



## PROGRAMAÇÃO DE AULAS – 2025/3

**Disciplina:** Máquinas de Fluxo em Sistemas de Propulsão – MEC047

**Professor:** Dr. Washington Orlando Irrazabal Bohorquez

**Contato:** [washington.irrazabal@ufjf.br](mailto:washington.irrazabal@ufjf.br)

**Horário:**

Segunda-feira: 19:00 – 21:00

Quinta-feira: 16:00 – 17:00

Data	Aula	Conteúdo
18/09	01	Introdução a Máquinas de Fluxo em Sistemas de Propulsão: Regras e descrição do conteúdo.
22/09	02	Breve histórico e princípios da propulsão de foguetes – Rocket and Spacecraft Propulsion, Turner, Capítulo 1.
29/09	03	Definições e fundamentos – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 2.
06/10	04	Teoria das tubeiras e relações termodinâmicas – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 3.
13/10	05	Desempenho de voo – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 4.
<b>20/10</b>	<b>06</b>	<b>1ª Prova (Aulas 01 - 05) / segunda-feira (entrega de simulação numérica, relatório audiovisual e lista de exercícios).</b>
<b>27/10</b>	<b>-</b>	<b>RECESSO</b>
03/11	07	Análise de desempenho de propelente químico para foguetes – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 5.
10/11	08	Motor de foguete a propelente líquido – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 6.
17/11	09	Propelentes líquidos – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 7.
24/11	10	Câmaras de empuxo – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 8.
<b>01/12</b>	<b>11</b>	<b>2ª Prova (Aulas 07 - 10) / segunda-feira (entrega de simulação numérica, relatório audiovisual e lista de exercícios).</b>
08/12	12	Turbobombas e seus sistemas de fornecimento de propelentes líquidos – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 10.
15/12	13	Fundamentos do motor de foguete a propelente sólido – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 12.
<b>22/12</b>	<b>-</b>	<b>RECESSO</b>
<b>29/12</b>	<b>-</b>	<b>RECESSO</b>
05/01	-	Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).
12/01	14	Fundamentos do motor de foguete a propelente híbrido – Rocket Propulsion Elements, Sutton, Capítulo 16.
<b>19/01</b>	<b>15</b>	<b>3ª Prova (Aulas 12 - 14) / segunda-feira (entrega de simulação numérica, relatório audiovisual e lista de exercícios).</b>

### EMENTA

Conceitos fundamentais sobre propulsão. Análise paramétrica de sistemas de propulsão. Turbomáquinas. Tubeiras e sistemas de combustão. Introdução ao motor foguete. Motor foguete a propelente líquido. Motor foguete a propelente sólido. Motor foguete a propelente híbrido.

### OBJETIVOS

#### OBJETIVO GERAL

Fundamentação teórica para o estudo e modelagem de sistemas de propulsão de motores foguetes através do aprofundamento dos conceitos e das técnicas matemáticas envolvidas no projeto e seleção desses sistemas de propulsão e seus elementos principais e auxiliares.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ao final da disciplina o aluno deverá ser capaz de:

- Descrever e identificar os principais parâmetros relacionados aos conceitos básicos sobre propulsão;
- Realizar uma análise paramétrica de diversos sistemas de propulsão;
- Reconhecer as diferenças entre câmara de empuxo, câmara de combustão e tubeira, empuxo, empuxo específico, propelente líquido, propelente sólido e propelente híbrido;
- Analisar e aplicar a teoria das tubeiras e suas relações termodinâmicas;
- Analisar e aplicar as equações de conservação da massa, quantidade de movimento, energia e conservação de espécies químicas para escoamentos reativos em sistemas de propulsão de foguetes;
- Aplicar os modelos matemáticos para a análise de desempenho de motores foguetes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **Bibliografia Básica**

Mattingly, J. D., von Ohain, H., 2006, "Elements of Propulsion: Gas Turbines and Rockets", American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, USA, pp. 1-909.

Sutton, G. P., Biblarz, O., 2017, "Rocket Propulsion Elements", 9th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA, pp. 1-792.

Turner, M. J. L., 2009, "Rocket and Spacecraft Propulsion: Principles, Practice and New Developments", 3rd ed., Springer, Berlin, Germany, pp. 1-403.

### **Bibliografia Complementar**

Heister, S. D., Anderson, W. E., Pourpoint, T., Cassady, R. J., 2019, "Rocket Propulsion", First ed., TJ International Ltd., Padstow Cornwall, United Kingdom, pp. 1-590.

Emrich, W. J., 2023, "Principles of Nuclear Rocket Propulsion", Second ed., Butterworth-Heinemann, Oxford OX5 1GB, United Kingdom, pp. 1-429.

Mishra, D. P., 2017, "Fundamentals of Rocket Propulsion", Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, pp. 1-483.

## **COMPOSIÇÃO DA MÉDIA FINAL**

A avaliação será aplicada da seguinte forma:

Nota da Prova 1 - NP1	0 a 100
Nota da Prova 2 - NP2	0 a 100
Nota da Prova 3 - NP3	0 a 100

$$\text{NOTA FINAL} = (\text{NP1} + \text{NP2} + \text{NP3})/3$$

## **CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO NA DISCIPLINA**

1. PRESENÇA  $\geq 75\%$
2. NOTA FINAL  $\geq 60$

## **HORÁRIO DE ATENDIMENTO**

Quinta-feira: 17:00 às 18:00.

## **OBSERVAÇÕES**

1. Além do livro-texto adotado na disciplina, os materiais indicados e/ou apresentados pelo professor fazem parte dos conteúdos das avaliações;
2. As avaliações incluirão: simulação numérica, lista de exercícios e relatório audiovisual.

## **METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO NA DISCIPLINA**

Serão realizadas 3 avaliações (Capítulo IV, Art. 33, § 2º do RAG) durante o período 2025/3. Cada avaliação terá uma nota de 100 discriminada da forma detalhada a seguir: simulação numérica de problema aplicado de sistemas de propulsão de foguetes (1º avaliação – programa de computador, entregue em versão eletrônica, incluindo o script ou arquivo fonte do programa, relatório incluindo metodologia, resultados, discussão dos resultados e conclusões; 2º avaliação – programa de computador, entregue em versão eletrônica, incluindo o script ou arquivo fonte do programa, relatório incluindo metodologia, resultados, discussão dos resultados e conclusões; 3º avaliação – programa de computador, entregue em versão eletrônica, incluindo o script ou arquivo fonte do programa, relatório incluindo metodologia, resultados e discussão dos resultados e conclusões) correspondendo a 70% da nota, lista de exercícios entregue em versão eletrônica correspondendo a 10% da nota e projeto específico de sistemas de propulsão de foguetes apresentado através de um relatório audiovisual (1º avaliação – pesquisa bibliográfica e esboço do trabalho; 2º avaliação – vídeo inicial de 5 minutos contendo introdução, metodologia, resultados e análise de resultados e conclusões; 3º avaliação – vídeo final de 15 minutos contendo, introdução, metodologia, resultados e análise de

resultados e conclusões) correspondendo a 20% da nota. A simulação numérica de problema aplicado de sistemas de propulsão de foguetes e o projeto específico de sistemas de propulsão de foguetes apresentado através de um relatório audiovisual serão realizados em grupos de 2 – 5 discentes. A lista de exercícios será apresentada individualmente. A segunda chamada de qualquer avaliação, desde que apresentado o requerimento pelo discente será regida pelo Capítulo IV, Art. 35 do RAG e versará sobre os mesmos tópicos da avaliação não realizada. A revisão de qualquer avaliação, desde que solicitado pelo discente será regida pelo Capítulo IV, Art. 36 do RAG.

### **SOFTWARES QUE SERÃO UTILIZADOS PELOS DISCENTES**

1. Python (open source).
2. Visual Studio Code (open source).
3. Geany (open source).
4. Code Block (open source).
5. GNU Fortran (open source).
6. GNU Octave (open source).
7. Matlab (licença acadêmica).