

## TM-273 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

# AULAS LECIONADAS EM 2013/2

Atualizado em 25 Nov 2013 às 8:08 h

**ATENÇÃO:** a reprovação por frequência nesta disciplina é atingida com 4 dias de faltas.

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

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

Os aplicativos estão em <ftp://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\_2013\_v7.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) e o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/>
- Orientação do prof. Marchi para trabalho de Iniciação Científica, Trabalho de Fim de Curso, Mestrado e Doutorado: ver o arquivo temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_setembro\_2013.pdf no site da disciplina

### Aula 15: PLANO para 9 Dez 2013

Objetivos:

- Apresentar os resultados dos lançamentos de 7 Dez 2013
- Esclarecer dúvidas a respeito do trabalho sobre lançamentos de espaçomodelo

Arquivos usados durante a aula:

- Resultados\_lancamentos\_7\_Dez\_2013.pdf (? p.)

### Aula 14: PLANO para 7 Dez 2013 (sábado) 8 h

**Atenção:** para entrar no Centro Politécnico neste dia, o aluno deverá se identificar na portaria, informando ao segurança que seu nome está em uma lista de autorização de entrada chamada de **LANÇAMENTOS DE ESPAÇOMODELOS**. Esta autorização vale para seus acompanhantes. Dependendo das condições climáticas (se estiver chovendo ou tenha chovido muito durante o dia anterior, ou esteja com vento muito forte), não serão feitos os lançamentos. Na dúvida, ligue para 9906-5002.

Local: campo de futebol número 1 do CED/UFPR

Hora: 8:00

Objetivos:

- Mostrar os equipamentos usados nos lançamentos
- Realizar 12 lançamentos de espaçomodelos com motor A6-0/BT/2010

**AVISO:** no dia 2 Dez 2013 não haverá aula devido ao recesso do Vestibular UFPR

### Aula 13: PLANO para 25 Nov 2013

Objetivos:

- Norma de segurança da NAR
- Lei RBHA-101
- Mostrar dois tipos de altímetro de bordo
- Mostrar resultados experimentais de altímetros de bordo
- Apresentar o trabalho sobre lançamentos de espaçomodelo
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto
- Executar parte do projeto durante a aula

Arquivos usados durante a aula:

- Normas de Segurança NAR.html
- LEI\_RBHA\_20101.pdf
- graficos\_altimetro\_de\_bordo\_1\_maio\_2010.pdf (3 p.)
- altimetro\_de\_bordo\_20\_outubro\_2013.pdf (? p.)

Tarefa (valendo nota) para entregar até o dia 18 Dez 2013: em equipe, relatório dos lançamentos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2013\_2.pdf

**Aula 12: lecionada em 18 Nov 2013 (período: 11:30-13:05=1h35; 11 alunos)**Objetivos:

- Estimativa experimental do apogeu
- Aprender a usar o programa computacional Apogeu 1.1 com os exemplos 1 e 2
- Mostrar os resultados dos lançamentos da turma 2010/2
- Comentar sobre o **Festival de Minifoguetes de Curitiba 2014**
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto
- Executar parte do projeto durante a aula

Arquivos usados durante a aula:

- Estimativa\_experimental\_do\_apogeu\_v2.pdf (6 p.)
- Apogeu\_1p1\_todos\_os\_arquivos.zip
- Resultados\_lancamentos\_28\_Nov\_2010.pdf (2 p.)
- Arquivos mencionados no arquivo LEIA-ME\_2013\_10\_16.pdf que estão na internet em <ftp://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Festival/>

**AVISO:** os alunos que tiverem interesse em integrar a equipe da UFPR que participará do **Festival de Minifoguetes de Curitiba 2014** devem enviar um e-mail para [marchi@ufpr.br](mailto:marchi@ufpr.br) informando o seu interesse.

**Aula 11: lecionada em 11 Nov 2013 (período: 11:30-12:45=1h15; 14 alunos)**Objetivos:

- Mostrar o efeito das empenas sobre o desempenho do Sondinha II
- Aprender a usar o programa computacional RockSim 7.0 com curva de empuxo própria
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto
- Executar parte do projeto durante a aula

Arquivos usados durante a aula:

- Otimizacao\_empenas\_Sondinha\_II\_Marchi\_et\_al\_1989.pdf
- RockSim7\_tutorial4.pdf (página 1 até a página 8)

**Aula 10: lecionada em 4 Nov 2013 (período: 11:29-13:14=1h45; 14 alunos)**Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre projeto de espaçomodelo
- Entregar 3 kits do espaçomodelo FM300/Acrux a cada uma das 4 equipes
- Aprender a usar o programa computacional RockSim 7.0 para calcular trajetória

Arquivos usados durante a aula:

- Trabalho\_Projeto\_TM273\_2013\_2.pdf
- RockSim7\_tutorial3.pdf (página 1 até a página 21)

Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 11 Nov 2013: em equipe, fazer o exercício 5.2 que está no arquivo Exercicio\_RockSim\_Tutorial\_3.pdf

Tarefa (valendo nota) para entregar até o dia 3 Dez 2013: em equipe, 3 espaçomodelos montados e relatório do projeto deles de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_TM273\_2013\_2.pdf

**Aula 9: lecionada em 28 Out 2013 (período: 11:30-13:20=1h50; 8 alunos)**Objetivos:

- Cap. 5 Trajetória

- Teoria sobre o programa computacional Trajetoria 1.0
- Aprender a usar o programa computacional Trajetoria 1.0 e fazer exercícios 1 a 4 e 6 a 8

Arquivos usados durante a aula:

- Capitulo\_05\_Trajectoria\_v2.pdf (página 1 até o fim da seção 5.5.2 na página 6)
- Trajetoria\_1p0.zip
- Trajetoria\_1p0\_teorias.pdf (página 1 a 5)
- Tutorial\_Trajectoria\_1p0.pdf (página 1 a 8)

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 4 Nov 2013: em equipe, fazer o exercício 5 que está no arquivo Tutorial\_Trajectoria\_1p0.pdf

### **Aula 8: lecionada em 21 Out 2013 (período: 11:30-13:00=1h30)**

Objetivo: encontrar os minifoguetes LAE-1 e 3.

### **Aula 7: lecionada em 14 Out 2013 (período: 11:30-13:11=1h41; 12 alunos)**

Objetivos:

- Cap. 4 Coeficiente de Arrasto ( $C_D$ )
- Aprender a usar o programa computacional RockSim 7.0 para calcular o  $C_D$

Arquivos usados durante a aula:

- Capitulo\_04\_Cd\_v2.pdf (página 1 até o fim da seção 4.6 na página 5)
- RockSim7\_tutorial\_2c.pdf (página 1 até a tabela 12 na página 9)

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 21 Out 2013: em equipe, fazer o exercício 4.1 que está no arquivo Exercicio\_RockSim\_Tutorial\_2c.pdf

**CONVITE:** no dia 20 Out 2013, a partir das 15:00 h, deverão ser realizados 3 lançamentos de espaçomodelos comerciais Alpha (modificado) com motor C6-5, paraquedas e altímetro. Para inscrição e detalhes, veja o blog <http://fogueteufpr.blogspot.com.br/>

### **Aula 6: lecionada em 7 Out 2013 (período: 11:35-13:07=1h32; 12 alunos)**

Objetivos:

- Aprender a usar o programa computacional RockSim 7.0 para calcular o CP
- Mostrar projetos de espaçomodelos inseridos no programa computacional RockSim 7.0

Arquivos usados durante a aula:

- rs700prd.zip (programa computacional RockSim 7.0)
- RockSim7\_tutorial1.pdf
- Exercicios\_RockSim\_Tutorial\_1.pdf (fazer o exercício 3.9 em aula)

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 14 Out 2013: em equipe, fazer os exercícios 3.10 e 3.11 que estão no arquivo Exercicios\_RockSim\_Tutorial\_1.pdf

**CONVITE:** no dia 1 Out 2013, a partir das 10:00 h, e no dia 4 Out 13, a partir das 10:00 h e das 13:30 h, serão realizados testes estáticos de micromotores-foguete da classe C6-0 com diversos tipos de tubeiras, no Laboratório de Máquinas Hidráulicas do DEMEC.

### **Aula 5: lecionada em 30 Set 2013 (período: 11:30-13:12=1h42; 11 alunos)**

Objetivos:

- Cap. 3 Estabilidade: CG, CP e E
- Demonstrar experimentalmente espaçomodelos estáveis (B-1) e instáveis (A-2), e fotos de voos estáveis (DI-14 e 16) e instáveis (DI-14, 19 e 22).
- Aprender a usar o programa computacional AeroCP 3.0 para calcular o CP

Arquivos usados durante a aula:

- Capitulo\_03\_Estabilidade.pdf (páginas 1 a 10).
- cap\_3\_escaneamento\_Stine.pdf
- relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf (páginas 16 e 17)

- AeroCP3\_tutorial\_1b.pdf
- AeroCp.exe

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 7 Out 2013: em equipe, fazer os exercícios 3.1 a 3.8 que estão no arquivo Exercicios\_Cap\_3\_Estabilidade.pdf

Leituras recomendadas (arquivos na pasta bibliografia):

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

#### **Aula 4: lecionada em 23 Set 2013 (período: 11:30-12:15=0h45; 14 alunos)**

Objetivos:

- Demonstrar o uso do sistema de ignição Quest com a queima de um ignitor.
- Explicar o funcionamento da bancada usada para realizar testes estáticos de motores de espaçomodelos, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente.
- Realizar 10 testes estáticos de motores de espaçomodelos do tipo A6-0/BT, de 2013, com aquisição de dados da força de empuxo ao longo do tempo de queima do propelente.
- Apresentar o trabalho sobre testes estáticos

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 14 Out 2013: em equipe, fazer o relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Testes\_Estatico\_TM273\_2013\_2.pdf

**Observação:** os dados dos testes estáticos estarão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta TRABALHO\_TESTES\_ESTATICOS, a partir do dia 25 de setembro.

**ATENÇÃO:** a aula 4, do dia 23 Set 2013, será no Laboratório de Máquinas Hidráulicas do DEMEC.

#### **Aula 3: lecionada em 16 Set 2013 (período: 11:30-13:10=1h40; 14 alunos)**

Objetivos:

- Comentar a magnitude de alguns parâmetros de motores da Estes
- Mostrar um relatório de testes estáticos feitos com motores de espaçomodelos
- Aprender a usar o programa computacional Curva\_Empuxo\_1p2 e fazer os 3 exercícios do tutorial
- Aprender a fazer análise de incertezas experimentais de curvas de empuxo

Arquivos usados durante a aula:

- Estes\_TN-2.pdf
- relatorio\_TE\_motores\_BT\_2010\_Jul\_e\_Set\_v4.pdf
- Curva\_Empuxo\_1p2.zip
- Tutorial\_Curva\_Empuxo\_1p2.pdf
- Analise\_de\_incertezas\_experimentais.pdf
- Planilha\_para\_calculo\_de\_incerteza.xls

**Tarefa (valendo nota)** para entregar até a aula do dia 23 Set 2013: em equipe, fazer os exercícios 1 a 12 do arquivo Analise\_de\_incertezas\_experimentais.pdf e entregar cópia impressa da planilha usada.

Tarefa sem valer nota:

- Estudar o arquivo relatorio\_TE\_motores\_BT\_2010\_Jul\_e\_Set\_v4.pdf
- Estudar o arquivo Estes\_TN-2.pdf

#### **Aula 2: lecionada em 9 Set 2013 (período: 11:35-13:05=1h30; 13 alunos)**

Objetivos:

- Capítulo 2. Motor-foguete de espaçomodelo
- Mostrar a lista atual de motores certificados pela NAR
- Mostrar a classificação dos tipos de motores da NAR
- Mostrar fisicamente motores de espaçomodelos: A6-0, B6-0, C6-0, C6-5 e E6-0
- Mostrar vídeos de motores de espaçomodelos em funcionamento
- Mostrar a evolução dos meios de transporte

Arquivos usados durante a aula:

- Capitulo\_02\_Motor-foguete\_de\_espacomodelo.pdf (páginas 1 a 8)
- motores\_certificados\_NAR\_2012-11-22.pdf
- codigo\_padrao\_motores\_da\_NAR.pdf
- relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf (páginas 4 a 9)
- Vídeos: BT-128\_A6-0, BT-129\_B6-0, BT-130\_C6-0, BT-123\_C6-5, LB-3\_E6-0
- recorded\_times\_transportation\_systems\_NASA\_1976.pdf

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 16 Set 2013: em equipe, fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila.

Tarefa para quem não veio à primeira aula do dia 2 Set 2013: estudar o material visto na aula 1.

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.

**CONVITE:** no próximo dia 5 Set 2013, a partir das 10:30 h, serão realizados testes estáticos de micromotores-foguete de PVC no Laboratório de Máquinas Hidráulicas do DEMEC, que fica ao lado do prédio da engenharia elétrica que está em construção.

### **Aula 1: lecionada em 2 Set 2013 (período: 11:35-13:15=1h40; 13 alunos)**

Objetivos:

- Apresentar o edital sobre a forma de comunicação com os alunos
- Apresentar o plano de ensino da disciplina
- Apresentar a introdução à disciplina
- Mostrar fisicamente minifoguetes: X-1 e Netuno-R
- Mostrar fisicamente espaçomodelos: Thunderhawk, VLS e VS-40 (kit)
- Mostrar fisicamente motores de espaçomodelos: A, B, C
- Mostrar fisicamente equipamentos: rampa de lançamento, SI, ignitor, altímetro de bordo
- Mostrar fisicamente um motor-foguete a propelente líquido: 200 N do INPE

Arquivos usados durante a aula:

- edital\_ftp\_TM273\_2013-2.pdf
- plano\_TM273\_2013-2.pdf
- referencias\_2010\_2\_e.pdf
- Capitulo\_01\_Tipos\_Foguetes\_e\_Minifoguetes.pdf

Tarefa para executar até o dia 9 Set 13:

- Estudar o material visto nesta aula
- Ler o arquivo relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf
- Ler o arquivo PEB\_IAE\_2013\_04\_01.PDF