

<b>PREFÁCIO</b> .....	V
<b>PLANO DE OBRA</b> .....	VII
<b>1. ARMADURA OBLÍQUA À DIREÇÃO DA SOLICITAÇÃO</b> .....	1
1.1 INTRODUÇÃO .....	1
1.2 CHAPAS COM ARMADURA EM MALHA ORTOGONAL .....	2
1.2.1 Esforços e Equilíbrio em um Elemento de Chapa .....	2
1.2.2 Inclinação $\varphi$ das Fissuras no Caso de Solicitação da Armadura no Regime Elástico ( $\sigma_e < \beta_S$ ) .....	6
1.2.2.1 Resolução Através do Teorema do Trabalho Mínimo de Deformação. ....	6
1.2.2.2 Resolução Através das Condições de Compatibilidade das Deformações .....	8
1.2.3 Inclinação $\varphi$ das Fissuras ao se Atingir o Limite de Escoamento ( $\epsilon_e > \beta_S/E_e$ ) .....	10
1.3 CHAPAS COM UMA ÚNICA DISPOSIÇÃO DE ARMADURAS .....	10
1.4 LAJES COM ARMADURA EM MALHA ORTOGONAL .....	11
1.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	12
1.5.1 Generalidades .....	12
1.5.2 Dimensionamento de Estruturas de Chapas com Armadura Oblíqua em Relação às Tensões Principais .....	13
1.5.3 Dimensionamento de Lajes Solicitadas à Flexão, com Armadura Oblíqua em Relação à Direção dos Momentos Principais .....	15
<b>2. VIGAS-PAREDE, CONSOLOS E CHAPAS</b> .....	19
2.1 DEFINIÇÕES .....	19
2.2 MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES NO ESTÁDIO I .....	19
2.3 ESFORÇOS SOLICITANTES E TENSÕES EM VIGAS-PAREDE .....	20
2.3.1 Generalidades .....	20
2.3.2 Tensões em Vigas-Parede de Um Só Vão .....	21
2.3.2.1 Carga Uniformemente Distribuída .....	21
2.3.2.2 Cargas Concentradas .....	24
2.3.2.3 Influência do Enrijecimento dos Apoios .....	26
2.3.3 Tensões em Vigas-Parede Contínuas .....	30
2.3.3.1 Carga Uniformemente Distribuída .....	30
2.3.3.2 Cargas Concentradas .....	30
2.3.3.3 Influência do Enrijecimento dos Apoios .....	32
2.3.3.4 Determinação dos Esforços Solicitantes em Vigas-Parede Contínuas .....	33
2.3.4 Determinação das Tensões de Acordo com W. SchleeH .....	36
2.4 VIGAS-PAREDE NO ESTÁDIO II DO PONTO DE VISTA DO DIMENSIONAMENTO .....	39
2.4.1 Vigas-Parede Diretamente Apoiadas .....	39
2.4.2 Vigas-Parede Apoiadas ou Carregadas Indiretamente .....	42
2.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE VIGAS-PAREDE .....	46
2.5.1 Determinação dos Esforços no Banzo Tractionado .....	46
2.5.2 Limitação das Tensões Principais de Compressão .....	48

2.5.3	Armadura de Suspensão para Cargas Atuantes na Parte Inferior . . . . .	49
2.5.4	Armadura em Malha na Parede. . . . .	50
2.5.5	Concepção do Modelo Resistente e Dimensionamento de Acordo com Nylander . . . . .	50
2.6	TENSÕES EM CONSOLOS E CHAPAS EM BALANÇO . . . . .	51
2.7	CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE CONSOLOS E DE CHAPAS EM BALANÇO. . . . .	55
<b>3.</b>	<b>INTRODUÇÃO DE CARGAS OU FORÇAS CONCENTRADAS . . . . .</b>	<b>59</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS TENSÕES . . . . .	59
3.2	MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES . . . . .	61
3.2.1	Resolução Teórica . . . . .	61
3.2.2	Resolução Através de Elementos Finitos . . . . .	62
3.2.3	Determinação das Tensões Através da Fotoelasticidade. . . . .	62
3.2.4	Determinação das Tensões Através da Medição das Deformações em Modelos . . . . .	62
3.2.5	Medições Feitas em Peças de Concreto. . . . .	62
3.2.6	Soluções Aproximadas Simples . . . . .	62
3.3	DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE FENDILHAMENTO NO CASO DA INTRODUÇÃO DE CARGAS OU FORÇAS CONCENTRADAS EM UM SISTEMA BIDIMENSIONAL . . . . .	63
3.3.1	Carga Concentrada Axial. . . . .	63
3.3.1.1	Esforço de Fendilhamento no Caso de um Carregamento Uniformemente Distribuído p. . . . .	63
3.3.1.2	Influência de um Carregamento Não Uniformemente Distribuído p. . . . .	67
3.3.1.3	Tensões nas Zonas de Bordo (Regiões de Canto) . . . . .	69
3.3.2	Carga Concentrada Excêntrica na Direção x . . . . .	70
3.3.3	Carga Concentrada Excêntrica Inclinada em Relação ao Eixo dos x . . . . .	73
3.3.4	Várias Cargas ou Forças Concentradas . . . . .	73
3.3.5	Ação Conjunta da Força de Protensão e da Reação de Apoio nas Extremidades de Vigas de Concreto Protendido . . . . .	76
3.3.6	Ação Conjunta da Introdução de um Esforço e da Flexão em Apoios Intermediários de Vigas Contínuas . . . . .	76
3.3.7	Carga Concentrada Atuante no Interior da Chapa . . . . .	81
3.3.8	Esforços Introduzidos pela Aderência das Barras da Armadura . . . . .	82
3.3.9	Introdução de Uma Carga Concentrada em Uma Viga T . . . . .	84
3.4	VALORES DE CÁLCULO DO ESFORÇO DE FENDILHAMENTO, NO CASO DA INTRODUÇÃO DE CARGAS OU FORÇAS CONCENTRADAS EM UM SISTEMA TRIDIMENSIONAL . . . . .	88
3.4.1	Carga Concentrada Axial. . . . .	88
3.4.1.1	Tensões de Fendilhamento e Esforço de Fendilhamento . . . . .	88
3.4.1.2	Esforços de Tração nos Bordos. . . . .	92
3.4.2	Carga Concentrada Excêntrica . . . . .	94
3.5	LIMITAÇÃO DAS PRESSÕES NA ÁREA CARREGADA . . . . .	94
3.6	INTRODUÇÃO DE ESFORÇOS PARALELAMENTE À FACE DE UMA PEÇA DE CONCRETO . . . . .	97
3.6.1	Introdução de Esforços por Meio de Pinos . . . . .	97
3.6.2	Transmissão de Esforços por Meio de Pressão de Contato (Protensão) . . . . .	101
<b>4.</b>	<b>ARTICULAÇÕES DE CONCRETO . . . . .</b>	<b>103</b>
4.1	DESCRIÇÃO . . . . .	103
4.2	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE ACORDO COM MÖNNIG–NETZEL . . . . .	105

4.2.1	Apoio em Linha com Movimento de Rotação em Torno de Um Eixo . . . . .	105 <sup>1</sup>
4.2.2	Apoio Pontual com Movimento de Rotação em Qualquer Direção . . . . .	111
<b>5.</b>	<b>PUNÇÃO EM LAJES . . . . .</b>	<b>113</b>
5.1	OBSERVAÇÃO INICIAL . . . . .	113
5.2	ESTADO ATUAL DOS CONHECIMENTOS . . . . .	113
5.3	MODELOS DO PROCESSO DE PUNÇÃO SEM ARMADURA DE CISALHAMENTO, NO CASO DE PILARES INTERNOS CARREGADOS AXIALMENTE . . . . .	113
5.3.1	Generalidades . . . . .	113
5.3.2	Carga de Punção de Acordo com Kinnunen-Nylander (Sem Armadura de Cisalhamento) . . . . .	116
5.4	PUNÇÃO NO CASO DE PILARES DE BORDO E DE CANTO . . . . .	119
5.5	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DA DIN 1045 . . . . .	120
5.5.1	Caso Normal de Pilares Internos . . . . .	120
5.5.2	Sobre a Armadura de Cisalhamento . . . . .	123
5.5.3	Pilares de Bordo e de Canto . . . . .	123
5.5.4	Aberturas em Lajes e Rebaixos para Instalações . . . . .	123
5.5.5	Reforço do Topo de Pilares, Lajes-Cogumelo, Quadros Metálicos . . . . .	124
<b>6.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO PARA CARGAS OSCILANTES OU MUITO FREQUENTEMENTE REPETIDAS . . . . .</b>	<b>129</b>
6.1	CRITÉRIOS BÁSICOS . . . . .	129
6.2	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO . . . . .	130
6.3	DETERMINAÇÃO DE TENSÕES NO ESTADO DE UTILIZAÇÃO . . . . .	131
6.4	VERIFICAÇÕES PARA CARREGAMENTOS OSCILANTES DE ACORDO COM A DIN 1045 . . . . .	133
<b>7.</b>	<b>CONCRETO LEVE PARA ESTRUTURAS . . . . .</b>	<b>137</b>
7.1	OBSERVAÇÃO PRELIMINAR – TIPOS DE CONCRETO LEVE . . . . .	137
7.2	AGREGADOS E PROPORCIONAMENTO DOS CONCRETOS LEVES PARA ESTRUTURAS . . . . .	138
7.2.1	Agregados Porosos . . . . .	138
7.2.2	Composição Granulométrica e Fabricação de Concretos Leves . . . . .	140
7.3	FLUXO DE ESFORÇOS NO CONCRETO LEVE . . . . .	141
7.4	CLASSES DE CONCRETO LEVE . . . . .	142
7.5	PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE AS PROPRIEDADES DO CONCRETO LEVE E DO CONCRETO NORMAL . . . . .	144
7.5.1	Resistência à Tração . . . . .	144
7.5.2	Resistência a Carregamento em Área Parcial . . . . .	144
7.5.3	Resistência de Aderência . . . . .	144
7.5.4	Deformações, Diagramas $\sigma - \epsilon$ e Módulo de Elasticidade para Cargas de Curta Duração . . . . .	145
7.5.5	Expansão, Retração e Deformação Lenta . . . . .	146
7.5.6	Comportamento Térmico do Concreto Leve . . . . .	149
7.5.7	Proteção da Armadura Contra a Corrosão . . . . .	150
7.6	CONCLUSÕES SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE CONCRETO LEVE ARMADO E DE CONCRETO LEVE PROTENDIDO . . . . .	151
7.7	SOBRE A ECONOMIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO LEVE . . . . .	153
7.8	UTILIZAÇÃO . . . . .	154
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>		<b>155</b>