

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
NOTAÇÃO	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 VÍNCULOS E REAÇÕES	14
1.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS	17
EXERCÍCIO 1.1 – CÁLCULO DAS REAÇÕES	18
1.3 CONCEITO DE TENSÃO.....	23
1.4 CONCEITO DE DEFORMAÇÃO	25
1.5 DIAGRAMAS TENSÃO <i>VERSUS</i> DEFORMAÇÃO	26
1.6 HIPÓTESES DOS MATERIAIS.....	28
1.7 LEI DE HOOKE.....	28
1.8 SEGURANÇA DA ESTRUTURA	28
1.9 ESFORÇOS SOLICITANTES	29
EXERCÍCIO 1.2 – ESFORÇOS SOLICITANTES.....	30
EXERCÍCIO 1.3 – ESFORÇOS SOLICITANTES.....	44
EXERCÍCIO 1.4 – ESFORÇOS SOLICITANTES.....	47
EXERCÍCIO 1.5 – ESFORÇOS SOLICITANTES.....	49
2. BARRAS SOLICITADAS POR FORÇAS AXIAIS.....	53
2.1 BARRA SUBMETIDA À TRAÇÃO	53
2.2 BARRA SUBMETIDA À COMPRESSÃO	57
2.3 ESTADOS DE TENSÃO	60
EXERCÍCIO 2.1 – BARRA SOLICITADA POR FORÇAS AXIAIS	61

2.4 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	67
EXERCÍCIO 2.2 – BARRA SOLICITADA POR FORÇAS AXIAIS (MEF).....	73
2.5 SEGURANÇA DA ESTRUTURA	84
EXERCÍCIO 2.3 – AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO MATERIAL.....	86
EXERCÍCIO 2.4 – VALORES DA FORÇA AXIAL F.....	87
EXERCÍCIO 2.5 – VALORES DA FORÇA AXIAL F (MEF).....	92
EXERCÍCIO 2.6 – BARRA HIPERESTÁTICA SOLICITADA POR FORÇAS AXIAIS.....	105
EXERCÍCIO 2.7 – BARRA HIPERESTÁTICA SOLICITADA POR FORÇAS AXIAIS (MEF).....	108
3. TORÇÃO EM BARRAS DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR	115
3.1 TENSÃO DE CISALHAMENTO E ROTAÇÃO	115
3.2 SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR CHEIA.....	119
3.3 TUBO DE PAREDE GROSSA.....	123
3.4 TUBO DE PAREDE FINA.....	124
EXERCÍCIO 3.1 – BARRA SUBMETIDA À TORÇÃO	126
3.5 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	133
EXERCÍCIO 3.2 – BARRA SUBMETIDA À TORÇÃO (MEF).....	140
3.6 SEGURANÇA DA ESTRUTURA	152
EXERCÍCIO 3.3 – AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO MATERIAL.....	153
EXERCÍCIO 3.4 – VALORES DO MOMENTO DE TORÇÃO T.....	154
EXERCÍCIO 3.5 – VALORES DO MOMENTO DE TORÇÃO T (MEF).....	158
EXERCÍCIO 3.6 – BARRA HIPERESTÁTICA SUBMETIDA À TORÇÃO.....	170
EXERCÍCIO 3.7 – BARRA HIPERESTÁTICA SUBMETIDA À TORÇÃO (MEF).....	174
4. FLEXÃO DE BARRAS DE SEÇÃO TRANSVERSAL SIMÉTRICA.....	183
4.1 TENSÃO NORMAL σ (EFEITO DO MOMENTO FLETOR M).....	186
4.2 CARREGAMENTO TRANSVERSAL	187

4.3 TENSÃO DE CISALHAMENTO τ (EFEITO DA FORÇA CORTANTE V).....	189
4.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	194
4.5 DIAGRAMAS DAS TENSÕES NA SEÇÃO RETANGULAR.....	198
EXERCÍCIO 4.1 – DIAGRAMAS DAS TENSÕES.....	207
EXERCÍCIO 4.2 – VALORES MÁXIMOS DAS TENSÕES.....	213
4.6 DESLOCAMENTOS (EFEITO DO MOMENTO FLETOR M).....	219
EXERCÍCIO 4.3 – DESLOCAMENTOS A PARTIR DA EQUAÇÃO DIFERENCIAL DA ELÁSTICA.....	221
EXERCÍCIO 4.4 – DESLOCAMENTOS A PARTIR DA EQUAÇÃO DIFERENCIAL DA ELÁSTICA.....	226
EXERCÍCIO 4.5 – DESLOCAMENTOS POR MEIO DAS EQUAÇÕES DE ELÁSTICAS JÁ DEDUZIDAS.....	237
4.7 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	241
EXERCÍCIO 4.6 – DESLOCAMENTOS POR MEIO DO MEF.....	253
EXERCÍCIO 4.7 – ESTRUTURA HIPERESTÁTICA: DESLOCAMENTOS A PARTIR DA EQUAÇÃO DIFERENCIAL DA ELÁSTICA.....	267
EXERCÍCIO 4.8 – ESTRUTURA HIPERESTÁTICA: DESLOCAMENTOS POR MEIO DAS EQUAÇÕES DE ELÁSTICAS JÁ DEDUZIDAS.....	279
EXERCÍCIO 4.9 – ESTRUTURA HIPERESTÁTICA: DESLOCAMENTOS POR MEIO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS.....	287
5. ESTADO PLANO DE TENSÃO.....	295
5.1 ESTRUTURAS DE BARRAS.....	295
5.2 ESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS – ESTADO TRIPLO DE TENSÃO.....	301
5.3 ESTRUTURAS BIDIMENSIONAIS – ESTADO PLANO DE TENSÃO.....	307
5.4 TENSÕES NO PLANO GENÉRICO (PLANO A) – CÁLCULO ANALÍTICO.....	308
EXERCÍCIO 5.1 – TENSÕES NO PLANO GENÉRICO.....	311
5.5 RELAÇÕES ENTRE AS TENSÕES DE DOIS PLANOS PERPENDICULARES.....	316
5.6 TENSÕES PRINCIPAIS.....	317
EXERCÍCIO 5.2 – TENSÕES PRINCIPAIS.....	320

5.7 TENSÕES DE CISALHAMENTO MÁXIMAS.....	323
EXERCÍCIO 5.3 – TENSÕES DE CISALHAMENTO MÁXIMAS.....	326
5.8 DIAGRAMA DE MOHR.....	329
EXERCÍCIO 5.4 – DIAGRAMA DE MOHR.....	339
EXERCÍCIO 5.5 – VALORES DAS TENSÕES: CONDIÇÕES IMPOSTAS NO PLANO GENÉRICO	345
EXERCÍCIO 5.6 – VALORES DA TENSÃO P: CONDIÇÕES IMPOSTAS.....	349
6. CRITÉRIOS DE RESISTÊNCIA.....	353
6.1 CRITÉRIO DE VON MISES	356
6.2 CRITÉRIO DE TRESCA	364
6.3 CRITÉRIO DE RANKINE.....	371
6.4 CRITÉRIO DE COULOMB	376
EXERCÍCIO 6.1 – ESTADO PLANO DE TENSÃO: VERIFICAÇÃO	384
EXERCÍCIO 6.2 – ESTADO PLANO DE TENSÃO: DOMÍNIO DA TENSÃO P.....	388
EXERCÍCIO 6.3 – BARRA SOLICITADA POR FORÇAS AXIAIS E MOMENTOS DE TORÇÃO.....	394
EXERCÍCIO 6.4 – BARRA SUBMETIDA À FLEXÃO	398
FORMULÁRIO	413
APÊNDICE	425
ANÁLISE DE ESTRUTURAS COM O AUXÍLIO DE SOFTWARE	425
SOFTWARE FTOOL	427
EXEMPLO 1 – VIGA	436
EXEMPLO 2 – BARRA CARREGADA AXIALMENTE	439
EXEMPLO 3 – TRELIÇA.....	440
EXEMPLO 4 – PÓRTICO.....	442
EXEMPLO 5 – ESTRUTURA MISTA	443
REFERÊNCIAS	447