



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO

PROGRAMA DE DISCIPLINA

Curso:	Engenharia Química	Campus:	Sede
Departamento:	Departamento de Engenharia Química		
Centro:	Centro de Tecnologia		
<b>COMPONENTE CURRICULAR</b>			
Nome: Fenômenos de Transporte			Código: 9076
Carga Horária: 204 ha	Periodicidade: Anual	Ano de Implantação: 2016	
<b>1. EMENTA</b>			
Conceitos fundamentais e aplicações envolvendo os processos de transferência de quantidade de movimento, calor e massa. (Res. nº 185/15 - CII ETC)			
<b>2. OBJETIVOS</b>			
Fornecer fundamentos de fenômenos de transporte para que ao final da disciplina o aluno seja capaz de resolver problemas relacionados à Engenharia Química envolvendo balanços integrais e diferenciais de transferência de quantidade de movimento, calor e massa. (Res. nº 185/15 - CII ETC)			
<b>3. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>			
<p>I. <b>Conceitos Fundamentais</b> : 1. Fenômenos de transporte. 2. Meios. 3. Propriedades dos fluidos e dos meios contínuos. 4. Dimensões e unidades.</p> <p>II. <b>Estática dos Fluidos</b>: 1. Equilíbrio estático; 1.1 A Lei de Pascal; 1.2 Variação de Pressão. 2. Hidrostática. 3. Nível de pressão. 4. Manometria.</p> <p>III. <b>Descrição de um fluido em movimento</b>: 1. Leis físicas fundamentais. 2. Descrição de um campo de escoamento. 3. Descrição de Euler e Lagrange do movimento das partículas de um fluido. 4. Tipos de movimento. 5. Sistemas e volume de controle.</p> <p>IV. <b>Conservação da Massa</b>: 1. A relação integral. 2. A equação da continuidade. 3. Aplicações da equação da continuidade e casos particulares.</p> <p>V. <b>Segunda Lei de Newton do movimento</b>: 1. A relação integral para o momento linear. 2. Aplicações da Equação da quantidade de movimento. 3. Equação de Bernoulli ao longo de uma linha de corrente. 4. Aplicações da equação de Bernoulli.</p> <p>VI. <b>Conservação de Energia</b>: 1. A relação integral para a conservação da energia. 2. Aplicações da equação da energia. 3. A equação de Bernoulli.</p> <p>VII. <b>Análise dimensional e similaridade</b>: 1. Análise dimensional; 1.1 O Teorema <math>\Pi</math> de Buckingham; 1.2 Correlação de dados experimentais. 2. Semelhança; 2.1 Grupos adimensionais.</p> <p>VIII. <b>Relações empíricas para o escoamento em tubos</b>: 1. Escoamento laminar. 2. Escoamento turbulento; 2.1 tubo liso; 2.2 tubo rugoso. 3. Outros tipos de perdas em tubos. 4. Sistemas de tubos; 4.1 circuitos simples; 4.2 circuitos múltiplos.</p> <p>IX. <b>Tensão de cisalhamento em escoamento laminar</b>: 1. A Lei de Newton da viscosidade. 2. Fluidos newtonianos e não newtonianos.</p> <p>X. <b>Fundamentos da transferência de calor por condução</b>: 1. Lei de Fourier da condução de calor. 2. a condutividade térmica.</p>			

- XI. Fundamentos da transferência de massa:** 1. Definições; 1.1. Concentração; 1.2. Velocidade; 1.3. Fluxo. 2. A Lei de Fick da Difusão. 3. Difusividade; 3.1. Difusividade em gases; 3.2. Difusividade em líquidos; 3.3. Difusividade em sólidos.
- XII. Análise de um elemento diferencial de fluido em escoamento laminar:** 1. Balanços envolvendo quantidade de movimento. 2. Escoamento de uma película descendente. 3. Escoamento por um tubo circular.
- XIII. Condução de calor em regime permanente:** 1. A equação geral do balanço de energia; 1.1 Casos especiais para condutividade constante; 1.2 Condições de contorno. 2. Condução de calor em sistemas unidimensionais em regime permanente; 2.1 Parede plana; 2.2 Cilindros; 2.3 Esferas. 3. Sistemas unidimensionais com geração de calor; 3.1 Placa plana com geração uniforme de calor; 3.2 Cilindro com geração uniforme de calor. 4. Fenômenos de contorno convectivo; 4.1 O coeficiente global de transferência de calor. 5. Transferência de calor em aletas; 5.1 Aletas de seção reta uniforme; 5.2 Aletas de seção reta não uniforme; 5.3 Parâmetros de desempenho de aletas. 6. Condução multidimensional em regime permanente; 6.1 Solução analítica; 6.2 Método numérico de análise.
- XIV. Difusão molecular em regime permanente:** 1. Condições de contorno. 2. Transferência de massa unidimensional independente de reação química; 2.1. Difusão através de um filme gasoso estagnado; 2.2. Difusão pseudo-permanente através de um filme gasoso estagnado. 3. Sistemas unidimensionais associados com reação química; 3.1. Sistemas unidimensionais com reação química heterogênea; 3.2. Sistemas unidimensionais com reação química homogênea. 4. Transferência simultânea de momento, calor e massa.
- XV. As equações de variação para quantidade de movimento em sistemas isotérmicos:** 1. A equação da continuidade; 1.1 A partir da equação integral; 1.2 A partir de um balanço de massa. 2. A equação do movimento; 2.1 A equação de Navier-Stokes.
- XVI. As equações de variação para sistemas não isotérmicos:** 1. As equações de energia.
- XVII. As equações de variação para a transferência de massa:** 1. As equações da continuidade para uma mistura binária. 2. Formas especiais das equações de transferência de massa.
- XVIII. Condução de calor em regime transiente:** 1. O módulo de Biot. 2. Fluxo de calor transiente em sistemas com resistência interna desprezível. 3. O sólido semi-infinito. 4. Sistemas unidimensionais com condições de convecção especificadas; 4.1 Placa. 5. Emprego das cartas de temperatura transiente; 5.1 Placa plana; 5.2 Cilindro infinito; 5.3 Esfera. 6. Sistemas multidimensionais.
- XIX. Difusão molecular transiente:** 1. Difusão transiente com resistência externa desprezível; 2. Difusão transiente num meio semi-infinito; 3. Cartas concentração-tempo para formas geométricas simples; 4. Sistemas Multidimensionais.
- XX. Escoamento de fluido invíscido:** 1. Rotação e vorticidade. 2. O potencial de velocidade. 3. A função corrente. 4. Relação entre função corrente e potencial de velocidade.
- XXI. Escoamento viscoso:** 1. Escoamento sobre uma placa larga. 2. Equação integral do momento linear – método aproximado de von Kármán.
- XXII. Transferência de calor convectiva:** 1. Convecção forçada laminar. 2. Solução de Pohlhausen. 3. Equação integral da camada limite térmica. Transferência de calor convectiva num tubo.
- XXIII. Transferência de massa por convecção:** 1. Análise exata da camada limite de concentração. 2. Análise aproximada da camada limite de concentração.
- XXIV. Escoamento turbulento de fluidos incompressíveis:** 1. Escoamento isotérmico. 2. Equação do movimento para escoamento turbulento; 2.1 Expressões semi-empíricas das tensões extras de Reynolds. 3. Fundamentos do escoamento turbulento em tubos e canais; 3.1 Distribuição de velocidades para escoamento num tubo liso; 3.2 Resistência ao escoamento num liso; 3.3 Resistência ao escoamento num tubo rugoso; 3.4 Distribuição de velocidade e resistência em tubos rugosos; 4. Escoamento turbulento sobre superfícies; 4.1 Camada limite completamente turbulenta sobre uma placa larga; 4.2 Camada limite laminar e turbulenta. 5. Escoamento viscoso não isotérmico sobre uma placa larga; 5.1 Transporte de calor por convecção em tubos. 6. Camada limite de concentração turbulenta.
- XXV. Analogia entre transferência de massa, quantidade de movimento e energia:** 1. Analogia de Reynolds. 2. Considerações sobre o escoamento turbulento. 3. Analogia de Prandtl e von Kármán. 4. Analogia Chilton-Colburn.
- XXVI. Transferência de calor por convecção livre:** 1. Convecção livre laminar sobre uma placa vertical. 2. Soluções das equações diferenciais. 3. Método integral de solução. 4. Correlações empíricas para a convecção natural. 5. Convecção livre em camadas englobadas. 6. Combinação entre convecção livre e forçada.
- XVII. Fenômenos Multifásicos:** 1. Dinâmica de bolhas. 2. Escoamento bifásico. 3. Transferência de calor na

ebulição. 4. Transferência de calor na condensação.

**VIII. Transferência de calor por radiação:** 1. Radiação térmica. 2. Radiação do corpo negro. 3. Superfícies reais e cinzas.

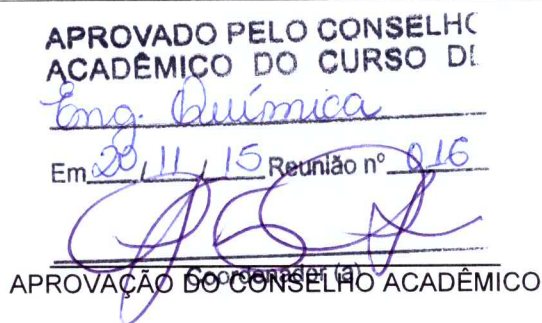
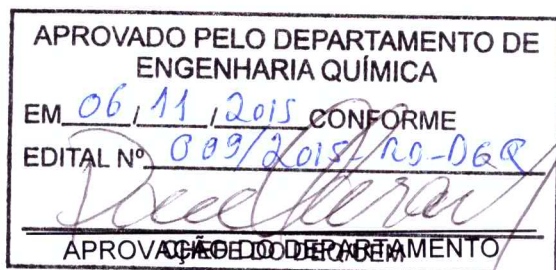
#### 4. REFERÊNCIAS

##### 4.1- Básicas (Disponibilizadas na Biblioteca ou aquisições recomendadas)

1. Assy, T. F. "Mecânica dos Fluidos". 2ª Edição, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2004.
2. Bird, R. B.; Stewart, W. E.; Lightfoot, E. N. "Fenômenos de Transporte", LTC Editora, 2004.
3. Brunetti, F. "Mecânica dos Fluidos". 2ª Edição Revisada, Pearson, São Paulo, 2008.
4. Çengel, Y. A.; Cimbala, J. M. "Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações". McGraw Hill, São Paulo, 2006.
5. Cremasco, M. A. "Fundamentos de Transferência de Massa", Editora da UNICAMP/98
6. Fox, R. W.; McDonald, A. T. "Introdução à Mecânica dos Fluidos". 6ª Edição, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2006.
7. Geankoplis, C. J. "Transport Processes and Separation Process Principles". 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall PTR, 2003.
8. Incropera, F. P. E e Witt, D. P., "Fundamentos da Transferência de Calor e Massa", LTC Editora, 2003
9. Munson, B. R.; Young, D. F.; Okiishi, T. H. "Uma Introdução Concisa à Mecânica dos Fluidos". Tradução da 2ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 2005.
10. Shames, I. H. "Mecânica dos Fluidos". Editora McGraw-Hill, 1992.
11. Sissom, L. E.; Pitts, D. R. "Fenômenos de Transporte". Editora Guanabara Dois, 1979.
12. Potter, M. C.; Wiggert, D. C. "Mecânica dos Fluidos". 3rd Edition, Editora Thomson, São Paulo, 2004.
13. Welty, J. R.; Wilson, R. E.; Wicks, C. E. "Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer", 5<sup>th</sup> Edition (2007), ou anteriores. John Wiley & Sons Inc.
14. White, F. M. "Mecânica dos Fluidos". 4ª Edição, McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, Rio de Janeiro, 1999.

##### 4.2- Complementares

1. Bennet, C.O. e Myers, J.E.; "Fenômenos de Transporte", Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1978.  
A. L. Hines e R. N. Maddox, "Mass Transfer. Fundamentals and Applications", Prentice Hall, 1985.
2. R. E. Treybal, "Mass-Transfer Operations", 3<sup>rd</sup> Edition, MacGraw-Hill Book company, 1981.
3. W. McCabe, J. Smith, P. Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering", 7th Edition, McGraw-Hill, 2005.





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO

**CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM**

Curso:	Engenharia Química	Campus:	Sede
Departamento:	Departamento de Engenharia Química		
Centro:	Centro de Tecnologia		
<b>COMPONENTE CURRICULAR</b>			
Nome: Fenômenos de Transporte	Código: 9076		
Turma(s): Todas Vigentes	Ano de Implantação: 2016	Periodicidade: Anual	

**Verificação da Aprendizagem**

[www.pen.uem.br](http://www.pen.uem.br) > Legislação > Normas da Graduação > Pesquisar por Assunto: Avaliação

Obs.: Apresentar abaixo quantas avaliações serão exigidas e detalhar o processo de verificação da aprendizagem (provas, avaliação contínua, seminários, trabalhos etc.), para obtenção das notas periódicas e Avaliação Final.

Número mínimo de avaliações = 2 (duas)

Avaliação Periódica:	1ª	2ª	3ª	4ª
Peso:	1,0	1,0	1,0	1,0

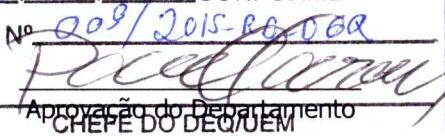
1ª AVALIAÇÃO PERIÓDICA: Prova escrita.

2ª AVALIAÇÃO PERIÓDICA: Prova escrita.

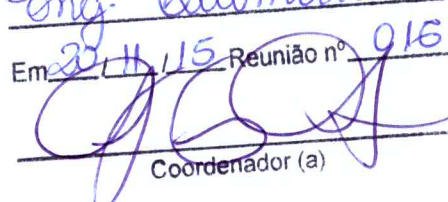
3ª AVALIAÇÃO PERIÓDICA: Prova escrita.

4ª AVALIAÇÃO PERIÓDICA: Prova escrita.

AVALIAÇÃO FINAL: Prova escrita abrangendo todo o conteúdo da disciplina.

APROVADO PELO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
EM	06/11/2015 CONFORME
EDITAL Nº	009/2015-DEQ/UEM
 Aprovação do Departamento CHEFE DO DEQ/UEM	

Aprovação do Conselho Acadêmico

APROVADO PELO CONSELHO ACADÊMICO DO CURSO DE	
Eng. Química	
Em	29/11/15 Reunião nº 016
 Coordenador (a)	