



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JOINVILLE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE  
ENGENHARIA AUTOMOTIVA  
SEMESTRE 2016.1**

## **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) SUGERIDO(S)**

Ter concluído a 7ª fase.

## **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 – História 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
- 9.2 – Simulação em CFD de um veículo comercial

## 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.

## VII. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

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

Os dois trabalhos consistem na simulação da aerodinâmica de (a) um veículo de passeio e (b) um veículo comercial. Cada aluno deverá entregar um reporte técnico (**Trabalho acadêmico, usando as normas de apresentação de trabalhos ABNT disponíveis no site da Biblioteca Universitária**) contendo os resultados das simulações. No final do curso (vide item IX CRONOGRAMA) cada aluno apresentará os seus resultados em forma de anteprojeto (10 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 30 % da nota,
- **Prova 2**, correspondente a 30 % da nota,
- **Simulação veículo de passeio** correspondente a 15 % da nota,
- **Simulação veículo comercial** correspondente a 15 % da nota.
- **Apresentação de Anteprojeto** correspondente a 10 % 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 de Engenharias da Mobilidade 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 da segunda feira da semana correspondente	Dia de aula, na semana correspondente	Aula#	Conteúdo
S1	14/03/2016	Quinta-feira	1	1.1 - 1.2 - 1.3
			2	
		Sexta-feira	3	1.4 - 1.5
			4	
S2	21/03/2016	Quinta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
		Sexta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
S3	28/03/2016	Quinta-feira	5	2.1 - 2.2 - 2.3
			6	
		Sexta-feira	7	2.4 - 2.5 - 2.6
			8	
S4	04/04/2016	Quinta-feira	9	3.1 - 3.2 -3.3(a)
			10	
		Sexta-feira	11	3.4 - 3.5 - 3.6
			12	
S5	11/04/2016	Quinta-feira	13	3.3(b) (Aula CFD)
			14	
		Sexta-feira	15	4.1 - 4.2
			16	
S6	18/04/2016	Quinta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
		Sexta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
S7	25/04/2016	Quinta-feira	17	4.3 - 4.4
			18	
		Sexta-feira	19	4.5 - 5.1(a)
			20	
S8	02/05/2016	Quinta-feira	21	5.1(b) - 5.2
			22	
		Sexta-feira	23	5.3

			24	
S9	09/05/2016	Quinta-feira	25	5.4
			26	
		Sexta-feira	27	5.5
			28	
S10	16/05/2016	Quinta-feira	29	<b>Primeira Prova</b>
			30	
		Sexta-feira	31	3.3(c) (Aula CFD)
			32	
S11	23/05/2016	Quinta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
		Sexta-feira	***	<b>Não tem aula</b>
			***	
S12	30/05/2016	Quinta-feira	33	3.3(d) (Aula CFD)
			34	
		Sexta-feira	35	6.1 - 6.2
			36	
S13	06/06/2016	Quinta-feira	37	6.3 - 6.4
			38	
		Sexta-feira	39	6.5 - 6.6
			40	
S14	13/06/2016	Quinta-feira	41	6.5 - 6.6
			42	
		Sexta-feira	43	7.1 - 7.2
			44	
S15	20/06/2016	Quinta-feira	45	7.3 - 7.4
			46	
		Sexta-feira	47	7.5 - 7.6
			48	
S16	27/06/2016	Quinta-feira	49	8.1 - 8.2
			50	
		Sexta-feira	51	8.3 - 8.4
			52	
S17	04/07/2016	Quinta-feira	53	8.5 - 8.6
			54	
		Sexta-feira	55	<b>9.1 - 9.2 (Apresentação de anteprojeto / entrega dos trabalhos de simulação em CFD)</b>
			56	
S18	11/07/2016	Quinta-feira	57	<b>9.1 - 9.2 (Apresentação de anteprojeto / entrega dos trabalhos de simulação em CFD)</b>
			58	
		Sexta-feira	59	<b>Segunda Prova</b>
			60	
S19	18/07/2016	Quinta-feira	61	<b>Discussão dos trabalhos da disciplina em sala de aula</b>
			62	
		Sexta-feira	63	<b>Recuperação</b>
			64	

### **Observações:**

- Os alunos deverão usar 8 horas-aula, atividades em casa, para a realização das simulações numéricas referentes à unidade 9 do conteúdo programático.
- 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 (Cap. 14)
- 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, 31 de Janeiro de 2016.