

TMEC-056 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

Aulas lecionadas em 2017/2

Atualizado em 27 Nov 2017 às 10:00 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.
- **Foguetes:** ver o *site* do grupo de foguetes da UFPR em www.foguete.ufpr.br e o *blog* <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/>.
- **Orientação do prof. Marchi** para Iniciação Científica, Estágio, Trabalho de Conclusão de Curso, Mestrado e Doutorado: ver o arquivo temas_para_orientacao_prof_Marchi_janeiro_2015.pdf no *site* da disciplina.

Aula 15 (última): PLANO para 2 Dez 2017

Objetivos:

- Receber o trabalho sobre lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2017-2.pdf]
O trabalho também poderá ser entregue impresso no gabinete do professor durante os dias 28 Nov a 1 Dez 2017.
Não haverá chamada nesse dia.

Aula 14: lecionada em 25 Nov 2017 (período: 9:31-11:10; 48 alunos)

Objetivos:

- Falar sobre o [Festival Brasileiro de Minifoguetes](#) e mostrar:
 - http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/Festival2017/Resultados_Finais_Festival-2017_em_2017-05-11.pdf
 - [2017-06-05 Recordes-Festivais-BAR-1 resumo.pdf](#)
- blog Minifoguete 2016-05-06 Como obter autorizacao da Aeronautica para lancar minifoguetes.pdf
- blog Minifoguete 2016-05-31 Amplitude do controle do Exercito sobre Minifoguetes.pdf
- Apresentar os resultados dos lançamentos de 19 Nov 2017 [[Resultados TMEC-056 LT-2017-11-19.pdf](#)]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho de lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2017-2.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
- Mostrar vídeo da queima de um motor C6-7 de espaçomodelo:
<https://www.youtube.com/watch?v=xvVJQSGHts&feature=youtu.be>
- Falar sobre a [Associação Brasileira de Minifoguetes](#)
- Mostrar o registro de voos de minifoguetes experimentais:
http://servidor.demec.ufpr.br/foguete/Registro_voos_MFE/Registro_Voos_Minifoguetes_Experimentais_2017-01-15.pdf

Aula 13: lecionada em 19 Nov 2017 (período: 14:00-16:16)

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 tenha chovido muito durante a manhã do dia 18, 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 19 às 14:00 horas.

Local: campo de futebol número 1 do CED/UFPR

Hora: 14:00

Objetivo: realizar 10 lançamentos de minifoguetes com motor Bandeirante A6-0/2013; também serão feitos outros 4 lançamentos do Grupo de Foguetes Carl Sagan

Aviso: os resultados dos lançamentos de 19 Nov 2017 deverão estar disponíveis no site da disciplina a partir do dia 22 Nov 2017.

AVISO: informo que devido às chuvas e instabilidade do tempo, os lançamentos de minifoguetes previstos para hoje (dia 18 de novembro) foram adiados para AMANHÃ (dia 19) nos mesmos horário e local já informados.

AVISO: não haverá aula na manhã do dia 18 Nov 2017 devido aos lançamentos da tarde.

Aula 12: lecionada em 11 Nov 2017 (período: 9:30-11:28; 57 alunos)

Aviso: os lançamentos serão no dia 18 Nov 2017 a partir das 14:00 h no campo de futebol 1 do CED/UFPR.

Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre lançamento de minifoguete [Trabalho_Lancamento_2017-2.pdf]
- 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 2010/2 [Resultados_lancamentos_28_Nov_2010.pdf (2 p.)]
- Receber de cada equipe o trabalho sobre projeto de minifoguete [Trabalho_Projeto_2017-2.pdf] e um minifoguete montado
- Norma de segurança da NAR [codigo_seguranca_NAR_traduzido.pdf]

Tarefa (valendo nota) para entregar até o dia 2 Dez 2017: relatório do lançamento do minifoguete de cada equipe de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Lancamento_2017-2.pdf

Leituras recomendadas para fazer até o dia 18 Nov 2017:

- codigo_seguranca_ABAEE.pdf
- codigo_seguranca_NAR.pdf

Atenção: não haverá aula no dia 4 Nov 2017.

Aula 11: lecionada em 28 Out 2017 (período: 9:30-11:10; 55 alunos)

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
 - 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.
- Mostrar o efeito das empenas sobre o desempenho do minifoguete Sondinha II [Otimizacao_empenas_Sondinha_II_Marchi_et_al_1989.pdf]
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto [Trabalho_Projeto_2017-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: 1 balança e 1 paquímetro.

ATENÇÃO, valendo nota, para a próxima aula, dia 11 Nov 2017: cada equipe deverá entregar um minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Projeto_2017-2.pdf

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.

Aula 10: lecionada em 21 Out 2017 (período: 9:30-11:15; 54 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_2017-2.pdf]
- Executar parte do projeto durante a aula; estarão disponíveis para os alunos: 1 balança e 1 paquímetro.

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 28 Out 2017: fazer os exercícios 1 a 8 da página 8 do arquivo Tutorial_Trajetoria_1p0.pdf

Leitura recomendada (arquivo na pasta do aplicativo Trajetoria 1.0): Trajetoria_1p0_teorias.pdf

Atenção: não haverá aula no dia 14 Out 2017.

Aula 9: lecionada em 7 Out 2017 (período: 9:30-11:10; 48 alunos)

Lembrando: todos estão convidados a participar dos lançamentos que ocorrerão hoje (dia 7 Out 2017) a partir das 14 h no campo de futebol 1 do CED no Centro Politécnico da UFPR, se não tiver chuva.

Objetivos:

- Cap. 5 Trajetória [Capitulo_05_Trajetoria_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_2017-2.pdf] e entregar 1 motor Bandeirante A6-0/2013 a cada equipe

Leitura recomendada (arquivo na pasta Apostila): Deducao_trajetoria-1D_sem-arrasto.pdf

Tarefa (valendo nota) para entregar até o dia 11 Nov 2017: em equipe, 1 minifoguete montado e o relatório do projeto dele de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Projeto_2017-2.pdf

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

- Equipe MEC-1: Anderson Conrado, Bruno Rose, Jean Ostrowski, Kayam Hamdar, Rafael Ducatti e Willian Jacinto
- Equipe MEC-2: Juliano Santos, Lucas Pigo, Enrique Wanderley, Matheus Dias e Raquel Vital
- Equipe MEC-3: Edson Oliveira, Alexandre Lopes, Denner Antoniacomi, Matheus Parisotto, Ricardo Czajkowski e Victor Rodrigues
- Equipe MEC-4: Laisa Teixeira, Emerson Martins, Gabriel Chueire, Felipe Favretto, Murilo Pereira e Luiz Bueno
- Equipe MEC-5: Thomas Carvalho, Gustavo Silva, Marcos Santos, Bruna Ling, Paulo Assis e Cleiton Ferreira
- Equipe MEC-6: Julien Grunow, Vinicius Schuster, Vinicius Almeida, Rodrigo Rios, Felipe Manfrin e João Cunha
- Equipe CEP: alunos do CEP
- Equipe LAE-1: Eduardo Lima, Felipe Milde, João Ramos, Lucas Lima e Rafael Prestes
- Equipe LAE-2: Filipe Aguiar, Hyan Lima e Luciano Silva
- Equipe LAE-3: Vinicius Coser, Paulo Oliveira, Letícia Kubo e Leonardo Santana

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

Aula 8: lecionada em 30 Set 2017 (período: 9:30-11:15; 52 alunos)

Aviso: todos estão convidados a participar dos lançamentos que ocorrerão no dia 7 Out 2017 a partir das 14 h no campo de futebol 1 do CED no Centro Politécnico da UFPR.

Objetivos:

- Receber o trabalho dos testes estáticos [Trabalho_Teste_Estatico_EM_2017-2.pdf]
- 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

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 7 Out 2017: 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 7: lecionada em 23 Set 2017 (período: 8:30-9:58)

Divulgação: nos dias 7 e 8 de outubro ocorrerá na UFPR o *2º Dia Nacional de Lançamento de Minifoguetes* com oficina, minicurso, lançamentos e exposição. Inscrição e informações através do site <http://www.foguete.ufpr.br/>

Objetivos:

- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto (C_D) [Capitulo_04_Cd_v2.pdf: seções 4.5 e 4.6]
- Esclarecer dúvidas sobre o trabalho dos testes estáticos [Trabalho_Teste_Estatico_EM_2017-2.pdf]
- Mostrar efeitos aerodinâmicos [Stine7_Cd-extrado_2017-09-15.pdf e 2017-06-21 10.15.21.jpeg]
- Mostrar resultados experimentais e numéricos do escoamento sobre um cone-cilindro [arquivos da pasta Cd-numerico-experimental]

Aula 6: lecionada em 16 Set 2017 (período: 9:30-11:13; 58 alunos)

AVISO: a aula do dia 23 Set 2017 começará às 8:30 h e terminará ≈ 10:10 h

Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre testes estáticos [Trabalho_Teste_Estatico_EM_2017-2.pdf]
- 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]
- 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/HqcCpwleiu4>), 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: até seção 4.4]

Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 30 Set 2017: fazer o relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho_Teste_Estatico_EM_2017-2.pdf

Os dados dos testes estáticos estão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta [TRABALHO TESTES ESTATICOS](#)

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

- Equipe CEP: alunos e professores do CEP
- Equipe CEEP-NFM: alunos do CEEP-NFM
- Alunos do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR: em 3 equipes conforme informado por e-mail
- Os demais alunos deverão se organizar em equipes de 4 a 6 alunos

AVISO: não haverá aula no dia 9 Set 2017 devido ao recesso escolar na UFPR.

Aula 5: lecionada em 2 Set 2017 (período: 9:30-10:20; 53 alunos)

Objetivos:

- 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 7 testes estáticos de motores de minifoguetes das classes 1/4A, A, B, C, E e G com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente

Aula 4: lecionada em 26 Ago 2017 (período: 9:30-11:14; 59 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
- 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

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 2 Set 2017: 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

Aula 3: lecionada em 19 Ago 2017 (período: 9:30-11:07; 52 alunos)

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

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

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 26 Ago 2017: 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 26 Ago 2017 (na pasta [Apostila](#)):

- relatorio_TE_motores_BT_2010_Jul_e_Set_v4.pdf
- relatorio_analises_NetunoM_TE_2016_09_25.pdf
- 2015_Moro_Banco_Estatico_Caseiro_v1_em_2015-10-20.pdf

Aula 2: lecionada em 12 Ago 2017 (período: 9:30-11:10; 61 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]
- 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 os Recordes Brasileiros de Minifoguetes [2017-07-01_Recordes-BAR-10_resumo.pdf]

Tarefa para quem não veio à primeira aula do dia 5 Ago 2017: estudar o material visto na aula 1.

Tarefa (sem valer nota) para concluir até a aula do dia 19 Ago 2017: fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir com Capitulo_2_Respostas-exercicios_2017-08-17.pdf)

Aula 1: lecionada em 5 Ago 2017 (período: 9:35-11:40; 47 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: LAE-22 (Alpha/Edge; motor classe C; H = 159 m)
- Mostrar fisicamente um espaçomodelo na rampa de lançamento: T-2 (ThunderHawk/Estes; motor classe B; H = 94 m)
- Mostrar fisicamente minifoguetes experimentais: X-1 e Netuno-R-Beta/Paraná-VI (motor classe G; H = 489 m)
- Apresentar o edital sobre a forma de comunicação com os alunos [edital_ftp_TMEC-056_2017-2.pdf]
- Apresentar o plano de ensino da disciplina [plano_TMEC-056_2017-2.pdf]
- Mostrar fisicamente o manual da NAR (Stine)
- Apresentar a introdução à disciplina [Capitulo_1_Tipos_Foguetes_e_Minifoguetes_v2.pdf]
- Mostrar os recordes para cruzar os Estados Unidos [recorded_times_transportation_systems_NASA_1976.pdf]

Leituras recomendadas para fazer até o dia 12 Ago 2017:

- Material visto nesta aula
- PEB_IAE_2013_04_01.PDF