

PARTE A : PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM BARRAS DE FRP

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Relevância	14
1.2. Normas Internacionais	14
1.3. Aplicações	15
2. ESCOPO	15
3. REFERÊNCIAS	15
4. TERMOS E DEFINIÇÕES	16
5. SIMBOLOGIA	17
5.1. Letras Minúsculas	17
5.2. Letras Maiúsculas	18
5.3. Letras Gregas Minúsculas	18
6. REQUISITOS GERAIS DE QUALIDADE DA ESTRUTURA E AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DO PROJETO	19
7. DIRETRIZES PARA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM BARRAS DE FRP	19
7.1. Mecanismos de Deterioração	19
7.1.1. Mecanismos de Deterioração do Concreto	19
7.1.2. Mecanismos de Deterioração de Barras de FRP	19
7.1.3. Mecanismos de Deterioração de Barras de Aço	20
7.2. Agressividade do Ambiente	20
7.3. Ensaios Acelerados	20
8. CRITÉRIOS DE PROJETO QUE VISAM A DURABILIDADE	20
8.1. Qualidade do Concreto e Cobrimento	21
8.2. Abertura de Fissuras	21
9. MATERIAIS E INTERFACE	21
9.1. Concreto	21
9.2. Aço (Armadura Passiva)	21
9.3. FRP	21
9.3.1. Qualificação	21
9.3.2. Conformação Superficial	21
9.3.3. Sistema de Referência	21
9.3.4. Classificação das barras	22
9.3.5. Massa específica	22
9.3.6. Coeficiente de dilatação térmica	22
9.3.7. Comportamento à Tração	22
9.3.8. Comportamento à Tração de Barras Dobradas	23
9.3.9. Comportamento à Compressão	23
9.3.10.Comportamento à Fadiga	24
9.3.11.Fluência	24
9.4. Interface entre Concreto e Armadura	25
10. SEGURANÇA E ESTADOS LIMITES	25
10.1.Ações	25
10.2.Resistências	25

10.3. Verificação da Segurança	26
10.4. Limites para Desempenho em Serviço	26
10.4.1. Abertura de Fissuras	26
10.4.2. Deslocamentos	26
10.5. Limites para Dimensões de Elementos Estruturais	26
11. ANÁLISE ESTRUTURAL	27
11.1. Princípios Gerais da Análise e Hipóteses Básicas	27
11.2. Métodos de Análise Estrutural	27
11.2.1. Análise Linear sem Redistribuição	27
11.2.2. Análise Não-Linear	27
11.2.3. Aproximações para Análises Locais de Vigas	27
11.3. Estratégias para Ductilidade	27
12. INSTABILIDADE E ANÁLISE DE 2ª ORDEM	28
12.1. Análise de 2ª Ordem Global	28
12.2. Análise de 2ª Ordem Local	29
12.2.1. Métodos para Análise de 2ª Ordem Local	29
12.2.2. Efeitos de Fluência	29
13. VERIFICAÇÃO E DETALHAMENTO DE ELEMENTOS LINEARES	30
13.1. ELU para Solicitações Normais (Flexão e Flexo-Compressão)	30
13.1.1. Flexão Simples	30
13.1.2. Flexão composta	31
13.2. ELU para Solicitações Tangenciais (Cortante e Torção)	31
13.2.1. Cortante	31
13.2.2. Torção	32
13.3. ELU para Esforços Combinados	33
13.4. ELU de Fadiga	33
13.5. ELU de Fluência	33
13.6. Verificações no ELS	33
13.6.1. ELS de Deformação Excessiva	33
13.6.2. ELS de Fissuração	34
13.7. Armaduras Mínimas e Máximas	35
13.7.1. Elementos Sujeitos à Flexão	35
13.7.2. Armadura de Pele	35
13.7.3. Elementos Sujeitos a Força Cortante	35
13.7.4. Elementos Sujeitos a Torção	35
13.7.5. Elementos Sujeitos a Compressão	35
13.7.6. Uso de Concreto com Fibras	35
13.8. Aspectos do Detalhamento e Regiões Especiais	36
14. VERIFICAÇÕES E DETALHAMENTO DE ELEMENTOS DE SUPERFÍCIE	36
14.1. ELU de Flexão	36
14.2. ELU de Cortante	36
14.3. Solicitações Gerais	36
14.4. ELU de Punção	37
14.5. ELU de Fluência e ELU de Fadiga	37
14.6. Verificações no ELS	37
14.7. Armaduras Mínimas e Máximas	37
14.8. Aspectos do Detalhamento e Regiões Especiais	37
15. ANCORAGEM E EMENDA DE BARRAS	37
15.1. Ancoragem de Barras de FRP	37
15.1.1. Barras Tracionadas	38

15.1.2. Barras Comprimidas	38
15.1.3. Armadura Transversal na Ancoragem	38
15.1.4. Recomendações Construtivas	38
15.2. Emenda de Barras de FRP	38
15.2.1. Barras Tracionadas	38
15.2.2. Barras Comprimidas	38
15.2.3. Armadura Transversal na Emenda	39
15.3. Ancoragem e Emenda de Barras de Aço	39
 PARTE B: ESPECIFICAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E ENSAIOS DE BARRAS DE FRP	 40
1. CLASSIFICAÇÃO E PRINCIPAIS PARÂMETROS	40
1.1 Características	40
1.2 Dimensões das barras	40
1.3 Propriedades físicas e mecânicas	41
1.4 Requisitos de produção	41
2. DURABILIDADE	42
2.1 Mecanismos de Deterioração de Barras de FRP	42
2.2 Segurança contra incêndio	42
3. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO	42
3.1 Formação de lotes	42
3.2 Avaliações do lote	42
 ANEXO A – Determinação do Diâmetro Nominal	 43
A.1 Objetivo	43
A.2 Corpos de prova	43
A.3 Condições Ambientais	43
A.4 Equipamentos e Materiais	43
A.5 Procedimento	43
A.6 Resultados	43
A.7 Relatório	43
 ANEXO B – Determinação da Resistência à Tração e do Módulo de Elasticidade	 45
B.1 Objetivo	45
B.2 Corpos de prova	45
Tabela B.1 - Dimensões recomendadas dos corpos de prova e tubos de aço	45
B.3 Condições Ambientais	46
B.4 Equipamentos e Materiais	46
B.5 Procedimentos	46
B.6 Resultados	46
B.7 Relatório	46
 ANEXO C – Determinação da Resistência à compressão axial	 48
C.1 Objetivo	48
C.2 Corpo de prova	48
C.3 Condições Ambientais	48
C.4 Equipamentos e Materiais	48
C.5 Procedimentos	49

C.6 Resultados	49
C.7 Relatório	49
ANEXO D – Método de ensaio para Determinação da resistência ao Esforço Cortante	50
D.1 Objetivo	50
D.2 Corpo de prova	50
D.3 Condições Ambientais	50
D.4 Equipamentos e Materiais	50
D.5 Procedimentos	53
D.6 Resultados	53
D.7 Relatório	53
ANEXO E – Método de ensaio para Determinação da Resistência de Aderência das barras de FRP ao Concreto	54
E.1 Objetivo	54
E.2 Corpo de prova	54
E.3 Condições Ambientais	55
E.4 Equipamentos e Materiais	55
E.5 Procedimentos	55
E.6 Resultados	56
E.7 Relatório	57
ANEXO F – Determinação do teor de fibra pelo método de combustão e do teor de aditivo mineral pelo método de ataque por ácido	58
F.1 Objetivo	58
F.2 Corpo de prova	58
F.3 Condições Ambientais	58
F.4 Equipamentos e Materiais	58
F.5 Procedimentos	58
F.5.1 Método A	58
F.5.2 Método B	59
F.6 Resultados	59
F.6.1 Método A	59
F.6.2 Método B	60
F.7 Relatório	61
ANEXO G – Determinação da resistência à tração e redução da resistência de aderência ao concreto após a exposição ao meio alcalino	62
G.1 Objetivo	62
G.2 Corpo de prova	62
G.3 Condições Ambientais	62
G.4 Equipamentos e Materiais	62
G.5 Procedimentos	62
G.6 Resultados	62
G.7 Relatório	63