

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

**Caracterização de Materiais**

Ministrada:  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		<b>45</b>	<b>3</b>			<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

**1 - Metalografia**

- 1.1 – Preparação de amostras
- 1.2 – Fundamentos de metalografia quantitativa

**2 – Estrutura da matéria**

- 2.1 – Matéria sólida cristalina e amorfa
- 2.2 – Planos e direções cristalográficas

**3 – Microscopia**

- 3.1 – Microscopia ótica (MO)
- 3.2 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV)
- 3.3 – Microanálises eletrônicas (*Energy Dispersive Spectroscopy, Wavelength Dispersive Spectroscopy e Electron Backscattered Diffraction*)
- 3.4 – Microscopia eletrônica de transmissão (MET)

**4 – Propriedades mecânicas**

- 4.1 – Ensaio de tração/compressão uniaxial
- 4.2 – Ensaio de dureza
- 4.3 – Ensaio de impacto
- 4.4 – Ensaio de dobramento

**5 – Difração de raios X (DRX)**

- 5.1 – Fundamentos
- 5.2 – Técnicas de análise de difração raios X
- 5.3 – Textura cristalográfica.

**Bibliografia**

- AZÁROFF, L.V. “Elements of X-Ray Crystallography”. McGraw-Hill Book Company, Inc., 1968.
- COLPAERT, H., Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. Editora Edgard Bluecher Ltda., 1974.
- COUTINHO, T.A., Metalografia de não-ferrosos: análise e prática, Editora Edgard Bluecher Ltda., 1980.
- CULLITY, B. D. “Elements of X-Ray Diffraction”. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1956.
- DIETER, G.E., Mechanical metallurgy, Second edition, McGraw-Hill, Tokyo, 1976.
- GOLDSTEIN, J. *et al.* Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, Springer, New York, 2003.
- KURZYDŁWSKI, K.J. and RALPH, B., The quantitative description of the microstructure of materials. CRC Press, 1995.
- MEYERS, M.A., CHAWLA, K.K., Princípios de metalurgia mecânica, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1982.
- PETZOW, G., Metallographic etching. American Society for Metals, 1978.
- RUSS, J.C., Computer-assisted microscopy: the measurement and analysis of images. Plenum Press, 1990.
- VANDER VOORT, G. F., Metallography, principles and practice. ASM International, 1999.
- WARREN, B.E. “X-Ray Diffraction”. Dover Publications, Inc., 1969.
- ZHOU, W., WANG, Z.L.. Scanning Microscopy for Nanotechnology, Springer, New York, 2006.

**A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP**

**Código da Disciplina:**

			S						
SIGLA			Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO			

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Cinética de Reações

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

**1 – Introdução**

- Reações Químicas - Fundamentos;
- Princípios de reatividade - Equilíbrios Químicos
- Princípios de reatividade - Cinética Química
- A química dos ácidos e bases
- Reações de precipitação e transferência de elétrons
- Conceito de velocidade de reação
- Critérios de espontaneidade e equilíbrio
- A natureza do estado de equilíbrio - cálculo de constante de equilíbrio
- Princípios gerais de mecanismos de reações homogêneas e heterogêneas

**2 – Ordem de reações e coeficientes de transferência**

- Determinação de ordem de reações: Métodos integral, isolamento, meia vida e diferencial;
- Dependência com a temperatura e pressão;
- Reações paralelas e consecutivas;
- Energia de ativação e Equação de Arrhenius
- Teoria do complexo ativado
- Fenômenos interfaciais

**3 – Fundamentos de Adsorção**

- Isotermas de Lagmuir, Freundlich e Temkin;
- Isotermas de Brunauer, Emmet e Teller;

**4 – Reações sólido-Gás**

- O modelo do núcleo minguante ;
- Controle por difusão na casca reagida;
- Velocidade de reação;
- Controle por reação química na interface
- Modelos propostos para as reações gás-sólido
- Mecanismos de transporte de calor e massa no interior das partículas

**5 – Reações sólido-Sólido**

- Princípios de transformação de fases no estado sólido ;
- Mecanismos de nucleação e crescimento;
- Velocidade de reação;
- Influência da nucleação, temperatura e difusão no estado sólido

**6 – Aplicações a reações metalúrgicas**

- Aplicações a densificação de pós ;
- Aplicações a mistura de líquidos
- Reações de decomposição de carbonatos
- Reações de redução de óxidos de ferro



**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

Comportamento Mecânico de Materiais

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
45	3					45	3

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Considerações Cristalográficas sobre Materiais Elásticos**

- Lei de Hooke, lei de Hooke generalizada aplicada aos cristais; considerações sobre a simetria cristalina

**2 – Ensaio de Tração Uniaxial**

**3 – Encruamento de Materiais Metálicos**

**4 – Influência da Taxa de Deformação e da Taxa de Temperatura**

- Viscoelasticidade (Fluência e Relaxação).

**5 – Deformação em Materiais Cristalinos**

- Mecanismos de Deslizamento;
- Mecanismos de Discordância;
- Deformação por Macla;

**6 - Mecanismos de Endurecimento.**

**7 – Fratura dos Materiais Cristalinos:**

- Fratura dútil; fratura frágil; fratura progressiva

**8 – Comportamento Mecânico de Materiais Não-metálicos**

**Bibliografia**

- Hosford, W.F.; “*Mechanical behavior of Materials*”; Ed. Cambridge Univ. Press, 2005.
- Dieter, G.E.; “*Mechanical Metallurgy*”; Ed. McGraw-Hill, 1988.
- Meyers, Marc A.; Chawla, Krishan K., *Mechanical Behavior of Materials*, Cambridge University Press; 2ª ed., 2008.
- Rösler, J., Harders, H. & Baker, M.; “*Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites*”; Ed. Springer Verlag; 2007.
- Hertzberg, R.W.; “*Deformation and Fracture of Engineering Materials*”; Ed. Wiley; 1995.

<b>A SER PREENCHIDO PELA PROPP</b>	<b>Código da Disciplina:</b>	S	SIGLA	Nº DE CRÉD.	SEQ. POR ÓRGÃO
--	------------------------------	---	-------	-------------	----------------

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Conformação Mecânica

Ministrada :  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
45	3					45	3

Ementa da Disciplina:

1 – Elementos Básicos da Conformação mecânica

- Plasticidade de metais
- Efeitos de taxa de deformação, temperatura e microestrutura na tensão de escoamento.
- Critérios de escoamento plástico de metais isotrópicos e anisotrópicos.

2 – Atrito e Lubrificação

3 – Métodos Tradicionais de Análise de Processos de Conformação Mecânica

- Método do Trabalho Ideal (Aplicações Trefilação e Laminação)
- Método dos Blocos (Aplicações Trefilação e Laminação)
- Método do Limite Superior (Aplicações Extrusão)
- Método de Linhas de Deslizamento

4 – Instabilidade Plástica

- Critérios de Estricção Difusa e Localizada
- Deformações Limites em Chapas Metálicas
- Curva Limite de Conformação

5 – Métodos de Cálculo de Processos de Conformação de Chapas

- Dobramento (Aplicação Retorno Elástico)
- Estiramento Biaxial
- Estampagem Profunda (Razão Limite de Estampagem)

Bibliografia

Baque, P. et al., Mise en Forme des Métaux : Calculs par Plasticité, Ed. Dunod, 1973.  
Bresciani Filho, E. et al., Conformação Plástica dos Metais. Ed. Unicamp, São Paulo, 1997.  
Helman, H. e Cetlin, P.R., Fundamentos de Conformação Mecânica. Ed. Guanabara Dois, 1983.  
Hosford, W.F. e Caddell, R. M., Metal Forming Mechanics and Metallurgy, Prentice-Hall International Eds, 1983.  
Marciniak, Z., Duncan, J.L. e Hu, S.J. Mechanics of Sheet Metal Forming, Reino Unido, Ed. Butterworth-Heinemann, 2002.

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Difusão em Sólidos

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

- 1 – Equações da difusão
- 2 – Teoria atômica da difusão
- 3 – Difusão em soluções diluídas
- 4 – Difusão em soluções concentradas
- 5 – Aplicações

Bibliografia

- Paul Shewmon, Diffusion in Solids, TMS, 1989
- Martin E. Glicksman, Diffusion in Solids: Field Theory, Solid-State Principles, and Applications, Wiley-Interscience, 1999.

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPI

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

**Elementos Finitos**

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		<b>45</b>	<b>3</b>			<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Biblioteca de Elementos e Funções de Interpolação**

- Tipos de Elementos;
- Discretização de Domínios;
- Funções de Forma (funções de Lagrange e funções de Hermite).

**2 – Métodos Variacionais de Aproximação**

- Método de Rayleigh-Ritz;
- Método dos Resíduos Ponderados (formulação fraca);
- Métodos para a Obtenção da Função de Aproximação; (método da colocação; método de Galerkin; método dos mínimos Quadrados).

**3 – Aplicações a Problemas Físicos**

- Formulação Variacional do Problema de Condução de Calor 1-D;
- Formulação Variacional do Problema de Deformação de uma Viga Elástica tipo Bernoulli-Euler;
- Formulação Variacional do Problema de Deformação Axial de uma Placa Elástica tipo Kirchhoff-Love;
- Formulação Variacional do Problema da Equação da Onda 1-D.

**4 – Simulações Numéricas – Estudo de Casos**

- Análise Estrutural;
- Análise Térmica;
- Análise Modal (frequências e modos de vibração).

**Bibliografia**

- Reddy, J.N.; “*An Introduction to the Finite Element Method*”; Ed. McGraw Hill; 3ª Edição; 2006.
- Bathe, K.J.; “*Finite Element Procedures in Engineering Analysis*”; Ed. Prentice Hall; 1982
- Zienkiewicz, O.C. & Taylor, R.L.; “*The Finite Element Method*”; Vol. 1 – The Basis; Vol. 2 – Solid Mechanics; Ed. Butterworth-Heinemann; 5ª Edição; 2000.
- Hughes, T.J.R.; “*The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*”; Ed. Dover Publications; 2ª Edição; 2000.
- Reddy, J.N.; “*An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis*”; Ed. Oxford University Press; 2004.

**A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP**

**Código da Disciplina:**

			<b>S</b>						
				SIGLA	Nº DE CRÉD.	SEQ. POR ÓRGÃO			

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

**Estrutura e Propriedades de Materiais**

Ministrada:  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		<b>45</b>	<b>3</b>			<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

- 1 – Estrutura atômica:** i) estrutura dos materiais, ii) estrutura do átomo, iii) estrutura eletrônica, iv) tabela periódica, v) ligações atômicas, vi) energia de ligação e distância interatômica;
- 2 – Arranjos atômicos e iônicos:** i) ordem de curto e longo alcance, ii) materiais amorfos, iii) redes, células unitárias e estruturas cristalinas, iv) transformações alotrópicas e polimórficas, iv) direções e planos na célula unitária, v) estrutura cristalina dos materiais iônicos, vi) estruturas covalentes;
- 3 – Imperfeições nos arranjos atômicos e iônicos:** i) defeitos de ponto, ii) defeitos de linha, iii) defeitos de superfície, iv) defeitos de volume.
- 4 – Difusão**
- 5 - Diagrama de fases**
- 6 – Propriedades mecânicas dos materiais.**
- 7 - Métodos de endurecimento dos metais:** i) solução sólida, ii) precipitação, iii) dispersão, iv) refino de tamanho de grão, v) encruamento, vi) tratamentos térmicos.

**Bibliografia**

- ASHBY, M. F., JONES, D. R. H., Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures, Processing and Design. Butterworth-Heinemann, Second Edition, 1998.
- BARRET, C., MASSALSKI, T.B., Structure of metals, 3rd revised edition, Pergamon Press, Oxford, 1993.
- CALLISTER JR, W. D., Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Sons, INC, 5th Edition, 2000.
- CULLITY, B. D., “Elements of X-Ray Diffraction”. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1956.
- DIETER, G.E., Mechanical metallurgy, Second edition, McGraw-Hill, Tokyo, 1976.
- HULL, D., BACON, D.J., Introduction to dislocations, 3rd Edition, Pergamon Press, Oxford, 1984.
- MEYERS, M.A., CHAWLA, K.K., Princípios de metalurgia mecânica, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1982.
- PADILHA, A. F., Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades. Hemus Editora Ltda, 1997.
- PORTER D.A., EASTERLING, K.E., “Phase Transformations in Metals and Alloys”, Van Nostrand Reinhold, UK , 1986.
- REED-HILL, R.E., Physical metallurgy principles, Second edition, D. Van Nostrand Company, New York, 1973
- SMALLMAN R.E., BISHOP R.J., “Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering”, 6th edition, Butterworth-Heinemann, UK (1999).
- VAN VLACK, L. H., Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais. Campus Editora, 5ª Edição, 1994.

<b>A SER PREENCHIDO PELA PROPP</b>	<b>Código da Disciplina:</b>	S	SIGLA	Nº DE CRÉD.	SEQ. POR ÓRGÃO
--	------------------------------	---	-------	-------------	----------------

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

Fadiga de Materiais

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Método de Fadiga Baseado em Ciclos de Tensão**

- Definições e Conceitos Fundamentais sobre Carregamentos Cíclicos;
- Análise de Carregamentos Cíclicos com Amplitude Constante;
- Diagrama de Wöhler
- Tipos de testes e dispositivos para ensaios de Fadiga;
- Efeito da Tensão Média;
- Efeitos de Entalhe;
- Considerações para carregamentos multiaxiais;
- Análise de Fadiga com Carregamento Variável;
- Acumulo de Danos por fadiga;
- Dimensionamento à Fadiga pelo Método Baseado nas Tensões.

**2 – Método de Fadiga Baseado em Ciclo de Deformação**

- Curvas Deformação x Vida: Diagrama de Coffin-Manson
- Influência da Tensão Média;
- Efeito de Entalhe;
- Efeitos das Tensões Multiaxiais;
- Estimativas de Vida para Componentes Estruturais.

**3- Formação e Propagação de Trincas por Fadiga**

- Conceito de Fator de Intensidade de tensão,  $K_{IC}$ ;
- Curva da  $dN \times K$
- Previsão de vida sob dono tolerado

**Bibliografia**

- Dowling, N.E.; “*Mechanical Behavior of Materials*”; Ed. Pearson Education; 3ª Edição; 2007.
- Stephens, Ralph I.; Fatemi, Ali; Stephens, Robert R.; Fuchs, Henry O., *Metal Fatigue in Engineering*, Wiley-Interscience; 2ª ed., 2000.
- Hertzberg, Richard W., *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, Willey, 4ª ed., 1995
- Anderson, T.L.; “*Fracture Mechanics. Fundamentals and Applications*”; Ed. Taylor & Francis Group; 3ª Edição; 2005.
- Castro, J.T.P. & Meggiolaro, M.A.; “*Fadiga: Técnicas e Práticas de Dimensionamento Estrutural sob Cargas Reais de Serviço*”; Volumes I e II; Ed. Scotts Valley: CreateSpace/Amazon; 2009.
- Schijve, J.; “*Fatigue of Structures and Materials*”; 2ª Edição; Ed. Springer; 2009.

**A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP**

**Código da Disciplina:**

			S							
			SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

**Fundamentos da Eletroquímica**

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		<b>45</b>	<b>3</b>			<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Introdução aos Processos de Eletrodo**

- Células Eletroquímicas e Reações
- Processos Faradaicos e não Faradaicos.
- Processos Faradaicos e não Faradaicos
- Processos Faradaicos e não Faradaicos
- A Dupla Camada Elétrica
- A Dupla Camada Elétrica
- Experimentos Eletroquímicos e Variáveis
- Introdução às Reações Controladas por Transporte de Massa

**2 – Potenciais e Termodinâmica de Células**

- Energia Livre de Gibbs e Força Eletromotriz
- Meias Reações e Potenciais de Equilíbrio
- Equação de Nernst
- Potenciais Formais
- Eletrodos de Referência
- Eletrodos de Referência

**3 – Cinética de Reações de Eletrodo**

- Revisão de Cinética Homogênea
- A Equação de Arrhenius e Superfícies de Energia Potencial
- A Teoria do Complexo Ativado
- Modelo Baseado nas Curvas de Energia Livre
- Comportamento Característico Corrente-Potencial
- Corrente de Troca
- A Equação corrente- sobrepotencial
- Formas Aproximadas : A Equação de Butler-Volmer
- Característica Linear a Baixos Sobrepotenciais
- Comportamento de Tafel a Altos Sobrepotenciais

**Bibliografia**

1. Electrochemical Methods : Fundamentals and Applications. Allen J.Bard and Larry R. Faulkner. John Willey and Sons.
2. Fundamentals of Electrochemistry. Keith B. Oldham
3. Modern Electrochemistry. J. O.M. Bockris and A. K. N. Reddy. Plenum/Rosetta

**A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP**

**Código da Disciplina:**

			S							
				SIGLA	Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

**Nome da Disciplina:**

Mecânica dos Meios Contínuos

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
<b>45</b>	<b>3</b>					<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Introdução**

- Hipóteses do Contínuo.

**2 – Elementos de Cálculo Tensorial**

- Notação indicial;
- Espaços vetoriais e bases cartesianas;
- Tensores e operações com tensores;
- Análise de funções tensoriais.

**3 – Cinemática do Meio Contínuo**

- Descrições material e espacial;
- Derivada substantiva;
- Gradiente de deformação;
- Tensores de deformação;
- Taxa de deformação;
- Deformações infinitesimais.

**4 – Princípios Fundamentais da Mecânica**

- Formas local e global das leis de conservação;
- Massa e equação da continuidade;
- Força e momento;
- Tensor de tensão;
- Energia.

**5 – Relações Tensão-Deformação**

- Equações de cinemática e equilíbrio;
- Comportamento elástico linear isotrópico;
- Termoelasticidade;
- Problemas clássicos de elasticidade.

**Bibliografia**

- Coimbra, A.L.; “*Novas Lições de Mecânica do Contínuo*”; Ed. Edgard Blücher LTDA; 1981.
- Fung, Y.C.; “*A First course in Continuum Mechanics*”; Ed. Prentice Hall; 1969.
- Malvern, L.E.; “*Introduction to Mechanics of a Continuous Medium*”; Ed. Prentice Hall; 1969.

<b>A SER PREENCHIDO PELA PROPP</b>	<b>Código da Disciplina:</b>								
		S							
		SIGLA			Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO	

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*

Nome do Curso ou Programa: Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica

**Nome da Disciplina:**

Metalurgia Física

Ministrada :  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
<b>45</b>	<b>03</b>					<b>45</b>	<b>03</b>

**Ementa da Disciplina:**

- 1 – Introdução a Metalurgia Física:** Importância no desenvolvimento científico-tecnológico, Principais metais e ligas ferrosos e não-ferrosos, e Quadro geral no Brasil/Mundo.
- 2 – Estrutura Cristalina e Discordâncias em Materiais Metálicos:** Fenômenos de Escorregamento, Maclagem e Contornos de grão.
- 3 – Soluções Sólidas Intersticiais e Substitucionais:** Solubilidade, difusão, campos de tensões, efeitos no endurecimento, interação com discordâncias e no limite de escoamento.
- 4 – Precipitados:** Tipos, nucleação, crescimento, coalescimento, dissolução de precipitados, precipitação em tratamentos térmicos e termomecânicos, interação dos precipitados com discordância e controle no crescimento de grão (precipitação intergranular).
- 5 – Transformações de Fase:** Cinética, morfologia, cristalografia, efeitos da taxa de resfriamento e dos elementos de liga, e propriedades mecânicas nas transformações difusionais, mistas (bainítica) e adifusionais (martensítica termoelástica e não-termoelástica) assistidas ou não por deformação.
- 6 – Mecanismos de endurecimento:** por solução sólida, precipitação/envelhecimento, dispersão de segunda fase, redução do tamanho de grão e encruamento.
- 7 – Deformação, recuperação, recristalização e crescimento de grão.**
- 8 – Textura Cristalográfica:** definição, métodos de medida e fatores que influenciam a textura cristalina.

**Bibliografia**

- REED-HILL, R.E., “Princípios de Metalurgia Física”, Editora Guanabara Dois S.A., 1982.
- DIETER, G.E., “Mechanical Metallurgy”, New York, NY: McGraw-Hill, 3ª Edição, 1986.
- MEYERS, M.A. e CHAWLA, K.K., “Princípios de Metalurgia Mecânica”, Editora Edgard Blücher Ltda, 1982.
- ASHBY, M.F e JONES, D.R.H., “Engineering Materials 1 – An introduction to their properties & Applications”, Butterworth Heinemann, 2ª Edição.
- ASHBY, M.F e JONES, D.R.H., “Engineering Materials 2 – An introduction to microstructure, processing & design. Butterworth Heinemann”, 2ª Edição.
- SMITH, W.H., “Principles of Materials Science and Engineering”, McGraw-Hill, 2ª Edição, 1990.
- SMALLMAN, R.E., e BISHOP, R.J., “Modern Physical Metallurgy & Materials Engineering: Science, Process and Application”, Butterworth Heinemann, 6ª Edição.
- CAHN, R.W, e HAASEN, P., “Physic Metallurgy“, Volumes 1, 2 e 3. North-Holland, 1996.
- BHADESHIA, H.K.D.H., “Bainite in Steels: Transformations, Microstructure, and Properties”, The University Press, Cambridge, 2ª Edição.
- PORTER, D.A., e EASTERLING, K.E., “Phase Transformations in Metals and Alloys”, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1981.

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP

Código da Disciplina:

			<b>S</b>						
SIGLA				Nº DE CRÉD.		SEQ. POR ÓRGÃO			

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Modelamento Microestrutural

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

- 1 – Caracterização quantitativa da microestrutura
- 2 – Técnicas analíticas e computacionais para modelamento da evolução microestrutural
- 3 – Cinética formal
- 4 – Métodos de modelamento computacional da evolução microestrutural
- 5 – Aplicações

Bibliografia

- Artigos e dissertações do Núcleo de Modelamento Microestrutural

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPPI

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Programação

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

**1 – Introdução**

- Princípios de programação - algoritmos
- Desenvolvimento de códigos computacionais
- Princípios de programação estruturada
- Ambientes de programação para linguagem Fortran - Ambiente Intel Visual Fortran
- Auto paralelização e vetorização - Utilizando multiprocessadores

**2 – Tipos de Variáveis**

- Inteiros;
- Real, dupla precisão;
- Caracter;
- Lógicos
- Variáveis indexadas: alocação estática, dinâmica e automática
- Ponteiros e estruturas

**3 – Estruturas de repetição**

- IF, THEN, ELSE, ELSEIF; ENDIF
- DOWHILE - ENDDO
- DO, ENDDO;

**4 – Programas Estruturados**

- Funções:: tipos, declarações e usos;
- Subrotinas e passagem de dados;
- Exemplos: pratica de programação em Intel visual Fortran;
- Funções intrinsecas;
- Bibliotecas (IMSL)
- Comandos OPEN MP
- Bibliotecas OPEN MP

**5 – Estruturas**

- Classes;
- Definições de estruturas e suas utilizações;
- Definições de tipos estruturados e suas utilizações;
- Introdução à Programação Grafica;

**6 – Aplicações**

- Exemplos;
- Algoritmos úteis: Solvers de sistemas de equações lineares

**Bibliografia**

- Intel Visual Fortran ( on line)
- OPEN MP Libraries (on line)
- Press, W.H.; “*Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing (FORTRAN Version)*”; Ed. Cambridge Univ. Press; 1989.
- Chapra, S.C. & Canale, R.P.; “*Numerical Methods for Engineers*”; Ed. McGraw-Hill; 1988.

A SER PREENCHIDO PELA PROPI	Código da Disciplina:				S				
		SIGLA	Nº DE CRÉD.		SEQ. POR ÓRGÃO				

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina: **Solidificação dos Metais**

Solidificação

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

**1 – Introdução**

Histórico. A Inserção da Solidificação nos Processos de Manufatura. Correlação entre Características do Processo e Qualidade do Produto. A Multidisciplinaridade da Solidificação. Outras aplicações tecnológicas: Purificação de Materiais e Crescimento de Cristais. Tratamentos Superficiais por Refusão com Laser. Obtenção de Produtos Quase-Acabados por Solidificação Rápida

**2 – Nucleação e Crescimento:**

Nucleação Homogênea e Heterogênea: Formação de Embriões, Núcleos e Grãos. Frequência de Nucleação e Refino de Grão. Mecanismos de Crescimento: Interfaces Difusas e facetadas.

**3 – Redistribuição de Solutos:**

O Coeficiente de Redistribuição; Solidificação em Condições de Equilíbrio: Regra da Alavanca. Solidificação Fora do Equilíbrio: Mistura de Solutos no Líquido apenas por Difusão, Mistura Completa de Solutos no Líquido sem Difusão no Sólido, Mistura Completa de Solutos no Líquido com Difusão no Sólido, Mistura Parcial de Solutos no Líquido. Evolução do Perfil de Solutos na Solidificação: Análise Comparativa de Soluções.

**4 – Refino por Fusão Zonal**

Solidificação Normal e Determinação do Coeficiente de Redistribuição do Solutos; Refino zonal. Distribuição de Solutos na Primeira Passada, Distribuição de Solutos para Múltiplas Passadas, Perfil Limite de Distribuição de Solutos. Otimização da Fusão Zonal: Coeficiente Efetivo de Redistribuição de Solutos, Velocidade de Deslocamento da Zona Líquida, Tamanho da Zona Líquida.

**5 – Transferência de Calor na Solidificação:**

Modos de Transferência de Calor em Sistemas Material/Substrato (metal/molde). Solidificação de Materiais Puros e Ligas Binárias em Moldes Refrigerados e Maciços. Modelagem Matemática da Solidificação: Métodos Analíticos e de Diferenças Finitas. Efeito da Geometria e Dimensões.

**6 – Solidificação de Ligas Monofásicas:**

A Estabilidade da Interface Sólido/ Líquido. Estrutura Celular. Estrutura Dendrítica. Modelos de Crescimento Celular e Dendrítico: Espaçamentos Dendríticos Primários, Espaçamentos Dendríticos Secundários. Parâmetros Térmicos de Controle do Crescimento Celular ou Dendrítico em Condições de Fluxo de Calor Permanente e Transitório.

**7 – Solidificação de Ligas Polifásicas:**

Ligas Eutélicas. Crescimento de Eutélicos Regulares. Estabilidade da Interface Eutélica. Modificação de Eutélicos: Eutélico Alumínio- Silício, Eutélico Ferro- Carbono. Ligas Peritéticas. Ligas Monotéticas.

**8 – Macroestruturas de Solidificação:**

Contração Volumétrica na Solidificação. Zonas Coquilhada, Colunar e Equiaxial. A Transição Colunar – Equiaxial. Controle da Macroestrutura. Propriedades Mecânicas de Estruturas Colunares e Equiaxiais. Correlações entre Estrutura de Solidificação e Propriedades Mecânicas. Macroestrutura, Microestrutura e Resistência à Corrosão.

**9 – Fluxo de Líquido, Segregação e Defeitos:**

Fluidez de Metais Líquidos. Convecção no Líquido. Fluxo de Líquido Interdendrítico. Microsegregação:

Microsegregação Intercelular, Microsegregação Interdendrítica, Microsegregação Intergranular.  
Macrosegregação: Segregação Normal, Segregação por Gravidade, Segregação Inversa; Formação de Estrias; Formação de Canais. Segregação em Lingotes Industriais. Homogeneização. Defeitos Originados na Solidificação: Porosidades, Bolhas, Inclusões, Trincas de Contração, Gotas Frias.

**10 – Laboratório:**

Evolução térmica durante a solidificação de uma liga binária; microestrutura; coeficientes de transferência de calor metal/molde; microestrutura: espaçamentos interdendríticos.

**Bibliografia**

1. A. Garcia – “Solidificação: Fundamentos e Aplicações”, Editora da UNICAMP, 2001
2. W. Kurz e D.J. Fisher- "Fundamentals of Solidification", Trans Tech Publications, Switzerland, 3a edição, 1989 (última edição 1992)
3. M.C. Flemings- "Solidification Processing ", Mc Graw-Hill, N. Y., 1974
4. G. J. Davies- "Solidification and Casting", Applied Science Publishers, London, 1973
5. M. Prates e G. J. Davies- "Solidificação e Fundição de Metais e suas Ligas", Editora Universidade de São Paulo, 1978
6. Artigos diversos recentes

A SER PREENCHIDO PELA PROPP	Código da Disciplina:				S				
		SIGLA			Nº DE CRÉD.		SEQ. POR ÓRGÃO		

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Técnicas Eletroquímicas

Ministrada :  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

1 – Corrosão e Passivação dos Metais

- Corrosão e Passivação dos Metais
- Principais Processos Catódicos.

2 – Diagramas de Pourbaix

3 – Curva de Polarização Estacionária

- Aplicação ao Estudo da Corrosão

Curva de Polarização Estacionária

4 – Voltametria

- Aplicação ao Estudo de Espécies Eletroativas em Solução
- Aplicação à Eletroanalítica de Superfícies Sólidas

5 – Cronopotenciometria

- Aplicação ao estudo de espécies eletroativas em solução ( equação de Sand)
- Aplicação ao estudo de dissolução de revestimento de metais puros e ligas metálicas

6 – Cronoamperometria

- Aplicação ao estudo de espécies eletroativas em solução ( equação de Cottrell)
- Aplicação ao estudo de dissolução de revestimento de metais puros e ligas metálicas

Bibliografia

1. Electrochemical Methods : Fundamentals and Applications. Allen J. Bard and Larry R. Faulkner. John Willey and Sons.
2. Modern Electrochemistry. J. O'M. Bockris and A.K.N. Reddy Plenum/Rosetta

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Termodinâmica

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

**1 – Princípios fundamentais**

Aspectos macroscópicos e microscópicos, as leis da termodinâmica, funções auxiliares.

**2 – Soluções**

Atividade e potencial químico, propriedades parciais, modelos de soluções.

**3 – Equilíbrio de reações e fases**

**Bibliografia**

- Hae-Geon Lee, Chemical Thermodynamics for Metals and Materials, World Scientific, 1999.
- John B. Hudson, Thermodynamics of Materials, Wiley, 1996.

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPPI

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu*  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica

Nome da Disciplina:

Transformação de Fases

Ministrada:  ME  DO  Ambos

Carga Horária/Créditos

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		45	3			45	3

Ementa da Disciplina:

- 1 – Conceitos fundamentais
- 2 – Princípios fundamentais
- 3 – Cinética global
- 4 – Nucleação
- 5 – Crescimento
- 6 – Transformações martensíticas

Bibliografia

- Paulo R. Rios e Angelo F. Padilha, Transformações de Fase, Artliber, 2007.

A SER PREENCHIDO  
PELA PROPPI

Código da Disciplina:

			S						
SIGLA				Nº DE CRÉD.			SEQ. POR ÓRGÃO		

**CADASTRAMENTO DE DISCIPLINAS - *Stricto Sensu***  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica**

**Nome da Disciplina:**

Volumes Finitos

Ministrada:  ME  DO  Ambos

**Carga Horária/Créditos**

Teóricos		Téorico-Práticos		Trabalho Orientado / Est. Superv.		Total	
Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos	Carga Horária	Nº de Créditos
		<b>45</b>	<b>3</b>			<b>45</b>	<b>3</b>

**Ementa da Disciplina:**

**1 – Introdução**

- Dedução da Equação Geral de Conservação – Aspectos Matemáticos;
- Extensão a Problemas Multifásicos/Multi-Componentes: Generalização da Abordagem de Mecânica do Contínuo;
- Princípios do Método de Volumes Finitos (regras básicas);
- Construção da Malha ou Grid de Volumes Finitos.

**2 – Aplicação do Método a um Problema de Condução de Calor em Regime Permanente**

- Discretização de domínios 1-D, 2-D e 3-D;
- Técnicas de Linearização dos Termos-fonte e Condições de Contorno;
- Condutividades nas Interfaces;
- Solução do Sistema de Equações Algébricas – Equações Discretizadas;

**3 – Aplicação do Método a um Problema de Condução de Calor em Regime Transiente**

- Métodos Implícito, explícito e Método de Crank-Nicolson;
- Análise de Estabilidade e Convergência;

**4 – Aplicação do Método a um Problema Envolvendo Convecção e Difusão**

- Esquemas: Upwind, Exponencial, Híbrido e Power Law – Formulação generalizada;
- Técnicas de Relaxação;

**5 – Solução de Problemas Envolvendo Escoamento**

- Discretização das Equações de Momentum e Continuidade;
- Algoritmos SIMPLE e SIMPLER;
- Acoplamento entre os Problemas Térmico, Escoamento e Transporte de Massa;

**6 – Formulação do Método Extendida a Coordenadas Generalizadas**

- Transformação de Coordenadas;
- Geração de Malhas Conformes (BFC);
- Discretização da Equação Geral de Transporte em Coordenadas Generalizadas;
- Integração de Termos Ortogonais e Não-ortogonais;

**Bibliografia**

- Patankar, S.V.; “*Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*”; Ed. Hemisphere Pub. Co.; 1980.
- Maliska, C.R., “*Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional: Fundamentos e Coordenadas Generalizadas*”; Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos; 2004.
- Versteeg, H.K. & Malalasekera, W.; “*An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*”; Ed. Longman Scientific & Technical; 1995.
- Peyret, R.; “*Computational Methods for Fluid Flow*”; Ed Springer Verlag; 1983.

**A SER PREENCHIDO  
PELA PROPP**

**Código da Disciplina:**

				<b>S</b>						
				<b>SIGLA</b>	<b>Nº DE CRÉD.</b>		<b>SEQ. POR ÓRGÃO</b>			