

Índice

Ângulo de fase, 465, 503, 549

Algoritmo preditor-corretor, 584

Algoritmos de retorno, 583, 604

Amortecimento, 496

crítico, 468

decremento logaritmico, 527

Amplitude, 465

Análise

matricial - pórtico e treliça, 78, 107

plástica, 573

Análise modal, 461, 522

não amortecida, 515

Autovalor, 504, 631

do tensor tensão, 37

método da bisseção, 644

método da iteração progressiva, 636

método da iteração subespacial, 646, 650

método de Lanczos, 655

método de Stodola, 632

método do determinante, 640

quociente de Rayleigh, 644, 647

shift, 505, 637

teste de Sturm, 644

Autovetor, 504, 631

independência linear, 508

ortogonalidade, 506

Back stress, 579

Banda - matriz, 299

Barra, 77

matriz de rigidez, 80

pós-processamento, 103

Bauschinger - efeito de, 578

Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS), 617

Círculo de Mohr, 40

Cálculo variacional, 157, 385

Calor específico, 333

Carregamento

harmônico, 472, 475

inicial, 515

não-periódico, 477

Casca, 428

Cauchy-Schwarz - desigualdade, 369

Cholesky

fatoração de, 306, 310

pré-condicionamento de, 323, 327

Coeficiente

de dilatação térmica, 65

de película, 335

de Poisson ortotrópico, 439

de Poisson plástico, 601

de Poisson, de Lamé, 64

Concentração de tensões, 104

Condensação estática, 226, 540

Condição

de consistência, 577, 579, 593

de convexidade, 606

de Kuhn-Tucker, 577, 579, 583, 593

de ortogonalidade do erro, 379

inicial, 465, 470, 521

Condição de restrição - penalização, 559

Condições de contorno

aplicação, 86, 121, 269

de Dirichlet, 150

de Neumann, 73, 150

de tensões, 31

em barras, 86

em placa, 423

em vigas, 120

mistas em condução de calor, 335

não homogêneas, 174

nas equações dinâmicas, 498

temperatura nodal, 345

Condições de restrição, 269

de valores nodais, 269

matriz de transformação, 271

multiplicadores de Lagrange, 272, 317

multiplicadores de Lagrange aumentado, 279

penalização, 277

Condução de calor, 331

calor específico, 333

coeficiente de película, 335

condição de contorno mista, 335

convecção, 335

fluxo de calor, 350

forma fraca, 370

primeira lei da termodinâmica, 332

Condutividade térmica anisotrópica, 333

Conectividade, 82

- Continuidade das funções de forma, 226
 Convecção, 335
 Convexidade de função, 606
 Convolução, 480
 Convolução para velocidade e aceleração, 480
 Coordenada
 de área, 215
 generalizada, 516
 intrínseca, 362
 elemento triangular, 210
 Critérios de falha
 Tresca, 44
 von Mises, 42
 Curva elástica, 113
 Curvatura de placa, 420
 Decremento logarítmico, 527
 Deformação, 47
 cisalhante, 51
 de energia nula, 290
 de Green-St.Venant, 50
 deviatória, 58
 específica, 49
 estado plano de, 66, 185
 generalizada de placa, 420, 446, 450
 gradiente em placas laminadas, 453
 infinitesimal, 53
 parasita, 288
 plástica, 601
 deviatória, 604
 principal, 56
 térmica, 65, 208
 tensor de Green, 54
 tensor gradiente de, 48
 virtual, 182, 450
 volumétrica, deviatória, 57
 Degrau unitário, 484
 Delta
 de Dirac, 477
 de Kronecker, 15, 341, 507
 Descontinuidade, 396
 salto de, 398
 Desigualdade
 de Cauchy-Schwarz, 369
 Deslocamento
 componentes, 47
 inicial, 521
 nodal, 113, 164
 prescrito, 174
 Determinante, 640
 Diagonalização da massa, 560
 Difusibilidade térmica, 333
 Dinâmica, 461
 amplitude e ângulo de fase, 465
 carregamento harmônico, 475
 equação do movimento semi-discreta, 496
 método de sobreposição modal, 515, 522
 resposta transiente, 467
 sistema amortecido, 466
 Divergente, 18
 Domínio padrão, 362
 Eixo hidrostático, 593
 Elastoplasticidade
 algoritmo de retorno, 585
 condições de Kuhn-Tucker, 583
 decomposição aditiva das deformações, 575, 591
 encruamento, 577, 593
 estado teste (trial state), 583, 604
 forma incremental, 582
 módulo
 elastoplástico, 580, 595
 plástico, 579
 modelos reológicos, 575
 parâmetro de consistência, 607
 perfeita, 602
 regra associativa, 597
 rigidez mal condicionada, 617
 superfície de escoamento, 592
 taxa de deformação plástica equivalente, 601
 tensão central, 579
 tensor tangente algorítmico, 610
 von Mises, 592
 Elastostática, funcional Lagrangeano, 409
 Elemento
 axissimétrico, 199
 bilinear - locking, 289
 bilinear de condução de calor, 362
 colapsado, 224
 de casca, 428
 de estado plano
 locking, 287
 triangular linear, 208
 de Mindlin, 426
 de placa, 424
 de placa laminada, 450
 de viga Timoshenko - locking, 293
 hexaédrico, 222
 integração numérica, 238
 isoparamétrico, 229
 subintegração, 240
 triangular, 240
 triangular linear, 212
 de condução de calor, 353
 Eliminação de Gauss, 296
 Encruamento
 cinemático, 578

- isotrópico, 577, 593
- quadrático, 609
- Energia
 - cinética, 493
 - de deformação, 157, 493
 - de barra, 401
- Equação
 - característica, 472, 503
 - do movimento
 - multiaxial, 488
 - uniaxial, 463
- Equações
 - cinemáticas, 73
 - de equilíbrio, 29
 - de barra, 78, 147
 - de viga, 109
 - de Navier, 73, 394
 - do movimento, 71
 - de Lagrange, 493
 - modais, 516, 522
- Erro
 - condição de ortogonalidade, 379
 - curva de convergência, 260
 - condução de calor, 359
 - de interpolação de polinômio, 381
 - em gradientes conjugados, 322
 - estimativa a-priori, 379
 - estimativa de médias nodais, 232
 - estimativa de Zienkiewicz-Zhu, 230
 - relativo, 361
 - taxa de convergência, 383
 - tensões nos elementos, 174
- Esforço
 - cortante, 109
 - de momento fletor, 110
 - de placa, 421
 - pós-processamento em vigas, 130
- Espaço
 - de dimesão finita, 339
 - de Hilbert, 336, 367
 - de variações, 153, 180, 372
 - Euclidiano, 339
 - linear, 367
- Esparsidade, 164, 323, 344
- Estabilidade de integração
 - direta, 566
 - regra de Euler, 582
- Estabilidade de integração direta
 - condicional, 568
- Estado plano de deformações, 66, 184
- Estado plano de tensões, 38, 68
- Estimativa de erro
 - técnica de Zienkiewicz-Zhu, 230
- Euler - regra de integração, 582
- Euler-Bernoulli, 107
- Fator
 - de magnificação, 473
 - de penalização, 559
- Fator de cisalhamento
 - em placa laminada, 447
 - em placa, 422
 - em viga, 144, 294
- Fatoração
 - de Cholesky, 306
 - de Gauss, 303
- flop's, 307, 313
 - gradientes conjugados, 328
- Flow rule (regra de escoamento), 579
- Fluxo de calor, 332, 333
 - elementos finitos, 350
- Força
 - de amortecimento, 496
 - de corpo, de superfície, 25
 - de inércia, 458, 496
 - harmônica, 475
 - impulsiva, 478
 - interna, 84
 - nodal, 207
 - nodal consistente, 128, 247
 - térmica, 207
- Forma
 - canônica de Jordan, 569
 - forte de condução de calor, 335
 - fraca, 369, 370, 372, 397
 - condução de calor, 336, 370
 - quadrática, 494
- Frequência natural, 509
- Frequência natural, 465, 468
- Função
 - cinematicamente admissível, 180
 - condição de convexidade, 606
 - de aproximação, 160, 341, 345, 348
 - segundas derivadas, 456
 - de aproximação de viga, 112
 - degrau unitário, 484
 - Delta de Dirac, 477
 - Heaviside, 484
 - Partição da Unidade, 341
 - peso, 153
 - propriedade delta de Kronecker, 341
 - sinal, 576
 - tenda, 166, 189, 341
 - teste, 335, 341, 394
 - variação, 159, 390
- Funções
 - bilineares, 364

- de forma - continuidade inter-elementar, 226
- de triângulo - quadráticas, cúbicas, 217
- Lagrangeanas 1D, 214
- Lagrangeanas 2D, 218
- Lagrangeanas 3D, 221
- serendipity, 227
- Funcional, 157, 386
 - Lagrangeano, dedução, 404
- Galerkin
 - condução de calor, 338
- Gauss
 - fatoração de, 303, 311
- Gradiente, 18
 - conjugado pré-condicionado, 323
 - de deformação, 48
 - de temperatura, 350
 - método do, 316, 320
- Gram-Schmidt - ortogonalização de, 638
- Grau de liberdade, 89
- Guyan, 539
- Houbolt, 561, 566
- Impulso, 478
- Integração
 - algoritmo de retorno plástico, 585
 - diferenças centrais, 568
 - direta
 - diferenças centrais, 557
 - em elementos quadriláteros e hexaédricos, 238
 - estabilidade, 566
 - condicional, 568
 - explícita, 558
 - implícita, 561
 - método de Houbolt, 561
 - método de Newmark, 564
 - método de Wilson, 563
 - numérica, 235
 - plástica, 581, 602
 - quadratura de Gauss, 235
 - quadratura de Gauss-Lobatto, 238
 - quadratura de triângulo, 240
 - regra de Euler, 582
 - subintegração, 240
- Integral
 - de convolução, 480
 - de Duhamel, 480
 - integração numérica, 484
 - propriedades, 482
- Intensidade de tensão, 44
- Invariantes, 37
- Inversão de matriz, 309
- Jacobi - problema de autovalor, 631
- Jacobiano
 - derivada do, 457
 - elemento de placa, 426
 - elemento hexaédrico, 223
 - estado plando de deformação, 212, 213
- Krilov - sequência de, 655
- Kuhn-Tucker, 577, 579, 593
- Lâmina, 437
 - propriedades ortotrópicas, 439
- Lagrangeano aumentado - método, 279
- Laminado
 - esforços, 446
 - fator de correção ao cisalhamento, 447
 - gradiente da deformação, 453
 - matriz massa, 459
 - princípio dos trabalhos virtuais, 448
 - relação constitutiva, 447
 - relações cinemáticas, 445
 - tensão cisalhante transversal, 452
- Lanczos - métodos de, 655
- Laplaceano - operador, 370
- Largura de banda, 358
- Lei
 - de Fourier, 332
- Lei de Hooke, 63
 - anisotrópica, 438
 - com tensões térmicas, 206
 - estado plano de deformações, 67
 - estado plano de tensões, 69
 - matriz elástica, 65
 - rotação da matriz ortotrópica, 443
 - sólido de revolução, 70
 - triaxial, 182
 - volumétrica-deviatórica, 604
- Lema
 - do cálculo variacional, 154, 184, 392
- Locking, 287
 - de cisalhamento, 288
 - de flexão, 451
 - elemento de viga Timoshenko, 293
 - eliminação de Gauss, 296
 - Patch test, 295
 - subintegração, 290
 - volumétrico, 288
- Método
 - Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS), 617
 - da bisseção para autovalor, 644
 - da iteração progressiva para autovalor, 636
 - da iteração subespacial, 525, 646, 650
 - da potência para autovalor, 632

- de Cholesky, 306
- de colocação, 395
- de elementos de contorno, 400
- de Galerkin, 395
 - formulação de elementos finitos, 338
- de Gauss, 303
- de Gram-Schmidt, 526, 638
- de Guyan, 539
- de integração direta
 - de Houbolt, 561
 - de Newmark, 564
 - de Wilson, 563
- diferenças centrais, 557, 568
- estabilidade, 566, 568
- explícito, 558
- implícito, 561
 - movimento de corpo rígido, 566
- de Jacobi para autovalor, 631
- de Lanczos para autovalor, 525, 655
- de multiplicadores de Lagrange, 272
 - aumentado, 279
- de Newton-Raphson, 604, 608, 615
 - critérios de convergência, 620
- de penalização, 277
- de Rayleigh-Ritz, 402, 648
- de Reyleigh, 529
- de separação de variáveis, 512, 521
- de sobreposição modal, 501, 515, 522
- de Stodola para autovalor, 632
- do determinante para autovalor, 640
- do gradiente, 316
- do gradiente conjugado, 320
- do gradiente conjugado pré-condicionado, 323
- dos resíduos ponderados, 153, 393
- HRZ, 560
- Módulo
 - elastoplástico, 580
 - plástico, 579
 - tangente elastoplástico, 595
 - volumétrico, 604
- Mapeamento
 - elemento quadrilátero, 220
 - elemento triangular, 210
 - elementos de placa laminada, 449
 - elementos hexaédricos, 221
- Material
 - composto, 437
 - elástico, 61
 - homogêneo, isotrópico, 61
 - ortotrópico, 333
- Matriz
 - banda, 299, 310, 313
 - condução de calor, 344
- condição de contorno, 86, 121, 176
- de acoplamento membrana-flexão, 447
- de amortecimento, 522, 529
- de inércia
 - de barra, 492
 - de elemento sólido, 495, 497
 - do laminado, 459
- de penalidade, 279
- de rigidez, 632
 - condução de calor, 344
 - de barra, 80, 164, 492
 - de casca, 433
 - de placa, 427
 - de viga, 112
 - global, 85
 - torção, 141
- de rotação, 16, 93, 99, 144
- deformação, 188
 - de casca, 433
 - de placa laminada, 450
 - elemento triangular linear, 212
- determinante, 640
- elástica, 65
- elastoplástica, 580
- esparsa, 302
- esparsidade, 164
- Hermitiana, 667
- inversão, 309
- jacobiana, 212, 213
- largura de banda, 358
- massa, 493
 - diagonalizada, 560
- modal, 507, 633
- número de condição, 267
- ortogonal, 667
- positiva definida, 373, 507, 632
- pseudo-inversa, 666
- quase singular, 663
- retangular, 663, 667
- Singular value decomposition, 667
- skyline, 302
- sobreposição, 85, 96, 127, 171, 193, 351
- triangular, 298, 641
- tridiagonal, 658
- Mecânica do contínuo, 3
- Mindlin - modelo cinemático, 418, 448
- Minimização de potencial, 314
 - gradiente conjugado pré-condicionado, 323
 - método do gradiente, 316
 - método do gradiente conjugado, 320
- Modelo
 - de Kirchhoff, 418
 - de Reissner-Mindlin, 418

- de Reissner-Mindlin em laminados, 445
- J2 de elastoplasticidade, 599
- Modo
 - de energia de deformação nula, 290
 - espúrio de deformação, 291
- Momento polar de inércia, 139
- Momentos fletores de placa, 421
- Movimento de corpo rígido, 566, 637
- Mudança de base, 16
- Multiplicadores de Lagrange, 272
 - aumentado, 279
 - dedução, 403
 - fatoração de Gauss, 276
 - funcional lagrangeano, 274
 - no principio dos trabalhos virtuais, 409
- Nós
 - globais, 160, 340
 - locais do elemento, 124, 167, 210, 349
- Número
 - de condição, 267, 320, 663
 - de condição - definição, 318
 - de operações, 298, 307, 310, 322
 - método do gradiente, 320
- Número complexo, 466
- Número de operações
 - gradiente conjugado, 327
 - método de Gauss, 307
- Navier, equações de, 73, 394
- Newmark, 564
- Newton-Raphson, 604, 608, 615
 - critérios de convergência, 620
 - quase-Newton, 617
- Normas, 368
 - de energia, 374
- Notação de Voigt, 64, 197, 590
 - equações de elastoplasticidade, 600
- Notação indicial, 14, 334
- Numeração nodal, 84, 349
- Operação
 - contagem, 307, 313
 - de ponto flutuante, 307
- Operador
 - delta de Kronecker, 15, 341, 507
 - diferencial, 68
 - divergente, 332
 - Laplaceano, 333, 370
 - permutação, 9
 - traço, 58
 - variação, 390
- Ordem de grandeza, 301
- Ortogonalidade de autovetores, 506
- Ortogonalização de Gram-Schmidt, 638
- Ortotropia, 437
- Pórticos, 125, 136, 144
- Partição da unidade, 187, 214, 341
- Pascal - Triângulo de, 218
- Patch test, 287
- patch test, 295
- Penalização, 277
 - matriz de penalidade, 279
 - no princípio dos trabalhos virtuais, 411
 - regra da raiz quadrada, 279, 559
- Período de vibração, 465
- Placa
 - anisotrópica, 445
 - condições de contorno, 423
 - curvatura, 420, 446
 - esforços internos, 421
 - fator de correção ao cisalhamento, 422, 447
 - frequências naturais, 458
 - laminada - ver Laminado, 445
 - locking, 428
 - membrana, 419
 - princípio dos trabalhos virtuais, 423
 - tensões - pós-processamento, 427
 - tensões resultantes, 421
 - vetor tensão, 423
- Plano octaédrico, 43
- Plasticidade - ver Elastoplasticidade, 573
- Polinômio característico, 504, 509
- Positividade da matriz
 - de rigidez - prova, 375
 - massa - prova, 632
- Positividade de uma matriz, 507
- Posto da matriz
 - deficiente, 291, 665
 - penalizada, 279
- Pré-condicionador
 - de Cholesky incompleto, 327
 - de Jacobi, 327
- Primeira lei da termodinâmica, 332
- Princípio
 - da energia potencial total mínima, 156
 - da energia potencial total mínima., 401, 408
 - de D'Alembert, 458, 489, 495, 497
 - dos trabalhos virtuais, 152, 182, 185, 372
 - com tensões térmicas, 206
 - de casca, 431
 - de placa anisotrópica, 448
 - dinâmico, 490
 - em elastoplasticidade, 614
 - em laminados - dinâmica, 459
 - em placa, 423
- Problema
 - adjunto, 399, 400

- algébrico complexo, 550
- axissimétrico, 69
- de autovalor, 631
 - método da bisseção, 644
 - método da iteração progressiva, 636
 - método da iteração subespacial, 650
 - método da potência, 632
 - método de Lanczos, 655
 - método do determinante, 640
 - padrão e generalizado, 505
- de condução de calor, 370
- de minimização, 401
 - condição necessária de mínimo, 389
- de Poisson, 335
- de valor inicial, 517
- elastostático, 371
- estacionário, 334
- quase-estático, 462
- variacional, 372
- Produto
 - escalar, vetorial, 8, 9
 - interno de tensores, 12, 590
 - tensorial, 10
- Pseudo-inversa, 531, 664
 - de matriz singular, 666
 - por Singular value decomposition, 670
 - propriedades, 666
- Quadratura
 - de Gauss, 235
 - de Gauss-Lobatto, 238
 - de triângulo, 240
- Quociente de amortecimento, 466
- Raio espectral, 569
- Rayleigh, 647
 - Ritz - método de, 648
 - quociente de, 644
 - quociente de, 647
- Rayleigh-Ritz, 402
- Reações nos apoios, 91, 98, 134, 173
- Redução de Guyan, 539
 - resposta harmônica, 549, 551
- Regra do ponto intermediário, 581
 - regra de Euler, 582
- Regra do somatório, 14
- Regras de evolução, 592
- Relações trigonométricas, 465
- Representação espectral da rigidez, 508
- Resíduo, 153
- Resposta
 - impulsiva, 479
- Restrição, 269
 - no princípio dos trabalhos virtuais, 409
- Reyleigh, 529
- Ritz - vetores de, 655
- Sólido de revolução, 69, 199
- Semi-discretização do tempo-espaço, 491, 496
- Sequência de Krilov, 655
- Shift de autovalores, 505, 637
- Singular value decomposition, 667
- Sistema
 - de coordenadas
 - de casca, 430
 - eixos principais de ortotropia, 334, 438
 - mudança de base, 16, 35
 - multi-grau de liberdade, 488
 - não amortecido, 515
 - uniaxial, 464
- Sistema de coordenadas
 - mudança de base, 93
- Sistema linear de equações
 - matriz retangular, 667
 - pré-condicionamento, 663
 - quase singular, 663
- Skyline, 302
- Sobreposição
 - da matriz global, 85
 - de condução de calor, 351
 - de matrizes elementares, 96, 127, 171, 193
 - modal, 501
 - subrotina, 352
- Solução
 - analítica de resposta harmônica, 547
 - analítica de vibração
 - de barra, 511, 521
 - de viga, 514
 - complexa, 475
 - de regime permanente, 480
 - de sistema algébrico por minimização, 314
 - fundamental, 400
 - geral de vibrações 1D, 474
 - harmônica
 - via redução de Guyan, 549
 - via redução modal, 544
 - transiente, 469
- Somigliana, identidade de, 400
- Steepest descent method, 316
- Stodola - método para autovalores, 632
- Sturm - teste de, 644, 652
- Subintegração, 236
 - locking, 290
 - placa, 428
 - seletiva, 292
- Superconvergência, pontos de, 230
- Superfície de escoamento, 592

- Taxa de convergência, 260, 383
 - condução de calor, 359
 - método do gradiente, 318, 320
- Tensão
 - autovalores, 37
 - círculo de Mohr, 40
 - cálculo em elemento de placa, 427
 - cálculo em elemento de placa laminada, 451
 - cálculo nos elementos, 103, 173
 - central (back stress), 579
 - cisalhante transversal em laminados, 452
 - componentes, 27
 - condições de contorno, 31
 - de Cauchy, 30
 - equações de equilíbrio, 29, 32
 - equivalente, 601
 - erro nos elementos, 173
 - esférica, deviatórica, 42
 - estado plano de, 38, 68
 - hidrostática, 43
 - invariantes, 37
 - mudança de base, 35
 - normal, cisalhante, 26
 - plano octaédrico, 43
 - principal, 35
 - recuperação de Zienkiewicz-Zhu, 230
 - super convergente, 232
 - técnica de médias nodais, 232
 - transformação, 28
 - triângulo de Cauchy, 29
- Tensor
 - antissimétrico, 13
 - de Green-St.Venant, 58
 - de quarta ordem, 590
 - definição, 10, 13
 - deformação, 56
 - deformação de Green, 54
 - gradiente, 18
 - gradiente de deformação, 48
 - identidade, 590
 - mudança de base, 16
 - notação de Voigt, 590, 600
 - operações, 181
 - produto interno, 12
 - tangente elastoplástico, 596, 599
 - algorítmico, 610
 - tensão, 25
- Teorema
 - de Green, 20
 - de Rolle, 380
 - do divergente, 20, 181
 - expectral, 668
- Teoria J2 de plasticidade, 593
- Termoelasticidade, 206
- Teste de Sturm, 644, 652
- Timoshenko, viga de, 144
- Torção, 138
- Traço, 58
- Treliça, 77, 91, 99
- Triângulo de Cauchy, 29
- Triângulo de Pascal, 218
- Unicidade de solução
 - prova, 374
- Varição, 159
 - de funções, 391
- Vetor
 - força nodal consistente, 247
 - gradiente, 18
 - mudança de base, 17
 - ortogonalização de Gram-Schmidt, 638
 - tensão de placa, 423
- Vibração
 - amortecida, 468, 535
 - fator de magnificação, 473
 - frequência natural, 465
 - livre, 501
 - multi-grau de liberdade, 501
 - solução analítica
 - de barra, 511, 521
 - de viga, 514
 - um grau de liberdade, 463
- Viga, 497
 - carga distribuída, 128
 - curva elástica, 113
 - de Euler-Bernoulli, 107
 - eixos principais de inércia, 107
 - esforços, 109, 130
 - Euler-Bernoulli, 294
 - força nodal consistente, 129
 - frequências naturais analíticas, 515
 - funções de forma, 112
 - sob torção, 124, 138
 - Timoshenko, 144, 293, 294
- von Mises, 44, 592
- Wilson - integração direta, 563
- Zienkiewicz-Zhu
 - estimativa de erro, 230
 - recuperação de tensão, 232