

Prof. C. H. Marchi

Roteiro das aulas

Atualizado em 10 Abr 2021 às 9:18 h

ATENÇÃO: para não reprovar por frequência, cada aluno deverá entregar pelo menos 5 dos 6 trabalhos do curso.

ATENÇÃO: os alunos inscritos no Curso **FOGUETEMODELISMO básico online** não têm prazo para entregar os trabalhos. Porém, o certificado de aproveitamento do curso só será emitido após o preenchimento dos formulários de avaliação dos trabalhos e com a obtenção de nota igual ou superior a 50 na escala de zero a 100. Devido às restrições de tempo, só será aceito um preenchimento por aluno do formulário de avaliação de cada trabalho.

Site da disciplina: <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/>

A APOSTILA está 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/>

Os aplicativos também estão disponíveis em:

- AeroCP 3.0: <https://drive.google.com/file/d/1RbHoih1NJj-e0xUntIo930OU4N24Uv2L/view?usp=sharing>
- Apogeu 1.1: https://drive.google.com/file/d/1uPe_NuBMKtx4g9nzmZN1pkqhkDfy8wBC/view?usp=sharing
- CD 2.1: <https://drive.google.com/file/d/1DGFfvqsOX0aW6QznJBcN368iZvCZ2GIR/view?usp=sharing>
- Curva Empuxo 1.2: https://drive.google.com/file/d/1jUnGf3R7yKT_fjY-9xmP7yQJ2cY_FedV/view?usp=sharing
- Trajetoria 1.1: <https://drive.google.com/file/d/16BMzYFePKnBpbExLYRDltKIVfbFqbOos/view?usp=sharing>
- Trajetoria 1.0: https://drive.google.com/file/d/1DWOck8P36OoFsYIuL-y83rpJ0axnJ_kn/view?usp=sharing

As 27 videoaulas estão disponíveis em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/>

Como entrar em contato comigo:

- Você poderá entrar em contato comigo pelo e-mail minifoguete@gmail.com.
- Às quintas-feiras, entre 21 e 22 horas, estou disponível para esclarecer dúvidas no seguinte link: <https://meet.google.com/qfp-njei-jho>
- Todas as videoaulas estão gravadas e seus links estão registrados no plano de cada aula abaixo. Portanto, você poderá rever as videoaulas quando quiser.
- Faça a sua inscrição no meu canal no YouTube no link <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/>. Depois clique no “sininho” para você receber as notificações deste canal, avisando sobre novos vídeos.

Breve apresentação sobre mim:

- Fiz graduação (1990), mestrado (1992) e doutorado (2001) em engenharia mecânica na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) em Florianópolis.
- Sou professor da UFPR (Universidade Federal do Paraná), em Curitiba, desde 1994 no Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC).
- No curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR já lecionei Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor, Programação em Fortran, Minifoguetes e Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).
- Leciono várias disciplinas de CFD e Fortran nas pós-graduações de engenharia mecânica e métodos numéricos em engenharia.
- Sou **fogueteiro (praticante do foguetemodelismo)** desde 1982 quando estava no ensino médio.
- Em 2005 criei o **Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS)** na UFPR para lecionar esta disciplina sobre foguetemodelismo e fazer pesquisa experimental sobre minifoguetes.

- A **disciplina sobre foguetemodelismo** já foi lecionada 17 vezes de forma presencial desde 2005 até o início de 2020, tendo sido realizados 166 testes estáticos de motores e 141 lançamentos de minifoguetes. Foram aprovados 292 alunos do ensino médio e superior, bem como professores.
- Em 2011 criei o **Laboratório de Atividades Espaciais (LAE)** que é a sede do GFCS.
- Em 2013 criei o **Festival de Minifoguetes de Curitiba** cujo primeiro evento ocorreu em 2014 e mais cinco até 2019.
- Em 2016 fundei a **Associação Brasileira de Minifoguetes (BAR)** junto com 12 grupos de foguetes; fui seu presidente até 2020.
- Em 2018 criei o **Museu de Minifoguetes** da UFPR/BAR.
- Em 2020 criei a **Maratona Brasileira de Minifoguetes** cujo primeiro evento deverá ocorrer em 2021.

Sobre o atual curso de foguetemodelismo:

- É a primeira vez que tem 45 horas de aula em vez de 30 anteriormente.
- É a primeira vez que é ofertado de forma online.

Habilidades que cada aluno deverá ter ao final do curso de foguetemodelismo:

- Entender a classificação dos motores de minifoguetes
- Calcular o impulso total e outros parâmetros dos motores de minifoguetes
- Calcular o centro de gravidade, centro de pressão e margem estática de minifoguete, prevendo a sua estabilidade
- Prever o coeficiente de arrasto de minifoguetes
- Estimar a trajetória de minifoguetes
- Com base em dados de solo, estimar o apogeu de minifoguetes
- Conhecer regras de segurança e legislação básica sobre minifoguetes
- Entender os efeitos da classe do motor, coeficiente de arrasto e massa do minifoguete sobre a sua trajetória
- Saber projetar um minifoguete e prever a sua trajetória

Aula 27 (última): lecionada em 13 Mar 2021 (9:30-11:05; máximo de 24 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:35:05 está disponível no link: <https://youtu.be/LZp1woq3yiQ>]

Objetivos:

- Comentar sobre a **Maratona Brasileira de Minifoguetes** de 2021:
 - Apresentação: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Maratona-2021/Apresentacao_MARATONA-2021_em_2020-07-31.pdf
 - Regras: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Maratona-2021/Regras_Maratona-2021_em_2020-07-31.pdf
- Apresentar relatório sobre os inscritos no curso. Atualmente:
 - Há 20 alunos do curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR.
 - Há 783 alunos externos à UFPR que estão inscritos no curso. Eles são dos níveis de ensino fundamental (8%), médio (25%), superior (46%) e pós-graduação (21%). São de todos os 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal e 7 países externos (Portugal, Espanha, França, Estados Unidos, Austrália, Alemanha e Canadá).
 - Total de alunos = 803
 - Dos 783 alunos externos à UFPR:
 - 26% já montaram e lançaram minifoguete
 - 22% são membros de equipes de foguetemodelismo
 - 44% nunca montaram nem lançaram minifoguete
 - 45% já assistiram lançamentos de minifoguetes
 - 16% já participaram de eventos de minifoguetes
 - 46% não sabem nada ou quase nada sobre minifoguetes mas têm interesse em aprender sobre eles
 - 77% têm interesse em Astronáutica
- Comentar sobre o próximo curso: **Foguetemodelismo experimental online**. Previsão de início: novembro de 2021. O curso aprofundará cálculos de CG, CP, Cd, trajetória e análise de voo. Incluirá preparo e carregamento do propelente KNSu em tubo-motor, previsão do desempenho de um motor com KNSu, obtenção experimental da taxa de queima do propelente em função da pressão de combustão, estimativa de parâmetros do motor com base em teste estático, projeto estrutural e sistemas de recuperação entre outros.
- Apresentar comentários de alunos sobre o curso: comentarios_alunos_2021-03-12.pdf
- Vídeo de Pablo Contreras sobre o Festival 2018: <https://www.youtube.com/watch?v=Zsmm4CMiPv4>

DOAÇÃO: quem puder, por favor, faça, quando for possível, uma doação através do PIX para a chave do tipo CPF número 58202811953. Quem não tiver PIX, favor pedir os dados bancários para depósito através do e-mail minifoguete@gmail.com. A sua doação ajudará o Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS) a continuar fazendo experimentos, desenvolvendo motores e minifoguetes, que contribuem para melhorar este curso/disciplina bem como divulgar cada vez mais o foguetemodelismo no Brasil, principalmente através dos eventos que organiza. A emissão do certificado de aproveitamento independe de doação. Desde já, ficamos muitíssimo gratos pelas doações. Faremos prestação de contas através de postagens no Blog do GFCS; por exemplo, veja a prestação de contas das doações recebidas em 2018 no link: <http://fogueteufpr.blogspot.com/2021/02/prestacao-de-contas-do-ano-2018.html>.

Links recomendados para você acompanhar as atividades do Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS):

- Canal no YouTube: <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi>; **inscreva-se ou mantenha-se inscrito no Canal para receber notificações sobre novos vídeos e o novo curso**
- Blog do GFCS: <http://fogueteufpr.blogspot.com/>

- Facebook do GFCS: <https://www.facebook.com/gfcsufpr>
- Facebook da BAR e do Festival de Minifoguetes: <https://www.facebook.com/groups/bar.minifoguete/>
- Instagram: <https://www.instagram.com/carloshenrique.marchi/>

Aula 26: lecionada em 9 Mar 2021 (17:55-19:24; máximo de 19 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:29:15 está disponível no link: <https://youtu.be/HTaA3BzSY6I>]

Abertura: vídeo sobre a participação de três equipes brasileiras em 2018 no maior evento do mundo sobre minifoguetes experimentais ([Spaceport America Cup](#) - Estados Unidos); duração de 5:13; link: <https://globoplay.globo.com/v/6844629/>

PEDIDO: lembrar pedido da aula passada.

Objetivos:

- Mostrar e comentar fotos do Museu de Minifoguetes da UFPR/BAR. No futuro, após a pandemia, quando passar por Curitiba, marque uma visita ao Museu através do e-mail minifoguete@gmail.com. O mesmo convite vale para os curitibanos.

AVISO-1: o arquivo de Referências ([referencias_2020-2c.pdf](#)) foi atualizado até o capítulo 5.

Dúvidas:

Aula de 19 Jan 2021:

- Como funciona a força de arrasto nos foguetes SN9 da SpaceX, que utiliza empenas, também no nariz desse foguete? *A Física do arrasto é a mesma, o que muda é a dimensão do foguete e, portanto, a sua força.*

Aula de 23 Jan 2021:

- Eu gostaria de saber como é calculado o tamanho das varetas da plataforma para diversos tamanhos de foguetes. *Pode-se simular a trajetória de cada minifoguete e ver em que altura ele atinge pelo menos 30 km/h (mais adequado seria 50 km/h); esse é comprimento mínimo indicado para a vareta ou hastes da rampa de lançamento; varetas ou hastes maiores, não tem problema, ajudam ainda mais.*
- Não entendi como vamos saber a pressão atmosférica de onde estamos? *Recomendo usar um App do Google que fornece pressão, altitude, temperatura e outros parâmetros do local que você estiver com um celular. Ele está disponível no seguinte link: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exatools.barometerandaltimeter&hl=pt_BR&gl=US*

Aula de 26 Jan 2021:

- Como vamos saber os dados básicos do motor além daqueles que são genéricos? Temos que fazer os testes estáticos ou temos outras fontes para consultar, como o fabricante, por exemplo? *O ideal seria fazer testes estáticos. Se não for possível, procurar dados no site do fabricante ou pedir diretamente ao fabricante. Por exemplo, veja dados do motor A3-2 da Bandeirante no link http://www.boavistamodelismo.com.br/detalhes_produto?produto_id=21*

Aula de 6 Feb 2021:

- Por que no gráfico aceleração x tempo a aceleração chega a $-2g$ se não há outra força atuando? Não deveria ser $-1g$? *Sempre que a aceleração estiver diferente de $-1g$ significa que há pelo menos alguma outra força além do peso provocado pela aceleração gravitacional. Por exemplo, na fase balística ascendente, haverá o peso e a força de arrasto no sentido negativo, fazendo com que a resultante seja sempre mais negativa do que $-1g$.*

Aula de 9 Feb 2021:

- Como o observador teria certeza do ângulo em relação ao apogeu? Usaria algum equipamento? *Sim, por exemplo o AltiTrak da Estes. Mas ele pode ser improvisado com um transferidor, peso e barbante.*

Aula de 13 Feb 2021:

- No método ideal A, não devemos levar em consideração também a altura do observador? *Os métodos ideais foram denotados pelos números 1 e 2: no caso deles, não é necessário fazer correções da altura do observador porque os tempos são medidos a partir da decolagem do minifoguete. Já no caso do apogeu obtido com os métodos geométricos A, B e C, de fato, o correto é somar a diferença entre a altura do olho do observador e o minifoguete na rampa de lançamento.*
- Quantos observadores são geralmente usados para conhecer o desvio vertical nos ensaios? *Com 2 ou 3 observadores é possível usar valor médio bem como estimar o desvio padrão.*

Aula de 23 Feb 2021:

- Quais lojas em Curitiba ou online eu posso comprar nitrato de potássio fertilizante confiável? *Recomendo adquirir o Krista K da Yara através do link [https://lista.mercadolivre.com.br/krista-k#D\[A:krista%20k](https://lista.mercadolivre.com.br/krista-k#D[A:krista%20k)*
- Lancei o minifoguete de baixo custo com um fio de 6 metros. É aconselhável usar 10 metros também para o de baixo custo? *Sim e seguir a [norma-BAR-1-2020 versao_2020-01-26.pdf](#).*

Aula de 27 Feb 2021:

- O valor desejado H_0 é estimado aleatoriamente pelo projetista? *Não. Ele é definido conforme a missão ou objetivo do minifoguete. Por exemplo, no caso do Trabalho sobre Projeto de Minifoguete o $H_0 = 75$ metros.*
- Se eu quebrar algum recorde em alguma categoria, como faço para provar a autenticidade e entrar para esta tabela de records? *Basta seguir as OBSERVAÇÕES que estão na página 2 da última edição dos records, disponível no seguinte link: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Recordes/2020-01-02_Recordes-BAR-17_resumo.pdf*
- Qual seria em tese o maior comprimento de um grão de KNSu viável? *Não sei. O que posso afirmar é que o GFCS/UFPR já carregou e testou duas vezes grão-propelente com 508 mm de comprimento e diâmetro externo de 44,1 mm. Eles foram testados em motores do tipo Urano-Gama e funcionaram sem anomalias. Um vídeo mostrando os testes pode ser visto no seguinte link: <https://youtu.be/5laedlKEfmo>*
- O antichama é comprado? Existe material alternativo para utilizar como antichama? Qual? *Usamos sacos plásticos de hot dog comprado em supermercado.*

- Existem minifoguetes feitos com peças em impressora 3D? *Sim. Alunos desse curso presencial têm feito seus minifoguetes com impressão 3D. Temos um no Museu que foi feito em 2014 pela Edge of Space e lançado no Festival de 2014.*
- Esses orifícios para o altímetro aumentam o coeficiente de arrasto? *Não.*
- Vocês já tentaram fazer um altímetro com Arduino? *Sim, o altímetro LAE-P em 2016. Veja informações nos seguintes links:*
<http://fogueteufpr.blogspot.com/2016/03/lae-p-nosso-primeiro-altimetro-para.html>
<http://fogueteufpr.blogspot.com/2016/03/lae-p-tutorial-de-altimetro-para.html>

Aula de 6 Mar 2021:

- Hoje, na reta final do curso somos quantos alunos? *Inscritos e matriculados são 804. Porém o número de trabalhos entregues foram: 102, 88, 53, 35 e 33.*
- Quais universidades brasileiras participam da competição? *No Brasil são dezenas de universidades e algumas escolas do ensino médio e do ensino fundamental. Nos Estados Unidos já participaram 7: ITA (2º em 2015), UFABC, IFG/UnB, USP, UERJ (3º em 2018) e UFPel.*

Leitura recomendada sobre foguetes brasileiros:

- Livro [Introdução à Tecnologia de Foguetes](#) de Ariovaldo Felix Palmerio, engenheiro aposentado do IAE

Aula 25: lecionada em 6 Mar 2021 (9:28-11:35; máximo de 20 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2:07:09 está disponível no link: <https://youtu.be/4LV6eL2RtUo>]

Abertura: vídeo sobre o maior evento (2017) do mundo sobre minifoguetes experimentais ([Spaceport America Cup](#) - Estados Unidos); duração de 3:20; link: https://www.youtube.com/watch?v=4uGLOy3BRN0&ab_channel=SpaceportAmerica

PEDIDO: por favor, mande um e-mail para minifoguete@gmail.com, até o dia 11 de março (quinta-feira), comentando o impacto do *curso foguetemodelismo básico online* sobre o seu conhecimento e atividades com minifoguetes. Se puder, adicione ao e-mail fotos e vídeos mostrando algo que você fez; por exemplo, algum minifoguete e seu lançamento, algum teste estático e sua análise, algum projeto de minifoguete, uso de minifoguetes em suas aulas etc. Fique à vontade também para enviar críticas visando indicar pontos a serem melhorados em futuras edições do curso. Alguns desses e-mails serão selecionados para serem apresentados na última aula, no dia 13 de março. Portanto, só mande textos e imagens que está disposto a compartilhar com os demais alunos. Agradeço pelas contribuições.

Objetivos:

- Mostrar fisicamente dois tipos de localizadores de bordo: T630 e Spot Trace [[2 tipos localizadores 2021-03-04b.jpg](#)]
- Mostrar resultados de 2 voos do localizador Spot Trace:
 - [Spot-Trace_Urano-PR-14_LT-2018-08-06.pdf](#)
 - [Spot-Trace_Urano-PR-20_LT-2019-01-15.pdf](#)
- Comentar sobre eventos de minifoguetes realizados no Brasil:
 - [Latin American Space Challenge \(LASC\)](#), agosto, Tatuí (SP) [2019 (500, 1k e 3k)]
 - [Demonstrações de minifoguetes da MOBFOG/OBA](#), outubro a dezembro, Barra do Piraí (RJ) [2018 e 2019 (300)]
 - [COBRUF](#), dezembro, Parnamirim (RN) [2015, 2017 e 2019 (1k e 3k)]
 - [Festival Brasileiro de Minifoguetes](#), abril/maio, Curitiba (PR) [anual de 2014 a 2019 (várias categorias)]
 - [Maratona Brasileira de Minifoguetes](#), out-dez/2021, no local que cada equipe quiser (várias categorias).
- Vídeos sobre os *Festivais Brasileiros de Minifoguetes*:
https://www.youtube.com/playlist?list=PL8sw0GHHQcy088F_SUo4YtTK0iExwykS

Vídeo da UFPR sobre o Festival 2019; duração 3:21;

https://www.youtube.com/watch?v=BqYXt318o0I&list=PL8sw0GHHQcy088F_SUo4YtTK0iExwykS&index=6&ab_channel=UFPRTV

DOAÇÃO: quem puder, por favor, faça uma doação através do PIX para a chave do tipo CPF número 58202811953. Quem não tiver PIX, favor pedir os dados bancários para depósito através do e-mail minifoguete@gmail.com. A sua doação ajudará o Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS) a continuar fazendo experimentos, desenvolvendo motores e minifoguetes, que contribuem para melhorar este curso/disciplina bem como divulgar cada vez mais o foguetemodelismo no Brasil, principalmente através dos eventos que organiza. A emissão do certificado de aproveitamento independe de doação. Desde já, ficamos muitíssimo gratos pelas doações. Faremos prestação de contas através de postagens no Blog do GFCS; por exemplo, veja a prestação de contas das doações recebidas em 2018 no link: <http://fogueteufpr.blogspot.com/2021/02/prestacao-de-contas-do-ano-2018.html>.

Leituras recomendadas sobre esta aula:

- *Festival Brasileiro de Minifoguetes* [[Festivais apresentacao OBA 2019.pdf](#)]

Aula 24: lecionada em 2 Mar 2021 (18:00-19:11; máximo de 24 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:11:05 está disponível no link: https://youtu.be/dV8eJkIMF_s]

Objetivos:

- Esclarecer dúvidas do 6º Trabalho sobre Projeto de Minifoguete [[Trabalho Projeto 2020-2.pdf](#)] (**vale nota e frequência**)
- Apresentar resultados experimentais de altímetros de bordo:
 - Altimeter Two: [Altimetro_Altimeter-Two_resultados_LAE-21_LT-23_Mar-2014.pdf](#)
 - MicroPeak: [Altimetro_MicroPeak_grafico_LAE-45_LT-2014-04-11.pdf](#) e [Altimetro_MicroPeak_tabelas_LAE-45_LT-2014-04-11.pdf](#)
 - MAU: [Altimetro MAU_NRB-PR7b_LT-2017-09-07.xlsm](#)

- StratoLogger: [Altímetro StratoLogger grafico NRB-PR8-v2_sl-3_LT-2017-10-29.pdf](#) e [Altímetro StratoLogger listagem NRB-PR8-v2_sl-3_LT-2017-10-29.pdf](#)
- Resultados do voo do minifoguete LAE-90 (4 altímetros): [\[Altímetros 3-MicroPeak e 1-MAU tabela LAE-90 LT-2016-12-05.pdf\]](#)
- Comentar sobre o altímetro LAE-P (2016) do GFCS/UFPR: <http://fogueteufpr.blogspot.com/2016/03/lae-p-nosso-primeiro-altimetro-para.html>
<http://fogueteufpr.blogspot.com/2016/03/lae-p-tutorial-de-altimetro-para.html>
- Comentar sobre o [PION Altimeter Lite](#) [[PION-Altimeter-Lite-Datasheet-R00.pdf](#)]
- Comentar sobre os altímetros do GFT/UTFPR-FB: hRocket e rRocket.
- Mostrar fisicamente sete tipos de altímetro de bordo: Alt15K/WD; Altimeter Two; MicroPeak; MAU; StratoLogger; hRocket; e rRocket [[7 tipos altímetros 2021-03-04b.jpg](#)].

AVISO-2: é possível que esteja havendo problemas de incompatibilidade entre os sistemas operacionais que os alunos e o professor usam bem como com o download feito pelo prof. dos formulários de avaliação dos trabalhos preenchidos pelos alunos, gerando notas incorretas dos trabalhos. Portanto, qualquer aluno que acreditar que sua nota de algum trabalho esteja muito diferente do esperado, recomendo enviar-me por e-mail as respostas que foram preenchidas no formulário de avaliação, visando uma revisão da nota.

AVISO: o formulário de avaliação do 6º [Trabalho Projeto 2020-2.pdf](#) está disponível no seguinte link:

- https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc4agkHloWtDGERWF-Hs-RPM_8HiflSzo0oxF4NGofv81TuNw/viewform

Leituras recomendadas sobre esta aula:

- blog Foguete UFPR: [Comparacao do apogeu fornecido por altímetros a bordo 2017-01-12.pdf](#)
- blog Foguete UFPR: [Comparação de 3 altímetros Marchi 2014-12-29.pdf](#)

Aula 23: lecionada em 27 Fev 2021 (9:30-11:36; máximo de 19 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2:06:29 está disponível no link: <https://youtu.be/LGWDPxwyibA>]

Objetivos:

- Roteiro de projeto de foguetemodelo para apogeu exato [[ROTEIRO PROJETO MINIFOGUETE 2020-2.pdf](#)]
- Mostrar recordes brasileiros de apogeu [[2020-01-02 Recordes-BAR-17 resumo.pdf](#)]
- Apresentar o texto do 6º Trabalho sobre Projeto de Minifoguete [[Trabalho Projeto 2020-2.pdf](#)] (**vale nota e frequência**)
- Esclarecer dúvidas do 5º [Trabalho sobre Apogeu](#) (**vale nota e frequência**)
- Comentar brevemente sobre a nomenclatura básica de foguetemodelismo [[norma-BAR-2-2020 versao 2020-12-03.pdf](#)]
- Apresentar resultados experimentais de altímetros de bordo:
 - Alt15K/WD: primeiro registro de voo do GFCS com altímetro a bordo de minifoguete em 1º Mai 2010 [[Altímetro Alt15WD grafico T2 LT-1-Mai-2010 primeiro-registro-GFCS.pdf](#)]
 - Alt15K/WD: [Altímetro Alt15WD grafico LAE 36 LT 13 Abr 2014.pdf](#) e [Altímetro Alt15WD listagem LAE 36 LT 13 Abr 2014.pdf](#)

AVISO: o formulário de avaliação do 6º [Trabalho Projeto 2020-2.pdf](#) está disponível no seguinte link:

- https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc4agkHloWtDGERWF-Hs-RPM_8HiflSzo0oxF4NGofv81TuNw/viewform

AVISO-2: o formulário de avaliação do 5º Trabalho sobre Apogeu está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSej2zPGRGW5NxGWmY3f8mtknAoWU3qKeERII0YMbJSzUG4GNw/viewform>

Leituras recomendadas sobre esta aula:

- Ler a nomenclatura básica de foguetemodelismo [[norma-BAR-2-2020 versao 2020-12-03.pdf](#)]

Aula 22: lecionada em 23 Fev 2021 (18:00-19:14; máximo de 22 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:14:20 está disponível no link: <https://youtu.be/2R9BcnJF-5Q>]

Objetivos:

- Comentar sobre [blog Minifoguete 2016-05-31 Amplitude do controle do Exercito sobre Minifoguetes.pdf](#)
- Apresentar a norma de segurança da BAR para foguetemodelismo [[norma-BAR-1-2020 versao 2020-01-26.pdf](#)]
- Esclarecer dúvidas do 5º [Trabalho sobre Apogeu](#) (**vale nota e frequência**)

AVISO-2: o formulário de avaliação do 5º Trabalho sobre Apogeu está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSej2zPGRGW5NxGWmY3f8mtknAoWU3qKeERII0YMbJSzUG4GNw/viewform>

Leituras e atividades recomendadas para fazer até a próxima aula:

- Ler a norma de segurança da BAR para foguetemodelismo [[norma-BAR-1-2020 versao 2020-01-26.pdf](#)]

Aula 21: lecionada em 13 Fev 2021 (9:30-11:38; máximo de 15 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2:08:17 está disponível no link: <https://youtu.be/k9biyVJUmCk>]

Objetivos:

- Apresentar o **Capítulo 6. Análise de voo de Foguetemodelo**
Arquivo [Capitulo-6 Analise de voo de foguetemodelo v3.pdf](#) [revisão e seção 6.8]
 - 6.8 Exemplos
- Ensinar a usar o [aplicativo Apogeu 1.1:](#)

- Fazer download do arquivo **Apogeu_1p1_todos_os_arquivos.zip** que está disponível no seguinte link: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Apogeu_1p1/
- Descompactar o arquivo **Apogeu_1p1_todos_os_arquivos.zip**
- Executar o arquivo **Apogeu_1p1.exe** com o exemplo 1: no arquivo Apogeu_1p1_dados.txt colocar o nome do arquivo **Exemplo1_Apogeu_1p1_dados.txt**
- Executar o arquivo **Apogeu_1p1.exe** com o exemplo 2: no arquivo Apogeu_1p1_dados.txt colocar o nome do arquivo **Exemplo2_Apogeu_1p1_dados.txt**
- **AVISO: sobre o apogeu dos métodos A, B e C, para uma precisão maior, deve-se somar a altura da mão do observador em relação à altura do minifoguete na sua rampa de lançamento. E sendo usado altímetro para comparação, deve-se considerar a altura do altímetro em relação ao solo.**

- Mostrar os resultados dos lançamentos da turma de 2019/2; o objetivo era projetar e lançar um minifoguete com motor da classe A para que o tempo total de voo fosse de 10 segundos [[Resultados TMEC-056 LT-2019-11-23.pdf](#)]
- Apresentar a aplicação dos vários métodos ao minifoguete Altair I [[tabela comparacao metodos 2021-02-11.pdf](#)]
- Esclarecer dúvidas do 4º [Trabalho sobre Trajetória \(vale nota e frequência\)](#)
- Apresentar o texto do 5º [Trabalho sobre Apogeu \(vale nota e frequência\)](#)
- Mostrar [2 fotos](#) do minifoguete LAE-134/v6 que será usado no 5º **Trabalho sobre Apogeu**
- Comentar sobre [Como obter autorização da Aeronáutica para lançar minifoguetes](#)

AVISO-1: quando for indicado no **aplicativo CD 2.1** que não há tubo-guia e/ou estopim, deve-se usar o valor zero nos 5 campos de dados; foi constatado que mesmo sendo indicado que não há tubo-guia, quando se usam valores diferentes de zero nos 3 dados dele, ocorre incorretamente alteração no resultado do Cd.

AVISO-2: no site <https://archive.org/> há muitos livros disponíveis sobre foguetemodélismo e diversas outras áreas do conhecimento. Os livros podem ser emprestados gratuitamente para serem lidos de forma virtual; é necessário fazer um cadastro. Por exemplo, lá está disponível o livro do STINE, G. H. **Handbook of Model Rocketry**. 7 ed. New York: Wiley, 2004.

AVISO: o formulário de avaliação do 5º Trabalho sobre Apogeu está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSej2zPGRGW5NxGWmY3f8mtknAoWU3qKeERI0YmbJSzUG4GNw/viewform>

AVISO: o formulário de avaliação do 4º [Trabalho sobre Trajetória](#) está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfvmRNMccmQ1SWgXW77kjaOIQXXpVYfhp9bNPmwqWCSIBehA/viewform>

Leituras e atividades recomendadas para fazer até a próxima aula:

- Ver o vídeo “Queima de tabletes de KNSu” do GFCS/UFPR bem como a sua descrição; duração de 3:27; link: <https://youtu.be/kCafsbInfOU>

Aula 20: lecionada em 9 Fev 2021 (18:00-19:07; máximo de 18 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:07:16 está disponível no link: https://youtu.be/rK_uYP-q9xk]

Objetivos:

- Apresentar o **Capítulo 6. Análise de voo de Foguetemodélo**
Arquivo [Capitulo-6 Analise de voo de foguetemodélo v3.pdf](#) [seções 6.1 a 6.7]; em paralelo, mostrar equipamentos: cronômetro; GPS; inclinômetro, Altitrak, barômetro, anemômetro, bússola.
 - 6.1 Método Ideal 1
 - 6.2 Método Ideal 2
 - 6.3 Método A
 - 6.4 Método B
 - 6.5 Método C
 - 6.6 Método D: aplicativo Trajetoria 1.0 ou 1.1
 - 6.7 Medições dos lançamentos
- Esclarecer dúvidas do 4º [Trabalho sobre Trajetória \(vale nota e frequência\)](#)

AVISO: o formulário de avaliação do 4º [Trabalho sobre Trajetória](#) está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfvmRNMccmQ1SWgXW77kjaOIQXXpVYfhp9bNPmwqWCSIBehA/viewform>

Aula 19: lecionada em 6 Fev 2021 (9:30-11:35; máximo de 19 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2:04:57 está disponível no link: <https://youtu.be/PWzCumtlr1c>]

Objetivos:

- Aprender a determinar o **Cd efetivo** com o [aplicativo Trajetoria 1.1](#). Procedimento: a partir do Cd médio fornecido pelo aplicativo CD 2.1, testar outros 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. Em vez do apogeu, outros parâmetros como o tempo total de voo também podem ser usados como referência, isto é, igualar algum resultado simulado ao voo real.
- **Exemplo 1** de Cd efetivo com o motor BT-312 que apresenta o maior It usando o arquivo LAE-84-max-cd_dados.txt, para o minifoguete LAE-84 com Cd = 0.75 (valor médio do aplicativo CD 2.1) obtém-se H = 98.5 m; mas o apogeu real foi de 102.8 m. Assim, testando-se diversos valores de Cd (mostrar com 0.75, 0.70 e 0.66) chega-se a Cd = 0.66 que resulta em H = 102.6 m (quase idêntico ao apogeu real). Portanto, o Cd efetivo desse voo, para o motor com maior It = 1.56 N.s (motor BT-312) é 0.66, que é 12% menor do que o valor 0.75 do aplicativo CD 2.1.

- **Exemplo 2** de Cd efetivo com o motor BT-316 que apresenta It médio usando o arquivo LAE-84-var-cd_dados.txt, para o minifoguete LAE-84 com empuxo variável e $Cd = 0.75$ (valor médio do aplicativo CD 2.1) obtém-se $H = 96.1$ m; mas o apogeu real foi de 102.8 m. Assim, testando-se diversos valores de Cd (0.75, 0.70 e 0.62), chega-se a $Cd = 0.62$ que resulta em $H = 103.0$ m (quase idêntico ao apogeu real). Portanto, o Cd efetivo desse voo, para empuxo variável do motor de It médio = 1.52 N.s (motor BT-316) é 0.62, que é 17% menor do que o valor 0.75 do aplicativo CD 2.1.
- Deve-se notar que cada motor que for usado como referência, resultará em um Cd efetivo diferente. O mesmo ocorre quando se usa um Cd médio ou curva de Cd do aplicativo CD 2.1 ou de outro qualquer: para cada motor usado, seja com empuxo constante ou variável, resultará em apogeu diferente.
- Mostrar o **efeito da massa de decolagem** (Mo) do minifoguete LAE-84 sobre o seu apogeu. Usar como base os dados do exemplo 1, acima, para mostrar como gerar novo arquivo de dados com base em um já existente: abrir o arquivo LAE-84-max-cd_dados.txt e salvar como LAE-84-teste_dados.txt:
 - Simular com Trajetoria 1.1 $Mf = 45.47$ que resulta em $Mo = 50$ g e apogeu = 42.6 m
 - Simular com Trajetoria 1.1 $Mf = 10.47$ que resulta em $Mo = 15$ g e apogeu = 147.4 m
 - Simular com Trajetoria 1.1 $Mf = 5.47$ que resulta em $Mo = 10$ g e apogeu = 132.8 m
 - Mostrar o gráfico que está no arquivo [LAE-84_H_x_Mo_2021-02-04.pdf](#)
- Apresentar o texto do 4º **Trabalho sobre Trajetória (vale nota e frequência)**
- Apresentar dados do minifoguete LAE-90 que será usado no 4º **Trabalho sobre Trajetória**:
 - Apresentar **8 fotos**
 - Apresentar o arquivo [C6-5_Bandeirante_Fev-2010_CURVAS_DE_EMPUXO_testes_estaticos_2010-2011.pdf](#)
 - Apresentar o arquivo [C6-5_Bandeirante_Fev-2010_DADOS_testes_estaticos_2010-2011.pdf](#)
 - Apresentar o arquivo [curva_empuxo_BT-139.txt](#)
 - Apresentar o arquivo [Curva_LAE-90.png](#)
 - Apresentar o arquivo [Curva_trajetória_LAE-90.txt](#)
 - Apresentar o arquivo [LAE-90_relatorio-de-lancamento.pdf](#)
 - Apresentar o arquivo [LAE-90_comparacao-altimetros.pdf](#)

AVISO-3: o **aplicativo CD 2.1** não aceita acentuação nos nomes dos arquivos de saída e a carregar.

AVISO: o formulário de avaliação do 4º **Trabalho sobre Trajetória** está disponível no seguinte link:

- <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfvmRNMccmO1SWgXW77kjaOIQXXpVYfhp9bNPmwqWCSiBehA/viewform>

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

Com o **aplicativo Trajetoria 1.1**, verificar os resultados da trajetória do minifoguete LAE-84 com Cd e empuxo constantes para os seguintes casos:

- Motor BT-314 que apresenta o menor It usando o arquivo LAE-84-min-cd_dados.txt (Cd efetivo = 0.51)
- Motor BT-316 que apresenta o It médio dos 5 motores usando o arquivo LAE-84-med-cd_dados.txt (Cd efetivo = 0.60)

Alguns resultados da trajetória, para conferência, são apresentados no arquivo [LAE-84_estudo_2017-10-19.pdf](#) identificados como MOTOR MIN e MED, respectivamente.

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 18: lecionada em 2 Fev 2021 (18:00-19:19; máximo de 25 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:18:47 está disponível no link: <https://youtu.be/10qDICAQqko>]

Objetivos:

- Ensinar a usar o **aplicativo Trajetoria 1.1**:
 - Fazer download do arquivo **Trajectoria_1p1_2017-2.zip** que está disponível no seguinte link: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Trajectoria_1p1_2017-2/
 - Descompactar o arquivo **Trajectoria_1p1_2017-2.zip**
- Mostrar dados do minifoguete LAE-84 que será usado nos exemplos:
 - Apresentar o arquivo [LAE-84_dados.pdf](#)
 - Apresentar o arquivo [LAE-84_relatorio-de-lancamento.pdf](#)
 - Apresentar o arquivo [A6-2_Bandeirante_Abr_2014_DADOS_testes_estaticos_2014.pdf](#)
Correção: neste arquivo, onde lê-se tej deve-se ler tqt, e onde lê-se tqt deve-se ler tej
 - Apresentar o arquivo [BT316_Curva_Empuxo_2p1_saida_B.txt](#)
 - Apresentar o arquivo [CD_Curva_LAE-84.png](#)
 - Apresentar o arquivo [CD_variavel_LAE-84.txt](#)
 - Apresentar o arquivo [LAE-84_estudo_2017-10-19.pdf](#)
- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.1 com **Cd e empuxo constantes** para valores médios do It e tqp dos 5 motores dos testes estáticos:
 - Executar o arquivo **Trajectoria_1p1.exe**
 - No arquivo Trajetoria_1p0_dados.txt colocar o nome do arquivo LAE-84-med_dados.txt; salvar e fechar
 - Ver os dados que estão no arquivo LAE-84-med_dados.txt; fechar

- Analisar os resultados apresentados pelo aplicativo (é necessário fechar cada arquivo apresentado para continuar)
- Aprender a usar o aplicativo Trajetoria 1.1 com **Cd e empuxo variáveis** com dados do motor BT-316:
 - Executar o arquivo **Trajetoria_1p1.exe**
 - No arquivo Trajetoria_1p0_dados.txt colocar o nome do arquivo LAE-84-var_dados.txt; salvar e fechar
 - Ver os dados que estão no arquivo LAE-84-var_dados.txt
 - Notar que a curva de empuxo é dada pelo arquivo BT316_Curva_Empuxo_2p1_saida_B.txt
 - Notar que a curva de Cd é dada pelo arquivo CD_variavel_LAE-84.txt
 - Fechar o arquivo LAE-84-var_dados.txt para executar a simulação da trajetória
 - Analisar os resultados apresentados pelo aplicativo (é necessário fechar cada arquivo apresentado para continuar)
- Esclarecer dúvidas do 3º **Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto (vale nota e frequência)**

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto está disponível no seguinte link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfXUyQCR9csrz6B3Xr6WmOTJ9cVNdxumf9amX2CqEUIZXJU5w/viewform>

AVISO-3: o **aplicativo CD 2.1** não aceita acentuação nos nomes dos arquivos de saída e a carregar.

AVISO-1: quando for indicado no **aplicativo CD 2.1** que não há tubo-guia e/ou estopim, deve-se usar o valor zero nos 5 campos de dados; foi constatado que mesmo sendo indicado que não há tubo-guia, quando se usam valores diferentes de zero nos 3 dados dele, ocorre incorretamente alteração no resultado do Cd.

AVISO: grupo público **Foguetemodelismo Online** no Facebook onde são discutidos assuntos relacionados ao curso; link <https://www.facebook.com/groups/413557973254508>

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

Com o **aplicativo Trajetoria 1.1**, calcular a trajetória do minifoguete LAE-84 para Cd e empuxo constantes para os seguintes casos:

- Motor BT-314 que apresenta o menor It usando o arquivo LAE-84-min_dados.txt
- Motor BT-312 que apresenta o maior It usando o arquivo LAE-84-max_dados.txt

Alguns resultados da trajetória, para conferência, são apresentados no arquivo [LAE-84 estudo 2017-10-19.pdf](#) identificados como CASO MIN e MAX, respectivamente.

Aula 17: lecionada em 30 Jan 2021 (9:30-11:46; máximo de 22 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2:16:05 está disponível no link: <https://youtu.be/m8vIsg2tDSI>]

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 5. Trajetória de Foguetemodelo**
 - Arquivo [Capitulo-5 Trajetoria de foguetemodelo v3b.pdf](#) [revisão e seções 5.5 e 5.6]
 - 5.5 Solução analítica da trajetória
 - 5.6 Solução analítica para a fase terminal
- Esclarecer dúvidas do 3º **Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto (vale nota e frequência)**
- Ensinar a usar o **aplicativo Trajetoria 1.0** (Cd e empuxo constantes):
 - Fazer download do arquivo **Trajetoria_1p0.zip** que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Trajetoria_1p0/
 - Descompactar o arquivo **Trajetoria_1p0.zip**
 - Apresentar o arquivo [Trajetoria_1p0 teoria-v2.pdf](#) (páginas 1 a 3)
 - Apresentar o arquivo [Tutorial Trajetoria_1p0 v2.pdf](#) (páginas 1 a 13)

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Fazer os exercícios 1 a 8 da página 14 do arquivo [Tutorial Trajetoria_1p0 v2.pdf](#)

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto está disponível no seguinte link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfXUyQCR9csrz6B3Xr6WmOTJ9cVNdxumf9amX2CqEUIZXJU5w/viewform>

AVISO-3: o **aplicativo CD 2.1** não aceita acentuação nos nomes dos arquivos de saída e a carregar.

AVISO-1: quando for indicado no **aplicativo CD 2.1** que não há tubo-guia e/ou estopim, deve-se usar o valor zero nos 5 campos de dados; foi constatado que mesmo sendo indicado que não há tubo-guia, quando se usam valores diferentes de zero nos 3 dados dele, ocorre incorretamente alteração no resultado do Cd.

Leituras recomendadas:

- [Deducao trajetoria-1D sem-arrasto.pdf](#)
- [Trajetoria_1p0 teoria-v2.pdf](#)

Aula 16: lecionada em 26 Jan 2021 (17:58-19:06; máximo de 21 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:07:52 está disponível no link: <https://youtu.be/18YTkiX02Tw>]

Abertura: testes do GFCS/UFPR de 10 Jan 2021; duração de 1:14; link: <https://youtu.be/5laedlKEfmo>

Objetivos:

- Apresentar o texto do 3º **Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto (vale nota e frequência)**
- Apresentar parte do **Capítulo 5. Trajetória de Foguetemodelo**
 - Arquivo [Capitulo-5 Trajetoria de foguetemodelo v3b.pdf](#) [seções 5.1 a 5.4]
 - 5.1 Objetivo
 - 5.2 Fases do voo

- 5.3 Pontos importantes da trajetória
- 5.4 Forças durante o voo sem vento

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Coeficiente de Arrasto está disponível no seguinte link: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfXUyQCR9csrZ6B3Xr6WmOTJ9cVNdxumf9amX2CqEUIZXJU5w/viewform>

AVISO-3: o aplicativo CD 2.1 não aceita acentuação nos nomes dos arquivos de saída e a carregar.

AVISO-1: quando for indicado no aplicativo CD 2.1 que não há tubo-guia e/ou estopim, deve-se usar o valor zero nos 5 campos de dados; foi constatado que mesmo sendo indicado que não há tubo-guia, quando se usam valores diferentes de zero nos 3 dados dele, ocorre incorretamente alteração no resultado do Cd.

Aula 15: lecionada em 23 Jan 2021 (9:26-11:26; máximo de 20 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1:59:25 está disponível no link: <https://youtu.be/4mkWit9P4R8>]

Abertura: vídeo que explica o curso *Foguetemodelismo básico online* em **fluxo contínuo**, ou seja, como fazer o curso e trabalhos a qualquer momento e receber o respectivo certificado de aproveitamento. Este vídeo, com duração de 4:06 está disponível no link <https://youtu.be/P4Nr9bIY5EY>

Objetivos:

- Ensinar a usar o [aplicativo Cd 2.1](#) para calcular coeficiente de arrasto C_D ; exemplo: Sondinha II padrão ([Sondinha-II-padrao.pdf](#))
 - Fazer download do arquivo [Cd_2.1_2017-04.zip](#) que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Cd_2.1_2017-04/
 - Descompactar e executar o aplicativo **CD 2.1.exe** seguindo o tutorial do arquivo [Sondinha-II-padrao.pdf](#)
 - Mostrar exemplo de carregamento de dados de caso já existente: Pluto-I

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Fazer os exercícios 4.1 a 4.3 que estão na seção 4.8 (página 13) do arquivo [Capitulo-4 Aerodinamica de foguetemodelo v3b.pdf](#).

AVISO-3: o aplicativo CD 2.1 não aceita acentuação nos nomes dos arquivos de saída e a carregar.

AVISO: quando for indicado no aplicativo CD 2.1 que não há tubo-guia e/ou estopim, deve-se usar o valor zero nos 5 campos de dados; foi constatado que mesmo sendo indicado que não há tubo-guia, quando se usam valores diferentes de zero nos 3 dados dele, ocorre incorretamente alteração no resultado do Cd.

AVISO-1: os alunos inscritos no Curso *Foguetemodelismo básico online* não terão mais prazo para entregar os trabalhos. Porém, o certificado de aproveitamento do curso só será emitido após o preenchimento dos formulários de avaliação dos trabalhos e com a obtenção de nota igual ou superior a 50 na escala de zero a 100. Devido às restrições de tempo, só será aceito um preenchimento por aluno do formulário de avaliação de cada trabalho.

AVISO-2: a partir da próxima semana, os alunos poderão esclarecer dúvidas diretamente com o professor por videoconferência. As sessões serão semanais às quintas-feiras entre 21 e 22 horas. A primeira sessão será no dia 28 de janeiro de 2021. Estas sessões não serão aulas. Os alunos deverão apresentar suas dúvidas na própria sessão. As sessões serão através do Google Meet. O link para a primeira sessão é <https://meet.google.com/qfp-njei-jho>.

Leituras recomendadas sobre o aplicativo Cd 2.1:

- [Apresentação.pdf](#)
- [Manual tecnico.pdf](#)

Aula 14: lecionada em 19 Jan 2021 (17:55-19:17; máximo de 29 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h22m está disponível no link: <https://youtu.be/qEPTfBOjRZY>]

Abertura: testes anômalos do GFCS/UFPR; duração 4:33 link: <https://youtu.be/Ze-vS4mKveM>

Objetivos:

- Fazer uma revisão do **Capítulo 4. Aerodinâmica de foguetemodelo**
Arquivo [Capitulo-4 Aerodinamica de foguetemodelo v3b.pdf](#): revisão das seções 4.1 a 4.7
- Mostrar efeitos aerodinâmicos [[Stine7 Cd-extrado 2017-09-15.pdf](#) p.156 em diante e [2017-06-21 10.15.21.jpeg](#)]

Dúvidas:

Aula de 12 Dez 2020:

- Pode-se usar o OpenRocket? *No curso, o OpenRocket poderá sempre ser usado quando for equivalente aos aplicativos específicos do curso. Fora do curso, recomendo seu uso.*
- Professor me inscrevi esta semana ainda posso entregar o primeiro trabalho? Estou assistindo as aulas passadas. *Sim, principalmente agora com o sistema de fluxo contínuo.*
- Qual o critério para usar 3 ou 4 empenas? e quando se deve usar mais empenas, por exemplo vejo que alguns modelos de foguetes tem empenas na frente do foguete próximo do nariz. *Caso o objetivo seja reduzir o arrasto aerodinâmico para aumentar o apogeu, geralmente são usadas 3 empenas. Para aumentar a margem estática, é comum usar 4 empenas. Comumente, quando há mais de um conjunto de empenas, significa que há mais de um estágio no minifoguete.*
- Alguma indicação de onde comprar o motor do foguete de baixo custo? Qual o nome do motor? *Motores para o minifoguete de baixo custo podem ser adquiridos em lojas de fogos de artifício. Pedir foguetes de vara com a vara tendo cerca de 30 cm de comprimento. Nesse caso, os motores serão geralmente das classes 1/2A ou A. Pode-se comprar de qualquer fabricante.*

Aula de 15 Dez 2020:

- A força de arrasto que vc fala é a resistência do ar? *Sim.*
- O arrasto é o freio aerodinâmico? *Não. É a força de resistência do ar ao movimento do minifoguete.*
- Para ter menos força de arrasto é que os centros de lançamento são construídos próximos ao mar (praia)? *Não. Ao nível do mar a força de arrasto é maior do que em altitudes elevadas, como em Curitiba. O local dos centros de lançamento depende de vários fatores; a questão de proximidade ao mar deve-se à segurança do lançamento.*
- Essa temperatura para o cálculo de ρ é dada em Kelvin? *Sim. Nessa equação, $\rho = p/RT$, a pressão é em Pascal e o ρ em kg/m^3 .*
- Como saber o coeficiente de arrasto se a força de arrasto precisa dela e vice-versa? *Primeiro obtém-se a força de arrasto (D) experimentalmente ou teoricamente. Depois, com a Eq. (4.3), calcula-se o C_d .*

Aula de 19 Dez 2020:

- Qual o tamanho da vareta guia para lançar o minifoguete de baixo custo? *Preferencialmente 50 centímetros ou mais. Mas é provável que funcione bem com apenas 30 centímetros. Nós usamos uma de 70 centímetros.*
- As pontas (arestas) das empenas poderiam ser arredondadas para diminuir o D ou C_d ? *Sim. Ver a figura 4.7 da apostila.*
- Por que o nariz de alguns foguetes da Space X tem diâmetro maior que o tubo do foguete? *É para atenuar o D ou C_d ? Não. Geralmente quando o nariz tem diâmetro maior que o tubo do foguete é para acomodar uma carga útil grande.*

AVISO: o arquivo de [referências](#) foi atualizado até o capítulo 4.

Aula 13: lecionada em 19 Dez 2020 (9:26-11:30; máximo de 26 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2h4m está disponível no link: <https://youtu.be/qRCUND4KpvQ>]

Abertura: testes do GFCS/UFPR em 6 Dez 2020; duração 2:04 link: <https://youtu.be/BKKffcYaUp8>

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 4. Aerodinâmica de foguetemodelo**
Arquivo [Capitulo-4 Aerodinamica de foguetemodelo v3b.pdf](#): [seções 4.4 a 4.7]
 - Revisão das seções 4.1 a 4.3
 - 4.4 Valores de C_D
 - 4.5 Principais fatores que afetam o C_D
 - 4.6 Exemplo do efeito de d , C_D e V
 - 4.7 Efeito das empenas do Sondinha II sobre C_D
- Esclarecer dúvidas do **trabalho sobre estabilidade (vale nota e frequência):**
 - Ver o arquivo [Trabalho Estabilidade 2020-2b EXTERNOS-a-UFPR.pdf](#)
- Mostrar efeitos aerodinâmicos [[Stine7_Cd-extrado_2017-09-15.pdf](#) até p. 155]

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Estabilidade está disponível no seguinte link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfhpNscIjMwlm-JnefQxJZWwmKLLt7fICzhR4LI7I8f7eRvMg/viewform>

Leituras recomendadas:

- [Otimizacao_empenas_Sondinha_II_Marchi_et_al_1989.pdf](#)
- [TR-11 AERODYNAMIC DRAG OF MODEL ROCKET.pdf](#)

Aula 12: lecionada em 15 Dez 2020 (17:56-19:11; máximo de 29 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h14m está disponível no link: <https://youtu.be/7rgqFfMe78I>]

Abertura: testes do foguete SLS da NASA em túneis de vento; duração 2:18 + 1:04 nos links:

https://www.youtube.com/watch?v=zm3Qt6JnB6c&ab_channel=NASA%27sMarshallSpaceFlightCenter

https://www.youtube.com/watch?v=6vm2qBHphrI&ab_channel=DiscoveryCanada

AVISO: devido à reivindicação de direitos autorais, foi cortado 1:06 min do vídeo inserido nessa aula 12 que mostra um experimento de queda livre de penas e bola de boliche em laboratório da NASA com ar e vácuo. O vídeo completo do trecho cortado, de 4:41 min, pode ser visto diretamente no link <https://youtu.be/E43-CfukEgs>.

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 4. Aerodinâmica de foguetemodelo**
Arquivo [Capitulo-4 Aerodinamica de foguetemodelo v3b.pdf](#): [seções 4.1 a 4.3]
 - 4.1 Definições
 - 4.2 Determinação experimental do C_D e D
 - 4.3 C_D e D teóricos
- Texto do **trabalho sobre estabilidade (vale nota e frequência):**
 - Ver o arquivo [Trabalho Estabilidade 2020-2b EXTERNOS-a-UFPR.pdf](#)

AVISO: para quem não está conseguindo usar o aplicativo AeroCP no Windows, o Murilo Silva preparou um tutorial que mostra como resolver o problema. Este tutorial está disponível no

• arquivo [Tutorial Instalação AeroCp 3.0.0 -- erro MSCOMCTL.OCX.PDF](#)

• e no grupo <https://www.facebook.com/groups/123296184720083> no dia 15 Dez 2020

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Estabilidade está disponível no seguinte link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfhpNscIjMwlm-JnefQxJZWwmKLLt7fICzhR4LI7I8f7eRvMg/viewform>

Aula 11: lecionada em 12 Dez 2020 (9:25-11:30; máximo de 27 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2h5m está disponível no link: https://youtu.be/s_ZjRiBnqe8]

Abertura: teste da Starship SN8 da Space X; duração 7:30; ver 1:48:00 a 1:55:30 no link: https://www.youtube.com/watch?v=ap-BkkrRg-o&ab_channel=SpaceX

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 3. Estabilidade de foguetemodelo**
 - Arquivo [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#): [seções 3.6 a 3.8]
 - Revisão das seções 3.1 a 3.5
 - 3.6 Exemplo do efeito da geometria das empenas sobre o CP
 - 3.7 Exemplos reais de trajetória de minifoguetes
 - Páginas 16 e 17 do [relatorio_final_projeto_AEN2_CNPq_2008_v12.pdf](#)
 - 3.8 Comentários
- Ensinar a usar o programa computacional AeroCP 3.0:
 - Fazer download do arquivo **AeroCp.rar** que está disponível no seguinte link: <http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/AeroCP3/>
 - Descompactar o arquivo **AeroCp.rar**
 - Instalar o aplicativo executando o arquivo **SETUP**
 - Executar o aplicativo **AeroCp.exe** seguindo o tutorial do arquivo [AeroCP3_tutorial_1b.pdf](#)
- Apresentar o texto do **trabalho 2 sobre estabilidade (vale nota e frequência)**:
 - Ver o arquivo [Trabalho Estabilidade 2020-2b EXTERNOS-a-UFPR.pdf](#)

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

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Estabilidade está disponível no seguinte link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfhpNscIjMwIm-JnefQxJZWwmKLLt7fICzhR4Ll7I8f7eRvMg/viewform>

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#) já visto nas aulas 9 a 11.
- Fazer os exercícios 3.5 a 3.8, sobre CP, que estão nas páginas 19 e 20 do [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#); as respostas estão na página 20.

Dúvidas:

- O ideal são quantas aletas? *Em português, em vez de aleta, o termo mais correto é empena. A quantidade de empenas dependerá de cada projeto, avaliando-se número e dimensões das empenas para a margem estática desejada, levando em conta o arrasto aerodinâmico (Capítulo 4 da apostila).*
- Poderia pegar o peso total do foguete e dividir por 2 para saber o CG (meio do foguete)? *Pode mas o erro será grande, em geral. O erro fica menor se dividir o minifoguete em partes como mostrado no Capítulo 3 da apostila.*
- Como eles testavam a ação da atmosfera (atrito) nos foguetes? *Com modelos em escala reduzida testados em túnel de vento, medindo a força do ar sobre os modelos.*
- Vamos ter alguma parada nas aulas nesse final de ano ou ano novo? *Sim, a última aula de 2020 será no dia 19 de dezembro e a primeira aula de 2021 será em 19 de janeiro.*
- Além da estabilidade aerodinâmica os foguetes grandes utilizam outros sistemas de estabilidade como giroscópio? *Sim, giroscópio ou outros equipamentos para reconhecer a posição e motores auxiliares ou outros meios para seguir a direção desejada.*
- O tipo de nariz da SpaceX é parabólico? *Sim, parece que os foguetes da Space X têm nariz do tipo parabólico.*
- No cálculo do valor médio do impulso total, $It = m \times v$, que massa é essa? *O It é calculado com a eq. 2.1 da apostila. Um dado motor com It poderá fornecer uma velocidade v a um minifoguete com massa m .*
- É melhor o E ser mais próximo de 1 ou de dois? *De dois.*

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

Leituras recomendadas:

- [tir-30_estabilidade.pdf](#)
- [tir-33_CP.pdf](#)

Aula 10: lecionada em 8 Dez 2020 (18:00-19:08; máximo de 36 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h14m está disponível no link: <https://youtu.be/3qujKgZz03E>]

Abertura: teste de motor de foguetemodelo em câmara a vácuo; vídeo com 8m5s no link:

https://www.youtube.com/watch?v=czwBWB5u6Hg&t=10s&ab_channel=WarpedPerception

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 3. Estabilidade de foguetemodelo**
 - Arquivo [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#): [seções 3.3 a 3.5]
 - Revisão das seções 3.1 a 3.3
 - 3.3 Margem Estática (E) [a partir da página 11]
 - 3.4 Cálculo do CP com o Método de Barrowman
 - Sonda II: o primeiro foguetemodelo brasileiro; mais informações no link: <https://fogueteufpr.blogspot.com/2015/07/o-primeiro-espacomodelo-brasileiro-o.html>
 - 3.5 Exemplo de cálculo do CP

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (**não valem nota; não precisa enviar ao professor**):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#) já visto nas aulas 9 e 10.
- Fazer os exercícios 3.1 a 3.4, sobre CG, que estão na página 19 do [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#); as respostas estão na página 20.

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Testes Estáticos está disponível no seguinte link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScdOd1a01Wfz_ruAO6pg-FwzLXMvrDGBhicG1jl_m800i8UUA/viewform

Aula 9: lecionada em 5 Dez 2020 (13:26-15:32; máximo de 20 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2h5m está disponível no link: <https://youtu.be/z-bJcXKHSY4>]

Abertura: Foguetes - National Geographic; vídeo com 5m16s no link: https://video.nationalgeographic.com/video/science/101-videos/0000016b-dd68-d9ed-a5fb-ddfc68550000?source=searchvideo&fbclid=IwAR0zK-D-IFhEatgOf945IRSFRFbCO9AvVfjzhn5uKTogLVLwQj4XEc-s_c

Dúvidas:

- “Nome e número dos motores testados” o que seria esse número? MLB-3 = o número seria o 3 ou é a ordem do TE? *MLB significa Motor Long Burn, denominação da empresa fabricante dele, a Bandeirante. Os números referem-se a cada motor específico do lote que a UFPR adquiriu da Bandeirante.*
- Quando o último dígito for 9 eu posso arredondar ou perco ponto? *Use os valores fornecidos pelo aplicativo Curva-Empuxo 1.2.*
- A Data e hora local e etc. é a data e hora que nós geramos no curva empuxo? e o local seria do laboratório ou da nossa casa? *Essas informações estão no arquivo [Roteiro LongBurn TE 8 Jun 2013.pdf](#)*
- Um exemplo no caso quando a massa de propelente não chega em 1kg pode ser usado 0,40 alguma coisa? *A unidade de massa no aplicativo é kg. Se, por exemplo, a massa de propelente for 40 gramas deverá ser usado 0.040 kg; o aplicativo usa ponto decimal em vez de vírgula.*

Objetivos:

- Revisar o uso do programa computacional Curva_Empuxo_1p2:
 - Fazer download do arquivo [Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2.zip](#) que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2/
 - Descompactar e executar o aplicativo [Curva_Empuxo_1p2.exe](#) seguindo o tutorial do arquivo [Tutorial_Curva_Empuxo_1p2_em_2014-08-20.pdf](#)
- A partir do arquivo dados_BT-8.txt, criar o arquivo dados_novo.txt. Colocar neste, os dados do motor BT-16, ou seja, executar o aplicativo com original = BT-16_HBM.txt e M = 0.004956 kg.
- Esclarecer dúvidas sobre o **trabalho de testes estáticos (vale nota e frequência)**:
 - Ver o arquivo [Trabalho Teste-Estatico 2020-2 EXTERNOS-a-UFPR.pdf](#)
- Apresentar parte do **Capítulo 3. Estabilidade de foguetemodelo**
Arquivo [Capítulo-3 Estabilidade-de-foguetemodelo v3b.pdf](#): [seções 3.1 a 3.3]
 - 3.1 Centro de Gravidade (CG)
 - 3.2 Centro de Pressão (CP)
 - 3.3 Margem Estática (E) [até página 10]
 - http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/apostila/cap_3_escaneamento_Stine.pdf

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Testes Estáticos está disponível no seguinte link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScdOd1a01Wfz_ruAO6pg-FwzLXMvrDGBhicG1jl_m800i8UUA/viewform

Aula 8: lecionada em 1º Dez 2020 (18:00-19:22; máximo de 38 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h22m está disponível no link: <https://youtu.be/4c2V3U6OU00>]

Dúvidas:

- O motor fica totalmente livre neste suporte da bancada média de teste?
- Qual seria o objetivo desses testes e cálculos de motores, antes e depois? O objetivo seria no controle de qualidade dos fabricantes?
- Como a força foi medida em newtons negativos?
- Qual o fabricante, modelo, características do sistema de aquisição de dados? Células de carga tipo S2 de 50 N (e outras), módulo de aquisição de dados Spider 8 e software Catman Express 4.5, tudo da HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik).

Objetivos:

- Revisar o uso do programa computacional Curva_Empuxo_1p2:
 - Fazer download do arquivo [Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2.zip](#) que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2/
 - Descompactar e executar o aplicativo [Curva_Empuxo_1p2.exe](#) seguindo o tutorial do arquivo [Tutorial_Curva_Empuxo_1p2_em_2014-08-20.pdf](#)
- Fazer os 3 exercícios do tutorial
- Esclarecer dúvidas sobre o **trabalho de testes estáticos (vale nota e frequência)**:
 - Ver o arquivo [Trabalho Teste-Estatico 2020-2 EXTERNOS-a-UFPR.pdf](#)

Aula 7: lecionada em 28 Nov 2020 (9:26-11:32; máximo de 24 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2h6m está disponível no link: <https://youtu.be/T1u-IJnP3m8>]

Abertura: animação da integração do foguete VLS e seu voo; vídeo com 3m24s produzido pelo IAE/DCTA no link:

<https://www.facebook.com/homemdoespaco/videos/770484597061442/UzpfSTEwMDAwOTI3ODIwMjQ5NjoyNjIxMzMyMzk0NTE5MzQx/>

Objetivos:

- **Testes estáticos de 8 Jun 2013** de seis motores long burn (MLB) da Bandeirante da classe nominal E6-0:
 - Fotos das bancadas e equipamentos
 - Fotos pré-TE
 - Fotos TE
 - Fotos pós-TE
 - Vídeos dos 6 TE
 - Vídeo do teste BT-416 do motor C6-7 da Bandeirante
 - Arquivo **dimensoes_e_massas_dos_motores_MLB_TE_8_Jun_2013.PDF**
 - Arquivo **Roteiro_LongBurn_TE_8_Jun_2013.PDF**
 - Arquivo **MLB-3.TXT**
 - Arquivo **curva_de_empuxo_MLB-3_total.PDF**
- Ensinar a usar o programa computacional Curva_Empuxo_1p2:
 - Fazer download do arquivo **Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2.zip** que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2/
 - Descompactar e executar o aplicativo **Curva_Empuxo_1p2.exe** seguindo o tutorial do arquivo [Tutorial_Curva_Empuxo_1p2_em_2014-08-20.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Tutoriais/Tutorial_Curva_Empuxo_1p2_em_2014-08-20.pdf)
- Fazer os 3 exercícios do tutorial
- Apresentar o texto do **trabalho 1 sobre testes estáticos (vale nota e frequência)**:
 - Ver o arquivo [Trabalho_Teste-Estatico_2020-2_EXTERNOS-a-UFPR.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Trabalhos/Trabalho_Teste-Estatico_2020-2_EXTERNOS-a-UFPR.pdf)

AVISO: o formulário de avaliação do Trabalho sobre Testes Estáticos está disponível no seguinte link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScdQd1a01Wfz_ruAQ6pg-FwzIXMvrDGBhicG1jI_m800i8UUA/viewform

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (**não valem nota; não precisa enviar ao professor**):

- 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.
- No arquivo disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Divulgacao/texto%20minicurso%20KNSu%20Carlos-Edu_e_Filipe_2019-05-08.pdf há informações sobre preparo e carregamento a frio do propelente KNSu

Aula 6: lecionada em 24 Nov 2020 (17:55-19:23; máximo de 43 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h28m está disponível no link: <https://youtu.be/bXBWUTx4uEQ>]

Abertura: teste de motor de foguetemodelo em câmara a vácuo; vídeo com 5m28s no link:

https://www.youtube.com/watch?v=GxBRQXxBRic&ab_channel=WarpedPerception

Dúvidas da 5ª aula não respondidas:

- Neste mesmo Canal (Warped Perception) há testes de queima no vácuo e também submerso na água? Sim, vejam em Vácuo (5:28): https://www.youtube.com/watch?v=GxBRQXxBRic&ab_channel=WarpedPerception Água (8:05): https://www.youtube.com/watch?v=czwBWB5u6Hg&ab_channel=WarpedPerception
- Qual a capacidade dessa célula de carga da bancada de vocês? Temos várias células de carga, desde 20 a 5000 N.
- Sou do ensino médio e estou acostumado a usar $G=10$; posso usar assim no cálculo de Imp. específico médio? Não. O correto é usar $G=9,80665\text{ m/s}^2$.
- O valor da aceleração gravitacional, g , varia com a altitude? Sim mas para a maioria dos minifoguetes, o efeito da variação do G é muito pequeno sobre a trajetória.
- Tem como medir G no local do lançamento? Sim. Há equipamentos que medem o G com 8 ou 9 algarismos.
- Tem como calcular o valor de g em função da latitude e altitude? Tem uma equação pra isso? Sim, mas são modelos aproximados, ou seja, não é o G real; se for medido, há erro.
- Qual o nome do app q faz cálculo de trajetória? Do curso: Trajetoria 1.0 e 1.1.
- Eu gostaria de saber se é necessário transformar o I_t , t_q , e M_p dos motores foguete para a mesma unidade de medida para que possa calcular o Emed, c , I_s e f_m ? Se preciso, como que posso fazer para transformar unidades de medida de massa em unidades de medida de tempo? Adotando-se as unidades SI da seção 2.4 da apostila, não é necessário transformar unidades.
- Não entendi a funcionalidade da carga temporizadora. Ela é usada para ejetar o paraquedas próximo ao apogeu do minifoguete.
- Dúvidas sobre os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila? Conferir os resultados com o arquivo [Capitulo-2 Respostas dos exercicios 2020-01-14.pdf](#).

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**
Arquivo [Capitulo-2_Motor-para-foguetemodelo_v5.pdf](#) [revisão e página 19]:
 - 2.5 Propelentes de minifoguetes
- Comentar o arquivo [Stine-6_p-78-9_2017-08-18.pdf](#)
- Ensinar a usar o aplicativo Curva_Empuxo_1p2.

- Para isso, fazer download do arquivo **Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2.zip** que está disponível no link http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Aplicativos/Curva_Empuxo_1p2_para_disciplina_EM_2014_2/
- Depois, descompactar e executar o aplicativo **Curva_Empuxo_1p2.exe** seguindo o tutorial do arquivo [Tutorial_Curva_Empuxo_1p2_em_2014-08-20.pdf](#)
- Fazer os 3 exercícios do tutorial

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- 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.
- Ler o arquivo [2015 Moro Banco Estatico Caseiro v1 em 2015-10-20.pdf](#)

Aula 5: lecionada em 17 Nov 2020 (18:00-19:25; máximo de 48 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h25m está disponível no link: <https://youtu.be/S64RKh4zVlc>]

Abertura: comparação do tamanho de foguetes; vídeo com 3m01s no link:

<https://www.facebook.com/UNILADTech/videos/2702121519901622>

Dúvidas da 4ª aula não respondidas:

- 1) Pode retirar a pólvora da bomba e utilizar o temporizador para acionar paraquedas! Sim
- 2) A altitude do local de lançamento tem relação com a altura alcançada pelo foguete? Sim
- 3) Isso tudo é propelente sólido não é? Propelente líquido não é usado em competições? Sim e sim.
- 4) O skib pode ser reutilizado em outros motores? Sim, geralmente. O squib é descartável.
- 5) A escolha do altímetro não afeta o registro de recordes? Afeta um pouco.
- 6) Eu quis dizer para comparar os recordes de grupos diferentes. Não tem um erro para cada altímetro, que na hora de comparar gera dúvida? Geralmente não se leva o erro de altímetro em consideração. Usa-se o valor lido.
- 7) Em todos os lançamentos, calcula-se o rho e o Reynolds ou não necessariamente? No cálculo do Cd e Fd, sim.
- 8) Estou com uma altitude de 560m, perco muito em relação aos lançamentos ao nível do mar? Não, você ganha, um pouco.
- 9) Quanta pressão máxima aproximadamente há entre a tubeira e a câmara de combustão? E como é instalada a tubeira para que não seja ejetada? Em alguns motores para foguetemodelos que já calculei e li isso, a pressão máxima é aproximadamente 10 atmosferas. A tubeira é instalada com injetora sob pressão, como rolhas em garrafas.
- 10) Os foguetes e minifoguetes usam perfis aeronáuticos? Podem usar mas para reduzir o arrasto e não para sustentação.
- 11) Faz diferença fazer o teste estático com o motor na posição vertical ou horizontal? Sim, pequena.
- 12) A carga ejetora é calculada pela mistura ou pela quantidade? Geralmente pelos dois.
- 13) Motor construído com tubo de PVC e tubeira de massa epóxi fica bom, razoável ou muito ruim? Pode ficar bom, depende dos detalhes.
- 14) Minifoguetes e mísseis são basicamente iguais? O motor sim, o objetivo, não.
- 15) Em percentagem, o motor deve ter quanto de força a mais que a massa total do foguete? 50% é o suficiente? O recomendado é que o empuxo médio seja maior do que 3 vezes o peso do minifoguete.
- 16) O grão-propelente é a carga propulsora? Sim
- 17) O modelo Estrela seria o melhor custo benefício? O estrela é usado para ter força de empuxo mais constante e maior empuxo.
- 18) Qual é o termo que devo usar para pedir o motor do foguete de baixo custo na loja de fogos? Foguete de vara.

Objetivos:

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**
Arquivo [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) [revisão e páginas 13-vídeo a 20]:
 - 2.3 Curva de empuxo
 - 2.4 Parâmetros da curva de empuxo
- Mostrar a folha de certificação da NAR do motor Apogee A2 [[Apogee A2.pdf](#)]

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

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- Fazer os 4 exercícios da seção 2.7 da apostila (conferir os resultados com o arquivo [Capítulo-2 Respostas dos exercicios 2020-01-14.pdf](#))
- Ver parâmetros variáveis da curva de empuxo do motor MLB-3 na pasta [Exemplo_Curva-Empuxo-3.1](#) da Apostila

Avisos:

- Quem quiser apenas assistir às aulas sem entregar/fazer os trabalhos, não tem problema. Apenas, não receberá ao final do curso o certificado de aproveitamento.

Aula 4: lecionada em 14 Nov 2020 (9:30-11:35; máximo de 53 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 2h5m está disponível no link: <https://youtu.be/A7dT08tTwRo>]

- Apresentar parte do **Capítulo 2. Motor para foguetemodelo**
Arquivo [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) [seções 2.1 a 2.3 até a figura 10]:
 - 2.1 Componentes do motor-foguete
 - 2.2 Classificação dos motores

➤ 2.3 Curva de empuxo

- Mostrar a tabela completa de classes de motores [NAR_tabela_classes_2020-11-12.pdf]
- Mostrar motores brasileiros próprios para foguetemodelos: A6-0, B6-0, C6-5 e E6-0 da Bandeirante.
- Mostrar motores dos Estados Unidos próprios para foguetemodelos: A8-3 da Estes e D21-7 da Aerotech.
- Mostrar tampa, tubeira e propelente de um motor da Bandeirante para foguetemodelo.
- Mostrar motores de fogos de artifício adaptados para foguetemodelos.
- Mostrar um sistema de ignição da Quest.
- Mostrar 4 tipos de ignitores da Bandeirante, Estes, squib e Aerotech.
- Mostrar vídeos de motores para foguetemodelos em funcionamento:
 - A6-0/Bandeirante (BT-128): <https://youtu.be/4rIonqayByQ>
 - B6-0/Bandeirante (BT-129): <https://youtu.be/CCpI6sPo1ZA>
 - C6-0/Bandeirante (BT-130): https://youtu.be/X7_pM8bshzA
 - C6-5/Bandeirante (BT-123): <https://youtu.be/moIcL-WbU0s>
 - E6-0/Bandeirante (MLB-3): <https://youtu.be/Guw3b4hjstI>

Links recomendados:

- Astronáutica: Canal Homem do Espaço em https://www.youtube.com/channel/UChj94_poS4qFchVssuqbBmg
- Astronomia, Ciência e Filosofia: Canal do Schwarza (Poligonautas) em <https://www.youtube.com/user/poligonautas>
- Ciência e Tecnologia: Canal Manual do Mundo em <https://www.youtube.com/user/iberethenorio>
- Ciência: Canal Ciência Todo Dia em <https://www.youtube.com/c/CienciaTodoDia/featured>

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Estudar o conteúdo do [Capítulo-2 Motor-para-foguetemodelo v5.pdf](#) visto nessa aula.
- Ler calmamente e com toda a sua atenção este arquivo que poderá esclarecer suas dúvidas.

AVISO: ainda não foi passado nenhum trabalho valendo nota. O primeiro está na aula 7 do dia 28 Nov 2020.

Aula 3: lecionada em 10 Nov 2020 (18:00-19:48; máximo de 75 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h48m está disponível no link: <https://youtu.be/Y4aG-MvUj54>]

- Esclarecer dúvidas sobre o curso da 2ª aula:
 - 1) Não há lista de presença nas aulas pois a frequência será concedida a cada trabalho entregue no prazo; abrir o Plano de Ensino e explicá-lo.
 - 2) Quem não conseguir ver as aulas AO VIVO poderá assisti-las quando for possível pois as aulas ficam gravadas.
 - 3) Recomendo fazer inscrição no meu Canal no YouTube em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/> para receber notificações sobre novos vídeos de aulas etc.
 - 4) As aulas ficarão no YouTube enquanto esta empresa permitir.
 - 5) Os vídeos do curso e material didático podem ser divulgados e usados livremente; no caso do material didático, só peço que citem a fonte. Podem imprimir os arquivos da apostila. Eles são arquivos PDF, em geral. Basta fazer download.
 - 6) O aluno que não recebeu nenhum e-mail meu, até o momento, deve ter cadastrado seu e-mail incorretamente quando fez a inscrição. Neste caso, recomendo enviar um e-mail para minifoguete@gmail.com informando que não recebeu meus e-mails.
 - 7) A cada aula eu passo algumas atividades recomendadas que devem ser feitas para melhor entendimento e fixação do conteúdo do curso. Mas não é necessário enviar-me nada sobre elas. Estas atividades não valem nota. Caso tenha dúvidas sobre a execução das atividades, entre em contato comigo.
 - 8) Sobre o minifoguete de baixo custo: é bom colocar um disco de papelão entre o fim do motor e os canudos, para isolar estes da chama do motor.
 - 9) As videoaulas são através do YouTube.
 - 10) **Ainda não foi passado nenhum trabalho valendo nota. O primeiro deverá ser apresentado na próxima semana. Quando eu passar algum trabalho valendo nota, deixarei isso bem claro e avisarei o prazo de entrega que será geralmente de uma ou duas semanas. Exemplificar com o trabalho TE 2020/0.**
 - 11) Quando os foguetes chegam no espaço a força deles não é a mesma de quando estavam na atmosfera; esta força é reduzida para qual porcentagem neste ambiente? Isso vai depender da massa de cada foguete e da sua carga útil. Mesmo na atmosfera, a força é variável, por exemplo, ao se mudar de estágios do foguete.
 - 12) **Não haverá provas.**
 - 13) Mostrar e comentar parte do vídeo sobre foguetes transparentes, com 9:12 minutos, no seguinte link: https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY_mnWcJpbjysLntjTQR5Wbe9VImDoMhbLMub8; o objetivo é mostrar os tanques e área de queima do propelente; é ilustrativo.
 - 14) **Eu não enviarei mais e-mails para passar links dos vídeos das aulas. Devido a isso, peço que cada aluno se inscreva no meu canal e o acesse 5 minutos antes de cada aula se quiser vê-las AO VIVO.**
 - 15) Continuarei a enviar e-mails para atualizar o plano de cada aula através do arquivo AULAS. Nele estão todos os links necessários para acessar o material didático de todas as aulas e os links dos vídeos de cada aula já lecionada.
 - 16) O conhecimento para executar cada trabalho será apresentado anteriormente em aulas do curso.
 - 17) Motor-foguete a gás frio não é usado em foguetes como propulsor principal; em geral, eles são usados em satélites, sondas e naves para controle de atitude e pequenas manobras.
 - 18) Por períodos breves, pode ocorrer dos links do arquivo AULAS serem interrompidos por algum motivo, já que dependem da internet. Dias atrás a UFPR sofreu ataque cibernético, o que pode ter afetado os links naqueles dias. Se problemas de acesso durarem mais de um dia, avisem-me, indicando os links com problemas, que verificarei.

- 19) Agradeço a todos por mensagens e comentários de apoio ao curso.
- 20) **Esse curso de foguetemodelismo básico é focado em foguetemodelos, ou seja, em minifoguetes com motores comerciais. Este curso NÃO ensinará como preparar propelentes nem como projetar motores-foguete. Porém, quase toda teoria que será vista também serve para minifoguetes experimentais. Estes serão tema do próximo curso que deverá ocorrer no segundo semestre de 2021, gratuito e da mesma forma que o atual.**
- 21) Existem várias unidades de força. No capítulo 2 e outros, usaremos o Sistema Internacional de unidades (SI) que representa força em newtons (N).
- 22) Explicar sobre o efeito no empuxo da diferença de pressão na saída da tubeira e ambiente.
- 23) As turbinas que acionam as turbobombas podem usar o próprio combustível e oxidante dos motores principais em um motor menor. A V-2, por exemplo, usava um gerador de gás a partir de água oxigenada e outros componentes; o propelente do motor principal era oxigênio e álcool líquidos.
- 24) Um motor-foguete a propelente líquido é mais complexo que um sólido, portanto, tem mais chances de problemas e explosão.
- 25) Sim, impulso é o produto da força vezes tempo. Detalhes sobre isso veremos no capítulo 2.
- 26) Comentar sobre a função da tubeira e efeito na aerodinâmica do foguete. Exemplo: o motor-foguete a propelente sólido Júpiter do GFCS/UFPR sem tubeira produz força média de empuxo de 14,8 N; e com tubeira, pode chegar a 183,2 N, ou seja, 12,4 vezes o empuxo sem tubeira, com o mesmo motor e mesma quantidade de propelente.
- 27) Já foram desenvolvidos e testados motores-foguete a energia nuclear. Mas acredito que eles estejam banidos por motivo de segurança e tratados internacionais, assim como testes nucleares na atmosfera.
- 28) A força de empuxo do grego Arquimedes (Séc. III AC) refere-se à força de flutuação dos corpos, que explica porque um navio flutua. Já o empuxo do motor-foguete é explicado pela 3ª lei de Newton e calculado através da 2ª lei de Newton, do Século XVII. Existe ainda o empuxo da convecção natural, que é mais recente.
- 29) **Não é necessário ter autorização do CINDACTA/Aeronáutica para lançar minifoguete se o apogeu estimado for inferior a 150 metros em área rural ou a 300 metros em área urbana. Veremos detalhes sobre isso no item 14 do programa do curso.**
- 30) Muitos motores-foguete comerciais para minifoguetes são feitos de tubo de papelão, que resistem bem. Veremos sobre isso no Capítulo 2. Motores não comerciais são feitos também de PVC. O GFCS/UFPR já fez diversos motores com tubo de acrílico.
- 31) Foguetemodelismo é um termo amplo que envolve tanto foguetemodelos (que têm restrições) quanto minifoguetes experimentais (sem restrições).
- 32) Podem ser usados materiais cerâmicos.
- 33) Os altímetros menores custam US\$ 35. O computador de bordo StratoLogger custa US\$ 70.
- 34) O kit comercial de um minifoguete da Bandeirante custa a partir de R\$ 30. Mas veja no roteiro da aula 1, abaixo, que um minifoguete de baixo custo pode ser feito com R\$ 2.
- 35) Quem for aprovado no curso, receberá certificado de aproveitamento com duração de 45 horas.

- Esclarecer dúvidas sobre o curso da 3ª aula

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Caso ainda não tenha feito isso, leia o plano de ensino da disciplina [[plano_FM_2020-2.pdf](#)]
- Caso ainda não tenha feito isso, leia o arquivo [Aulas MF 2020-2.pdf](#)
- Caso ainda não tenha feito isso, leia e estude o [Capitulo-1 Foguetes e Minifoguetes v3b.pdf](#).
- Caso ainda não tenha feito isso, veja a Aula-1 no link dela, abaixo.
- Caso ainda não tenha feito isso, veja a Aula-2 no link dela, abaixo.

Aula 2: lecionada em 7 Nov 2020 (9:32-11:31; máximo de 76 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h59m está disponível no link: <https://youtu.be/pHTms5ILBzc>]

- Esclarecer dúvidas sobre o curso da 1ª aula:
 - Não há lista de presença nas aulas pois a frequência será concedida a cada trabalho entregue.
 - Quem não conseguir ver as aulas AO VIVO poderá assisti-las quando for possível pois as aulas ficam gravadas.
 - Recomendo fazer inscrição no meu Canal no YouTube em <https://www.youtube.com/c/CarlosHenriqueMarchi/> para receber notificações sobre novos vídeos de aulas etc.
 - As aulas ficarão no YouTube enquanto esta empresa permitir.
 - Os vídeos do curso e material didático podem ser divulgados e usados livremente; no caso do material didático, só peço que cite a fonte.
- Apresentar a introdução à disciplina: **Capítulo 1. Foguetes e Minifoguetes**
Arquivo [Capitulo-1 Foguetes e Minifoguetes v3b.pdf](#); seções:
 - 1.1 Alguns tipos de motores-foguete operacionais
 - 1.2 Motor-foguete a propelente sólido
 - 1.3 Motor-foguete a propelente líquido
 - 1.4 Cálculo do empuxo de um motor-foguete
 - 1.5 Minifoguetes
 - 1.6 Minifoguetes x foguetes
- Esclarecer dúvidas sobre o curso da 2ª aula

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Ler o conteúdo da apostila apresentado nesta aula.
- Pesquisar e ver dados de pelo menos 3 foguetes a propelente sólido que sejam diferentes dos citados na apostila.

- Pesquisar e ver dados de pelo menos 3 foguetes a propelente líquido que sejam diferentes dos citados na apostila.
- Ler o arquivo [PEB IAE 2013 04 01.PDF](#)

Aula 1: lecionada em 3 Nov 2020 (17:55-19:01; máximo de 85 alunos simultâneos)

Roteiro [a aula com duração de 1h6m está disponível no link: <https://youtu.be/ZH5iQ4fKAiU>]

- Apresentar o plano de ensino da disciplina [[plano_FM_2020-2.pdf](#)]
- Apresentar o arquivo [Aulas_MF_2020-2.pdf](#)

Atividades recomendadas para cada aluno fazer até a próxima aula (não valem nota; não precisa enviar ao professor):

- Ler os dois arquivos apresentados nesta aula.
- Ler a postagem sobre minifoguete de baixo custo (menos R\$ 2) no seguinte link: <http://foguetefpr.blogspot.com/2019/12/minifoguete-de-baixo-custo-do-lae.html>
- Ver o vídeo de 58:04 minutos sobre minifoguetes (**It's Rocket Science! with Professor Chris Bishop**) no seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=HESOat2iPzU&t=1652s>
- Ver o vídeo sobre foguetes transparentes, com 9:12 minutos, no seguinte link: https://www.youtube.com/watch?v=su9EVeHqizY&feature=share&fbclid=IwAR3908F7978SXLgmdkOaTHY_mnWcJpbjysLntjTQr5Wbe9VImDoMhbLMub8