

# IÍNDICE

## CAPÍTULO I

### 1. AS ESTRUTURAS DE RESIDÊNCIAS E INDÚSTRIAS

#### 1.1. Generalidades

1.1.1. Construções com muros de sustentação e construções com estruturas . . . . .	3
1.1.2. A estrutura – Generalidades . . . . .	4
1.1.3. Diferentes tipos de estruturas . . . . .	4
1.1.3.1. Estruturas de edifícios residenciais . . . . .	5
1.1.3.2. Estruturas industriais . . . . .	6
1.1.4. Pilares . . . . .	7
1.1.4.1. Formas em planta . . . . .	7
1.1.4.2. Extremidades . . . . .	7
1.1.4.3. Aspectos em elevação . . . . .	16
1.1.4.4. Dimensões . . . . .	16
1.1.5. Vigas . . . . .	17
1.1.6. Estruturas aparentes ou escondidas . . . . .	19
1.1.7. Juntas de dilatação e de ruptura . . . . .	20
1.1.7.1. Localização das juntas . . . . .	24
1.1.7.2. Juntas nas paredes e divisórias . . . . .	24
1.1.7.3. Juntas nas lajes e estruturas . . . . .	26
1.1.7.4. Juntas necessárias para ações dinâmicas . . . . .	29
1.1.7.5. Juntas necessárias por efeitos térmicos locais . . . . .	30

#### 1.2. Estruturas completas

1.2.1. Organização geral . . . . .	30
1.2.2. Descida das cargas – esforços atuando em uma edificação . . . . .	30
1.2.2.1. Cargas permanentes . . . . .	30
1.2.2.1.1. Peso dos materiais de construção . . . . .	30
1.2.2.1.1.1. Metais . . . . .	31
1.2.2.1.1.2. Madeiras . . . . .	31
1.2.2.1.1.3. Concreto – argamassa . . . . .	31
1.2.2.1.1.4. Materiais granulosos . . . . .	32
1.2.2.1.1.5. Pedras . . . . .	32
1.2.2.1.1.6. Materiais diversos . . . . .	33
1.2.2.1.1.7. Alvenarias . . . . .	33
1.2.2.1.2. Pesos dos elementos de construção . . . . .	33
1.2.2.1.2.1. Paredes – Paredes maciças . . . . .	34
– Enchimento entre estrutura . . . . .	34
– Revestimentos . . . . .	34
1.2.2.1.2.2. Divisórias . . . . .	35
1.2.2.1.2.3. Lajes – Revestimento . . . . .	35
Estrutura portante . . . . .	35

## ÍNDICE

Alvenaria de vedação . . . . .	36
Forro . . . . .	36
1.2.2.1.2.4. Tetos – Cobertura . . . . .	39
Estrutura de cobertura . . . . .	40
– em madeira . . . . .	40
– metálica . . . . .	41
– em concreto armado . . . . .	41
– telhados, terraços . . . . .	41
Forro falso . . . . .	42
1.2.2.1.2.5. Tubulação de aeração . . . . .	44
1.2.2.1.2.6. Escadas . . . . .	44
1.2.2.2. Sobrecargas de utilização . . . . .	45
1.2.2.3. Sobrecargas climáticas . . . . .	49
1.2.2.3.1. Efeitos da neve . . . . .	49
1.2.2.3.2. Efeitos do vento . . . . .	51
1.2.2.3.3. Efeitos dos sismos . . . . .	61
1.2.3. Descida das cargas – cálculos práticos . . . . .	66
1.2.4. Exemplo de cálculo . . . . .	68
1.2.4.1. Dados . . . . .	68
1.2.4.2. Peso próprio . . . . .	70
1.2.4.3. Sobrecargas acidentais . . . . .	81
1.2.4.4. Neve – $130 \text{ daN/m}^2$ . . . . .	81
1.2.4.5. Vento . . . . .	82
1.2.4.6. Sismos . . . . .	86
1.2.4.7. Esforços totais sobre os pilares . . . . .	89
1.2.5. Cálculo dos momentos de flexão . . . . .	90
1.2.5.1. As cargas verticais . . . . .	91
1.2.5.1.1. Métodos exatos . . . . .	91
1.2.5.1.2. Métodos aproximados . . . . .	90
1.2.5.1.2.1. Métodos da norma de CA . . . . .	98
1.2.5.1.2.2. Cálculo elástico com vigas contínuas, desprezando o efeito de solidariedade com os pilares . . . . .	107
1.2.5.1.3. Métodos simplificados . . . . .	107
1.2.5.1.3.1. Método prático dos projetistas . . . . .	108
1.2.5.1.3.2. Método do Escritório Vértas . . . . .	109
1.2.5.1.3.3. Proposição de Chalos . . . . .	109
1.2.5.1.3.4. Norma de C.A. . . . .	110
1.2.5.1.4. Cálculo plástico . . . . .	115
1.2.5.1.4.1. Viga sobre dois apoios, engastada em uma extremidade, carga uniformemente distribuída . . . . .	118
1.2.5.1.4.2. Viga engastada . . . . .	123
1.2.5.1.4.3. Viga contínua com dois vãos . . . . .	125
1.2.5.1.4.4. Vigas de 3 vãos e mais (fig. 1.2.5.1.4.4.). . . . .	127
1.2.5.1.4.5. Pórtico articulado . . . . .	127
1.2.5.1.4.6. Pórtico engastado . . . . .	129
1.2.5.1.4.7. Pórtico contínuo articulado com $n$ vãos . . . . .	129
1.2.5.1.4.8. Pórtico contínuo engastado com $n$ vãos . . . . .	129
1.2.5.1.4.9. Pórtico em andares, múltiplo ou $n\tilde{\sim}$ . . . . .	130
1.2.5.2. Cargas horizontais . . . . .	130
1.2.5.2.1. Métodos exatos . . . . .	131
1.2.5.2.2. Métodos aproximados . . . . .	142
1.2.5.2.2.1. Método de Cross simplificado . . . . .	142

## ÍNDICE

1.2.5.2.2. Método de anteprojeto de Takabeya . . . . .	143	
1.2.5.2.3. Métodos simplificados . . . . .	144	
1.2.5.2.4. Cálculo plástico . . . . .	151	
1.2.5.2.5. Momentos de torção devidos ao vento . . . . .	162	
1.2.5.3. Influência da retração e das variações de temperatura . . . . .	163	
1.2.5.3.1. Método exato . . . . .	163	
1.2.5.3.2. Método aproximado . . . . .	165	
1.2.6. Determinação das seções (vigas e pilares) – tensões. . . . .	167	
1.2.7. Caso especial de diminuições de andares . . . . .	168	
1.2.8. Caso especial de andares em balanço . . . . .	171	
1.2.9. Caso especial de um pilar faltante em uma fileira . . . . .	172	
<b>1.3. Estruturas reduzidas</b>		
1.3.1. Tipo com vigas longitudinais . . . . .	173	
1.3.2. Tipo com vigas transversais . . . . .	181	
<b>1.4. Estruturas especiais</b> . . . . .		182
<b>1.5. Estruturas industriais</b>		
1.5.1. Estruturas clássicas . . . . .	189	
1.5.2. Estruturas com elementos curvos . . . . .	193	
1.5.3. Estruturas com elementos quebrados ou inclinados . . . . .	193	
1.5.4. Estruturas especiais . . . . .	193	
1.5.4.1. Estruturas com arcos parabólicos . . . . .	193	
1.5.4.2. Asnas quadradas . . . . .	193	
1.5.4.3. Asnas com apêndices de estabilidade transversal . . . . .	193	
1.5.4.4. Estruturas com lajes suspensas . . . . .	193	
1.5.4.5. Vigas-paredes . . . . .	197	
1.5.4.6. Pórtico arregaçado . . . . .	207	
<b>1.6. Elementos de vedação</b>		
1.6.1. Os diferentes tipos de enchimentos . . . . .	213	
1.6.1.1. Muros espessos . . . . .	213	
1.6.1.2. Muros esbeltos com contramuros externos . . . . .	214	
1.6.1.3. Muros esbeltos com contramuros internos . . . . .	215	
1.6.1.4. Muros leves compostos . . . . .	215	
1.6.2. A resistência ao vento dos enchimentos . . . . .	216	
1.6.3. A isolamento térmica . . . . .	217	
1.6.4. A isolamento acústica . . . . .	222	
<b>1.7. Pré-fabricação das estruturas</b> . . . . .		223
<b>1.8. Insonorização das estruturas</b> . . . . .		225

# ÍNDICE

## CAPÍTULO II

### 2. AS LAJES

#### 2.1. Lajes moldadas in loco

2.1.1. Lajes finas . . . . .	229
2.1.2. Lajes nervuradas . . . . .	230
2.1.2.1. Nervuras paralelas . . . . .	230
2.1.2.2. Nervuras ortogonais . . . . .	232
2.1.2.3. Nervuras enviesadas . . . . .	233
2.1.3. Lajes com vigotas revestidas . . . . .	233
2.1.4. Lajes de tijolos furados . . . . .	236
2.1.5. Lajes espessas . . . . .	238
2.1.6. Lajes cogumelos . . . . .	238
2.1.6.1. Com capitel . . . . .	239
2.1.6.2. Sem capitel . . . . .	243
2.1.7. Lajes translúcidas . . . . .	245

#### 2.2. Lajes pré-moldadas

2.2.1. Lajes de concreto armado . . . . .	247
2.2.1.1. Lajes com vigotas ligadas . . . . .	247
2.2.1.2. Lajes com vigotas não ligadas e laje pré-moldada . . . . .	249
2.2.1.3. Lajes com vigotas não ligadas e laje fundida no local . . . . .	250
2.2.2. Lajes com tijolos cerâmicos armados . . . . .	253

#### 2.3. Cálculo das lajes

2.3.1. Generalidades – métodos de cálculos . . . . .	254
2.3.1.1. Cálculo elástico exato . . . . .	254
2.3.1.2. Métodos simplificados . . . . .	254
2.3.1.3. Cálculo elástico levando em conta a deformação lenta . . . . .	254
2.3.1.4. Cálculo plástico . . . . .	255
2.3.1.5. Lajes com nervuras ortogonais . . . . .	255
2.3.1.6. Lajes cogumelos . . . . .	258
2.3.1.6.1. As lajes cogumelos com capitéis . . . . .	258
2.3.1.6.1.1. Métodos chamados exatos . . . . .	259
2.3.1.6.1.2. Métodos aproximados . . . . .	261
2.3.1.6.1.3. Fórmulas experimentais . . . . .	263
2.3.1.6.1.4. Fórmulas regulamentares . . . . .	263
2.3.1.6.2. As lajes cogumelos sem capitéis . . . . .	280
2.3.1.7. Cálculo das lajes. Métodos elásticos . . . . .	280
2.3.1.8. Método das linhas de ruptura, do Dr. Johansen . . . . .	280
2.3.2. Exemplos de cálculos . . . . .	285
2.3.2.1. Laje fina . . . . .	285
2.3.2.1.1. 1º caso . . . . .	285
2.3.2.1.2. 2º caso . . . . .	287
2.3.2.2. Laje espessa . . . . .	291
2.3.2.3. Laje nervurada . . . . .	292
2.3.2.3.1. 1º caso . . . . .	292

2.3.2.3.2. 2º caso . . . . .	294
2.3.2.3.3. 3º caso . . . . .	295
2.3.2.4. Laje com nervuras ortogonais . . . . .	296
2.3.2.4.1. 1º caso . . . . .	296
2.3.2.4.2. 2º caso . . . . .	297
2.3.2.5. Laje com nervuras diagonais . . . . .	299
2.3.2.6. Vigotas revestidas . . . . .	300
2.3.2.6.1. 1º caso . . . . .	300
2.3.2.6.2. 2º caso . . . . .	301
2.3.2.7. Laje moldada no local com tijolos furados . . . . .	302
2.3.2.7.1. 1º caso . . . . .	302
2.3.2.7.2. 2º caso . . . . .	304
2.3.2.8. Laje pré-moldada . . . . .	306
2.3.2.8.1. 1º caso . . . . .	306
2.3.2.8.2. 2º caso . . . . .	308
2.3.2.9. Laje cogumelo . . . . .	309
2.3.2.10. Laje transparente . . . . .	313
2.3.3. Pontos particulares de cálculos . . . . .	314
2.3.3.1. Resistência dos entrevãos . . . . .	314
2.3.3.2. Participação dos entrevãos na resistência do conjunto . . . . .	315
2.3.3.3. Cargas concentradas . . . . .	315

## 2.4. Furos e cavaletes

2.4.1. Furos de pequena dimensão nas lajes ou tijolos . . . . .	318
2.4.2. Furos de grande dimensão. Cavaletes . . . . .	319
2.4.3. Furos nas vigas . . . . .	319

## 2.5. Cavaletes sob ductos de fumaças . . . . . 320

## 2.6. Estudo comparativo dos diferentes tipos de lajes . . . . . 325

## 2.7. Isolação das lajes

2.7.1. Isolação térmica . . . . .	327
2.7.2. Isolação acústica . . . . .	327

## 2.8. Efeitos dos sismos sobre as lajes . . . . . 329

## CAPÍTULO III

### 3. As Escadas

#### 3.1. Generalidades

3.1.1. Terminologia . . . . .	332
3.1.2. Diferentes sistemas de escadas . . . . .	333
3.1.3. Dimensões das escadas, traçado . . . . .	333
3.1.4. Revestimentos de degraus e espelhos . . . . .	336
3.1.5. Balaustradas e corrimãos . . . . .	337
3.1.6. Sobrecargas de cálculo . . . . .	338

## ÍNDICE

### 3.2. Escadas internas

3.2.1. As escadas com lajes . . . . .	338
3.2.1.1. Escada com laje simples . . . . .	339
3.2.1.2. Laje com patamar . . . . .	342
3.2.1.3. Laje com duplo patamar . . . . .	346
3.2.1.4. Escada com lajes adjacentes . . . . .	347
3.2.1.5. Escada com lajes ortogonais . . . . .	356
3.2.1.6. Escada com canto girante . . . . .	357
3.2.1.7. Escada com laje helicoidal . . . . .	358
3.2.2. Escadas com vigas e diversas . . . . .	359
3.2.2.1. Escada com vigas inclinadas . . . . .	359
3.2.2.2. Escada em balanço . . . . .	368
3.2.2.3. Escada curva com núcleo . . . . .	369
3.2.2.4. Escadas complexas . . . . .	370

3.3. Patamares . . . . .	370
--------------------------	-----

### 3.4. Pré-fabricação das escadas

3.4.1. Lajes de escadas pré-moldadas . . . . .	373
3.4.2. Lances sobre vigas . . . . .	375
3.4.3. Escadas em balanço . . . . .	376
3.4.4. Escada voltando sobre núcleo . . . . .	376

## CAPÍTULO IV

### 4. Os balanços

4.1. O balcão comum . . . . .	377
4.2. O balcão com consolos . . . . .	380
4.3. O balcão com viga curva . . . . .	383
4.4. O balcão com vigas quebradas . . . . .	388
4.5. Porta-balcão . . . . .	389
4.6. Balaustradas . . . . .	389
4.7. Os balanços de salas de espetáculos . . . . .	390

## CAPÍTULO V

### 5. Construções diversas

5.1. Os travamentos . . . . .	392
5.2. As vergas . . . . .	392
5.3. Vedações – paredes . . . . .	393
5.4. Paredes de vidro-laje . . . . .	394
5.5. Pilares secundários . . . . .	396
5.6. Suspiros de adegas . . . . .	397
5.7. Cortinas de sustentação – Paredes de revestimento . . . . .	398