



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CAMPUS JOINVILLE**  
**CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE**  
**ENGENHARIA AUTOMOTIVA**  
**SEMESTRE 2020.1**

### I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

**Código:** EMB 5317

**Nome:** Aerodinâmica Veicular

**Carga horária:** 72 horas-aula

**Créditos:** 04

**Turma(s):** 09603

**Professor:** Leonel R Cancino

### II. CONDIÇÕES DE OFERTA EM ENSINO REMOTO (Resolução 140/2020/CUN)

Quesito	RESPOSTA
Marque ao lado os horários alocados para a disciplina <b>exatamente</b> como está no CAGR (formato 2.1010-3 => dia.início-ha)	Horário 1: 2.1510-2 Horário 2: 3.1510-2
<b>Qual o horário<sup>(1)</sup> será reservado para as <u>atividades síncronas da disciplina</u><sup>(2)</sup>?</b>  <sup>(1)</sup> este horário deve estar de acordo com o horário do CAGR do item anterior; <sup>(2)</sup> o estudante não deve prever nenhuma outra atividade concomitante no mesmo horário.	Atividades Síncronas:  Segundas, 15:10h às 16:50h Terças, 15:10h às 16:50h
<b>Observado o item anterior, qual a periodicidade prevista para ocorrerem as atividades síncronas de <u>ensino e atendimento</u> aos estudantes, <u>excetuando-se eventuais avaliações síncronas</u>?</b>	As atividades síncronas de <u>ensino e atendimento</u> aos estudantes ocorrerão: (X) em todos os horários do item anterior ( ) semanalmente ( ) quinzenalmente
Quais as plataformas digitais a serem utilizadas nos encontros síncronos?	Plataforma: BBB-Moodle
Como o docente planeja realizar a aferição de frequência por parte dos estudantes na disciplina?	Chamada, em cada aula via ferramenta do BBB-Moodle
O docente disponibilizará o material gravado das atividades síncronas para que os alunos possam acessá-lo de forma assíncrona posteriormente?	( ) SIM (X) NÃO  Plataforma:
Que tipo de material de apoio pedagógico o docente disponibilizará aos alunos para estudo assíncrono?	Slides das aulas, materiais de referência para leitura (artigos científicos, TCC's, dissertações e teses de doutorado)
Como o docente pretende realizar a avaliação e aproveitamento dos estudantes na disciplina? (o docente deve especificar claramente os instrumentos, plataformas e metodologias de avaliação)	Quatro trabalhos a serem entregues em data previamente informada no cronograma da disciplina. Dois destes trabalhos deverão ser entregues no mesmo dia (e horário da

	disciplina no Moodle) de lançamento no Moodle.
O docente solicitará dos estudantes a instalação de software(s) para o desenvolvimento da disciplina que não esteja(m) disponível(eis) no Terminal de Softwares da UFSC?	( X ) SIM ( ) NÃO Quais: ANSYS Academic Version <a href="https://www.ansys.com/academic">https://www.ansys.com/academic</a>
Bibliografia de Acesso Digital para esta disciplina.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerodynamics of Road Vehicles – Wolf Heinrich Hucho, disponível em: <a href="https://pdfslide.net/engineering/automotive-aerodynamics-book-wolf-heinrich-hucho.html">https://pdfslide.net/engineering/automotive-aerodynamics-book-wolf-heinrich-hucho.html</a></li> <li>• Race Cars Aerodynamics – Designing for Speed – Joseph Katz, disponível em: <a href="https://pdfslide.net/documents/race-car-aerodynamics-joseph-katz-1st-edition.html">https://pdfslide.net/documents/race-car-aerodynamics-joseph-katz-1st-edition.html</a></li> </ul>	
Abaixo, o docente deve apresentar informações adicionais relacionadas à forma de oferta da disciplina, avaliação e aferição de frequência e utilização de materiais em outros idiomas.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A avaliação será feita via média ponderada de quatro trabalhos (Trabalho 1, Trabalho 2, Trabalho 3 e Trabalho 4), dois dos quais serão lançados no Moodle para entrega no mesmo dia (Trabalho 1 e Trabalho 2, datas sinalizadas no cronograma).</li> <li>• A aferição da frequência será realizada da seguinte forma: 75% da presença individual, chamada em todos os eventos síncronos, e 25% presença avaliada de acordo com o aproveitamento do estudante.</li> <li>• A maioria do material de referência para esta disciplina encontra-se em língua inglesa. Somente os slides das aulas, disponibilizados no Moodle estarão em língua portuguesa.</li> </ul>	

### III. PRÉ-REQUISITO(S)

- EMB5304 – Motores de Combustão Interna I

### IV. 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

### V. 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.

## VI. 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 / comercial / competição

## VII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A oferta desta disciplina será no modelo de aula invertida, conteúdos (arquivos ppt, artigos científicos, vídeos e informação de domínio público) serão repassados no Moodle da turma semanalmente e os mesmos serão discutidos e aprofundados nos encontros virtuais da semana seguinte. Ao longo do curso será utilizado o programa ANSYS-FLUENT (<https://www.ansys.com/Products/Fluids/ANSYS-Fluent>) para processos de simulação e anteprojeto. O aluno deverá acessar no portal da ANSYS e fazer download da versão acadêmica no seu computador (desktop / laptop) para a realização dos trabalhos ao longo do curso.

## VIII. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Será realizada por intermédio de avaliação individual (quatro trabalhos) ao longo do desenvolvimento do curso, da seguinte forma e ponderação:

- **Trabalho 1**, correspondente a 35 % da nota,
- **Trabalho 2**, correspondente a 30 % da nota,
- **Trabalho 3**, correspondente a 15 % da nota
- **Trabalho 4 + apresentação do anteprojeto**, correspondente a 20 % da nota

A data e o lançamento dos trabalhos no Moodle da turma estão marcados no item CRONOGRAMA. Os trabalhos 1 e 2 serão lançados no Moodle no mesmo dia que deverão ser entregues pelo aluno, via Moodle, em formato de apresentação livre. O tempo estipulado para a apresentação do Trabalho 4 será de 10 min + 5 de perguntas. **O aluno deverá entregar os Trabalhos 3 e 4, usando as normas de apresentação de trabalhos ABNT disponível no site da Biblioteca Universitária - <http://www.bu.ufsc.br/design/Estrutura.html>, contendo a análise dos resultados obtidos.** 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.

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

## IX. AVALIAÇÃO FINAL

O(a) aluno(a) com média das notas entre três (3,0) e cinco vírgula cinco (5,5) terá direito a uma **nova avaliação (Recuperação)** 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 (Recuperação)**. A nota mínima de aprovação é seis (6,0). A **nova avaliação (Recuperação)** supracitada consistirá em um

trabalho, a ser realizado num período de tempo máximo de 2 horas após o lançamento do mesmo no Moodle da disciplina, na data (e horário da aula cadastrado no CAGR) marcado no Cronograma.

## X. CRONOGRAMA

Semana	Data	Dia de aula, na semana correspondente	Aula#	Conteúdo
S1	01/02/2021	Segunda-feira	1	<b>Apresentação do plano de ensino</b> 1.1 - 1.2 - 1.3
			2	
	02/02/2021	Terça-feira	3	1.4 - 1.5
			4	
S2	08/02/2021	Segunda-feira	5	2.1 - 2.2 - 2.3
			6	
	09/02/2021	Terça-feira	7	2.4 - 2.5 - 2.6
			8	
S3	15/02/2021	Segunda-feira	---	<b>Dia não letivo</b>
			---	
	16/02/2021	Terça-feira	---	<b>Dia não letivo</b>
			---	
S4	22/02/2021	Segunda-feira	9	3.1 - 3.2 - 3.3
			10	
	23/02/2021	Terça-feira	11	3.4 - 3.5 - 3.6 ( <b>Trabalho 3 - Primeira entrega</b> )
			12	
S5	01/03/2021	Segunda-feira	13	4.1 - 4.2 (+ <b>duvidas CFD</b> )
			14	
	02/03/2021	Terça-feira	15	4.3 - 4.4 (+ <b>duvidas CFD</b> )
			16	
S6	08/03/2021	Segunda-feira	17	4.5 (+ <b>duvidas CFD</b> )
			18	
	09/03/2021	Terça-feira	---	<b>Dia não letivo</b>
			---	
S7	15/03/2021	Segunda-feira	19	5.1 (+ <b>duvidas CFD</b> )
			20	
	16/03/2021	Terça-feira	21	5.2 - 5.3
			22	
S8	22/03/2021	Segunda-feira	23	5.4 - 5.5 ( <b>Trabalho 3 - Segunda entrega</b> )
			24	
	23/03/2021	Terça-feira	25	<b>Lançamento do Trabalho 1 no Moodle / Entrega do Trabalho 1</b>
			26	
S9	29/03/2021	Segunda-feira	27	6.1 - 6.2 - 6.3
			28	
	30/03/2021	Terça-feira	29	6.4 - 6.5 - 6.6
			30	
S10	05/04/2021	Segunda-feira	31	<b>Dia não letivo</b>
			32	

	06/04/2021	Terça-feira	33 34	7.1 - 7.2 ( + <b>duvidas CFD</b> )
S11	12/04/2021	Segunda-feira	35 36	7.3 - 7.4 ( + <b>duvidas CFD</b> )
			Terça-feira	
S12	19/04/2021	Segunda-feira		39 40
			Terça-feira	41 42
S13	26/04/2021	Segunda-feira		43 44
			Terça-feira	45 46
S14	03/05/2021	Segunda-feira		47 48
			Terça-feira	49 50
S15	10/05/2021	Segunda-feira		51 52
			Terça-feira	53 54
S16	17/05/2021	Segunda-feira		55 56
			Terça-feira	57 58

### **Observações:**

- O aluno precisará de 14 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 Google Meet / Conferência web – RNP.
- **Trabalho 3 - 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 3 – Segunda entrega:** Arquivos de simulação e relatório final da simulação da geometria automotiva simplificada, via GDrive.
- **Trabalho 4 – Entrega:** 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.

## **XI. 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.

## **XII. 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.

## **XIII. 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, 07 de Dezembro de 2020.