

Ricardo Valeriano

PONTES

oficina de textos

Sumário

Prefácio	7
1 Conceitos fundamentais	9
1.1 Definições	9
1.2 Projeto e construção.....	10
1.3 Evolução histórica.....	12
2 Elementos de composição das pontes	25
2.1 Elementos estruturais principais	26
2.2 Elementos estruturais de extremidade.....	26
2.3 Aparelhos de apoio.....	30
2.4 Elementos de proteção.....	43
2.5 Vistas típicas	46
3 Sistemas estruturais	49
3.1 Sistemas fundamentais.....	49
3.2 Sistemas em viga.....	51
3.3 Sistema em arco	57
3.4 Sistema pênsil.....	60
3.5 Sistema treliçado	63
3.6 Sistema estaiado.....	64
3.7 Pontes móveis.....	68
3.8 Vão máximo	69
4 Principais ações	75
4.1 Ações permanentes	75
4.2 Ações variáveis.....	91
5 Forma e geometria	109
5.1 Superestrutura em laje.....	110
5.2 Superestrutura em viga	113
5.3 Geometria viária	123
5.4 Geometria estrutural	128

6	Comportamento dos materiais	133
6.1	Aço.....	133
6.2	Concreto.....	138
7	Propriedades de seção transversal	149
7.1	Seção simétrica.....	149
7.2	Seção genérica.....	154
7.3	Definição da mesa colaborante	167
8	Viga sob flexão	173
8.1	Viga em material homogêneo.....	173
8.2	Viga mista	178
8.3	Viga em concreto armado	183
9	Linhas de influência	222
9.1	Viga isostática.....	222
9.2	Viga hiperestática	245
9.3	Análise da torção	251
10	Trem-tipo rodoviário.....	258
10.1	Superestrutura em seção celular	259
10.2	Superestrutura em seção aberta	264
11	Protensão.....	295
11.1	Comportamento de viga protendida	295
11.2	Cordoalhas de protensão	299
11.3	Barras de protensão	300
11.4	Sistemas de protensão	301
11.5	Ação da protensão.....	306
11.6	Perdas de protensão.....	307
11.7	Análise da protensão	308
12	Estados-limites e combinações.....	312
12.1	Solicitações de projeto	312
12.2	Ações.....	313
12.3	Estados-limites	313
12.4	Carregamentos	313
12.5	Coefficientes de ponderação	314
12.6	Coefficientes de redução.....	315
12.7	Tipos de combinações.....	316
12.8	Estados-limites últimos.....	317
12.9	Estados-limites de serviço (ELS)	324
	Referências bibliográficas	333

oficina de textos

Mounir Khalil El Debs

pontes de concreto

com ênfase na aplicação
de elementos pré-moldados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	Preliminares.....	21
1.2	Classificação.....	24
1.3	Considerações preliminares para projeto, construção e uso.....	27
1.4	Desenvolvimento e importância	31
2	ações NAS PONTES	34
2.1	Preliminares.....	34
2.2	Ações permanentes	35
2.3	Ações variáveis.....	37
2.4	Ações especiais e de construção	51
2.5	Ações excepcionais.....	52
2.6	Códigos e especificações estrangeiros.....	53
3	SISTEMAS ESTRUTURAIS	54
3.1	Preliminares.....	54
3.2	Pontes em viga.....	55
3.3	Pontes em pórtico	61
3.4	Pontes em arco.....	61
3.5	Pontes estaiadas.....	64
3.6	Considerações adicionais	65
4	SEÇÕES TRANSVERSAIS	67
4.1	Preliminares	67
4.2	Pontes de laje	68
4.3	Pontes de viga	70
4.4	Considerações adicionais	75
5	APOIOS DAS PONTES.....	79
5.1	Preliminares.....	79
5.2	Aparelhos de apoio	80
5.3	Infraestrutura	83
5.4	Considerações adicionais	88

6	INTRODUÇÃO AO CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	93
6.1	Preliminares.....	93
6.2	Materiais.....	97
6.3	Características do concreto pré-moldado.....	103
6.4	Produção.....	106
6.5	Projeto dos elementos e das estruturas.....	111
6.6	Ligações.....	121
6.7	Programa ABC.....	123
7	APLICAÇÃO NA SUPERESTRUTURA.....	125
7.1	Preliminares.....	125
7.2	Tipos de elementos.....	126
7.3	Formação do tabuleiro com elementos complementares.....	138
7.4	Interação entre elementos adjacentes ao longo do vão.....	141
7.5	Considerações adicionais.....	145
8	APLICAÇÃO NA INFRAESTRUTURA.....	150
8.1	Preliminares.....	150
8.2	Pilares e travessas.....	150
8.3	Encontros.....	156
8.4	Considerações adicionais.....	163
9	APLICAÇÃO EM PONTES ENTERRADAS DE CONCRETO.....	166
9.1	Preliminares.....	166
9.2	Seções fechadas.....	168
9.3	Seções abertas.....	172
9.4	Considerações adicionais.....	176
10	APLICAÇÃO EM PONTES EM ARCO.....	183
10.1	Preliminares.....	183
10.2	Arcos sem montantes.....	183
10.3	Arcos com montantes.....	186
10.4	Outras formas de aplicação.....	188
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193

Apêndices

AP1 – Noções de cálculo de superestrutura.....	203
AP1.1 Preliminares.....	203
AP1.2 Pontes de viga.....	203
AP1.3 Pontes de laje.....	218
Referências bibliográficas.....	218
AP2 – Combinação de ações.....	219
AP2.1 Preliminares.....	219
AP2.2 Combinações últimas das ações.....	220
AP2.3 Combinações de serviço das ações.....	222
Referências bibliográficas.....	223
AP3 – Aspectos básicos do comportamento à fadiga do concreto armado e protendido	224
AP3.1 Preliminares.....	224
AP3.2 Fadiga dos materiais.....	226
AP3.3 Comportamento à fadiga de estruturas e componentes.....	227
AP3.4 Recomendações para verificação da fadiga – NBR 6118 (ABNT, 2014).....	230
Referências bibliográficas.....	232

AP4 – Tabelas de Rüsç	233
AP4.1 Preliminares.....	233
AP4.2 Momentos fletores da carga permanente	235
AP4.3 Momentos fletores da carga móvel	235
AP4.4 Exemplo de cálculo de momentos fletores em laje isolada	236
AP4.5 Correção dos momentos fletores para laje contínua.....	237
AP4.6 Forças cortantes	237
Referências bibliográficas	238
AP5 – Dimensionamento de aparelho de apoio de elastômero	239
AP5.1 Preliminares.....	239
AP5.2 Pré-dimensionamento.....	240
AP5.3 Módulo de deformação transversal do elastômero	240
AP5.4 Verificações	240
AP5.5 Considerações adicionais	243
Referências bibliográficas	243
AP6 – Distribuição dos esforços nos apoios das pontes	244
AP6.1 Preliminares.....	244
AP6.2 Constantes elásticas dos apoios	244
AP6.3 Vinculação da base dos pilares.....	246
AP6.4 Pontes de tabuleiro reto ortogonal contínuo	246
AP6.5 Considerações adicionais	249
Referências bibliográficas	250
AP7 – Exemplos numéricos relativos aos Apêndices AP1 a AP6	251
Esse material está disponível em < https://www.ofitexto.com.br/livro/pontes-de-concreto/ >.	
AP8 – Modelagem numérica	252
AP8.1 Preliminares.....	252
AP8.2 Fundamentos e recomendações	252
AP8.3 Superestrutura de ponte em duas vigas	257
AP8.4 Apoio das pontes	264
AP8.5 Superestrutura de tabuleiro em vigas pré-moldadas	269
Referências bibliográficas	284
AP9 – Superfícies de influência para o cálculo de lajes	285
AP9.1 Preliminares.....	285
AP9.2 Placas.....	286
AP9.3 Métodos de geração de superfícies de influência	286
AP9.4 Esforços máximos e mínimos.....	288
AP9.5 Exemplos de cálculo	289
Referências bibliográficas	304
AP10 – Introdução ao dimensionamento de elementos de concreto protendido	305
AP10.1 Preliminares.....	305
AP10.2 Materiais e processos	306
AP10.3 Critérios de projeto	308
AP10.4 Estados-limites de serviços e determinação da força de protensão.....	314
AP10.5 Estados-limites últimos	317
AP10.6 Considerações adicionais	320
Referências bibliográficas	320
AP11 – Estabilidade lateral de vigas pré-moldadas	321
AP11.1 Preliminares.....	321
AP11.2 Içamento	322
AP11.3 Transporte e viga sobre aparelho de apoio	323
AP11.4 Situação definitiva sem execução das lajes.....	324
AP11.5 Influência das imperfeições geométricas	324
AP11.6 Verificação da segurança	325
AP11.7 Recomendações normativas	327
AP11.8 Exemplo	327
Referências bibliográficas	338

AP12 – Resistência à força cortante em lajes de pontes	339
AP12.1 Preliminares.....	339
AP12.2 Modelos de análise da resistência à força cortante.....	340
AP12.3 Modelos de verificação da resistência unidirecional ou “como vigas”.....	341
AP12.4 Exemplo de aplicação 1 – laje em balanço.....	344
AP12.5 Exemplo de aplicação 2 – laje unidirecional sobre múltiplas longarinas	347
AP12.6 Exemplo de aplicação 3 – lajes apoiadas sobre quatro vigas.....	351
Referências bibliográficas	354
AP13 – Cisalhamento na interface CML * CPM	355
AP13.1 Preliminares.....	355
AP13.2 Cisalhamento na interface entre dois concretos	355
AP13.3 Tensões de cisalhamento na interface em elementos fletidos.....	356
AP13.4 Verificação da resistência ao cisalhamento na interface em elementos fletidos.....	359
AP13.5 Recomendações para o projeto e a execução	362
AP13.6 Exemplo numérico	364
Referências bibliográficas	366
AP14 – Tabuleiros com viga e laje pré-moldadas ligadas mediante nichos.....	367
AP14.1 Preliminares.....	367
AP14.2 Breve histórico.....	368
AP14.3 Descrição do sistema construtivo	369
AP14.4 Dimensionamento à flexão das lajes pré-moldadas.....	377
AP14.5 Fadiga	379
AP14.6 Dimensionamento da ligação viga-laje pré-moldadas com nichos	379
AP14.7 Exemplo de dimensionamento dos conectores de cisalhamento	380
AP14.8 Considerações finais	384
Referências bibliográficas	384
AP15 – Superestrutura de elementos mistos de aço e concreto	386
AP15.1 Preliminares.....	386
AP15.2 Sistemas estruturais.....	387
AP15.3 Vigas mistas.....	387
AP15.4 Fadiga	392
AP15.5 Deslocamentos	395
AP15.6 Ligações	395
AP15.7 Exemplo de cálculo: longarina de ponte em viga mista biapoiada.....	396
Referências bibliográficas	399
AP16 – Projeto estrutural de galerias de seção fechada	401
AP16.1 Preliminares.....	401
AP16.2 Cálculo das pressões produzidas pelo solo e pela água	402
AP16.3 Cálculo das pressões produzidas por sobrecargas na superfície.....	404
AP16.4 Modelagem estrutural.....	408
AP16.5 Situações de projeto e coeficientes de ponderação das ações	409
AP16.6 Dimensionamento	410
AP16.7 Particularidades das outras situações.....	414
AP16.8 Exemplo de projeto de galeria retangular.....	416
Referências bibliográficas	419
AP17 – Detalhamento estrutural de pontes com sistema em arco enterrado	421
AP17.1 Elementos constituintes de pontes em arco enterrado	421
AP17.2 Breve histórico.....	422
AP17.3 Exemplos de obras	424
AP17.4 Vantagens e desvantagens do sistema	426
AP17.5 Análise dos esforços	427
AP17.6 Exemplo de análise de abóbada de concreto armado	430
AP17.7 Sistemas moldados no local	432
AP17.8 Sistema com elementos pré-moldados	434
Referências bibliográficas	441

AP18 – Passarelas de CPM.....	442
AP18.1 Preliminares.....	442
AP18.2 Ações e critérios de projeto.....	443
AP18.3 Sistemas estruturais e seções transversais.....	444
AP18.4 Considerações adicionais.....	447
Referências bibliográficas.....	450
AP19 – Técnicas construtivas.....	451
AP19.1 Preliminares.....	451
AP19.2 Concreto moldado no local.....	452
AP19.3 Elementos pré-moldados dispostos ao longo do vão.....	453
AP19.4 Balanços sucessivos.....	455
AP19.5 Técnicas com deslocamento.....	459
AP19.6 Considerações adicionais.....	460
Referências bibliográficas.....	464
AP20 – Manutenção.....	465
AP20.1 Preliminares.....	465
AP20.2 Prevenção (manutenção preventiva).....	468
AP20.3 Inspeções.....	468
AP20.4 Testes, ensaios e monitoramento da integridade estrutural.....	473
AP20.5 Avaliações para tomada de decisão.....	475
AP20.6 Intervenções.....	476
AP20.7 Passagem de veículos especiais.....	477
AP20.8 Sistemas de gerenciamento.....	478
Referências bibliográficas.....	479