



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Química e  
Engenharia de Alimentos



## Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

### PLANO DE ENSINO TRIMESTRE 2024.2

#### I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

Código	Nome da disciplina	Créditos	Período
ENQ3228000	Método de Volumes Finitos Aplicados a Fenômenos de Transporte	03	2024.2

#### II. PROFESSOR MINISTRANTE

Prof. Dr. Adriano da Silva

Prof. Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza

#### III. TUTOR

#### IV. PRESENÇA NAS ATIVIDADES SÍNCRONAS

Lista de presença em sala de aula.

#### V. CURSO E PÚBLICO-ALVO

Mestrado/Doutorado em Engenharia Química

#### VI. EMENTA

Equações de conservação escritas na forma unificada. Discretização das equações em coordenadas cartesianas utilizando o Método de Volumes Finitos. Localização das variáveis na malha computacional. Funções de interpolação. Conceito de Difusão Numérica. Discretização das condições de contorno. Solução das equações discretizadas.

#### VII. OBJETIVOS

O aluno deverá, ao final do curso, ser capaz de realizar uma experimentação numérica envolvendo a aplicação do Método de Volumes Finitos na discretização das equações do modelo matemático, bem como, de sua implementação computacional para a resolução de um problema de engenharia envolvendo os fenômenos de transferência.

#### VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Introdução ao Método de Volumes Finitos.
2. Equações de conservação da massa, quantidade de movimento, energia e espécie química, escritas na forma unificada. Identificação da grandeza transportada, coeficiente de difusão, termo fonte e termo de pressão.
3. Obtenção das equações aproximadas do Método de Volumes Finitos em coordenadas cartesianas. Aproximação da variável transportada e do gradiente nas faces do volume de controle.

4. Localização das variáveis na malha computacional. Arranjo de variáveis desencontradas. Arranjo de variáveis co-localizadas.
5. Introdução a discretização e implementação computacional.
6. Linearização do termo fonte.
7. Método de Volumes Finitos aplicado em problemas difusivos.
  - Introdução.
  - Geração da malha.
  - Discretização aplicada a problemas 1-D em regime permanente e sem termo fonte.
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
  
  - Discretização aplicada a problemas 1-D em regime permanente e com termo fonte.
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
  
  - Discretização aplicada a problemas 2-D em regime permanente.
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
8. Método de Volumes Finitos aplicado em problemas convectivos-difusivos.
  - Introdução
  - Funções de interpolação
  - Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 1-D
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
  
  - Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 1-D com termo fonte
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
  
  - Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 2-D
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
9. Método de Volumes Finitos aplicado em problemas transientes
  - Introdução
  - Métodos de discretização das equações.
  - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica.
  - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
10. Conceito de difusão numérica ou falsa difusão.
11. Aplicação do método de Volumes Finitos utilizando o software OpenFOAM.  
Solução de problemas envolvendo escoamento de fluidos, com ou sem a transferência de calor.

## **IX. METODOLOGIA DE ENSINO / FORMA DE TRABALHO**

### **AULAS SÍNCRONAS**

Aulas síncronas serão expositivas com a utilização de material de apoio para apresentação dos conteúdos e/ou de softwares, de artigos científicos, além da aplicação do aprendizado baseado na resolução de problemas práticos.

O material utilizado nas aulas será disponibilizado aos estudantes no sistema moodle UFSC.

É importante destacar que uma vez disponibilizada, a aula não poderá ser repassada a terceiros sem autorização prévia do docente.

## AULAS ASSÍNCRONAS

As aulas assíncronas envolverão atividades de resolução de listas de exercícios.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle será utilizado para a entrega de todas as atividades assíncronas.

## X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A avaliação será feita através de uma prova (70%) e atividade final (30%).

## XI. CRONOGRAMA

<b>Aula 01</b>	Plano de ensino. Definição das equipes para apresentação do trabalho final. Introdução ao Método de Volumes Finitos. Localização das variáveis na malha computacional. Introdução a discretização e implementação computacional. Cuidados gerais na obtenção das equações discretizadas.
<b>Aula 02</b>	- Definição do problema a ser resolvido por cada equipe em seu trabalho final. Método de Volumes Finitos aplicado em problemas difusivos 1-D em regime permanente e sem termo fonte. - Geração da malha. - Discretização e fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica
<b>Aula 03</b>	- Discretização aplicada a problemas 1-D em regime permanente e com termo fonte. - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica. - Linearização do termo fonte. - Condições de contorno. - Discretização e fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica - Discretização aplicada a problemas 2-D em regime permanente. - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica
<b>Aula 04</b>	Método de Volumes Finitos aplicado em problemas convectivos-difusivos. - Introdução. - Funções de interpolação. - Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 1-D . - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.  Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 1-D com termo fonte - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
<b>Aula 05</b>	- Discretização aplicada a problemas convectivos-difusivos 2-D - Fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
<b>Aula 06</b>	- Método de Volumes Finitos aplicado em problemas transientes - Introdução - Métodos de discretização - Discretização e fluxograma do algoritmo de implementação e obtenção da solução numérica. - Análise da solução numérica e sua validação com a solução analítica.
<b>Aula 07</b>	Aplicação do método de Volumes Finitos utilizando o software OpenFOAM. Solução de problemas envolvendo o escoamento de fluidos.
<b>Aula 08</b>	Aplicação do método de Volumes Finitos utilizando o software OpenFOAM. Solução de problemas com transferência de calor.

<b>Aula 09</b>	- Apresentação do trabalho final com a aplicação do método de Volumes Finitos na solução de problemas envolvendo escoamento de fluidos, com transferência de calor.
<b>Aula 10</b>	- AVALIAÇÃO

## **XII. BIBLIOGRAFIA**

Opções de livre acesso e disponibilização de material:

<https://www.openfoam.com/>

<https://openfoam.org/>

[https://wiki.openfoam.com/Main\\_Page](https://wiki.openfoam.com/Main_Page)

<https://doc.cfd.direct/notes/cfd-general-principles/>

OpenFOAM fórum de discussão, <http://www.cfd-online.com/Forums/openfoam/>

Weblinks disponibilizados via Moodle.

Consulta de livros online na BU/UFSC:

<http://portal.bu.ufsc.br/a-biblioteca-universitaria-daufsc-oferece-acesso-a-livros-eletronicos-em-diversas-areas-do-conhecimento/>

### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

- MALISKA, C. R., *Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1995.

- VERSTEEG, H., MALALASEKRA, W. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method Approach*. Second Edition, Prentice Hall, 1996

### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

- ANDERSON, J. *Computational Fluid Dynamics*. McGraw-Hill, 1995.

- FERZIGER, J. H., PERIC, M. *Computational Methods for Fluid Dynamics*. 3. ed. Springer, 2001.

- FORTUNA, A. O., *Técnicas Computacionais para Dinâmica dos Fluidos: Conceitos Básicos e Aplicações*, Editora da USP – Edusp, 2000.

- MINKOWYCZ, W. J., Sparrow, E.M.; Schneider, G.E.; Pletcher, R.H., *Handbook of Numerical Heat Transfer*, John Wiley & Sons, 1988.

- PATANKAR, S. V., *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Co, 1981.

- PINTO, J. C., LAGE, P. L. C., *Métodos Numéricos em Problemas de Engenharia Química*, E-papers Serviços Editoriais Ltda., 2001

- PLETCHER, R.; TANNEHILL, J.; ANDERSON, D. *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*. 2. ed. Taylor & Francis, 1997.

- SMITH, G. D. *Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. 3. ed. USA: Oxford University Press, 1986

### **NOTA IMPORTANTE – DIREITO AUTORAL**

Baixar, reproduzir, compartilhar, comunicar ao público, transcrever, transmitir, entre outros, o conteúdo das aulas ou de qualquer material didático pedagógico só é possível COM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO.

Respeite a privacidade e os direitos de imagem tanto dos docentes quanto dos colegas. Não compartilhe prints, fotos, etc., sem a permissão explícita de todos os participantes.

O(a) estudante que desrespeitar esta determinação estará sujeito(a) a sanções disciplinares previstas no Capítulo VIII, Seção I, da Resolução 017/CUn/1997 e o estabelecido na Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 (legislação sobre direitos autorais e dá outras providências).

AVISO LEGAL: Os docentes do PósENQ não autorizam o uso de imagens, vídeos etc. fora do âmbito do estudo na disciplina. Neste esforço emergencial, os trimestres de 2021 serão completados com a utilização de recursos de presença virtual e atividades assíncronas usando vídeo. Esses recursos não devem ser abusados. Evite sanções legais.

**Um Bom Trimestre a todos(as)!!!**

---

Prof. Dr. Adriano da Silva  
Docente da Disciplina

---

Prof. Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza  
Docente da Disciplina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza  
Docente da Disciplina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Débora de Oliveira  
Coordenadora do PósENQ