

Lucas F. M. da Silva nasceu em França em 1973. Licenciou-se em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) em 1996. Fez o mestrado pela FEUP em 1999. Doutorou-se pela Universidade de Bristol, Inglaterra, em 2004. Está ligado ao Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP desde 1996, ano em que foi contratado como Assistente Estagiário. É actualmente Professor Auxiliar daquela instituição na área do comportamento mecânico dos materiais e Coordenador da Secção de Materiais e Processos Tecnológicos. Publicou 40 artigos em revistas internacionais ISI, 5 livros e foi editor convidado de 12 números especiais de revistas internacionais ISI. É membro do conselho editorial das revistas *International Journal of Adhesion and Adhesives* e *Journal of Adhesion Science and Technology*. É co-editor da série de livros da Springer *Advanced Structured Materials*. É co-chairman das conferências internacionais ACE-X (*Advanced Computational Engineering and Experimenting*). É casado e tem dois filhos.

Joaquim Silva Gomes nasceu em V.N. de Gaia a 10 de Janeiro de 1948. Licenciou-se em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) em 1971 e doutorou-se pelo UMIST (UK) em Outubro de 1977. Fez toda a sua carreira docente, de investigação e de consultadoria industrial no Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP (DEMec), onde é Professor Catedrático desde Janeiro de 1989. Fez parte do Conselho Directivo da FEUP, foi director do DEMec e Presidente do Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) durante vários anos. Publicou mais de uma centena de artigos científicos e organizou mais de quarenta seminários, conferências e congressos nacionais e internacionais. Para além do presente livro, tem publicados um sobre *Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais* (2004) e outro sobre *Análise de Tensões em Placas, Cascas e Reservatórios* (2007). É membro da Ordem dos Engenheiros e actualmente desempenha as funções de director científico da Unidade de Investigação em Mecânica Experimental e Novos Materiais do INEGI e é vice-presidente do Laboratório Associado para a Energia, Transportes e Aeronáutica (LAETA). É casado, tem três filhos e duas netas.

ISBN: 978-972-8953-38-6



9 789728 953386

EDIÇÕES TÉCNICAS

Publindústria



Publindústria

Introdução à Resistência dos Materiais

Lucas F. M. da Silva

J. F. Silva Gomes

Introdução à Resistência dos Materiais

Lucas F. M. da Silva
J. F. Silva Gomes



Introdução à Resistência dos Materiais

Lucas F. M. da Silva

J. F. Silva Gomes

Autores

Lucas F. M. da Silva

J. F. Silva Gomes

Título

Introdução à Resistência dos Materiais

Copyright © 2010 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja electrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Editor

Publindústria, Edições Técnicas, Lda.

Praça da Corujeira, n.º 38

4300-144 Porto

Tel.: 220 104 872

Fax: 220 104 871

www.publindustria.pt

Distribuidor

Engebook, Conteúdos de Engenharia e Gestão

Tel.: 220 104 872

Fax: 220 104 871

www.engebook.com

apoiocliente@engebook.com

Design

Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Impressão

Publidisa - Publicaciones Digitales S.A.

Depósito Legal

A cópia ilegal viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Engebook - Catalogação

Família: ?

Subfamília: ?

ISBN

?

CDU

?

?

Conteúdos

1 Noções de tensão e deformação	15
1.1 O papel da resistência dos materiais	15
1.2 Análise das forças	21
1.3 Análise da resistência	24
1.4 Ensaio de materiais	29
1.5 Tensão admissível e factor de segurança	33
Exercícios adicionais	35
2 Tensão simples	37
2.1 Tensão e deformação normais	37
2.2 Tensão e deformação de corte	44
2.3 Barras de secção variável	51
2.4 Problemas estaticamente indeterminados	55
2.5 Coluna sob o seu próprio peso	58
2.6 Tensão térmica	61
2.7 Concentração de tensões	64
2.8 Tensão e deformação de um cabo	68
Exercícios adicionais	70
3 Flexão de vigas	73
3.1 Tipos de forças e apoios	73
3.2 Forças e momentos de reacção	75
3.3 Forças de corte e momentos flectores	81
3.4 Diagramas das forças de corte e dos momentos flectores	83
3.5 Tensão de flexão	91
3.6 Momento de inércia e módulo de flexão	95
3.7 Vigas de resistência uniforme	102
Exercícios adicionais	104

4 Deformação devido à flexão	107
4.1 Curva de deflexão ou linha elástica	107
4.2 Viga encastrada	113
4.3 Viga simplesmente apoiada	119
4.4 Viga duplamente encastrada	125
4.5 Utilização do método da sobreposição	131
Exercícios adicionais	136
5 Torção	139
5.1 Torção de um veio	139
5.2 Veio de transmissão	147
5.3 Torção de molas	152
Exercícios adicionais	158
6 Tensões combinadas	161
6.1 Relação entre estado triaxial de tensão e estado uniaxial de tensão	161
6.2 Estado biaxial de tensão	167
6.3 Análise experimental de tensões com extensómetros	174
6.4 Reservatórios cilíndricos de pressão	179
Exercícios adicionais	186
7 Colunas	189
7.1 Coluna curta com uma força excêntrica	189
7.2 Tipos de apoios e encurvadura de colunas	192
7.3 Fórmulas para a força de encurvadura de Euler	199
7.4 Fórmulas empíricas para a encurvadura	202
Exercícios adicionais	205
8 Estruturas de barras	207
8.1 Estruturas articuladas e reticuladas	207
8.2 Análise simples de estruturas articuladas	210
8.3 Determinação dos esforços axiais em estruturas articuladas	213
8.4 Análise matricial simples	220
8.5 Análise matricial de uma estrutura	224

8.6 Método dos elementos finitos	229
Exercícios adicionais	236
9 Dinâmica	239
9.1 Energia de deformação	239
9.2 Tensão de impacto	242
9.3 Fadiga	248
9.4 Fluência	252
Exercícios adicionais	255
Soluções dos exercícios adicionais	257
Anexos	287
Bibliografia	297
Índice	299

Prefácio

O objectivo desta obra é dar ao aluno de Engenharia Mecânica (e áreas afins) uma primeira abordagem da resistência dos materiais. Essa abordagem passa por um texto informal mais próximo do aluno, pelo uso sistemático de diagramas e ilustrações e por notas explicativas com vista a despertar o interesse do aluno. Apenas o essencial da disciplina é abordado. Este manual não pretende substituir os 'clássicos' associados a este ramo. Pretende sim ser uma primeira introdução e mostrar ao aluno que estudar resistência dos materiais pode ser até divertido.

Vários tipos de forças externas podem actuar sobre os componentes de uma máquina. Por exemplo, sobre uma parte em movimento rotativo actua uma força alternada sob a forma de uma força centrífuga. Sobre componentes sujeitos a variações de temperatura também actua uma força de origem térmica, devido às diferenças de expansão e contração. Os componentes devem ser projectados de modo a suportarem essas forças, mas também não devem ser sobredimensionados porque isso levaria a um excesso de peso.

No projecto de órgãos de máquinas, a dimensão de cada componente é determinada de modo a suportar a força máxima que pode ocorrer em serviço. Se o cálculo da força não for rigoroso ou se as propriedades mecânicas dos materiais não forem conhecidas correctamente, tende-se a aumentar o peso da máquina para evitar roturas dos componentes, o que leva a um projecto pouco eficiente. Isso é absolutamente inaceitável em algumas indústrias como a aeronáutica, aeroespacial e naval.

Na resistência dos materiais, estuda-se a relação entre a tensão e a deformação causadas pelas forças que actuam sobre um componente e a relação entre a forma desse componente e a sua resistência.

O primeiro capítulo deste livro mostra a necessidade de estudar a resistência dos materiais e de testar os materiais para conhecer com rigor as suas características mecânicas como o módulo de elasticidade e a tensão de cedência, por exemplo. Os capítulos seguintes tratam de uma barra sob tracção, da tensão e da deformação quando é aplicada uma força de corte, de problemas de vigas, de uma barra sob torção, da encurvadura de colunas, da fadiga, da fluência e do impacto. A medição experimental de tensões e deforma-

ções é abordada, recorrendo à utilização de extensómetros. São discutidos os métodos básicos de análise de estruturas articuladas e é apresentada uma introdução ao método dos elementos finitos. Em apêndice são apresentados os principais ensaios mecânicos, as propriedades das áreas planas e as fórmulas da trigonometria básica.

Os autores agradecem a colaboração dos colegas Eduardo Marques e Mariana Banea na preparação de muitas das figuras. O primeiro autor, Lucas F M da Silva, agradece a ajuda da sua mulher Yumiko Ono na consulta da bibliografia japonesa usada na preparação desta obra.

Os autores,

Lucas Filipe Martins da Silva
Joaquim Francisco Silva Gomes