

**Minha carreira acadêmica na
UFPR
1994 - 2017**

Carlos Henrique Marchi

18 Dez 2017

Tópicos da apresentação

Atividades de

- Ensino grad e pós
- Orientação grad e pós
- Extensão
- Pesquisa
- Administração
- Produção tecnológica
- Produção científica

Atividades de ensino na graduação

Curso de engenharia mecânica (1994)

- Mecânica dos fluidos: 1994-1996 e 2016
- Transferência de calor e massa: 2001-2003
- Fortran: 1997, 2003-2017
- Projeto e lançamento de espaçomodelos: 2005-2017
- Dinâmica dos fluidos computacional: 2008-2016
- Apostilas

Atividades de ensino na pós-graduação

PPGMNE (1995) e PG-Mec (2002)

- CFD I: 1995, 2003-2008 e 2010 (1ª pós DEMEC)
- CFD II: 1995, 2006 (2ª pós DEMEC)
- Fortran: 2005-2008 e 2011-2017
- Introdução à mecânica computacional: 2002-2005
- V&V em CFD: 2001, 2007, 2010, 2014 e 2017
- Projeto e teste de minifoguete: 2013-2015
- Apostilas

Atividades de orientação de alunos na graduação

- 14 TCC: 2004-2017
- 17 IC: 1996-2017
- 39 GFCS: 2013-2017

Atividades de orientação de alunos na pós-graduação

- 12 mestres: 2002-2016; 8 professores
- 17 doutores: 2006-2017; todos professores
- 1 pós-doutor: 2017; professor

- 2 mestrandos; defesas em 2019
- 10 doutorandos; defesas em 2018 a 2021

Atividades de extensão

Grupo de Foguetes Carl Sagan (2005)

- Curso Projeto e LT EM: 2014-2017 (UP, UTFPR, CEP, CEEP)
- Criação, organização e participação no Festival Brasileiro de Minifoguetes; anual desde 2014
- Registro de recordes brasileiros sobre minifoguetes (2014)
- Registro de voos de MF experimentais brasileiros (2015)
- Criação da Associação Brasileira de Minifoguetes (2016)
- 2 blogs na internet: GFCS e CFD (2013); e BAR (2016)

Atividades de pesquisa

Linhas de pesquisa

- Propulsão de foguetes
- Aerodinâmica de foguetes
- Otimização de métodos numéricos
- Verificação e validação de soluções numéricas

Modelos matemáticos

Equações (1D/2D/3D/t):

Laplace

Poisson

Fourier

Advecção-difusão

Burgers

Euler

Navier-Stokes

Turbulência

Metodologia

Métodos numéricos:

Diferenças finitas

Volumes Finitos

Ordem das aproximações numéricas: 1, 2, 3, 4 e MER

Tipos de malhas:

Uniformes e não uniformes

Quadradas e triangulares

Estruturadas e não estruturadas

Não ortogonais

Solvers: GS, TDMA, PDMA, ADI e MSI com *multigrid*

Linguagem de programação: Fortran 90

Atividades de pesquisa

- Coordenação de 12 projetos entre 1994 e 2017
Financiamento total R\$ 1,112 milhão
Financiadores: CNPq, CAPES, AEB e FA
- Grupo de pesquisa em *CFD, propulsão e aerodinâmica de foguetes* da UFPR
Fundador e líder desde 2002
- Pesquisador nível PQ-2 do CNPq desde 2005

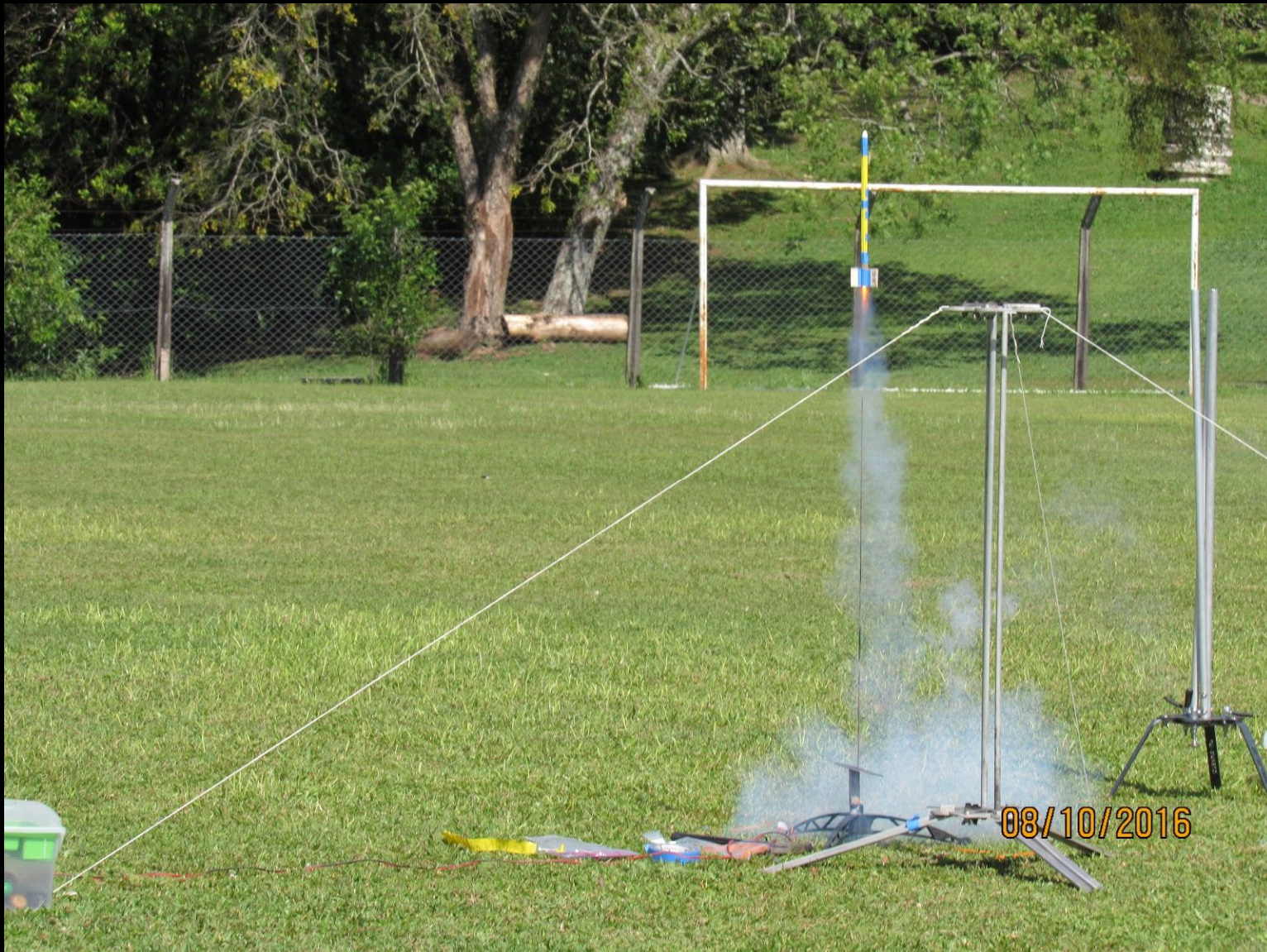
Atividades de administração

- Coordenador do curso de graduação em engenharia mecânica: 1995-1996
- Coordenador do programa de pós-graduação em engenharia mecânica (PG-Mec): 2002-2003 e 2006-2010
Nota CAPES: 3 a 5
- Laboratório de Experimentação Numérica (LENA)
Fundador e Coordenador desde 1995
- Laboratório de Atividades Espaciais (LAE)
Fundador e Coordenador desde 2011

Produção tecnológica

- Espaço modelo de R\$ 2 -> popularização MF
- Propelente sólido KNSu -> combustão
- Motores-foguete -> propulsão
- Minifoguetes -> aerodinâmica

Produção tecnológica



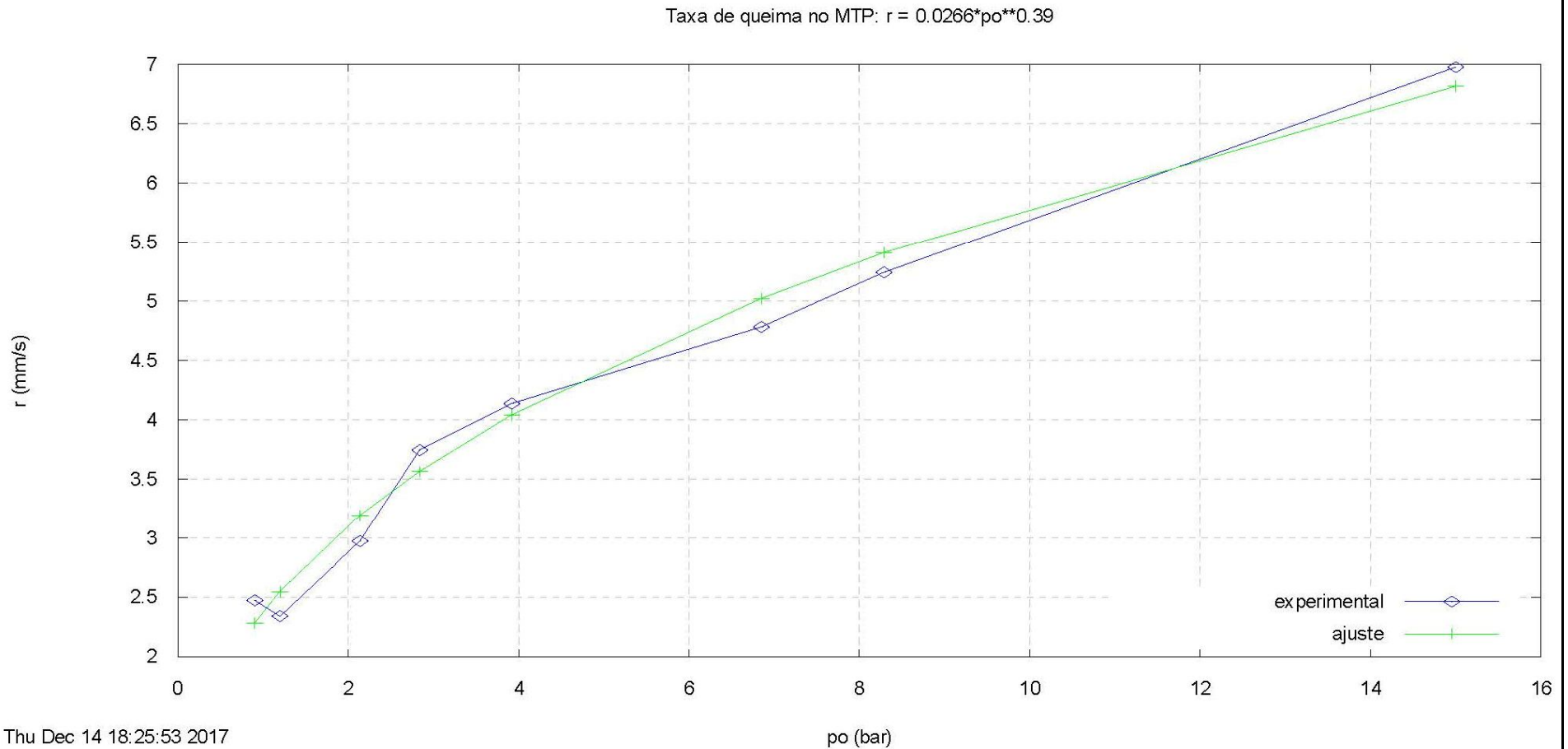
LT EM de baixo custo ($< \text{R\$ } 2$): $H = 50$ a 70 m

Produção tecnológica



Motor-foguete MTP do GFCS

Produção tecnológica



Thu Dec 14 18:25:53 2017

Taxa de queima do KNSu do GFCS

Produção tecnológica



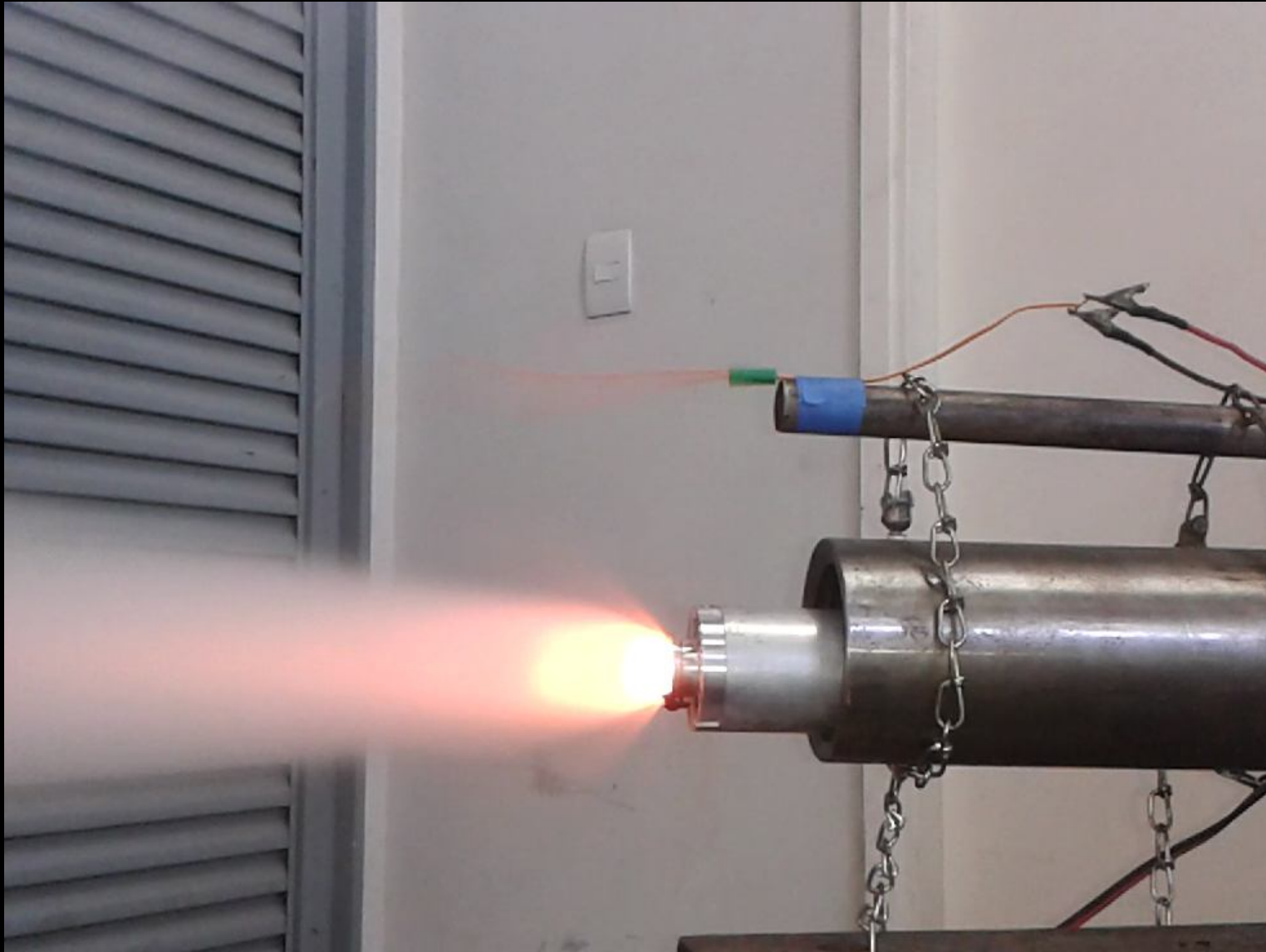
Motores-foguete do GFCS/UFPR e Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR)

Produção tecnológica



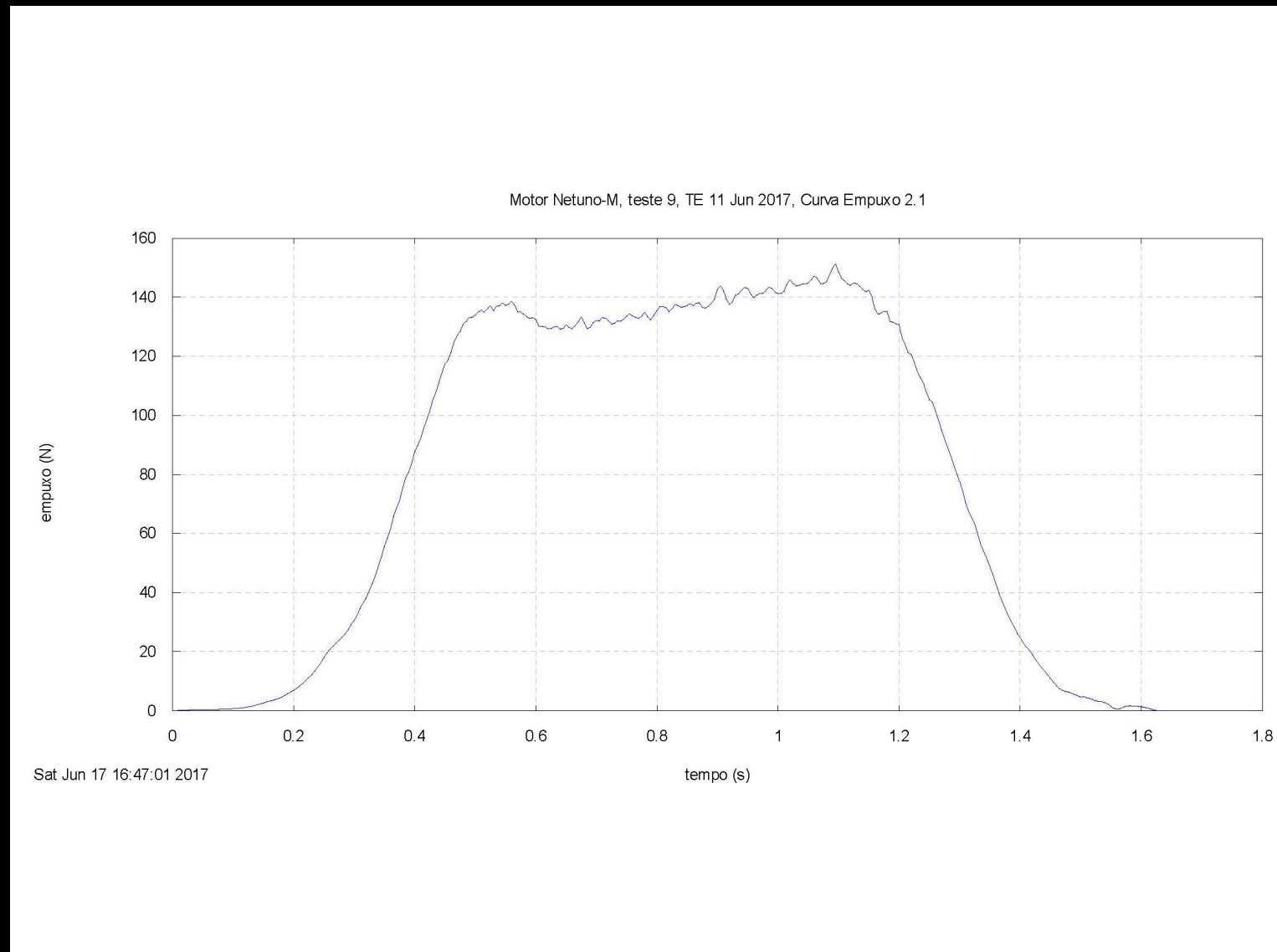
Motores-foguete do GFCS/UFPR e Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR)

Produção tecnológica



Motor-foguete Netuno-M do GFCS/UFPR e Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR) ¹⁹

Produção tecnológica



Curva de empuxo do motor-foguete Netuno-M do GFCS/UFPR e Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR); $I_t = 132 \text{ N.s}$; classe G

Produção tecnológica



**Minifoguete Netuno/Paraná (804 m) da Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR)
Recordista brasileiro com motor da classe G**

Produção tecnológica



Statistics:

Apogee Alt.: 1985' AGL
Ground Elev.: 3386' MSL
NumSamps: 1168
Main Deploy: 700' AGL
Apogee Delay: 0 SEC
FlightNum: 6

Displayed

☒ Raw Altitude
☐ Smoothed Alt
☐ Velocity
☐ Temperature
☐ Voltage
PID: 2A PIM: 2A

Comments

Netuno-R-Beta/Paraná-VIII/v2
Lançamento em 29 Out 2017
Apogeu = 1985 pés = 605.0 m

Model: SLCF Serial #: 4750

Trajetória MF Netuno/Paraná do GFCS/UFPR e Gralha Azul (UFPR, UP e UTFPR) LT 29 Out 2017; biejção

Produção tecnológica

Brazilian Association of Rocketry (BAR)

Recordes Brasileiros de Minifoguetes

comprovados com altímetro a bordo

11ª edição: 13 de setembro de 2017 (resumo)

Apogeu máximo para minifoguete com um único motor em cada classe/categoria

Categoria	Reorde (m)	Data	Minifoguete	Equipe	NAR (m)
Classe $\frac{1}{8}$ A	49	23 Jul 2017	LAE-99	LAE- $\frac{1}{8}$ A/UFPR	
Classe $\frac{1}{4}$ A	113	17 Dez 2016	LAE-89	LAE- $\frac{1}{4}$ A/UFPR	62
Classe $\frac{1}{2}$ A	136	29 Abr 2017	LAE-115	LAE- $\frac{1}{2}$ A/UFPR	151
Classe A	185	17 Dez 2016	LAE-92	LAE-A/UFPR	313
Classe B	336	12 Dez 2015	Gama-13	Gama/UFPR	484
Classe C	423	19 Abr 2015	Gama-10	Gama/UFPR	508
Classe D	402	30 Abr 2017	Águia Real	Greave/UP	856
Classe E	723	08 Ago 2015	Épsilon-8	Épsilon/UFPR	1359
Classe F	370	19 Dez 2015	Netuno-R/Paraná-I	LAE/UFPR	1701
Classe G	804	07 Set 2017	Netuno-R-β/Paraná-VIIb	Gralha Azul (UFPR-UP-UTFPR)	2071

NAR: National Association of Rocketry (Estados Unidos) [registros acessados em 5 Jun 2017, www.nar.org]

Apogeu exato para minifoguete com um único motor de qualquer classe

Categoria	Reorde (m)	erro (m)	Data	Minifoguete	Equipe
50 m	50	0	19 Nov 2016	LAE-85	LAE-50/UFPR
75 m	73	-2	19 Nov 2016	Altair-1	LAE-pós/TM-273/UFPR
100 m	103	3	19 Nov 2016	LAE-84	LAE-100/UFPR
150 m	159	9	12 Abr 2014	LAE-22	UFPR-Fixo
200 m	200	0	23 Mar 2017	LAE-109	LAE-200/UFPR
400 m	406	6	14 Dez 2014	Épsilon-1	Épsilon/UFPR
500 m	506	6	18 Abr 2017	Durango-2	GFT/UTFPR-FB
800 m	626	174	19 Abr 2015	Épsilon-9	Épsilon/UFPR
1000 m	1126	126	21 Mar 2017	Boitatá HI	UFABC RD
1500 m					
2000 m					
3000 m	2386	-614	24 Jun 2017	RD-07	ITA RD
5000 m					

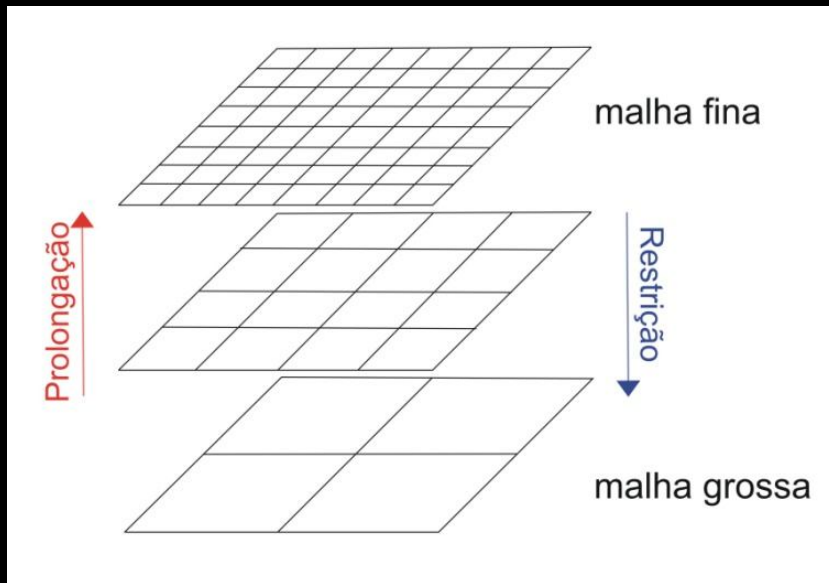
Produção científica

18 artigos em periódicos relevantes

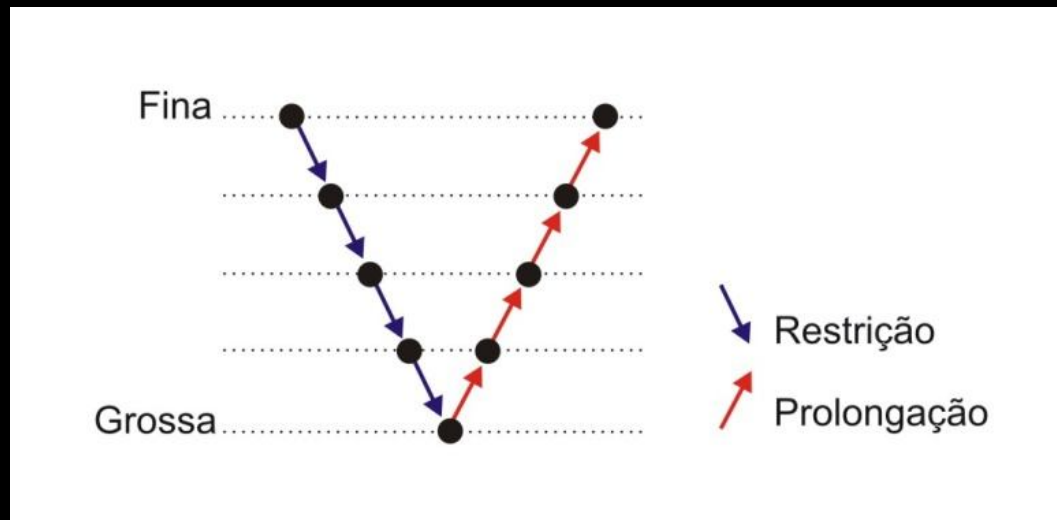
- 9 A2/Qualis/CAPES
- 9 B1/Qualis/CAPES

Multigrid

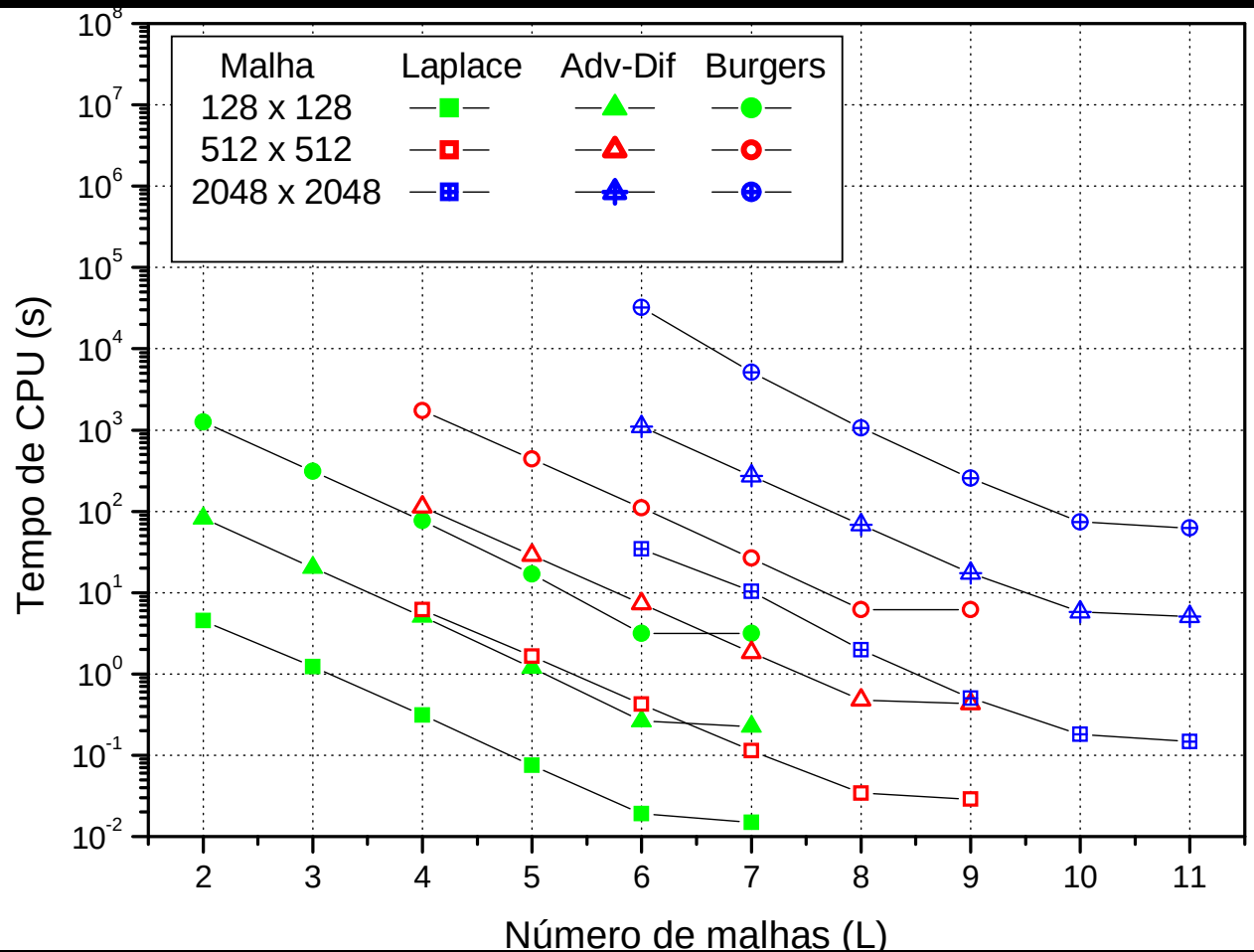
- v, L, N
- *Solver*
- Operadores de transferência



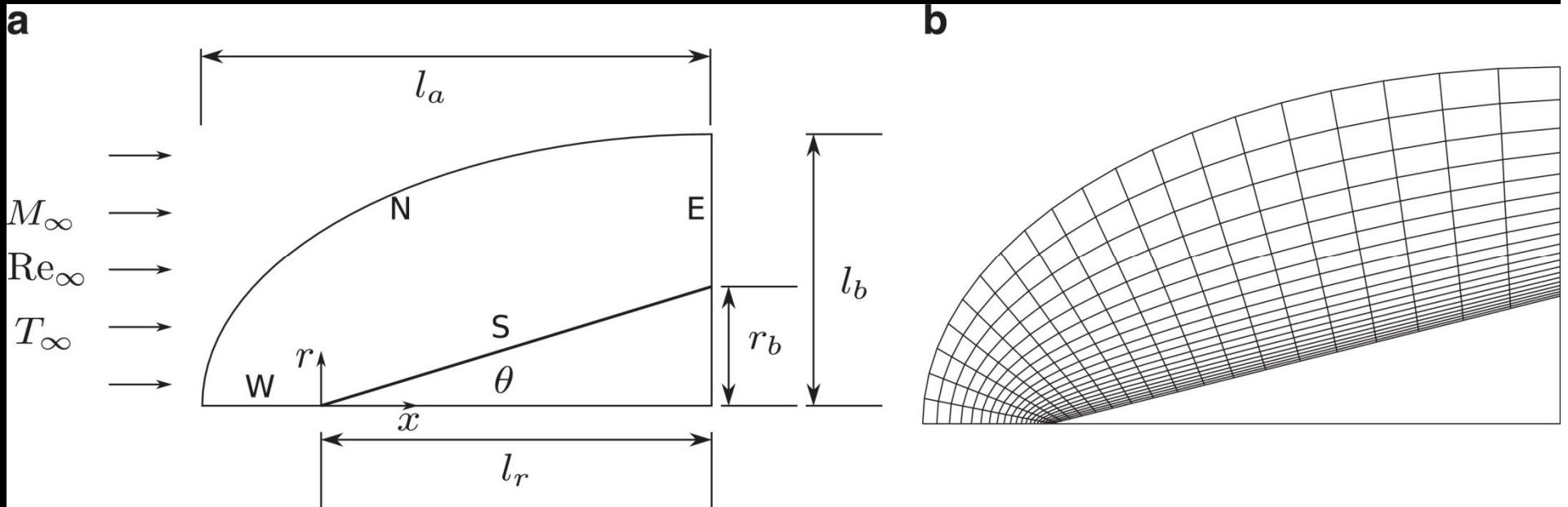
- Ciclos
- FAS x CS
- GMG x AMG
- MG x FMG



Efeito de L sobre o tempo de CPU FAS-FMG e *solver* GS-Lex em VF

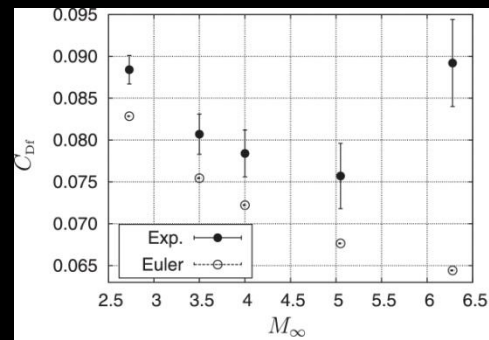


Produção científica: aerodinâmica

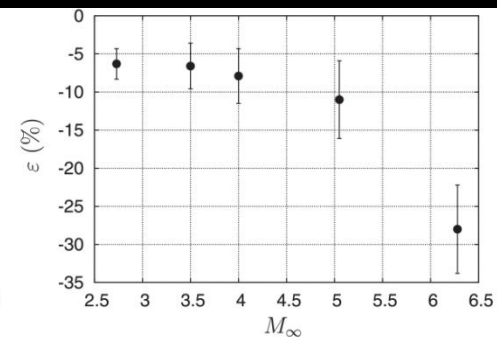


Escoamento supersônico sobre um cone

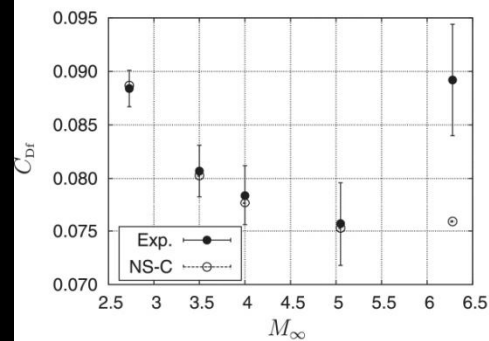
Produção científica: aerodinâmica



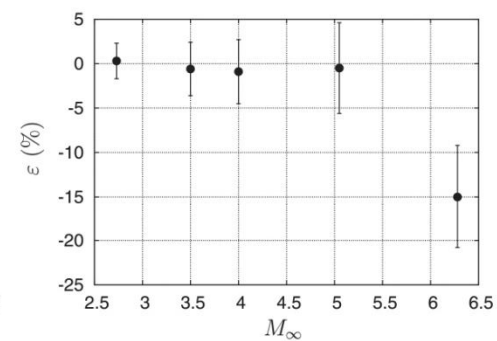
(a) Experimental *vs* Euler model



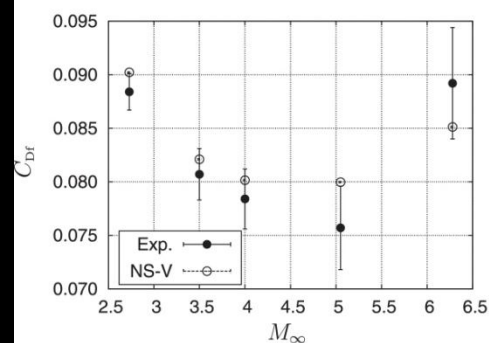
(b) Estimated relative model error for Euler



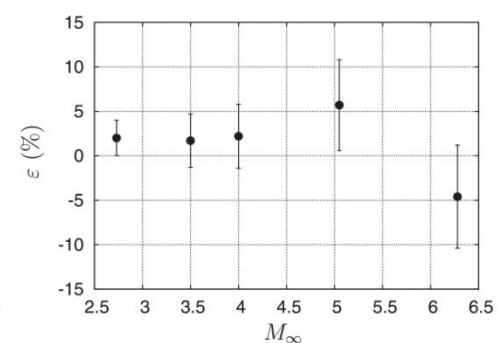
(c) Experimental *vs* NS-C model



(d) Estimated relative model error for NS-C



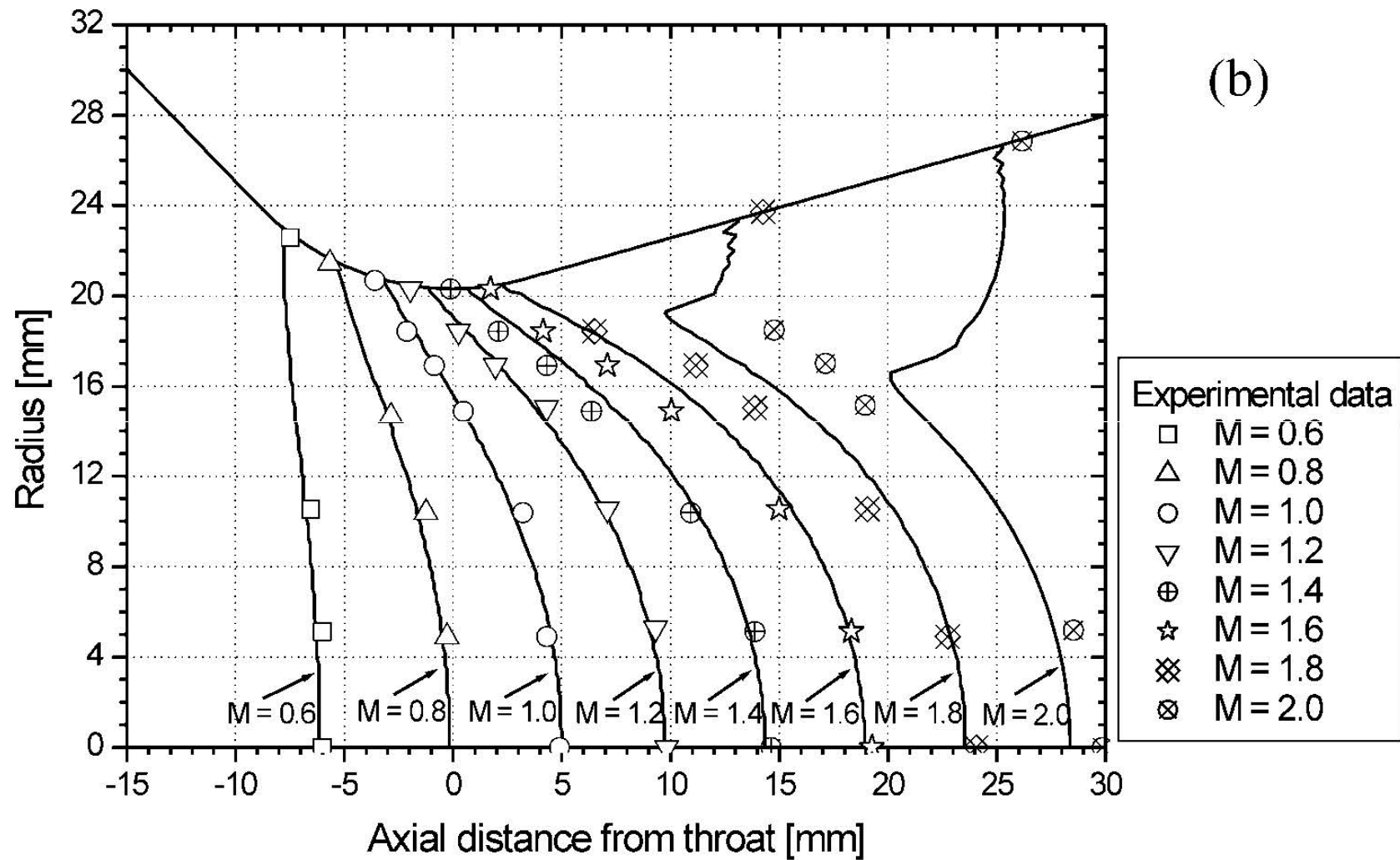
(e) Experimental *vs* NS-V model



(f) Estimated relative model error for NS-V

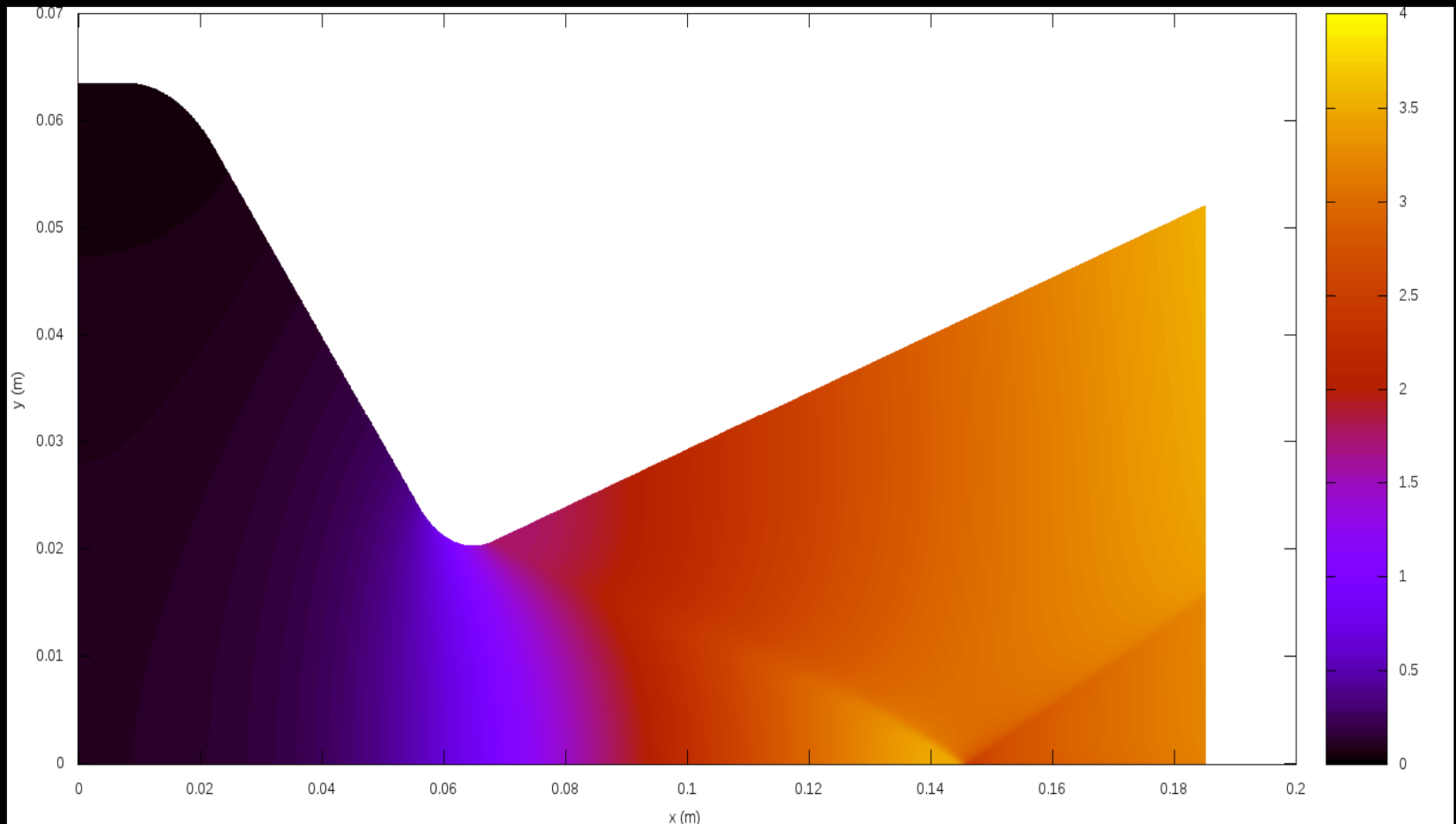
Escoamento supersônico sobre um cone

Produção científica: propulsão



Mach, invíscido, 720x80, CDS-2, Mach2D

Produção científica: propulsão



Mach, invíscido, 1792x640, Mach2D

Modelos químicos para H_2/O_2

9 equilíbrio e 6 taxa finita

Modelo	Número de reações	Número de espécies	Espécies envolvidas
0	0	3	H_2O , O_2 , H_2
1	1	3	H_2O , O_2 , H_2
2	2	4	H_2O , O_2 , H_2 , OH
3	4	6	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H
4	4	6	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H
5	8	6	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H
7	8	6	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H
10	6	8	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H , HO_2 , H_2O_2
9	18	8	H_2O , O_2 , H_2 , OH , O , H , HO_2 , H_2O_2

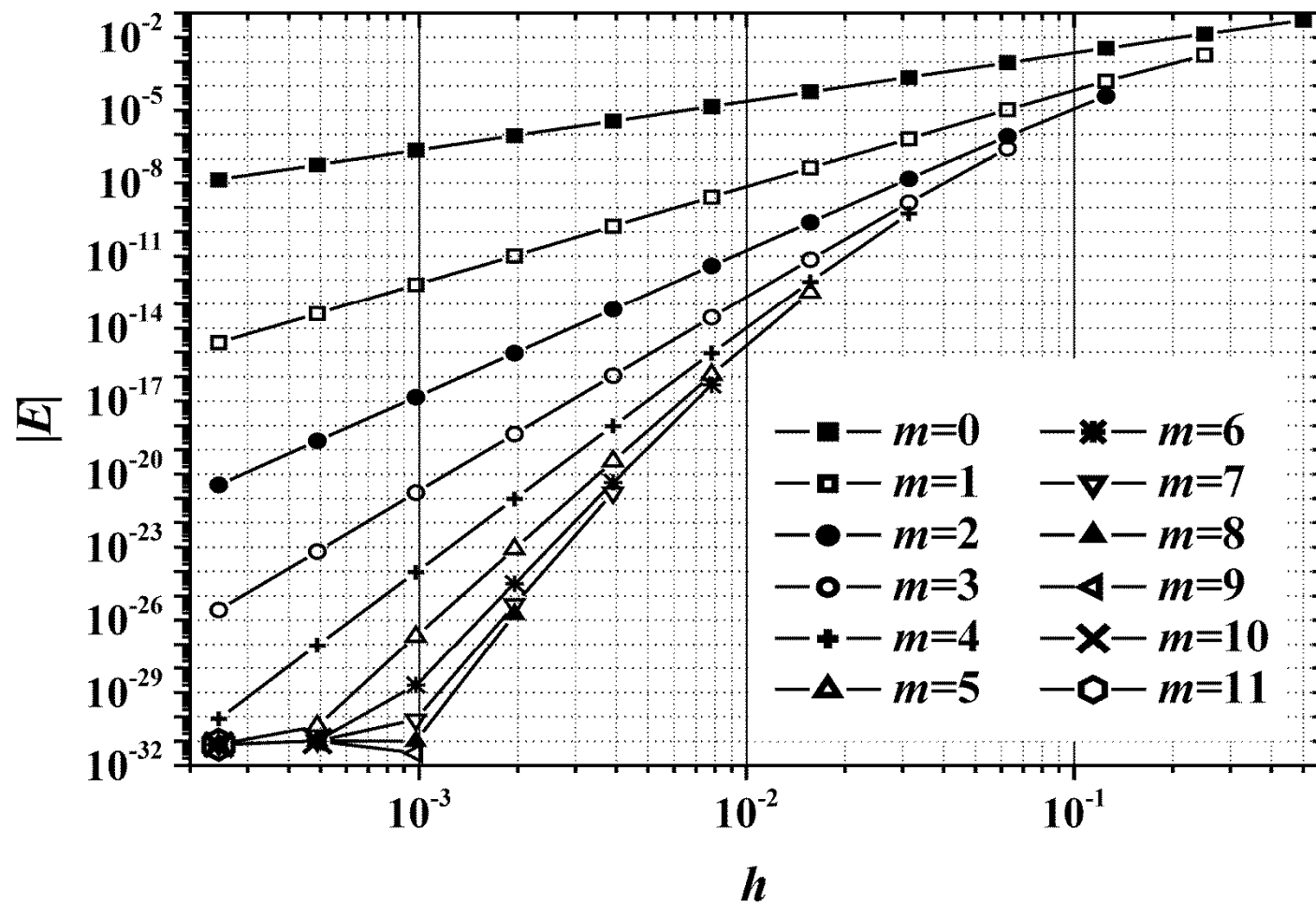
Produção científica: propulsão

Results for C_d , F and I_S for the parabolic nozzle (320x96 grid, Problem 2).

Model	C_d [-]	F [N]	I_S [s]
UDS			
One-species, constant properties	$1.01 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.628 \times 10^4 \pm 8 \times 10^1$	$3.45 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
One-species, variable properties	$1.00 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.635 \times 10^4 \pm 8 \times 10^1$	$3.45 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
Frozen Flow – mod. 4	$1.01 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.621 \times 10^4 \pm 9 \times 10^1$	$3.39 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
Frozen Flow – mod. 10	$1.01 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.621 \times 10^4 \pm 8 \times 10^1$	$3.39 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
Equilibrium Flow – mod. 4	$0.98 \pm 1 \times 10^{-2}$	$1.665 \times 10^4 \pm 7 \times 10^1$	$3.56 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
Equilibrium Flow – mod. 10	$0.98 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.665 \times 10^4 \pm 7 \times 10^1$	$3.56 \times 10^2 \pm 5 \times 10^0$
Non-equilibrium Flow – mod. 3, variant 1 [25]	$1.06 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.651 \times 10^4 \pm 8 \times 10^1$	$3.27 \times 10^2 \pm 4 \times 10^0$
Non-equilibrium Flow – mod. 3, variant 2 [26]	$1.07 \pm 2 \times 10^{-2}$	$1.654 \times 10^4 \pm 8 \times 10^1$	$3.25 \times 10^2 \pm 4 \times 10^0$
CDS with deferred correction			
One-species, constant properties	$0.999876 \pm 2 \times 10^{-6}$	$1.62516 \times 10^4 \pm 4 \times 10^{-1}$	$3.41743 \times 10^2 \pm 8 \times 10^{-3}$
One-species, variable properties	$0.991678 \pm 4 \times 10^{-6}$	$1.632442 \times 10^4 \pm 8 \times 10^{-2}$	$3.46111 \times 10^2 \pm 3 \times 10^{-3}$
Frozen Flow – mod. 4	$1.000962 \pm 2 \times 10^{-6}$	$1.61859 \times 10^4 \pm 4 \times 10^{-1}$	$3.39993 \times 10^2 \pm 8 \times 10^{-3}$
Frozen Flow – mod. 10	$1.000970 \pm 2 \times 10^{-6}$	$1.61860 \times 10^4 \pm 4 \times 10^{-1}$	$3.39991 \times 10^2 \pm 8 \times 10^{-3}$
Equilibrium Flow – mod. 4	$0.9785 \pm 5 \times 10^{-4}$	$1.6625 \times 10^4 \pm 3 \times 10^0$	$3.572 \times 10^2 \pm 2 \times 10^{-1}$
Equilibrium Flow – mod. 10	$0.9785 \pm 5 \times 10^{-4}$	$1.6625 \times 10^4 \pm 3 \times 10^0$	$3.572 \times 10^2 \pm 2 \times 10^{-1}$
Kliegel and Levine – 2D analytical solution for irrotational, one-species, constant properties flow	0.999877	---	---

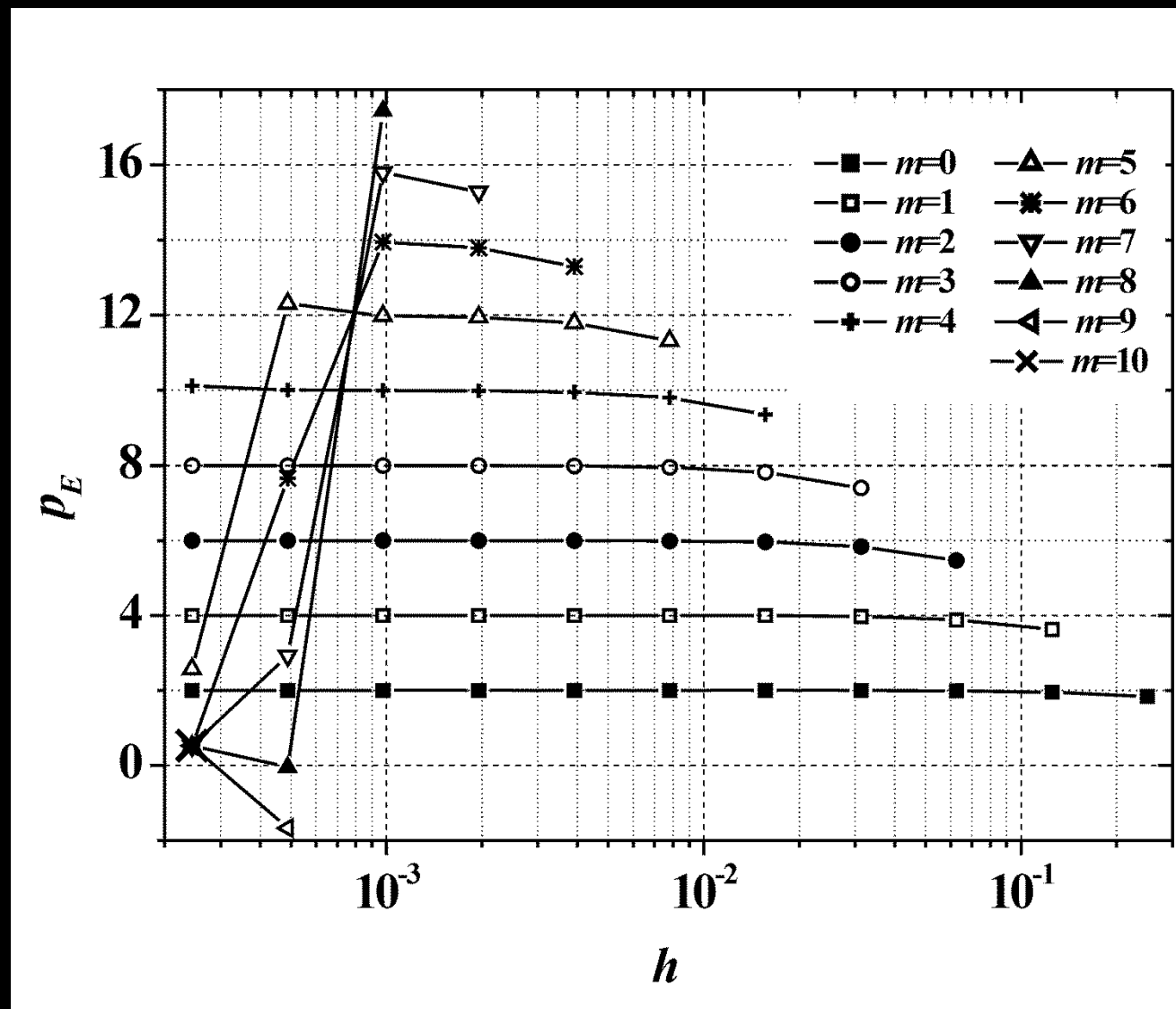
Invíscido, 320x96, Mach2D

Otimização de métodos numéricos



Laplace 2D, DF, CDS-2 com MER em Tc

Otimização de métodos numéricos



Laplace 2D, DF, CDS-2 com MER em Tc

Otimização de métodos numéricos

Comparisons of uc with other authors for the problem 4.

Type II-2D variable, with 2D polynomial interpolation, $p = 1$.

Reference	uc	U	p_U
[23]	-0.06080		
[24]	-0.0620561		
[6]	-0.0620		
[25]	-0.06205		
[7]	-0.0620561	$\pm 6E-07$	2.07
Present	-0.06205613519461	$-3E-14$	9.41

Navier-Stokes 2D, VF, CDS-2 com MER
Problema clássico da cavidade quadrada com tampa móvel



Agradeço pela atenção e Feliz Natal!