite: Altimetro\_grafico\_LAE\_36\_LT\_13\_Abr\_2014.pdf
  - MAU: NRB-PR7b\_mau-14\_LT-2017-09-07.xlsm
  - StratoLogger: NRB-PR8-v2\_sl-3\_LT-2017-10-29\_grafico.pdf
- blog Foguete UFPR\_ Comparacao do apogeu fornecido por altímetros a bordo 2017-01-12.pdf
- blog Minifoguete 2016-05-31 Amplitude do controle do Exercito sobre Minifoguetes.pdf
- **Festival Brasileiro de Minifoguetes** [páginas 13 a 32 de apresentacao\_OBA\_2018\_v7.pdf]

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até o dia 5 Dez 2018: relatório do lançamento do minifoguete de cada equipe de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Lancamento\_2018-2.pdf

**AVISO:** não haverá aula no dia 7 Nov 2018 devido à participação do GFCS em uma competição no Rio de Janeiro.

### **Aula 12: lecionada em 31 Out 2018 (período: 9:35-11:10; 23 alunos)**

#### Objetivos:

- Estimativa experimental do apogeu [Estimativa\_experimental\_do\_apogeu\_v2.pdf (6 p.)]
- Aprender a usar o aplicativo Apogeu 1.1 com os exemplos 1 e 2 [Apogeu\_1p1\_todos\_os\_arquivos.zip]
- Mostrar os resultados dos lançamentos da turma de 2017/2 [Resultados\_TMEC-056\_LT-2017-11-19.pdf]
- Receber de cada equipe o trabalho sobre projeto de minifoguete [Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf] e um minifoguete montado
- blog Minifoguete 2016-05-06 Como obter autorizacao da Aeronautica para lancar minifoguetes.pdf

### **Aula 11: lecionada em 24 Out 2018 (período: 9:35-11:10; 21 alunos)**

#### Objetivos:

- Mostrar o efeito das empenas sobre o desempenho do minifoguete Sondinha II [Otimizacao\_empenas\_Sondinha\_II\_Marchi\_et\_al\_1989.pdf]
- Norma de segurança da NAR [codigo\_seguranca\_NAR\_traduzido.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto [Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

**ATENÇÃO, valendo nota, para a próxima aula, dia 31 Out 2018:** cada equipe deverá entregar um minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf

#### Leituras recomendadas para fazer até o dia 31 Out 2018:

- codigo\_seguranca\_ABAEE.pdf
- Model-Rocket-Safety-Code\_NAR\_2018-10-23.pdf

### **Aula 10: lecionada em 17 Out 2018 (período: 9:35-11:20; 25 alunos)**

**Aviso:** a aula prática de lançamentos de minifoguetes deverá ocorrer no dia 15 Nov 2018 (quinta-feira / feriado nacional) a partir das 14:00 h no campo de futebol 1 do CED no Centro Politécnico da UFPR.

#### Objetivos:

- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.1 (Cd e empuxo variáveis):
  - Trajetoria\_1p1\_2017-2.zip
  - LAE-84\_dados.pdf
  - LAE-84\_relatorio-de-lancamento.pdf
  - A6-2\_Bandeirante\_Abr\_2014\_DADOS\_testes\_estaticos\_2014.pdf
  - BT316\_Curva\_Empuxo\_2p1\_saida\_B.txt
  - CD\_Curva\_LAE-84.png
  - CD\_variavel\_LAE-84.txt
  - LAE-84\_estudo\_2017-10-19.pdf
  - Executar Trajetoria\_1p1.exe
- Aprender a determinar o **Cd efetivo** com o aplicativo Trajetoria 1.1: testar valores de Cd constante até que o apogeu obtido da simulação seja idêntico ao apogeu do voo real; o Cd obtido será o Cd efetivo. Por exemplo, o MF LAE-84 com seu motor para It máximo e  $Cd = 0.75$  (valor médio do aplicativo Cd 2.1) resulta em  $H = 98.5$  m; mas o apogeu real foi de 102.8 m; testando-se diversos valores de Cd, chega-se a  $Cd = 0.66$  que resulta em  $H = 102.6$  m (quase idêntico ao apogeu real); portanto, o Cd efetivo desse voo é 0.66, que é 12% menor do que o valor 0.75 do aplicativo Cd 2.1.
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto [Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

#### Observações:

- Também está disponível o aplicativo Trajetoria 2.0 que tem recursos mais avançados.
- Quem tiver interesse em cálculos de trajetória com recursos ainda mais avançados, incluindo recuperação do minifoguete através de paraquedas, efeito de vento, cálculos de CP e Cd etc, na pasta Apostila existem os arquivos RockSim7\_tutorial1.pdf, RockSim7\_tutorial\_2c.pdf, RockSim7\_tutorial3.pdf e RockSim7\_tutorial4.pdf sobre o uso do aplicativo RockSim7, que está disponível na pasta Aplicativos.

### **Aula 9: lecionada em 10 Out 2018 (período: 9:30-; 21 alunos)**

#### Objetivos:

- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.0 (Cd e empuxo constantes):
  - Trajetoria\_1p0.zip
  - Trajetoria\_1p0\_teorias.pdf (página 1 a 5)
  - Tutorial\_Trajetoria\_1p0.pdf (página 1 a 8)
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto [Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: balança e paquímetro.

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 17 Out 2018: fazer os exercícios 1 a 8 da página 8 do arquivo Tutorial\_Trajectoria\_1p0.pdf

Leitura recomendada (arquivo na pasta do aplicativo Trajetoria 1.0): Trajetoria\_1p0\_teorias.pdf

**AVISO:** não haverá aula no dia 3 Out 2018 devido à SIEPE da UFPR.

### **Aula 8: lecionada em 26 Set 2018 (período: 9:32-11:13; 23 alunos)**

**Lembrando:** todos os alunos estão convidados a participar no dia 12 de outubro da *III Campanha de Popularização dos Minifoguetes* da UFPR com oficina, minicurso, lançamentos e exposição. Inscrição até 30 Set 2018 e informações através no site <http://www.foguete.ufpr.br/>

**Objetivos:**

- Cap. 5 Trajetória [Capitulo\_05\_Trajectoria\_v2.pdf]; correção: na página 5 o diâmetro da semiesfera é  $\approx 0,71$  do diâmetro do círculo
- Apresentar o trabalho sobre projeto de minifoguete [Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf], entregar 1 motor Bandeirante A6-0/2013 a cada equipe e mostrar os resultados de 2017/2 [Resultados\_TMEC-056\_LT-2017-11-19.pdf]

Leitura recomendada (arquivo na pasta Apostila): Deducao\_trajectoria-1D\_sem-arrasto.pdf

Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 31 Out 2018: em equipe, 1 minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_2018-2.pdf

**O trabalho deverá ser feito com os alunos organizados nas seguintes equipes:**

- Alunos do curso de engenharia mecânica da UFPR deverão se organizar em equipes de 4 a 6 alunos.
- Equipe CEP/UFPR: alunos e professor do Colégio Estadual do Paraná que cursam a disciplina na UFPR.
- Equipe CEP/CEELL: alunos do Colégio Estadual do Paraná que cursam a disciplina no CEP.
- Equipe CPM/AK: alunos do Colégio da Polícia Militar, Arleide e Karen.
- Equipe LAE: alunos do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR: Thiago, Phillipe, Stephanie e Coser.

Precisando, peçam-me o e-mail dos colegas de suas equipes.

### **Aula 7: lecionada em 19 Set 2018 (período: 9:30-; 24 alunos)**

**Objetivos:**

- Mostrar efeitos aerodinâmicos [Stine7\_Cd-extrado\_2017-09-15.pdf e 2017-06-21 10.15.21.jpeg]
- Ensinar a usar o [aplicativo Cd 2.1](#) para calcular o Cd [Cd\_2.1\_2017-04.zip]; exemplos: Pluto 1, Sondinha II padrão (Sondinha-II-padrao.pdf) e Netuno-R-Beta/Paraná-VIIIb
- Exercícios em sala com o [aplicativo Cd 2.1](#)

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 26 Set 2018: fazer os exercícios 4.1 a 4.3 do arquivo Exercicios\_Cd-2.1\_2017-2.pdf

Leituras recomendadas (arquivos na pasta Apresentação do aplicativo Cd 2.1):

- Apresentação.pdf
- Manual tecnico.pdf
- Wind\_Tunnel\_Testing\_for\_Space\_Launch\_System.mp4

### **Aula 6: lecionada em 12 Set 2018 (período: 9:32-11:13; 26 alunos)**

**Objetivos:**

- Mostrar o estudo sobre as empenas do minifoguete Netuno-R/Paraná-I [ensaio\_AeroCP\_Netuno\_R\_empenas\_Diego\_2015-12-09.pdf]
- Mostrar o experimento de queda livre de um martelo e uma pena na Lua (<https://youtu.be/HqcCpwIeiu4>), e penas e bola de boliche em laboratório da NASA (<https://youtu.be/E43-CfukEgs>) com ar e vácuo.
- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto ( $C_D$ ) [Capitulo\_04\_Cd\_v2.pdf]
- Receber o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2018-2.pdf]
- Mostrar efeitos aerodinâmicos [Stine7\_Cd-extrado\_2017-09-15.pdf]

Observação: também está disponível o aplicativo CP, na pasta Aplicativos, para cálculo do CP e E.

### **Aula 5: lecionada em 5 Set 2018 (período: 9:33-11:08; 25 alunos)**

**Objetivos:**

- Cap. 3 Estabilidade: CG, CP e E [Capitulo\_03\_Estabilidade.pdf; cap\_3\_escaneamento\_Stine.pdf; e relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf (páginas 16 e 17)]; usar o MF Sondinha II
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho dos testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2018-2.pdf]
- Ensinar a usar o aplicativo AeroCP 3.0 para calcular o CP [AeroCP3\_tutorial\_1b.pdf; e AeroCp.exe]
- Mostrar fotos de voos reais de minifoguetes estáveis (DI-14 e 16) e instáveis (DI-19, 22 e 24); usar os MF DI-16 e 20
- Mostrar outras fotos de voos reais da pasta estabilidade-fotos

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 12 Set 2018:** fazer os exercícios 3.1 a 3.8 do arquivo Exercicios\_Cap\_3\_Estabilidade.pdf (conferir os resultados no arquivo Respostas\_cap\_3.pdf)

**Leituras recomendadas (arquivos na pasta bibliografia):**

- tir-30\_estabilidade.pdf
- tir-33\_CP.pdf
- Barrowman\_report.pdf

**AVISO:** não haverá aula no dia 29 Ago 2018 devido à Semana Acadêmica de Engenharia Mecânica da UFPR.

**Aula 4: lecionada em 22 Ago 2018 (período: 9:30-10:30; 32 alunos)**

**AVISO:** às 9:45 h sairemos do Lena 4 para ir ao LMH fazer os testes estáticos.

**Objetivos:**

- Apresentar o trabalho sobre testes estáticos [Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2018-2.pdf]
- Explicar o funcionamento da bancada usada para realizar testes estáticos de motores de minifoguetes, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente
- Realizar testes estáticos de motores Bandeirante para minifoguetes: 5 da classe A do tipo booster, só com carga propulsora, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente; e 2 da classe C6-5 em uma morsa para verificar as 3 fases de um motor completo com cargas propulsora, temporizadora e ejetora

**Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 12 Set 2018:** fazer o relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Testes\_Estatico\_EM\_2018-2.pdf

Os dados dos testes estáticos estarão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta [TRABALHO TESTES ESTATICOS](#), a partir do dia 29 Ago 2018

**O trabalho deverá ser feito com os alunos organizados nas seguintes equipes:**

- Alunos do curso de engenharia mecânica da UFPR deverão se organizar em equipes de 4 a 6 alunos.
- Equipe CEP: alunos e professores do Colégio Estadual do Paraná.
- Equipe CPM: alunos do Colégio da Polícia Militar.
- Equipe LAE: alunos do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR: Thiago, Phillippe e Stephanie.
- Os demais alunos deverão formar uma única equipe: Arileide e Karen.

Precisando, peçam-me o e-mail dos colegas de suas equipes.

**CONVITE:** todos os alunos estão convidados a participar no dia 12 de outubro da *III Campanha de Popularização dos Minifoguetes* da UFPR com oficina, minicurso, lançamentos e exposição. Inscrição e informações através no site <http://www.foguete.ufpr.br/>

**Aula 3: lecionada em 15 Ago 2018 (período: 9:30-11:05; 29 alunos)**

**AVISO:** matrícula em TMEC-056 como disciplina isolada ou eletiva nos dias 16 e 17 de agosto.

**Objetivos:**

- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [Capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v4.pdf]: revisão e seção 2.5
- Stine-6\_p-78-9\_2017-08-18.pdf
- Ensinar a usar o programa computacional Curva\_Empuxo\_1p2 [Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip; e Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2\_em\_2014-08-20.pdf]
- Mostrar parâmetros variáveis da curva de empuxo do motor MLB-3 na pasta [Exemplo\\_Curva-Empuxo-3.1](#) da Apostila
- Fazer os 3 exercícios do tutorial do aplicativo Curva\_Empuxo\_1p2 [Curva\_Empuxo\_1p2\_para\_disciplina\_EM\_2014\_2.zip; e Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2\_em\_2014-08-20.pdf]

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 22 Ago 2018:** usando o aplicativo Curva Empuxo 1.2, analisar os motores LV-6, TA-300, MLB-5 e NM-8 cujos dados estão na pasta [Exercicios\\_Capitulo\\_2](#) da Apostila

**Observação:** no site da disciplina, na pasta [Projeto AEN-2 CNPq](#) há vários relatórios técnicos sobre dezenas de testes estáticos feitos com motores de espaçomodelos de diversos tipos.

**Leituras recomendadas para fazer até a aula do dia 22 Ago 2018 (na pasta [Apostila](#)):**

- relatorio\_TE\_motores\_BT\_2010\_Jul\_e\_Set\_v4.pdf
- 2015\_Moro\_Banco\_Estatico\_Caseiro\_v1\_em\_2015-10-20.pdf

**Aula 2: lecionada em 8 Ago 2018 (período: 9:30-11:10; 33 alunos)**

**Objetivos:**

- Mostrar fisicamente motores de espaçomodelos: A6-0, B6-0, C6-5 e E6-0
- Mostrar fisicamente tampa, tubeira e propelente de um motor de espaçomodelo da Bandeirante
- Mostrar fisicamente um sistema de ignição da Quest e um ignitor Bandeirante
- Mostrar vídeos de motores de espaçomodelos em funcionamento (A6-0, B6-0, C6-0, C6-5 e E6-0) [BT-128\_A6-0, BT-129\_B6-0, BT-130\_C6-0, BT-123\_C6-5, LB-3\_E6-0]

- Mostrar vídeo da queima de um motor C6-7 de espaçomodelo:  
<https://www.youtube.com/watch?v=xvVJQSGHts&feature=youtu.be>
- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo [Capitulo\_2\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo\_v4.pdf]: até a seção 2.4
- Mostrar a folha de certificação da NAR do motor Apogee A2 [Apogee\_A2.pdf]
- Mostrar a tabela completa de classes de motores [codigo\_padrao\_motores\_da\_NAR.pdf]
- Mostrar os Recordes Brasileiros de Minifoguetes [2018-06-02\_Recordes-BAR-13\_resumo.pdf]

**AVISO: o Lena 4 fica aberto de 2ª a 6ª entre 11:30 e 13:30 h para os alunos estudarem.**

**Tarefa para quem não assistiu a primeira aula do dia 1º Ago 2018:** estudar o material visto na aula 1.

**Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 15 Ago 2018:** fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir com Capitulo\_2\_Respostas-exercicios\_2017-08-17.pdf)

### **Aula 1: lecionada em 1º Ago 2018 (período: 9:36-11:10; 33 alunos)**

#### **Objetivos:**

- Apresentar um esquema dos foguetes brasileiros de sondagem [PEB\_IAE\_2013\_04\_01\_pagina\_11.pdf] e comentar sobre o Sistema Nacional de Atividades Espaciais: INPE, IAE, CLBI, CLA e AEB
- Mostrar fisicamente um kit comercial de espaçomodelo: VS-40
- Mostrar fisicamente um espaçomodelo montado: Sondinha II (motor classe B; H = 120 m)
- Mostrar fisicamente um minifoguete experimental: Netuno-R-Beta/Paraná-VI (motor classe G; H = 489 m)
- Apresentar o edital sobre a forma de comunicação com os alunos [editais\_ftp\_TMEC-056\_2018-2.pdf]
- Apresentar o plano de ensino da disciplina [plano\_TMEC-056\_2018-2.pdf]
- Mostrar fisicamente o manual da NAR (Stine)
- Apresentar a introdução à disciplina [Capitulo\_1\_Tipos\_Foguetes\_e\_Minifoguetes\_v2.pdf]

#### **Leituras recomendadas para fazer até o dia 8 Ago 2018:**

- Arquivos vistos nesta aula
- PEB\_IAE\_2013\_04\_01.PDF