

## TM-273 PROJETO E LANÇAMENTO DE ESPAÇOMODELOS

### AULAS LECIONADAS EM 2012/2

Atualizado em 7 Mar 2013 às 15:43 h

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 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)
- Orientação do prof. Marchi para trabalhos de Iniciação Científica, Trabalho de Fim de Curso e Mestrado: ver o arquivo temas\_para\_orientacao\_prof\_Marchi\_na\_graduacao\_novembro\_2010.pdf (1 página) no site da disciplina

#### Aula 16: PLANO para 15 Mar 2013

Objetivo: esclarecer dúvidas a respeito do trabalho sobre lançamentos de espaçomodelo

#### Aula 15: PLANO para 10 Mar 2013 (domingo)

**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 pela manhã, 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: 15:00

Objetivos:

- Mostrar os equipamentos usados nos lançamentos
- Realizar o lançamento de 9 espaçomodelos do tipo VS-40/BT com motor B6-0/BT

#### Aula 14: PLANO para 8 Mar 2013

Objetivos:

- Norma de segurança da NAR
- Lei RBHA-101
- Apresentar o trabalho sobre lançamentos de espaçomodelo

Arquivos usados durante a aula:

- Normas de Segurança NAR.html
- LEI\_RBHA\_20101.pdf

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até o dia 22 Mar 2013: em equipe, relatório dos lançamentos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Lancamento\_TM273\_2012\_2.pdf

#### Aula 13: lecionada em 1 Mar 2013 (período: 13:28-13:45=17m; 7 alunos)

Objetivos:

- Mostrar um altímetro de bordo
- Mostrar resultados experimentais de altímetros de bordo
- Esclarecer dúvidas sobre o projeto
- Executar parte do projeto durante a aula

Arquivos usados durante a aula:

- graficos\_altimetro\_de\_bordo\_1\_mai\_2010.pdf (3 p.)

### **Aula 12: lecionada em 22 Fev 2013 (período: 13:40-14:57=1h17; 3 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
- 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.)

### **Aula 11: lecionada em 15 Fev 2013 (período: 13:35-14:42=1h7; 11 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 8 Fev 2013 (período: 13:40-15:03=1h23; 6 alunos)**

#### Objetivos:

- Apresentar o trabalho sobre projeto de espaçomodelo
- Entregar 3 kits do espaçomodelo VS-40/Bandeirante a cada equipe
- Aprender a usar o programa computacional RockSim 7.0 para calcular trajetória

#### Arquivos usados durante a aula:

- Trabalho\_Projeto\_TM273\_2012\_2.pdf
- RockSim7\_tutorial3.pdf (página 1 até a página 21)

Tarefa (**valendo nota**) para entregar até a aula do dia 15 Fev 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 4 Mar 2013: em equipe, 3 espaçomodelos montados e relatório do projeto deles de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Projeto\_TM273\_2012\_2.pdf

### **Aula 9: lecionada em 1 Fev 2013 (período: 13:35-15:22=1h47; 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 8 Fev 2013: em equipe, fazer o exercício 5 que está no arquivo Tutorial\_Trajectoria\_1p0.pdf

### **Aula 8: lecionada em 25 Jan 2013 (período: 13:38-15:22=1h44; 11 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 1 Fev 2013: em equipe, fazer o exercício 4.1 que está no arquivo Exercicio\_RockSim\_Tutorial\_2c.pdf

### **Aula 7: lecionada em 21 Dez 2012 (período: 13:30-15:20=1h50; 5 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 25 Jan 2013: em equipe, fazer os exercícios 3.10 e 3.11 que estão no arquivo Exercicios\_RockSim\_Tutorial\_1.pdf

### **Aula 6: lecionada em 14 Dez 2012 (período: 13:37-15:20=1h43; 9 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 21 Dez 2012: 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

**Atenção:** a aula do dia 7 Dez 2012 será no Laboratório de Máquinas Hidráulicas do DEMEC.

### **Aula 5: lecionada em 7 Dez 2012 (período: 13:30-14:20=0h50; 12 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 12 testes estáticos de motores de espaçomodelos do tipo C6-0/BT, de 2010, 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 25 Jan 2013: em equipe, relatório dos testes estáticos de acordo com o texto do arquivo Trabalho\_Teste\_Estatico\_TM273\_2012\_2.pdf

Observação: os dados dos testes estáticos estarão disponíveis no site da disciplina, dentro da pasta TRABALHO\_TESTES\_ESTATICOS, a partir do dia 11 de dezembro.

**Aula 4: lecionada em 30 Nov 2012 (período: 13:39-15:10=1h31; 12 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 7 Dez 2012: em equipe, fazer os exercícios 1 a 12 do arquivo Analise\_de\_incertezas\_experimentais.pdf e 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 3: lecionada em 23 Nov 2012 (período: 13:35-15:15=1h40; 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:  $\frac{1}{4}$  A, A, B, C
- Mostrar vídeos de motores de espaçomodelos em funcionamento

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

Tarefa para executar até o dia 28 Nov 2012:

- Formar equipes com 4 alunos.
- Definir um chefe, coordenador ou representante de cada equipe.
- O chefe de cada equipe deverá enviar um e-mail ao prof. (marchi@ufpr.br), até o dia 28 Nov 2012, informando os nomes dos membros da sua equipe.

Tarefa (valendo nota) para entregar até a aula do dia 30 Nov 2012: em equipe, fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila.

Tarefa para quem não veio à primeira aula do dia 9 Nov 2012: 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.

**Aula 2: lecionada em 16 Nov 2012 (período: 13:23-14:15=52'; 1 aluno)**Objetivos:

- Explicar o funcionamento de uma bancada usada para aquisição de dados de força versus tempo.
- Realizar testes com a célula de carga S2-50/HBM e o sistema de aquisição de dados de força versus tempo, que será usado em testes de motores-foguete.

**Atenção:** a aula do dia 16 Nov 2012 será no Laboratório de Máquinas Hidráulicas do DEMEC, que fica ao lado do prédio da engenharia elétrica que está em construção.

**Aula 1: lecionada em 9 Nov 2012 (período: 13:30-15:23=1h53; 10 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 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\_2012-2.pdf
- plano\_TM273\_2012-2.pdf
- Capitulo\_01\_Tipos\_Foguetes\_e\_Minifoguetes.pdf
- referencias\_2010\_2\_e.pdf

Tarefa para executar até o dia 23 Nov 12:

- Estudar o material visto nesta aula
- Ler o arquivo relatorio\_final\_projeto\_AEN2\_CNPq\_2008\_v12.pdf