

Relatório final

do projeto

CFD-10

**Simulação numérica de escoamento
reativo, transferência de calor e
termoelasticidade em motor-foguete
(CFD-10)**

Financiador: AEB

CFD-5

Execução: grupo CFD/UFPR

Nov/2004

Jul/2007 – Set/2009

Mar/2007

Objetivo principal

Implementar códigos computacionais para obter:

- Empuxo do motor-foguete
- Temperatura máxima da parede

Considerações:

- Motor-foguete a propelente líquido
- Propelente H_2/O_2
- Refrigeração regenerativa ou radiativa

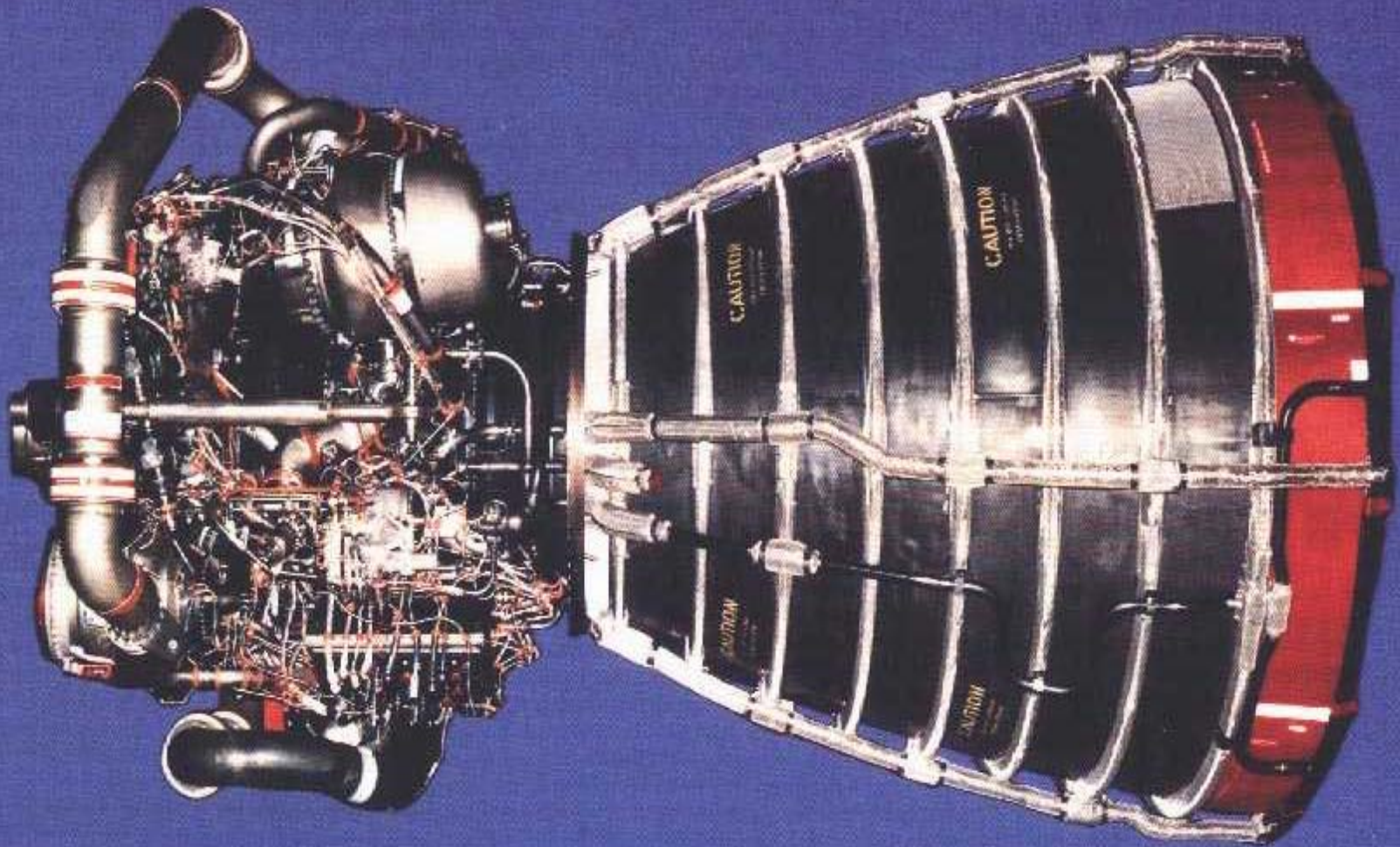


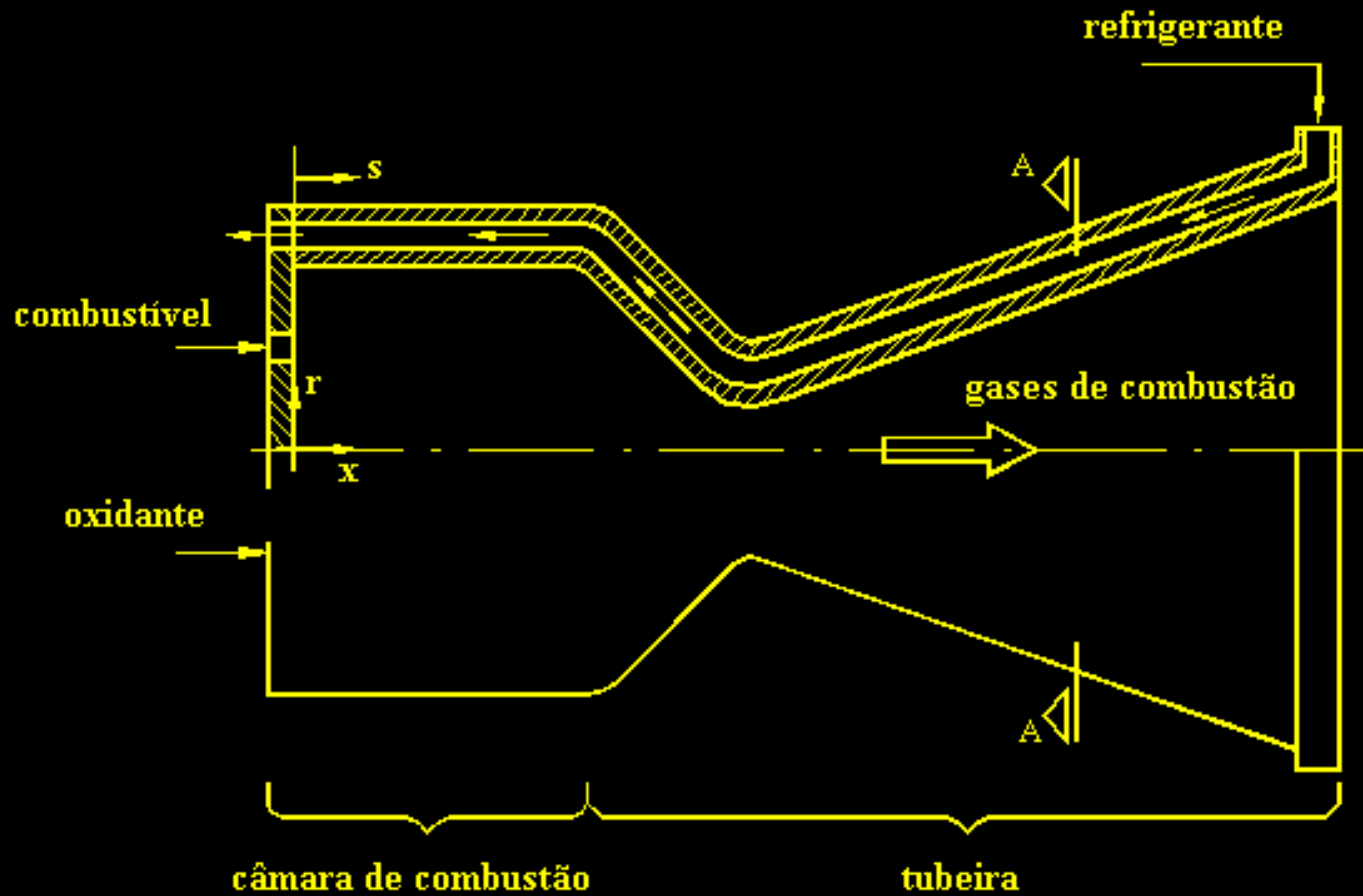
Motor-foguete

Vulcain do

Ariane V

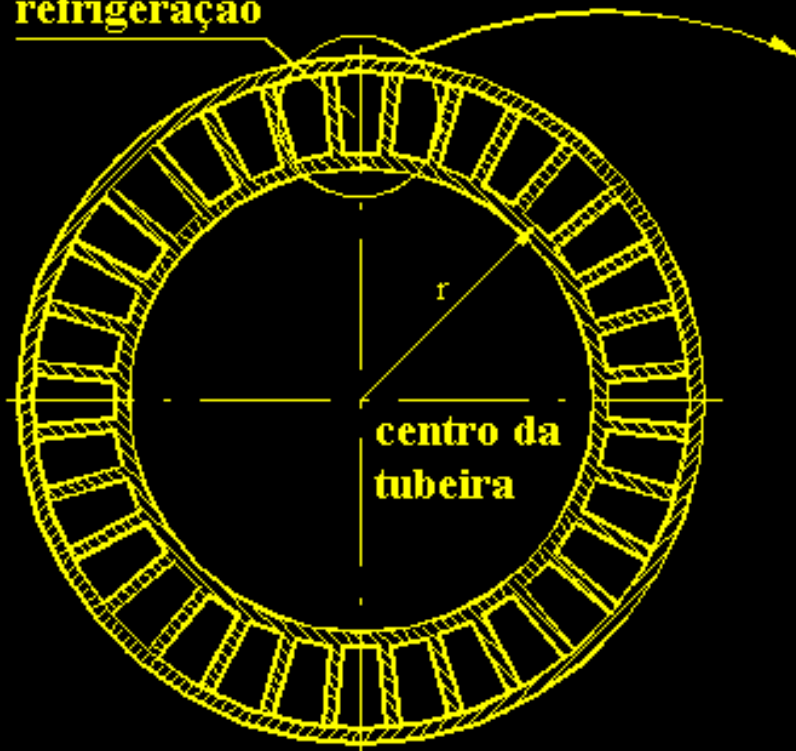
Motor-foguete SSME do Space Shuttle





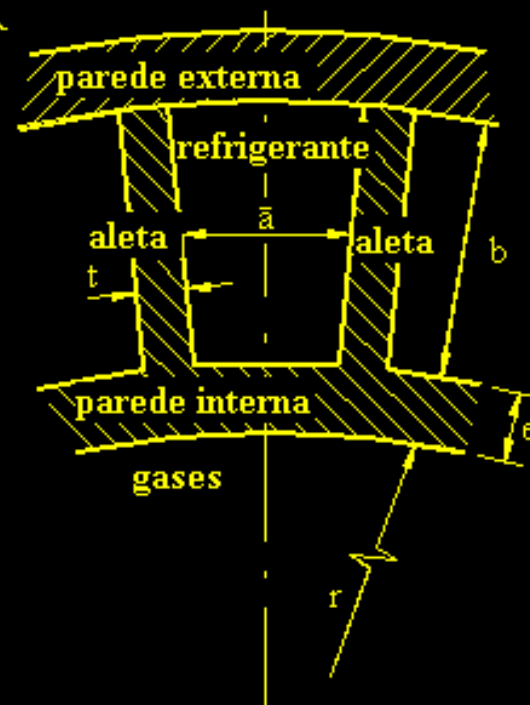
Esquema de motor-foguete bipropelente com refrigeração regenerativa

canais de
refrigeração



seção A-A

ambiente externo



detalhes dos canais

Detalhes dos canais de refrigeração

Motor Vulcain (Ariane V)

- F (nível do mar) = 103 tf
- $T_w\text{-max}$ = 750 K
- T_o = 3.500 K
- P_o = 100 atm
- q''_{max} = 60 MW/m²
- Canais = 360
- Altura = 9,5 a 12 mm
- Largura = 1,3 a 2,6 mm

Metas do projeto

- 1: Escoamento laminar 2D não-reativo (75%)
- 2: Escoamento laminar 2D reativo (90%)
- 3: Refrigeração regenerativa e radiativa (90%)
- 4: Condução e termoelasticidade 2D (40%)

Códigos implementados

(>30 mil linhas)

1: Mach2D 5.6 (5.400 linhas)

2: Mach2D 6.1 (12.150 linhas)

3: RHG2D 1.0 (6.100 linhas)

4: Aleta2D 1.1 (1.400 linhas)

5: Parede2D 1.1 (2.500 linhas)

6: Richardson 3.1 (2.900 linhas)

Outros produtos

- 5 relatórios técnicos
- 1 artigo em periódico (JAESA)
- 6 artigos em eventos (CILAMCE e COBEM)
- 1 tese (Luciano)
- 3 dissertações (Caroline, Fabiana, Eduardo)
- 1 IC (Thiago)
- 2 TG (Chiquito, Thaís)

Material adquirido (principal)

- 4 computadores
- 1 impressora
- 1 compilador Fortran
- 20 livros

Equipe participante (13 pessoas)

Professores da UFPR

Carlos H. Marchi

Luciano K. Araki

Ricardo C. Almeida

Mestres/doutorandos

Leandro A. Novak

Cosmo D. Santiago

Neil F. Carvalho

Roberta Suero

Graduados/Mestrandos

Eduardo M. Germer

Fabiana F. Giacomini

Caroline T. L. Pertschi

Graduandos

Thiago F. Konopka

Paulo R. Chiquito

Thaís H. S. Oliveira

Agradecimentos

Ao Programa UNIESPAÇO da AEB.