



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CAMPUS JOINVILLE**  
**CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE**  
**ENGENHARIA AUTOMOTIVA**  
**SEMESTRE 2022.1**

## **I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA**

**Código:** EMB 5317

**Nome:** Aerodinâmica Veicular

**Carga horária:** 72 horas-aula

**Créditos:** 04

**Turma(s):** 09603A

**Professor:** Leonel R Cancino

## **II. PRÉ-REQUISITO(S)**

- EMB5304 – Motores de Combustão Interna I

## **III. EMENTA**

- Princípios básicos de aerodinâmica.
- História do desenvolvimento da aerodinâmica em automóveis.
- Efeitos aerodinâmicos.
- Aerodinâmica e forma (Influência da forma nas forças aerodinâmicas).
- Modelos em escala (Análise dimensional e semelhança, túnel de vento, aplicações no desenvolvimento de protótipos).
- Resistência ao movimento de veículos e arrasto aerodinâmico.
- Aerodinâmica e transmissão de calor.
- Anteprojeto

## **IV. OBJETIVOS**

Fornecer aos alunos conhecimentos fundamentais para executar com autonomia o dimensionamento, modelagem e teste de veículos automotores e equipamentos, considerando os aspectos relacionados com a aerodinâmica, a troca de calor e o desempenho.

Ao término do curso, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Descrever os princípios básicos da aerodinâmica aplicados a veículos comerciais, de competição e comerciais.
- ✓ Conhecer a operação de túneis de vento e a sua aplicação em aerodinâmica veicular.
- ✓ Adquirir destreza no uso de ferramentas de CFD aplicadas à experimentação numérica em aerodinâmica.
- ✓ Apresentar um anteprojeto usando CFD como ferramenta principal.

## **V. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

### **UNIDADE 1 - INTRODUÇÃO À AERODINÂMICA VEICULAR**

1.1 – Princípios básicos.

1.2 – Peculiaridades da aerodinâmica veicular.

1.3 – Campos da engenharia relacionados.

1.4 – História do desenvolvimento da aerodinâmica em automóveis.

1.5 – Estado da arte e tendências futuras.

## UNIDADE 2 – MECÂNICA DOS FLUIDOS E AERODINÂMICA VEICULAR

- 2.1 – Tipos de escoamentos e Número de Reynolds.
- 2.2 – Propriedades de escoamentos compressíveis.
- 2.3 – Introdução ao escoamento em veículos.
- 2.4 – Escoamento externo em veículos.
- 2.5 – Escoamento interno em veículos.
- 2.6 – Relação entre escoamento interno e externo em veículos.

## UNIDADE 3 – TÚNEL DE VENTO E DINÂMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

- 3.1 – Túneis de vento: Introdução, Conceitos fundamentais, Limitações.
- 3.2 – Testes em túneis de vento usando modelos em escala reduzida.
- 3.3 – Introdução à Dinâmica de Fluidos Computacional.
- 3.4 – Métodos CFD usados em aerodinâmica veicular.
- 3.5 – Modelos de turbulência.
- 3.6 – Programas de CFD disponíveis.

## UNIDADE 4 – DESEMPENHO DE VEÍCULOS E CAMINHÕES PEQUENOS

- 4.1 – Resistência ao movimento do veículo.
- 4.2 – Desempenho.
- 4.3 – Consumo de combustível e Economia de combustível.
- 4.4 – Estratégias para mínimo consumo de combustível.
- 4.5 – Consumo de combustível em caminhões pequenos.

## UNIDADE 5 – AERODINÂMICA DE VEÍCULOS DE PASSEIO

- 5.1 – O veículo de passeio como sendo um *bluff-body*.
- 5.2 – Campos de escoamento ao redor do veículo.
- 5.3 – Análise de arrasto e locais de origem.
- 5.4 – Estratégias para geração de formas geométricas.
- 5.5 – Arrasto de veículos de passeio em produção.

## UNIDADE 6 – ESTABILIDADE DIRECIONAL DO VEÍCULO

- 6.1 – Introdução.
- 6.2 – Historia da estabilidade direcional.
- 6.3 – Forças e momentos aerodinâmicos.
- 6.4 – Aerodinâmica e dirigibilidade.
- 6.5 – Influência das formas geométricas do veículo nas forças e momentos aerodinâmicos.
- 6.6 – Testes e métodos de avaliação.

## UNIDADE 7 – VEÍCULOS DE ALTO DESEMPENHO (COMPETIÇÃO)

- 7.1 – Introdução.
- 7.2 – Algumas metas históricas.
- 7.3 – O significado de aerodinâmica em veículos de alto desempenho.
- 7.4 – Alternativas de projeto.
- 7.5 – Problemas especiais.
- 7.6 – Tendências para o futuro de veículos de alto desempenho.

## UNIDADE 8 – VEÍCULOS COMERCIAIS

- 8.1 – Introdução.
- 8.2 – Resistência de tração e consumo de combustível.
- 8.3 – Redução do arrasto e consumo de combustível.

- 8.4 – Coeficiente de arrasto aerodinâmico de veículos comerciais.
- 8.5 – Redução do arrasto aerodinâmico.
- 8.6 – Vantagens de efeitos de interferência aerodinâmica.
- 8.7 – Sujidade das superfícies externas do veículo.

## UNIDADE 9 – ANTEPROJETO

- 9.1 – Simulação em CFD de um veículo de passeio / comercial / competição

## VI. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Estes conteúdos serão desenvolvidos com aulas expositivas / dissertativas e resolução de exercícios. Palestras e aulas expositivas / dissertativas: serão ministradas aulas expositivas / dissertativas e dialogadas pelo professor responsável, conforme cronograma distribuído a todos os alunos matriculados na disciplina, e devidamente reunidos em sala de aula para este fim. Ao longo do curso será utilizado o programa ANSYS-FLUENT para processos de simulação e anteprojeto. O aluno deverá instalar no seu computador pessoal a versão acadêmica do ANSYS-FLUENT (<https://www.ansys.com/academic/students>) para a realização dos trabalhos da disciplina.

## VII. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Será realizada por intermédio de avaliação individual (duas provas escritas) e trabalhos ao longo do desenvolvimento do curso. As avaliações estão marcadas no item IX CRONOGRAMA.

Os trabalhos consistem na simulação da aerodinâmica de: (a) uma geometria automotiva simplificada CFD#1 e (b) um dos tipos de veículos vistos em sala de aula (passeio, comercial ou alto desempenho) CFD#2. Cada aluno deverá entregar dois **trabalhos acadêmicos, usando as normas de apresentação de trabalhos ABNT disponíveis no site da Biblioteca Universitária, <http://www.bu.ufsc.br/design/Estrutura.html>**, contendo as análises dos resultados das simulações. No final do curso (vide item IX CRONOGRAMA) cada aluno apresentará os seus resultados em forma de anteprojeto (15 min de apresentação + 5 min de perguntas). Será considerado aprovado o estudante que alcançar a média igual ou superior a 5,75 (cinco vírgula setenta e cinco) ao final do semestre letivo, e esta será sua nota na disciplina, desde que tenha comparecido a um mínimo de 75 % da carga horária da disciplina (art. 72 e art. 69 § 2ª da Resolução 017/CUn/97).

A nota final da disciplina será considerada a média ponderada das duas provas, da apresentação do anteprojeto e dos dois trabalhos de simulação realizados ao longo do curso, considerando o seguinte peso:

- **Prova 1**, correspondente a 35 % da nota,
- **Prova 2**, correspondente a 30 % da nota,
- **Trabalho em aula CFD #1**, correspondente a 15 % da nota,
- **Trabalho de simulação CFD #2 - Simulação veículo + Apresentação** correspondente a 20 % da nota,

**Observação:** A Prova 2 versará sobre todo o conteúdo da disciplina, incluindo os trabalhos ao longo do curso.

## VIII. AVALIAÇÃO FINAL

O(a) aluno(a) com frequência suficiente e média das notas entre três (3,0) e cinco vírgula cinco (5,5) terá direito a uma **nova avaliação** no final do semestre que **versará sobre todo o**

**conteúdo da disciplina**, conforme o que dispõe o § 2º do Art. 70 e § 3º do Art. 71 da Resolução nº 17/Cun/97. Neste caso, a média final será calculada através da média aritmética simples entre a média das notas das avaliações feitas durante o semestre e a nota obtida na nova avaliação. A nota mínima de aprovação é seis (6,0).

Caso o(a) aluno(a) **não** compareça a **75% da carga horária da disciplina** estará automaticamente reprovado com nota **0,0(zero)**, independentemente da sua média nas avaliações individuais, conforme dispõem no Art. 69 § 2º da Resolução 017/CUn/97. Os(as) alunos(as) que eventualmente faltarem em alguma avaliação que foram perdidas por motivos extremos, mediante justificativa; dentro do prazo de **3 (três) dias úteis** após a avaliação conforme o que dispõe o Art. 74, da Resolução 017/CUn/97, poderão solicitar na secretaria acadêmica do Centro Tecnológico de Joinville o pedido de segunda chamada. Após a análise do pedido e seu deferimento, os(as) alunos(as) poderão realizar a avaliação de segunda chamada na data, no local e horário definido no cronograma.

## IX. CRONOGRAMA

| Semana | Data       | Dia de aula, na semana correspondente | Aula# | Conteúdo  |
|--------|------------|---------------------------------------|-------|---|
| S1     | 19/04/2022 | Terça-feira                           | 1     | <b>Apresentação do plano de ensino / 1.1 - 1.2</b>                            |
|        |            |                                       | 2     |   |
|        | 20/04/2022 | Quarta-feira                          | 3     | 1.3 - 1.4 - 1.5   |
|        |            |                                       | 4     |   |
| S2     | 26/04/2022 | Terça-feira                           | 5     | 2.1 - 2.2 - 2.3   |
|        |            |                                       | 6     |   |
|        | 27/04/2022 | Quarta-feira                          | 7     | 2.4 - 2.5   |
|        |            |                                       | 8     |   |
| S3     | 03/05/2022 | Terça-feira                           | 9     | 2.5 - 2.6   |
|        |            |                                       | 10    |   |
|        | 04/05/2022 | Quarta-feira                          | 11    | 3.1 - 3.2 - 3.3   |
|        |            |                                       | 12    |   |
| S4     | 10/05/2022 | Terça-feira                           | 13    | 3.4 - 3.5   |
|        |            |                                       | 14    |   |
|        | 11/05/2022 | Quarta-feira                          | 15    | <b>3.6 (Trabalho 1 - Primeira entrega)</b>                                    |
|        |            |                                       | 16    |   |
| S5     | 17/05/2022 | Terça-feira                           | 17    | 4.1 - 4.2 (+ <b>duvidas CFD</b> )   |
|        |            |                                       | 18    |   |
|        | 18/05/2022 | Quarta-feira                          | 19    | 4.3 - 4.4 (+ <b>duvidas CFD</b> )   |
|        |            |                                       | 20    |   |
| S6     | 24/05/2022 | Terça-feira                           | 21    | 4.5 (+ <b>duvidas CFD</b> )   |
|        |            |                                       | 22    |   |
|        | 25/05/2022 | Quarta-feira                          | 23    | 5.1 (+ <b>duvidas CFD</b> )   |
|        |            |                                       | 24    |   |
| S7     | 31/05/2022 | Terça-feira                           | 25    | 5.2 - 5.3   |
|        |            |                                       | 26    |   |
|        | 01/06/2022 | Quarta-feira                          | 27    | <b>5.4 - 5.5 (Trabalho 1 – Entrega Final / Trabalho 2 – primeira entrega)</b> |
|        |            |                                       | 28    |   |
| S8     | 07/06/2022 | Terça-feira                           | 29    | <b>Prova 1</b>  |

|     |            |              |    |  |
|-----|------------|--------------|----|--|
|     |            |              | 30 |  |
|     | 08/06/2022 | Quarta-feira | 31 | 6.1 - 6.2  |
|     |            |              | 32 |  |
| S9  | 14/06/2022 | Terça-feira  | 33 | 6.3 - 6.4  |
|     |            |              | 34 |  |
|     | 15/06/2022 | Quarta-feira | 35 | 6.5 - 6.6  |
|     |            |              | 36 |  |
| S10 | 21/06/2022 | Terça-feira  | 37 | 7.1 ( + duvidas CFD)                                     |
|     |            |              | 38 |  |
|     | 22/06/2022 | Quarta-feira | 39 | 7.2 ( + duvidas CFD)                                     |
|     |            |              | 40 |  |
| S11 | 28/06/2022 | Terça-feira  | 41 | 7.3 ( + duvidas CFD)                                     |
|     |            |              | 42 |  |
|     | 29/06/2022 | Quarta-feira | 43 | 7.4 ( + duvidas CFD)                                     |
|     |            |              | 44 |  |
| S12 | 05/07/2022 | Terça-feira  | 45 | 7.5 - 7.6  |
|     |            |              | 46 |  |
|     | 06/07/2022 | Quarta-feira | 47 | 8.1 - 8.2 - 8.3(a)                                       |
|     |            |              | 48 |  |
| S13 | 12/07/2022 | Terça-feira  | 49 | 8.3(b) - 8.4 - 8.5(a)                                    |
|     |            |              | 50 |  |
|     | 13/07/2022 | Quarta-feira | 51 | 8.5(b) -8.6 - 8.7<br><b>(Trabalho 2 - Entrega Final)</b> |
|     |            |              | 52 |  |
| S14 | 19/07/2022 | Terça-feira  | 53 | 9.1 - 9.2 ( <b>Apresentação de anteprojeto</b> )         |
|     |            |              | 54 |  |
|     | 20/07/2022 | Quarta-feira | 55 | 9.1 - 9.2 ( <b>Apresentação de anteprojeto</b> )         |
|     |            |              | 56 |  |
| S15 | 26/07/2022 | Terça-feira  | 57 | <b>Atendimento alunos</b>                                |
|     |            |              | 58 |  |
|     | 27/07/2022 | Quarta-feira | 59 | <b>Prova 2</b>   |
|     |            |              | 60 |  |
| S16 | 02/08/2022 | Terça-feira  | 61 | <b>Recuperação</b>                                       |
|     |            |              | 62 |  |
|     | 03/08/2022 | Quarta-feira | 63 | <b>Atendimento alunos</b>                                |
|     |            |              | 64 |  |

### **Observações:**

- O aluno precisará de 8 horas-aula de estudo em casa para realização dos trabalhos da disciplina, completando de esta forma a carga horaria de 72 horas-aula.
- Quintas-feiras, no horário das 08:00 às 12:00 horas, sob agendamento prévio via e-mail, o professor da disciplina estará disponível para atendimento a alunos em sala virtual do Moodle-BBB da disciplina, ou havendo tempo disponível ao final das aulas presenciais.
- **Trabalho 1 - Primeira entrega:** Relatório preliminar da simulação de uma geometria automotiva simplificada, segundo instruções a ser repassadas em sala de aula. O aluno deverá fazer up-load de todos os arquivos (geometria - arquivo em SolidWorks, arquivo de malha em ANSYS via Gdrive), e documento do relatório preliminar em Word / PDF.

- **Trabalho 1 – Entrega Final:** Arquivos de simulação e relatório final da simulação da geometria automotiva simplificada, via GDrive.
- **Trabalho 1 - Primeira entrega:** Anteprojeto - Relatório preliminar da simulação de uma geometria automotiva (veículo de passeio / competição / comercial), segundo instruções a ser repassadas em sala de aula. O aluno deverá fazer up-load de todos os arquivos (geometria - arquivo em SolidWorks, arquivo de malha em ANSYS via Gdrive), e documento do relatório preliminar em Word / PDF
- **Trabalho 2 – Entrega Final:** Anteprojeto. Arquivos de simulação em ANSYS-FLUENT de um veículo de passeio / competição / comercial, incluindo relatório final para apresentação. Até a data especificada desta atividade, o aluno deverá fazer up-load de todos os arquivos de simulação (via Gdrive) incluindo o arquivo de apresentação em pptx
- O cronograma está sujeito a alterações.

## X. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- ISMARIL, K.A.R. Aerodinâmica Veicular. Grafica Cisgraf. ISBN 85-900609-6-9, 2007, 295p
- MILLIKEN, W.F.; MILLINKEN, D.L. Race Car Vehicle Dynamics. SAE International. 1994.
- PARKET, B. The Isaac Newton School of Driving: Physics and Your Car. John Hopkins University Press. 2003.

## XI. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- MILLIKEN, W.F.; MILLINKEN, D.L. METZ, L.D., KASPRZA, E.M. Race Car Vehicle Dynamics Book and Problems, Answers and Experiments Set. SAE International. 2003.
- SAINTIVE, N.S. TEORIA DE VOO - PP/PC - INTRODUÇÃO A AERODINAMICA. 5ª Edição. 2010.
- SIMON, M. e ELIZALDE, P. AERODINAMICA DEL AUTOMOVIL DE COMPETICION. Editora CEAC ESPANHA. 2ª Edição. 2005.

## XII. OBSERVAÇÕES

- 1) SOBRE O CALENDÁRIO: O calendário poderá sofrer algumas alterações,
- 2) SOBRE A BIBLIOGRAFIA: Adicionalmente, recomenda-se os seguintes livros para consulta:
  - Çengel, Y & Cimbala, J., Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações, Mc Graw-Hill, Rio de Janeiro.
  - Fox, R. W & McDonald, T., Introdução à mecânica dos Fluidos, 6ª ed., LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro
  - Moran, M.J. & Shapiro, H. S. - Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora

**Atualizado em:**  
Joinville, 04 de Março de 2022.