

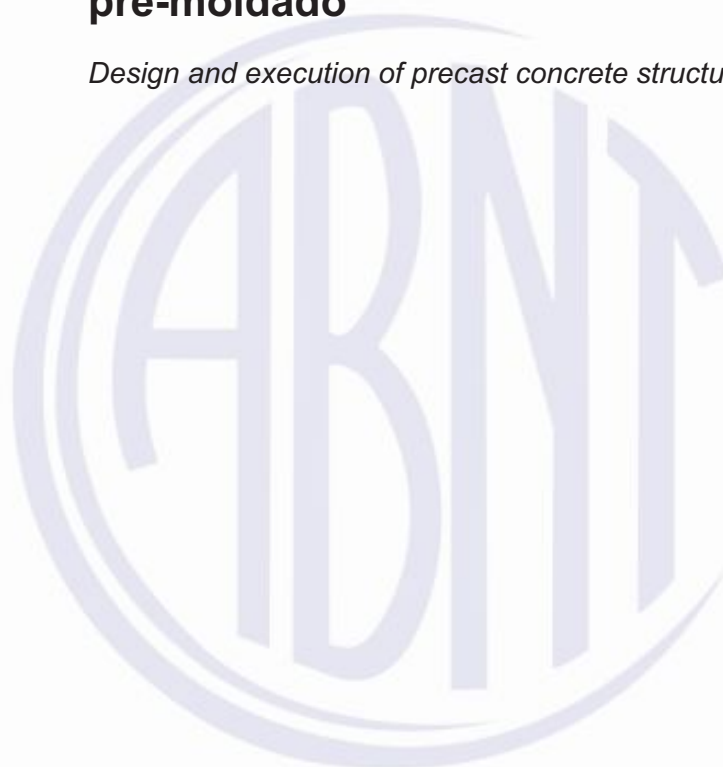
NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
9062

Terceira edição
15.03.2017

Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado

Design and execution of precast concrete structures



ICS 91.080.40

ISBN 978-85-07-06841-9



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 9062:2017
86 páginas

© ABNT 2017

ABNT NBR 9062:2017



© ABNT 2017

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário		Página
Prefácio		viii
1	Escopo	1
2	Referências normativas	1
3	Termos e definições	3
4	Símbolos gráficos	5
5	Projeto de estruturas pré-moldadas	6
5.1	Processos de cálculo	6
5.1.1	Generalidades	6
5.1.2	Análise da estabilidade de estruturas pré-moldadas	6
5.2	Especificações gerais	15
5.2.1	Generalidades	15
5.2.2	Tolerâncias	16
5.2.3	Imperfeições de montagem	17
5.3	Esforços solicitantes	18
5.3.1	Ações a considerar	18
5.3.2	Solicitações dinâmicas no manuseio, transporte e montagem dos elementos	23
5.3.3	Projeto de alças ou dispositivos de içamento	23
5.4	Dimensionamento e verificação dos elementos	24
5.4.1	Estado-limite último	24
5.4.2	Estados-limites de serviço	25
5.4.3	Estado-limite de deformação	25
5.5	Projeto acompanhado por verificação experimental	27
5.6	Documentos técnicos	28
5.6.1	Desenhos	28
5.6.2	Especificações técnicas	29
5.7	Avaliação de conformidade de projeto	29
6	Projeto de elementos pré-moldados	30
6.1	Elementos em flexão simples – Estabilidade lateral de vigas	30
6.2	Elementos em flexão composta	31
6.2.1	Pilares vazados	31
6.2.2	Pilares vazados funcionando como condutor de água pluvial	31
6.2.3	Cintamento no topo do pilar	31
6.2.4	Condições de armazenamento e transporte	32
6.3	Peças compostas ou mistas	32
7	Ligações	33
7.1	Esforços solicitantes	33
7.2	Tipos de ligações	34
7.2.1	Ligações solicitadas predominantemente por compressão	34
7.2.2	Ligações solicitadas predominantemente por tração	40
7.2.3	Ligações solicitadas predominantemente por flexão	43
7.2.4	Ligações solicitadas predominantemente por cisalhamento	43

ABNT NBR 9062:2017

7.2.5	Ligação em pilares, pórticos e arcos com a fundação.....	46
7.3	Ligações por meio de consolos de concreto	46
7.3.1	Segurança.....	46
7.3.2	Dimensionamento dos consolos e esforços resistentes	47
7.3.3	Disposições construtivas.....	50
7.3.4	Verificação da biela comprimida	52
7.3.5	Tirante	53
7.3.6	Armadura de costura	54
7.3.7	Armadura transversal	54
7.3.8	Armadura de suspensão	54
7.3.9	Transmissão de esforços horizontais	54
7.4	Ligação por meio de recortes nas extremidades dos elementos.....	55
7.4.1	Dentes de apoio (dentes Gerber).....	55
7.4.2	Dimensionamento dos dentes de apoio e esforços resistentes	55
7.4.3	Biela de compressão	55
7.4.4	Tirante	55
7.4.5	Estribos do dente.....	57
7.4.6	Armadura de suspensão	57
7.4.7	Limitação da compressão na biela.....	58
7.4.8	Dentes de apoio com cargas indiretas.....	58
7.4.9	Forças horizontais de compatibilidade.....	58
7.5	Ligações por meio de apoios nas extremidades sem recortes de vigas	58
7.6	Ligações de painéis com a estrutura	59
7.7	Ligações de pilar com fundação por meio de cálice	59
7.7.1	Generalidades.....	59
7.7.2	Embutimento na base.....	60
7.7.3	Cálices de interfaces lisas ou rugosas	61
7.7.4	Cálices de interfaces com chaves de cisalhamento.....	62
7.7.5	Disposições construtivas.....	64
7.7.6	Situações transitórias.....	64
8	Materiais.....	64
8.1	Generalidades.....	64
8.2	Concreto.....	64
8.2.1	Constituintes	64
8.2.2	Propriedades	65
8.2.3	Dosagem	65
8.2.4	Controle tecnológico	65
8.3	Aço.....	67
8.4	Bainhas	67
8.5	Calda para injeção.....	67
8.6	Argamassa para ligações	67
9	Produção de elementos pré-moldados	67
9.1	Documentos técnicos	68

9.1.1	Desenhos	68
9.1.2	Especificações suplementares	68
9.2	Armadura	68
9.2.1	Disposições construtivas	68
9.2.2	Manuseio e transporte das armaduras	69
9.2.3	Armazenamento das armaduras	69
9.2.4	Confecção da armadura não protendida	70
9.2.5	Confecção da armadura protendida	70
9.2.6	Montagem	70
9.3	Insertos	71
9.4	Concreto	71
9.4.1	Preparo	71
9.4.2	Concretagem	71
9.5	Fôrmas	72
9.5.1	Dimensionamento	72
9.5.2	Fôrmas para elementos protendidos	72
9.5.3	Ancoragem	72
9.5.4	Desmoldagem	72
9.5.5	Limpeza	72
9.5.6	Fôrmas internas	73
9.6	Cura e prazos de desmoldagem	73
9.6.1	Cura normal	73
9.6.2	Cura acelerada	73
10	Manuseio, armazenamento e transporte de elementos pré-moldados	74
10.1	Manuseio	74
10.2	Armazenamento	74
10.3	Transporte	75
11	Montagem de elementos pré-moldados	75
11.1	Planejamento de montagem	75
11.2	Procedimentos de montagem	76
11.3	Carregamento crítico	78
11.4	Contraventamento e apoios	78
11.5	Calços para nivelamento	78
11.6	Escoramento	78
12	Controle de execução e inspeção	79
12.1	Generalidades	79
12.2	Materiais	80
12.3	Armadura passiva	81
12.4	Armadura ativa	82
12.5	Sistema de fôrmas	82
12.6	Concreto	82
12.7	Concretagem e cura	83

ABNT NBR 9062:2017

12.8	Produto acabado	83
12.9	Transporte do produto acabado	83
12.10	Montagem	83
Anexo A (informativo) Consideração aproximada da não linearidade física na análise global de 2ª ordem.....		85
Anexo B (informativo) Consideração aproximada para o dimensionamento de pilares pré-moldados em situação de incêndio.....		86

Figuras

Figura 1 – Definição de folga.....	3
Figura 2 – Tipos de colarinho.....	4
Figura 3 – Relação momento-rotação na ligação viga-pilar.....	9
Figura 4 – Fator de restrição à rotação	9
Figura 5 – Comprimento efetivo da viga para cálculo do fator de restrição	10
Figura 6 – Excentricidades de desaprumo da estrutura montada.....	18
Figura 7 – Exemplo de laje confinada	21
Figura 8 – Limites para deslocamentos globais.....	26
Figura 9 – Detalhe de cintamento no topo do pilar.....	31
Figura 10 – Parâmetros referentes ao aparelho de apoio	37
Figura 11 – Dimensões do aparelho de apoio fretado	38
Figura 12 – Disposições construtivas	41
Figura 13 – Exemplos de emendas nas bordas das lajes	44
Figura 14 – Espessuras médias mínimas de capeamento das lajes.....	45
Figura 15 – Seções nas juntas entre lajes com transmissão da força cortante.....	45
Figura 16 – Exemplo de ligações de pilares	46
Figura 17 – Armadura típica de um consolo curto.....	48
Figura 18 – Modelo para consolo curto.....	49
Figura 19 – Detalhe de posicionamento de armadura de costura.....	51
Figura 20 – Detalhes de armadura para consolos em diferentes tipos de peças	52
Figura 21 – Detalhe sobre armadura de suspensão	53
Figura 22 – Modelo em consolos tipo Gerber.....	56
Figura 23 – Detalhe de armadura em consolo tipo Gerber.....	57
Figura 24 – Detalhe de armadura em apoio sem recorte.....	59
Figura 25 – Detalhes dos cálices de interfaces lisas ou rugosas e de interfaces com chaves de cisalhamento	60
Figura 26 – Transferência dos esforços em cálices de interfaces lisas ou rugosas com grande excentricidade $M_d/(N_d h) \geq 2$	61
Figura 27 – Transferência dos esforços nas paredes do colarinho dos cálices de interfaces lisas ou rugosas	62
Figura 28 – Transferência dos esforços em cálices de interfaces com chaves de cisalhamento	63

Tabelas

Tabela 1 – Obtenção da rigidez secante negativa em ligações viga-pilar típica	13
Tabela 2 – Tolerâncias de fabricação para elementos pré-moldados	16
Tabela 3 – Características para lajes biapoiadas	20
Tabela 4 – Características para lajes contínuas e confinadas	21
Tabela 5 – Relação da redução de cortante	22
Tabela 6 – Espessura mínima do painel maciço em função do TRRF e tipo de agregado	22
Tabela 7 – Limites de deslocamentos horizontais globais.....	25
Tabela 8 – Limites para deslocamentos verticais de elementos de cobertura.....	27
Tabela 9 – Limites para deslocamentos verticais de elementos de piso ou elementos lineares.....	27
Tabela 10 – Valores dos coeficientes β_s e β_c	33
Tabela 11 – Correspondência entre dureza Shore A e o módulo G, à temperatura de 20 °C	36
Tabela 12 – Especificações dos chumbadores	42
Tabela 13 – Relação entre a distância da borda e o coeficiente redutor	42
Tabela 14 – Relação entre a distância de vergalhões chumbados e o coeficiente redutor	42
Tabela 15 – Comprimentos mínimos de embutimento do pilar	60

ABNT NBR 9062:2017

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma.

A ABNT NBR 9062 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudos de Projeto e Execução das Estruturas de Concreto Pré-Moldadas (CE-002:124.006). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 04, de 12.04.2016 a 12.06.2016.

Esta terceira edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 9062:2006), a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês desta Norma Brasileira é o seguinte:

Scope

This Standard determines the conditions required in the design, implementation and control of precast structures of reinforced or prestressed concrete.

For lightweight concrete should be considered the characteristics of that material, taking into account in project design and implementation.

This Standard also applies to mixed or composite structures.

The purpose of this Standard is to establish guidelines for the design and execution of precast structures of buildings; but their prescriptions can be used, where relevant, in the design and implementation structures for foundations, road works and other elements independently operable, since untreated in specific standards.

This Standard distinguishes the precast in situ elements of the precast in factory (as 3.8 and 3.9 settings), establishing specific conditions of design, production and execution control as 5.5, 8.1, 9.1.2, 9.2.1.1, 9.2.5.3 and Section 12.

Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado

1 Escopo

Esta Norma estabelece os requisitos para o projeto, a execução e o controle de estruturas de concreto pré-moldado, armado ou protendido.

Para concreto leve devem ser consideradas as características do referido material, levando-se em consideração na elaboração do projeto e execução.

Esta Norma se aplica também às estruturas mistas ou compostas.

Esta Norma estabelece diretrizes para o projeto e a execução de estruturas pré-moldadas de edifícios, porém suas prescrições podem ser utilizadas, quando pertinentes, no projeto e na execução de estruturas para fundações, obras viárias e demais elementos de utilização isolada, desde que não tratadas em normas específicas.

Esta Norma distingue os elementos pré-moldados dos pré-fabricados (conforme definições de 3.8 e 3.9), estabelecendo condições específicas de projeto, produção e controle de execução conforme 5.5, 8.1, 9.1.2, 9.2.1.1, 9.2.5.3 e Seção 12.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5601, *Aços inoxidáveis – Classificação por composição química*

ABNT NBR 5732, *Cimento Portland comum*

ABNT NBR 5733, *Cimento Portland de alta resistência inicial*

ABNT NBR 5735, *Cimento Portland de alto-forno*

ABNT NBR 5736, *Cimento Portland pozolânico*

ABNT NBR 5737, *Cimento Portland resistente a sulfatos*

ABNT NBR 5738, *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*

ABNT NBR 5739, *Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 6120, *Cargas para cálculo de estruturas de edificações*

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações*

ABNT NBR 6123, *Forças devidas ao vento em edificações*

ABNT NBR 6649, *Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural – Especificação*

ABNT NBR 6650, *Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural – Especificação*

ABNT NBR 9062:2017

ABNT NBR 7211, *Agregados para concreto – Especificação*

ABNT NBR 7212, *Execução de concreto dosado em central – Procedimento*

ABNT NBR 7480, *Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação*

ABNT NBR 7481, *Tela de aço soldada – Armadura para concreto*

ABNT NBR 7482, *Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação*

ABNT NBR 7483, *Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação*

ABNT NBR 7680-1, *Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial*

ABNT NBR 7681-1, *Calda de cimento para injeção – Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 7808, *Símbolos gráficos para projetos de estruturas*

ABNT NBR 8400, *Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas – Procedimento*

ABNT NBR 8681, *Ações e segurança nas estruturas – Procedimento*

ABNT NBR 8800, *Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*

ABNT NBR 10084, *Cálculo de estruturas suporte para equipamentos de levantamento e movimentação de cargas – Procedimento*

ABNT NBR 11578, *Cimento Portland composto – Especificação*

ABNT NBR 12655, *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento*

ABNT NBR 12989, *Cimento Portland branco – Especificação*

ABNT NBR 13116, *Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação*

ABNT NBR 14323, *Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio*

ABNT NBR 14432, *Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento*

ABNT NBR 14827, *Chumbadores instalados em elementos de concreto ou alvenaria – Determinação de resistência à tração e ao cisalhamento*

ABNT NBR 14861, *Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido – Requisitos e Procedimentos*

ABNT NBR 14931, *Execução de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 15200:2012, *Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio*

ABNT NBR 15421, *Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento*

ABNT NBR 15575-1, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais*

ABNT NBR 15575-2, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais*

ABNT NBR 15823-1:2010, *Concreto auto-adensável – Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco*

ABNT NBR 16475, *Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos*

ABNT NBR 19783, *Aparelhos de apoio de elastômero fretado – Especificação e métodos de ensaio*

ABNT NBR ISO 2408, *Cabos de aço para uso geral – Requisitos mínimos*

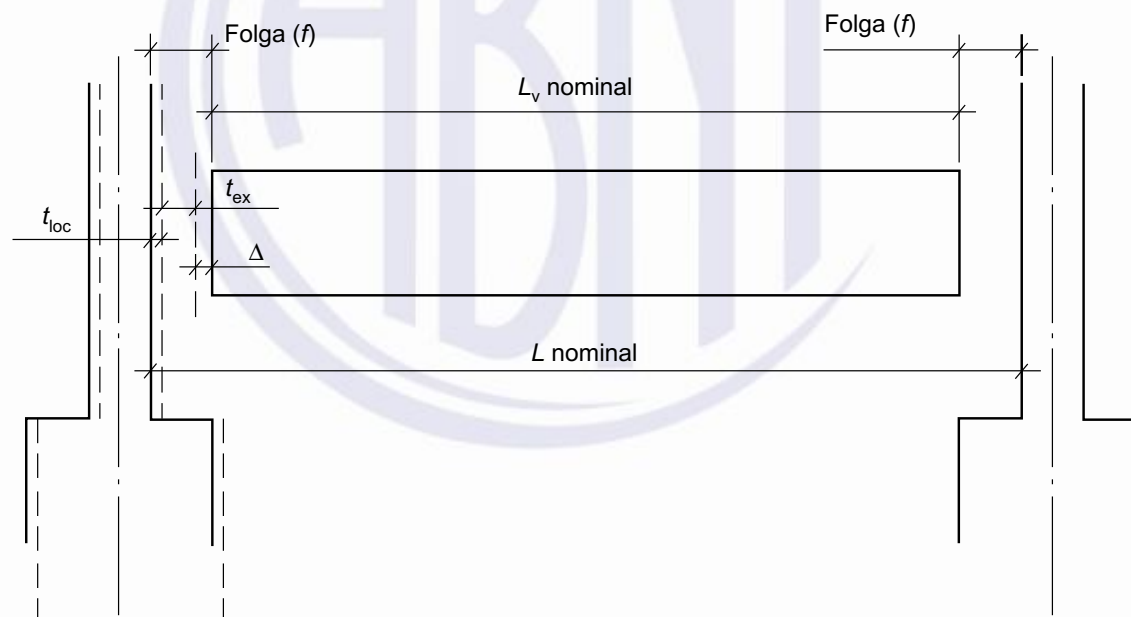
ASTM A36, *Specification for carbon structural steel*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 folga

diferença entre a distância nominal livre de projeto reservada para a colocação de um elemento e o comprimento nominal de projeto correspondente do elemento. As folgas são consideradas em projeto, respeitando as tolerâncias de fabricação, de montagem e de variações volumétricas. O projeto dimensional dos elementos consideram a folga e dimensões mínimas dos apoios (ver Figura 1)



Legenda

f	folga
t_{ex}	tolerância de execução
t_{loc}	tolerância de locação
Δ	variação volumétrica
L_v nominal	comprimento nominal de projeto do elemento
L nominal	distância nominal livre de projeto

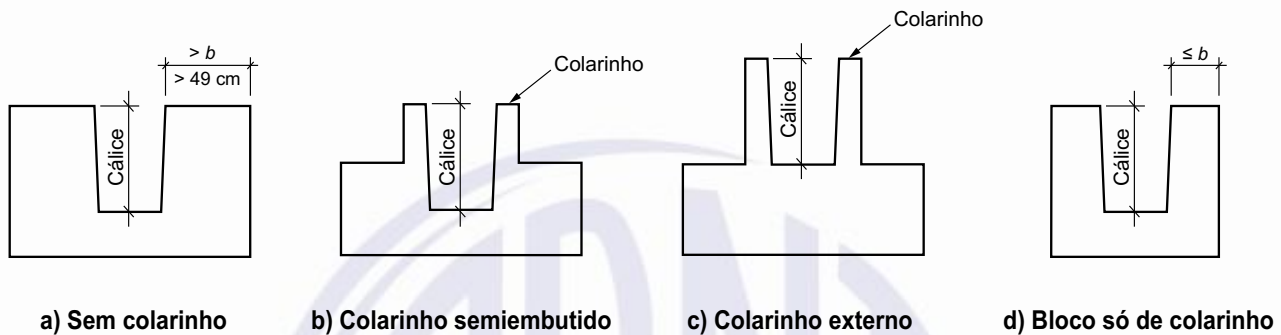
Figura 1 – Definição de folga

ABNT NBR 9062:2017**3.2****cálice**

cavidade no elemento de fundação para encaixe do pilar

3.3**colarinho**

parte do cálice composta de paredes salientes do elemento de fundação, que contornam a cavidade destinada ao encaixe dos pilares (ver Figura 2)



a) Sem colarinho

b) Colarinho semiembutido

c) Colarinho externo

d) Bloco só de colarinho

Legenda

b largura do pilar na direção analisada

Figura 2 – Tipos de colarinho**3.4****desvio**

diferença entre a dimensão de projeto e a correspondente dimensão executada

3.5**elemento delgado**

elemento que possui uma das dimensões menor ou igual a 12 cm

3.6**elemento linear**

elemento que possui uma das dimensões preponderante em relação às outras dimensões

3.7**elemento em placa**

elemento que possui duas das dimensões preponderantes em relação à outra dimensão

3.8**elemento pré-moldado**

elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura, conforme especificações estabelecidas em 12.1.1

3.9**elemento pré-fabricado**

elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que se enquadrem e estejam em conformidade com as especificações de 12.1.2

3.10**inserto**

qualquer peça incorporada ao elemento pré-moldado, para atender a uma finalidade de ligação estrutural ou para permitir fixações de outra natureza

3.11

ligações

dispositivos utilizados para compor um conjunto estrutural a partir de seus elementos, com a finalidade de transmitir os esforços solicitantes, em todas as fases de utilização, dentro das condições de projeto, mantendo a durabilidade ao longo da vida útil da estrutura, conforme definição da ABNT NBR 6118 e da ABNT NBR 15575, quando for aplicável

3.12

peças compostas

peças mistas

elementos de concreto ou outros materiais executados em moldagens distintas e interligados de forma a atuar em conjunto sob o efeito das ações aplicadas após a sua junção

3.13

rugosidade

saliências e reentrâncias conseguidas através de apicoamento do concreto endurecido ou de dispositivos, ou processos especiais por ocasião da moldagem do concreto, de maneira a criar irregularidade na superfície do elemento

NOTA Para os efeitos desta Norma, a rugosidade é medida pela relação entre as alturas das saliências ou reentrâncias e sua extensão.

3.14

tolerância

valor máximo aceito para o desvio entre projeto e execução

3.15

tolerância global do elemento

superposição das tolerâncias de forma estatística (considerando a probabilidade de ocorrência)

3.16

variação volumétrica do elemento

variação de dimensões correspondente à variação térmica, à retração e à fluência

3.17

plano de Rigging

projeto técnico das operações necessárias durante a movimentação de cargas com equipamentos de transporte móveis, como guias e guindastes. É o planejamento amplo da operação de içamento que visa aumentar a segurança, reduzir imprevistos, preservar vidas, o equipamento e a carga, além de otimizar o uso dos acessórios. Entre os estudos que compõem o plano estão memórias de cálculo, desenhos técnicos, análises das condições do solo, da ação do vento e de outros efeitos naturais, estudos da carga a ser içada, das máquinas disponíveis e dos seus acessórios

3.18

altura total de laje alveolar

altura total corresponde à altura da laje pré-moldada somada à espessura da capa no caso da laje apresentar capeamento

4 Símbolos gráficos

4.1 As notações contidas nesta Norma correspondem àquelas estabelecidas na ABNT NBR 7808 e na ABNT NBR 6118 para concreto armado e protendido, bem como às específicas do concreto pré-moldado definidas nesta Norma.

ABNT NBR 9062:2017

4.2 As expressões desta Norma estão em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades. Admite-se $g = 10 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ MPa}$.

NOTA As unidades de força são $10 \text{ kN} = 1 \text{ tf} = 1\,000 \text{ kgf}$ e para tensão $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf/cm}^2 = 100 \text{ tf/m}^2$.

5 Projeto de estruturas pré-moldadas

Para edificações habitacionais devem ser aplicadas as ABNT NBR 15575-1 e a ABNT NBR 15575-2.

5.1 Processos de cálculo

5.1.1 Generalidades

5.1.1.1 De modo geral, aplicam-se às estruturas de concreto pré-moldado os processos de cálculo relativos às estruturas moldadas no local, conforme disposto na ABNT NBR 6118 e considerando o estabelecido nas Seções 5, 6 e 7 desta Norma e nas ABNT NBR 6123, ABNT NBR 6120, ABNT NBR 8681 e ABNT NBR 15421.

5.1.1.2 As estruturas devem ser verificadas em relação aos graus de liberdade adicionais, completos ou parciais, introduzidos pelos elementos pré-moldados e por suas ligações.

5.1.1.3 Consideração especial deve ser dada às incertezas que podem afetar as reações mútuas dos elementos e de suas ligações.

5.1.1.4 Devem ser tomados cuidados especiais na organização geral da estrutura e nos detalhes construtivos, de forma a minimizar a possibilidade de colapso progressivo.

5.1.2 Análise da estabilidade de estruturas pré-moldadas

5.1.2.1 Sistemas estruturais para garantia da estabilidade global

Para garantir a estabilidade global, os sistemas estruturais usados nas estruturas pré-moldadas podem atuar isolados ou em combinação entre si, podendo-se assim enumerá-los:

- a) estruturas onde a estabilidade é proporcionada por ação de pilares engastados na fundação, podendo estar associados a vigas articuladas;
- b) estruturas onde a estabilidade é proporcionada por ação de pórtico composto por pilares e vigas, interligados entre si por meio de ligações resistentes a momentos fletores;
- c) estruturas verticais onde a estabilidade é proporcionada por elementos de contraventamento, como paredes, elementos celulares e elementos de contraventamento tipo X e/ou outros;
- d) estruturas de pisos ou cobertura que formam diafragmas que garantem a transferência de esforços horizontais para os elementos verticais de sustentação e contraventamento.

5.1.2.2 Classificação de estruturas pré-moldadas segundo a sua deslocabilidade

- a) as estruturas são consideradas com deslocabilidade reduzida, para efeito de cálculo, quando os deslocamentos horizontais dos nós são pequenos e os efeitos globais de 2ª ordem são desprezíveis (inferiores a 10 % dos respectivos efeitos de 1ª ordem). Neste caso, basta considerar os efeitos locais e localizados de 2ª ordem, permitindo-se o processo descrito em 5.1.2.12 para verificação dos efeitos globais de 2ª ordem;

- b) as estruturas com deslocabilidade moderada são aquelas onde os efeitos de 2ª ordem não são desprezíveis (estão no intervalo entre 10 % a 30 % dos respectivos efeitos de 1ª ordem) e devem ser considerados os efeitos de 2ª ordem global na estrutura. Neste caso permite-se o processo descrito em 5.1.2.12 para análise dos efeitos globais de 2ª ordem;
- c) as estruturas com deslocabilidade acentuada são aquelas onde os deslocamentos horizontais são significativos (onde os efeitos de 2ª ordem são superiores a 30 % dos respectivos efeitos de 1ª ordem). Neste caso, a análise estrutural deve obrigatoriamente considerar os efeitos da não linearidade geométrica e da não linearidade física, e no dimensionamento devem ser obrigatoriamente considerados os efeitos globais, locais e localizados de 2ª ordem.

5.1.2.3 Critérios de projeto

- a) a capacidade das estruturas pré-moldadas deve ser governada pelo esgotamento da resistência dos elementos estruturais, e não pelo esgotamento da resistência das ligações. Na análise da estabilidade, deve ser levada em conta a influência desfavorável do comportamento efetivo das ligações. Dependendo do fator de restrição à rotação da ligação, definido em 5.1.2.7, o comportamento da ligação no apoio pode ser considerado articulado, semirrígido ou rígido;
- b) a estrutura deve ser analisada em relação à estabilidade, em todas as fases, considerando o comportamento das ligações na época da montagem, que podem ser diferentes daquelas da estrutura concluída, utilizando-se contraventamentos provisórios sempre que necessário;
- c) no caso dos sistemas estruturais onde a estabilidade é proporcionada pela ação de pilares engastados na fundação com vigas articuladas, onde o fator de restrição à rotação é menor que 0,15, devem ser verificados os efeitos de 2ª ordem, considerando a não linearidade física. Todavia, há estruturas em que os deslocamentos horizontais são grandes e que, não obstante, dispensam a consideração dos efeitos de 2ª ordem, por serem pequenas as forças normais e, portanto, pequenos os acréscimos dos deslocamentos produzidos por elas; isto pode acontecer, por exemplo, em postes e em alguns pilares de galpões industriais;
- d) quando a estabilidade for proporcionada por meio da ação de pórtico, através de ligações resistentes à flexão, as quais possuem comportamento semirrígido, onde os valores do fator de restrição à rotação estão compreendidos entre 0,15 e 0,85, inclusive 0,15, conforme 5.1.2.7, aplicam-se as disposições de 5.1.2.9;
- e) nos casos em que o fator de restrição à rotação for igual ou superior a 0,85 para momentos negativos e momentos positivos, aplicam-se as disposições de 5.1.2.8, sendo que a análise estrutural pode ser feita como pórtico contínuo com nós rígidos, conforme disposto na ABNT NBR 6118.

5.1.2.4 Consideração da não linearidade física

A não linearidade física deve ser levada em conta mediante a redução da rigidez dos elementos estruturais com base em diagramas momento-normal-curvatura ($M \times N \times 1/r$). Quando for pertinente ao projeto desenvolvido, deve ser considerado o efeito de emprego de armadura ativa e o efeito da fluência.

A não linearidade física pode ser considerada por meio de uma aproximação linear com o uso da rigidez secante da relação momento-normal-curvatura, conforme a ABNT NBR 6118.

Na análise da estabilidade global, a não linearidade física deve ser considerada segundo o menor valor de rigidez secante obtido das hipóteses de combinação de ações definidas para o ELU. Nesta análise devem ser consideradas as situações transitórias.

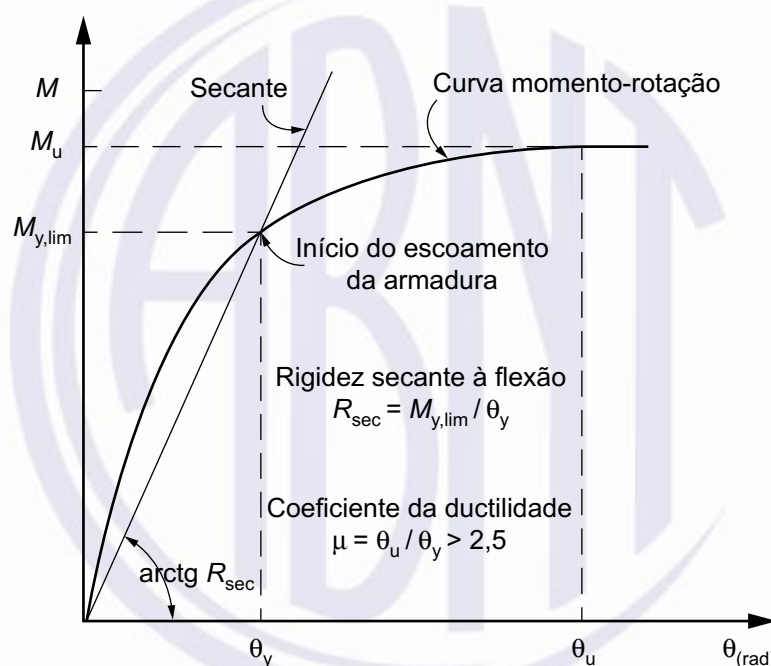
ABNT NBR 9062:2017

5.1.2.5 Consideração aproximada da não linearidade física na análise global de 2ª ordem

Quando se aplicar uma consideração aproximada e simplificada para a não linearidade física na análise global de 2ª ordem da estrutura em concreto pré-moldado, sugere-se a utilização de rigidez secante dos elementos estruturais, conforme o Anexo A.

5.1.2.6 Rigidez secante ao momento fletor da ligação viga-pilar

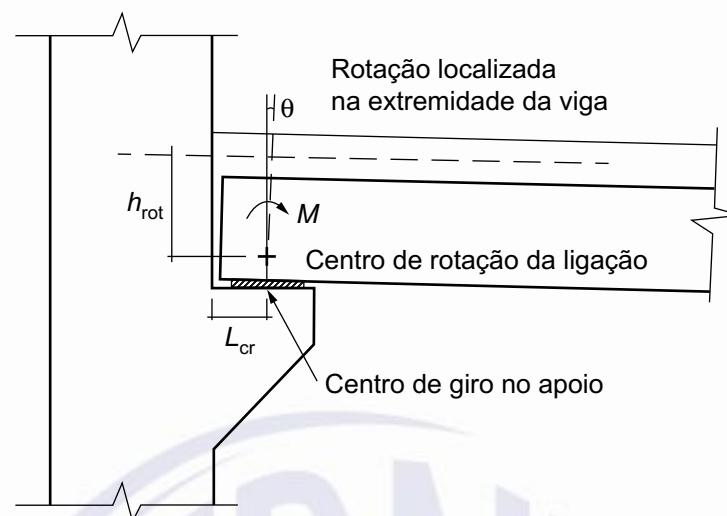
A rigidez ao momento fletor de uma ligação viga-pilar é definida pela sua relação momento-rotação. A resposta não linear das ligações pode ser feita com base na análise linear, utilizando a rigidez secante (R_{sec}), conforme indicada na Figura 3a). A rotação localizada na região da ligação na extremidade da viga, associada à rigidez secante, deve ser medida no centro de giro no apoio, conforme Figura 3b).



Legenda

- R_{sec} rigidez secante da curva momento-rotação da ligação viga-pilar
- $M_{y,lim}$ momento-limite no início do escoamento da armadura de continuidade da ligação viga-pilar
- M_u momento último na extremidade da viga no limite de plastificação da ligação viga-pilar
- θ_y rotação relativa viga-pilar no início do escoamento da armadura de continuidade
- θ_u rotação relativa viga-pilar máxima no limite de plastificação da ligação
- μ coeficiente de ductilidade da relação momento-rotação da ligação viga-pilar

a) Curva momento-rotação



Legenda

- L_{cr} distância da face do pilar até o centro de rotação da ligação
 h_{rot} distância da barra tracionada até o centro de rotação da ligação

b) Exemplo ilustrativo

Figura 3 – Relação momento-rotação na ligação viga-pilar

5.1.2.7 Fator de restrição à rotação

O fator de restrição à rotação pode ser definido pela razão da rotação θ_1 da extremidade do elemento em relação à rotação combinada θ_2 do elemento e da ligação, devido ao momento de extremidade, conforme Figura 4.

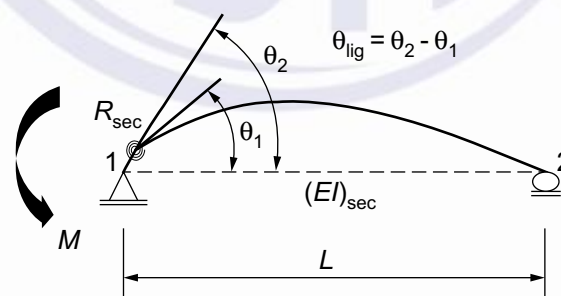


Figura 4 – Fator de restrição à rotação

O fator de restrição à rotação α_R pode ser estabelecido em função do fator de rigidez relativa entre a rigidez da ligação e a rigidez do elemento por ela conectada, conforme a equação a seguir:

$$\alpha_R = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \left[1 + \frac{3(EI)_{sec}}{R_{sec}L_{ef}} \right]^{-1}$$

onde

$(EI)_{sec}$ é a rigidez secante da viga considerada na análise estrutural, ou conforme indicação no Anexo A;

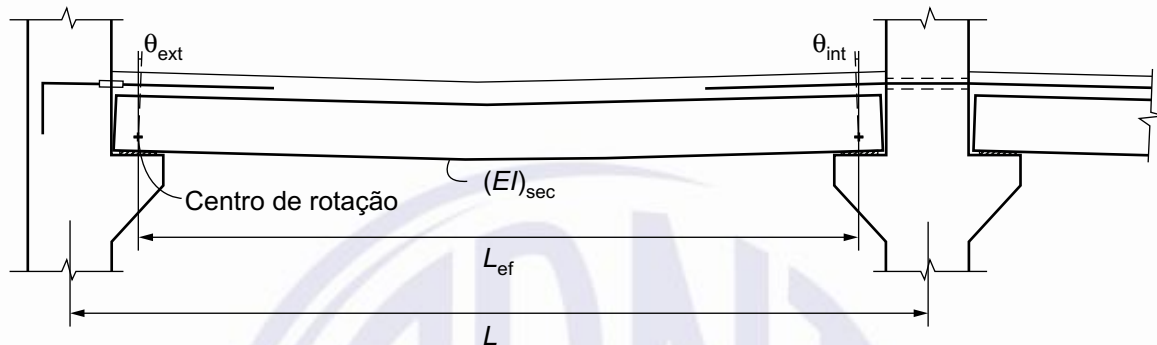
ABNT NBR 9062:2017

L_{ef} é o vão efetivo entre os centros de giros nos apoios da viga, definido conforme Figura 5;

R_{sec} é a rigidez secante ao momento fletor da ligação viga-pilar, conforme 5.1.2.10.

O limite do fator de restrição α_R para ligações semirrígidas é dado por:

$$0,15 \leq \alpha_R < 0,85$$



Legenda

- L_{ef} distância efetiva de cálculo
 θ_{ext} rotação da ligação de um pilar de extremidade
 θ_{int} rotação da ligação de um pilar interno da edificação

Figura 5 – Comprimento efetivo da viga para cálculo do fator de restrição

5.1.2.8 Critérios de projeto de ligações com resistência à flexão de comportamento rígido

O projeto e a execução de estruturas pré-moldadas com ligações resistentes à flexão podem ser realizados com base na consideração de ligações se comportando como rígidas, desde que atendam ao seguinte:

- para que uma ligação seja considerada rígida na análise estrutural, com fator de restrição $\alpha_R \geq 0,85$, o valor da rigidez secante da ligação deve atender à condição $R_{sec} \geq 17(EI)_{sec}/L_{ef}$, onde $(EI)_{sec}$ é a rigidez secante da viga considerada na análise estrutural, ou conforme indicação no Anexo A;
- a rigidez secante para a relação momento-rotação da ligação viga-pilar deve estar baseada em modelos analíticos de referências técnicas ou com base na comprovação experimental, conforme 5.5;
- como critério de projeto para uma ligação rígida, o dispositivo de continuidade na ligação deve permanecer em regime elástico de tensões para qualquer combinação de ações no ELU, devendo-se respeitar a relação $M_{Sd,rig} / M_{y,lim} \leq 0,85$, definida pela razão entre o momento solicitante elástico de projeto $M_{Sd,rig}$ (engastamento perfeito) e o momento no início do escoamento da armadura tracionada $M_{y,lim} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot d$;
- o detalhamento da ligação deve garantir uma boa condição de ancoragem da armadura de continuidade, sem ocorrência de escorregamento da armadura, bem como garantir o confinamento do concreto na região da ligação na extremidade da viga;
- ligações viga-pilar com resistência à flexão por meio de chapas soldadas em ambos os dispositivos de continuidade negativa e positiva são consideradas rígidas;

- f) ligações com chapas soldadas apenas na continuidade positiva (ligação no apoio da viga sobre o consolo) podem ser consideradas rígidas apenas no caso da análise com momentos solicitantes positivos na ligação, como no caso de inversão dos esforços por ação do vento. Para outros dispositivos de continuidade negativa que não empreguem chapas soldadas, permite-se o cálculo aproximado da rigidez secante negativa, conforme 5.1.2.10. Em todos os casos com chapas soldadas, devem ser verificados os efeitos desfavoráveis de variação térmica e deformações ao longo do tempo.

5.1.2.9 Critérios de projeto de ligações com resistência à flexão de comportamento semirrígido

O projeto e a execução de estruturas cujas ligações são semirrígidas devem atender ao seguinte:

- a) o projeto da ligação deve levar em conta simultaneamente os critérios de resistência e de rigidez, onde a resistência da ligação deve ser compatível com os esforços mobilizados em função da resposta do seu comportamento semirrígido efetivo na análise estrutural;
- b) o projeto da estrutura pré-moldada com ligações semirrígidas pode ser baseado na análise linear aproximada, utilizando a rigidez secante da ligação (R_{sec}). Este procedimento é válido quando o momento solicitante elástico de projeto $M_{Sd,rig}$ (engastamento perfeito na ligação) não exceder o momento-limite de escoamento $M_{y,lim} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot d$, para qualquer combinação de ações no ELU, conforme 5.1.2.6;
- c) a rigidez secante para a relação momento-rotação da ligação viga-pilar deve estar baseada em modelos analíticos de referências técnicas ou na comprovação experimental, conforme 5.5;
- d) no caso de ligações viga-pilar típicas de seção composta com solidarização no local, com continuidade da armadura negativa passando no pilar por meio de bainhas corrugadas preenchidas com graute ou por meio de luvas inseridas no pilar, permite-se o cálculo aproximado da rigidez secante negativa, conforme 5.1.2.10;
- e) quando houver inversão dos esforços solicitantes, com superação dos momentos negativos pelos momentos positivos em decorrência de combinações de ações, onde o vento é uma ação variável principal, a rigidez da ligação positiva deve ser levada em conta na análise estrutural. Para o caso da rigidez à flexão positiva em ligações viga-pilar por meio de chapas soldadas positivas, aplica-se o disposto em 5.1.2.8 e). Para o caso da rigidez à flexão positiva em ligações viga-pilar com chumbador grauteado, aplica-se o disposto em 5.1.2.11;
- f) devem ser considerados os efeitos de carregamentos repetidos verticais e horizontais e cargas reversíveis, com atenção particular à deformação incremental nas ligações e fadiga de baixos ciclos. Nesse caso, a rigidez secante deve ser considerada pelo menor valor da rigidez obtida a partir da envoltória de combinações das ações;
- g) no projeto e detalhamento das ligações com fator de restrição inferior a 0,15, consideradas articuladas, deve-se verificar a capacidade de acomodação das rotações da ligação para as situações de estado-limite de serviço ELS e estado-limite último ELU para evitar o surgimento de esforços não previstos na região da ligação;
- h) no caso de ligações viga-pilar internas, com armaduras longitudinais negativas complementares passando nas laterais dos pilares, na capa estrutural moldada *in loco*, recomenda-se garantir um percentual mínimo de 50 % da armadura resistente atravessando os pilares (por meio de bainha grauteada ou por meio de luvas rosqueadas). A largura das faixas laterais para colocação da armadura complementar deve ser limitada a 1,5 vez a largura do pilar. Deve-se dispor de armadura de costura transversal à armadura complementar, para garantir o seu funcionamento.

ABNT NBR 9062:2017**5.1.2.10 Cálculo da rigidez secante à flexão negativa em ligações viga-pilar com armadura de continuidade no local**

No caso de ligações viga-pilar típicas de seção composta com solidarização no local, com continuidade da armadura negativa por meio de bainhas corrugadas passando no pilar preenchidas com graute ou por meio de luvas inseridas no pilar, as rotações efetivas nas ligações são decorrentes de mecanismos de deformação que ocorrem tanto na interface viga-pilar quanto na zona de transição na extremidade da viga, denominada região da ligação, a qual compreende o trecho entre a face do pilar e o centro de giro no apoio da viga. Considerando o limite do valor da tensão na armadura de continuidade igual a $\sigma_s \leq f_{yk}$, conforme critério de projeto estabelecido em 5.1.2.9, a rigidez secante para a relação momento-rotação pode ser calculada pela equação a seguir:

$$R_{\text{sec}} = k \cdot \frac{A_s E_s d^2}{L_{\text{ed}}}$$

onde

k é o coeficiente de ajustamento da rigidez secante (conforme Tabela 1);

L_{ed} é o comprimento efetivo de deformação por alongamento da armadura de continuidade (conforme Tabela 1);

d é a altura útil da seção resistente na ligação negativa;

E_s é o módulo de elasticidade do aço;

A_s é a armadura de continuidade negativa, respeitando o limite $M_{y,\text{lim}}$, conforme 5.1.2.9.

Na Tabela 1 são apresentadas algumas referências para o comprimento efetivo de deformação L_{ed} para o cálculo da rigidez secante negativa em ligações viga-pilar típica. Para demais tipologias de ligações, o valor da rigidez secante da relação momento-rotação deve ser validado experimentalmente, tendo-se o centro de rotação no apoio (consolo) da viga pré-moldada como referência para a obtenção da rotação relativa viga-pilar.

Para as ligações típicas da Tabela 1, recomenda-se a distância entre a face do pilar e a extremidade da viga pré-moldada, possibilitando uma boa condição de preenchimento da junta vertical com graute ou com concreto de resistência característica à compressão maior ou igual a 30 MPa ($f_{ck} \geq 30$ MPa). Na Tabela 1, ϕ corresponde ao diâmetro equivalente obtido da média ponderada da porcentagem de armadura negativa, passantes dentro e fora do pilar. Todas as tipologias devem ter boa condição de confinamento da armadura negativa, com estribos na região do consolo.

Tabela 1 – Obtenção da rigidez secante negativa em ligações viga-pilar típica

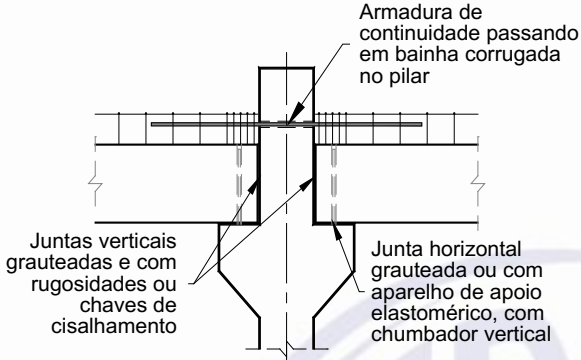
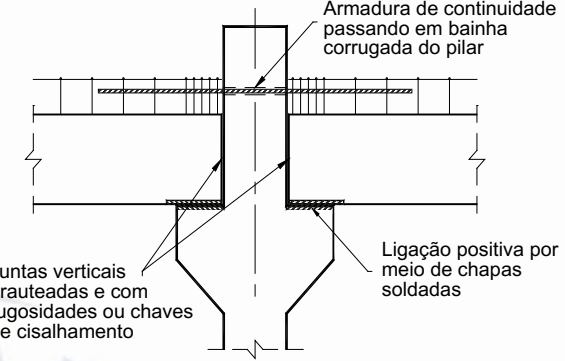
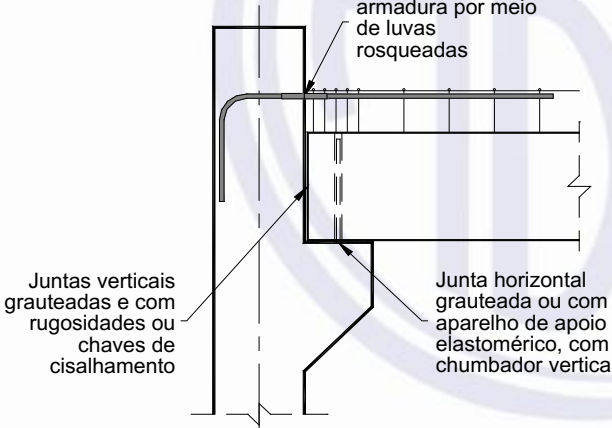
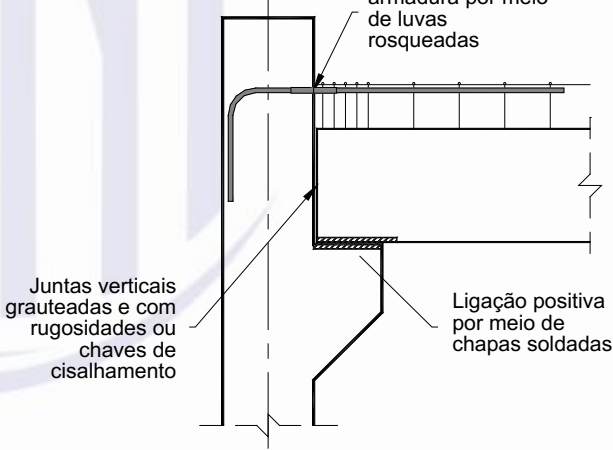
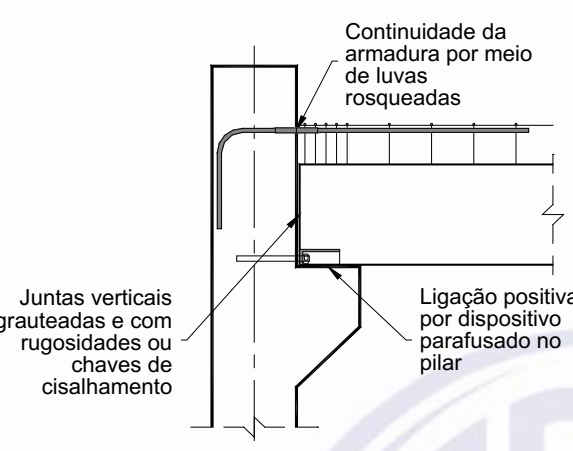
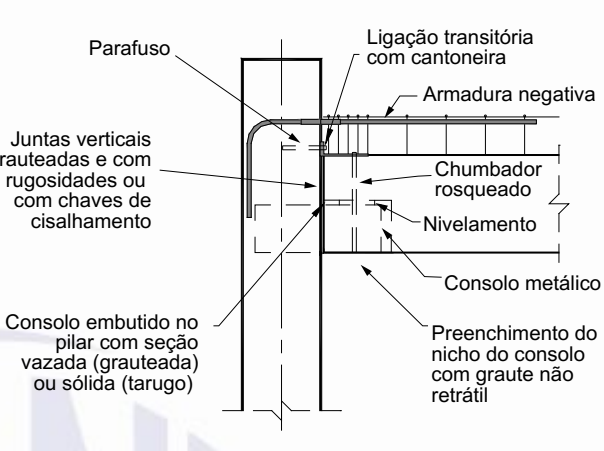
<p style="text-align: center;">Tipologia 1</p>  <p>Armadura de continuidade passando em bainha corrugada no pilar</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou chaves de cisalhamento</p> <p>Junta horizontal grauteada ou com aparelho de apoio elastomérico, com chumbador vertical</p> <p>$k = 0,75$ $L_{ed} = 25 \phi + L_a$</p>	<p style="text-align: center;">Tipologia 2</p>  <p>Armadura de continuidade passando em bainha corrugada do pilar</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou chaves de cisalhamento</p> <p>Ligação positiva por meio de chapas soldadas</p> <p>$k = 1,0$ $L_{ed} = 20 \phi + L_a$</p>
<p style="text-align: center;">Tipologia 3</p>  <p>Continuidade da armadura por meio de luvas rosqueadas</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou chaves de cisalhamento</p> <p>Junta horizontal grauteada ou com aparelho de apoio elastomérico, com chumbador vertical</p> <p>$k = 0,75$ $L_{ed} = 30 \phi + L_a$</p>	<p style="text-align: center;">Tipologia 4</p>  <p>Continuidade da armadura por meio de luvas rosqueadas</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou chaves de cisalhamento</p> <p>Ligação positiva por meio de chapas soldadas</p> <p>$\alpha_R = 0,85$, atendendo ao disposto em 5.1.2.8.</p>

Tabela 1 (continuação)

Tipologia 5	Tipologia 6
 <p>Continuidade da armadura por meio de luvas rosqueadas</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou chaves de cisalhamento</p> <p>Ligação positiva por dispositivo parafusado no pilar</p>	 <p>Parafuso</p> <p>Ligação transitória com cantoneira</p> <p>Armadura negativa</p> <p>Juntas verticais grauteadas e com rugosidades ou com chaves de cisalhamento</p> <p>Chumbador rosqueado</p> <p>Nivelamento</p> <p>Consolo metálico</p> <p>Consolo embutido no pilar com seção vazada (grauteada) ou sólida (tarugo)</p> <p>Preenchimento do nicho do consolo com graute não retrátil</p>
$k = 0,85$ $L_{ed} = 30 \phi + L_a$	$k = 0,75$ $L_{ed} = 25 \phi$ (continuidade com bainha grauteada) $L_{ed} = 30 \phi$ (continuidade com luvas rosqueadas)
L_a é a distância da face do pilar até o centro de rotação no consolo.	

5.1.2.11 Rigidez secante à flexão positiva em ligações viga-pilar com chumbador grauteado

Na falta de modelo de cálculo referenciado para avaliação da contribuição dos chumbadores ao momento positivo, deve-se considerar a ligação comportando-se como articulada.

5.1.2.12 Procedimento simplificado para análise não linear com efeitos globais de 2ª ordem

De forma análoga ao estabelecido na ABNT NBR 6118, o coeficiente γ_z deve ser determinado a partir dos resultados dos deslocamentos de primeira ordem, para cada caso de carregamento, considerando o efeito das ligações semirrígidas na estrutura pré-moldada. Entretanto, o coeficiente γ_z é válido para analisar a instabilidade da estrutura mesmo para casos de estruturas pré-moldadas com menos de quatro andares, desde que a geometria da estrutura apresente regularidade, não ocorrendo discrepâncias significativas entre os pés-direitos nos pavimentos sucessivos e não ocorrendo variações bruscas acentuadas entre os momentos de inércia dos pilares nos pavimentos sucessivos. Para o cálculo dos deslocamentos de 1ª ordem, devem ser considerados os efeitos da rigidez secante da relação momento-rotação das ligações e a não linearidade física aproximada dos elementos estruturais, de acordo com 5.1.2.5. O valor do coeficiente γ_z para cada combinação de carregamento é dado pela equação a seguir:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$$

onde

$M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento referente ao pilar equivalente da estrutura analisada, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;

$\Delta M_{tot,d}$ é a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

Considera-se a estrutura com deslocabilidade reduzida para a condição $\gamma_z \leq 1,10$, para a qual são desprezíveis os efeitos globais de 2ª ordem. As estruturas pré-moldadas com ligações semirrígidas são consideradas com deslocabilidade moderada para o intervalo de $1,10 < \gamma_z < 1,30$, permitindo-se neste caso o procedimento aproximado para a determinação dos esforços globais de 2ª ordem em estruturas com nós móveis, o qual consiste na avaliação dos esforços finais (1ª ordem + 2ª ordem) a partir da majoração adicional das ações horizontais da combinação de ações considerada pelo coeficiente γ_z . Para o intervalo $1,10 < \gamma_z < 1,20$, emprega-se o fator de majoração reduzido de $0,95 \gamma_z$, enquanto para o intervalo $1,20 \leq \gamma_z < 1,30$, emprega-se o fator de majoração com o valor integral de γ_z . Para valores $\gamma_z \geq 1,30$, deve-se proceder a um cálculo rigoroso, considerando a não linearidade geométrica e a não linearidade física.

Os momentos solicitantes totais nas extremidades das vigas pré-moldadas com ligações semirrígidas, considerando os efeitos globais de 2ª ordem, devem respeitar os limites de tensão definidos em 5.1.2.9.

5.2 Especificações gerais

5.2.1 Generalidades

5.2.1.1 A análise dos elementos componentes da estrutura pré-moldada deve partir da definição do comportamento efetivo das ligações, sob o ponto de vista dos graus de liberdade existentes.

5.2.1.2 As dimensões dos elementos, inclusive a geometria das seções transversais, devem ser fixadas levando em conta as tolerâncias globais compatíveis com o processo construtivo (fabricação e montagem), conforme estabelecido em 5.2.2.

5.2.1.3 A análise da estrutura deve levar em conta as retrações e as eventuais deformações diferenciais entre concretos de diferentes idades, composições e propriedades mecânicas.

5.2.1.4 A análise deve ser efetuada considerando todas as fases por que possam passar os elementos, que sejam suscetíveis a condições desfavoráveis, quanto aos estados-limites último, e de serviço previstas na ABNT NBR 6118. As fases frequentes que exigem dimensionamento e verificação dos elementos são:

- a) de fabricação;
- b) de manuseio;
- c) de armazenamento;
- d) de transporte;
- e) de montagem (conforme Seção 11);
- f) transitórias da construção;
- g) da obra finalizada.

5.2.1.5 A fase final de construção não se considera encerrada, senão quando houver a ligação definitiva do elemento com os outros elementos da estrutura.

5.2.1.6 As zonas dos elementos que devem ser ligadas aos demais elementos da estrutura constituem trechos singulares, devendo ser dimensionadas e ter sua segurança demonstrada através dos requisitos da Seção 7.

ABNT NBR 9062:2017

5.2.2 Tolerâncias

5.2.2.1 No projeto de estruturas compostas de elementos pré-moldados, é necessário estabelecer folgas e tolerâncias, bem como dimensionar os elementos e as ligações levando-se em conta os desvios de produção, de locação, de verticalidade da obra e de montagem dos elementos, conforme definido na Seção 3.

5.2.2.2 Quanto à fabricação, os elementos pré-moldados devem ter sua tolerância conforme classificação dos grupos da Tabela 2 e de 5.2.2.3.

Tabela 2 – Tolerâncias de fabricação para elementos pré-moldados

Grupo de elementos pré-moldados	Seção ou dimensão		Tolerância
Pilares, vigas, pórticos e elementos lineares	Comprimento	$L \leq 5$ m	± 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	± 15 mm
		$L > 10$ m	± 20 mm
	Seção transversal		- 5 mm e + 10 mm
	Distorção		± 5 mm
Linearidade			$\pm L/1\ 000$
Painéis, lajes, escadas e elementos em placa	Comprimento	$L \leq 5$ m	± 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	± 15 mm
		$L > 10$ m	± 20 mm
	Espessura		- 5 mm, + 10 mm
	Planicidade	$L \leq 5$ m	± 3 mm
		$L > 5$ m	$\pm L/1\ 000$
	Distorção	Largura ou altura ≤ 1 m	± 3 mm cada 30 cm
		Largura ou altura > 1 m	± 10 mm
Linearidade			$\pm L/1\ 000$
Telhas e/ou elementos delgados	Comprimento	$L \leq 5$ m	± 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	± 15 mm
		$L > 10$ m	± 20 mm
	Espessura	$e \leq 50$ mm	- 1 mm e + 5 mm
		$e > 50$ mm	- 3 mm e + 5 mm
	Distorção		± 5 mm
Linearidade			$\pm L/1\ 000$
Estacas	Comprimento		$\pm L/300$
	Seção transversal (ou diâmetro)		± 5 %
	Espessura da parede para seções vazadas		+13 / - 6 mm
	Linearidade		$\pm L/1\ 000$

onde L é o comprimento do elemento pré-moldado.

5.2.2.3 Para elementos pré-moldados em geral, com corte em diagonal (chanfrados), considerar as tolerâncias mensuradas a partir do eixo da peça.

5.2.2.4 Para lajes alveolares, aplica-se a ABNT NBR 14861.

5.2.2.5 Para todos os grupos da Tabela 2, devem também ser respeitadas, na fabricação:

- a) a tolerância do posicionamento individual do cabo de protensão, que é de ± 10 mm;
- b) a tolerância do posicionamento do centro resultante da protensão, que é de ± 5 mm;
- c) a tolerância da locação de insertos concretados na peça, que é de ± 15 mm.

5.2.2.6 Quanto à montagem, os elementos pré-moldados devem ter sua tolerância conforme estabelecido a seguir:

- a) a tolerância para montagem em planta é de $\pm 1,0$ cm entre apoios consecutivos, não podendo exceder o valor acumulado de 0,1 % do comprimento da estrutura;
- b) a tolerância em relação à verticalidade é de $\pm 1/300$ da altura até o máximo de 2,5 cm, verificada logo após a montagem do elemento pilar;
- c) a tolerância em relação ao nível dos apoios é de $\pm 1,0$ cm, não podendo exceder o valor acumulado de 3,0 cm, quaisquer que sejam as dimensões longitudinal e transversal da estrutura, exceto para caminhos de rolamento, quando este valor é de 2,0 cm;
- d) a tolerância em planta e em elevação para montagem dos pilares é de $\pm 1,0$ cm;
- e) a tolerância em planta para montagem dos blocos pré-moldados sobre a fundação é de $\pm 4,0$ cm;
- f) na montagem de elementos que tenham um contorno justaposto a um contorno semelhante, a tolerância de justaposição é de $\pm 2,0$ cm.

5.2.2.7 No caso de as fundações terem sido executadas com desvio em relação ao projeto que impeça a montagem conforme as diretrizes de 5.2.2.6 a), é necessária a execução de uma estrutura intermediária de transição que possibilite a montagem dentro das especificações estabelecidas nesta Norma.

5.2.2.8 As tolerâncias para a posição final das estacas devem obedecer às especificações da ABNT NBR 6122.

5.2.2.9 No cálculo e dimensionamento de todos os elementos pré-moldados, de suas ligações e da estrutura resultante, devem ser levados em conta os efeitos desfavoráveis das folgas sobre as ações e solicitações.

5.2.3 Imperfeições de montagem

5.2.3.1 O dimensionamento dos pilares deve considerar desaprumos do elemento ao fim da montagem ou montagem solidarizada para a carga total. Deve ser realizada a verificação do elemento em todos os lances, considerando a situação mais desfavorável entre o momento mínimo, conforme ABNT NBR 6118, e as excentricidades de desaprumos do elemento, conforme Figura 6.

ABNT NBR 9062:2017

5.2.3.2 A excentricidade de desaprumo deve ser considerada igual a $H/400$ em ambas as direções do pilar, sendo que H corresponde aos valores de h_1 , h_2 , h_3 e assim sucessivamente, conforme Figura 6.

5.2.3.3 A consideração de desaprumo do pilar não exclui as verificações de imperfeições globais necessárias na edificação, conforme ABNT NBR 6118, caso os valores sejam maiores que o estabelecido em 5.2.2.6-b).

5.2.3.4 Na montagem da estrutura, conforme Seção 11, o limite de 5.2.3.2 não pode ser ultrapassado.

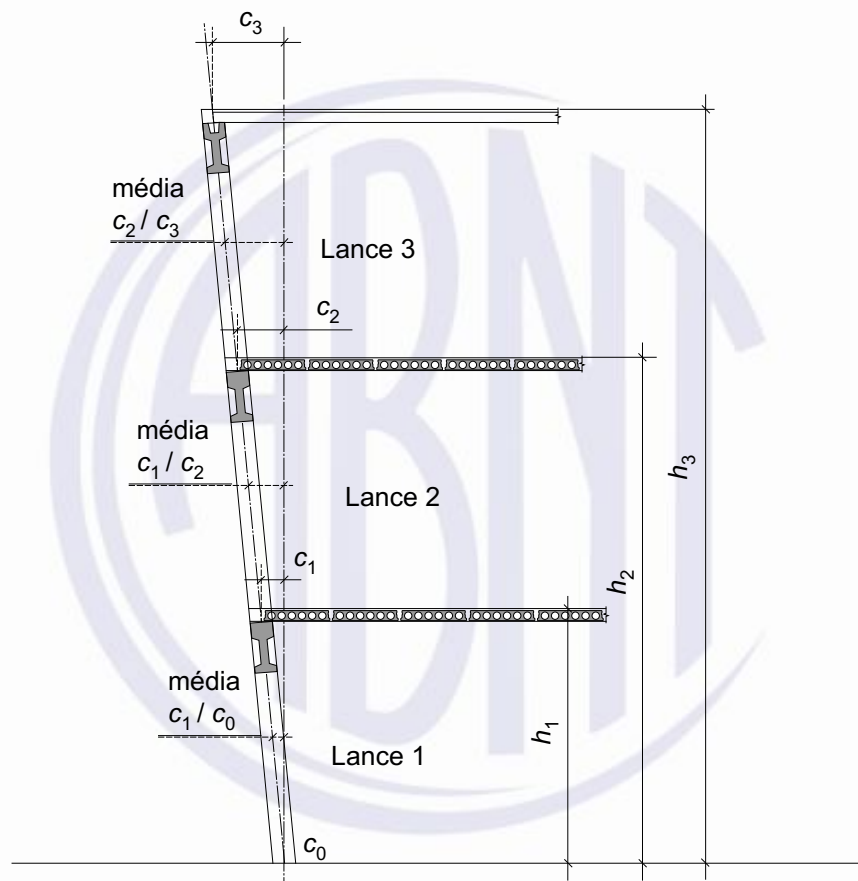


Figura 6 – Excentricidades de desaprumo da estrutura montada

5.3 Esforços solicitantes

5.3.1 Ações a considerar

5.3.1.1 Ações

No cálculo dos esforços solicitantes, deve ser considerada a influência das ações constituídas pelas cargas permanentes, variáveis (incluindo as ações devidas a vento), efeitos de temperatura, choques, vibrações, ações repetidas, deslocamentos de apoio e outras, conforme a ABNT NBR 6118, a ABNT NBR 6120 e a ABNT NBR 15421.

A determinação dos esforços solicitantes deve ser feita considerando-se as combinações desfavoráveis das ações e respectivos coeficientes de ponderação, de acordo com a ABNT NBR 6118 e a ABNT NBR 8681.

No caso de ações provenientes de pontes rolantes, é necessária a consideração concomitante dos esforços horizontais longitudinais e transversais de frenagem, conforme os carregamentos do trem-tipo fornecidos por fabricantes e especificações das ABNT NBR 8400, ABNT NBR 10084 e ABNT NBR 8800, conforme o caso.

5.3.1.2 Fluência e retração do concreto e relaxação do aço

Ao levar em conta a fluência e a retração do concreto e a relaxação do aço, na determinação dos esforços solicitantes, deve ser seguida a ABNT NBR 6118, levando-se em consideração as fases transitórias de construção no caso de seção composta.

5.3.1.3 Influência do processo de execução

Os esforços provenientes das fases de fabricação, manuseio, armazenamento, transporte e montagem devem ser considerados de acordo com os programas de execução previstos conforme a Seção 11.

Os efeitos dinâmicos devidos ao manuseio, transporte e montagem dos elementos devem ser levados em conta de acordo com 5.3.2.

Devem ser considerados os esforços aplicados nos elementos pelos dispositivos de manuseio, transporte e montagem.

5.3.1.4 Força de protensão

Para as ações provenientes da força de protensão, deve ser observado o prescrito na ABNT NBR 6118.

5.3.1.5 Projeto da estrutura em situação de incêndio

5.3.1.5.1 A estrutura como um todo, incluindo o projeto dos seus elementos, das ligações e as especificações de cobrimentos, deve ser projetada atendendo aos requisitos das ABNT NBR 14432 e ABNT NBR 15200, quanto ao projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio, bem como da ABNT NBR 8681, quanto às combinações de ações a serem consideradas.

5.3.1.5.2 Para o projeto de pilares pré-moldados em situação de incêndio, além do método analítico da ABNT NBR 15200, pode ser utilizado o previsto na ABNT NBR 15200:2012, Anexo E. São aplicáveis também as considerações do Anexo B, desta Norma.

5.3.1.5.3 Especial atenção deve ser dada às conexões que fizerem uso de peças metálicas expostas (utilizadas para estabilidade estrutural), pois estas devem ser protegidas do fogo conforme ABNT NBR 14323.

5.3.1.5.4 Para o dimensionamento das lajes alveolares, considerando que não estão previstas na ABNT NBR 15200, e na ausência de dados experimentais, podem ser considerados os valores de c_1 das Tabelas 3 e 4. Devem ser observadas as seguintes condições:

- a) c_1 é a distância da face do elemento estrutural ao eixo da armadura, em milímetros (mm);
- b) a espessura da laje, indicada nas Tabelas 3 e 4, pode ser considerada como a soma de espessura da laje e da capa de concreto;
- c) as espessuras das lajes alveolares nas Tabelas 3 e 4 se referem ao índice de vazio que deve ser maior ou igual a 0,5. Este índice deve ser calculado pela espessura média da laje sem capa, dividida pela altura (h) da laje sem capa;

ABNT NBR 9062:2017

- d) o uso da Tabela 3 é indicado apenas para as lajes alveolares biapoiadas, e a Tabela 4 é indicada para as lajes alveolares contínuas e confinadas, com armadura de continuidade negativa mínima de 8 cm²/m.

Tabela 3 – Características para lajes biapoiadas

TRRF	Espessura mínima total de laje (com ou sem capa)/distância c_1 mínima mm/mm			
	$M_{Sd \text{ incêndio}}/(M_{Rd})$ %			
	30-39	40-49	50-59	> 60
30				Todas as lajes/30
60				150/30
90		200/35 265/35 320/35 400/35	200/40 265/40 320/40 400/40	200/40
120		200/40 265/40 320/40 400/40		200/50
180	200/50 265/50 320/50 400/50	200/60	265/60 320/60 400/60	

5.3.1.5.5 No caso das lajes alveolares confinadas com capeamento estrutural, podem ser reduzidos os valores de c_1 da Tabela 3 em 5 mm, conforme Figura 7, desde que seja atendido o previsto em 5.3.1.5.6 e 5.3.1.5.7.

5.3.1.5.6 Entende-se como lajes alveolares confinadas as lajes que têm restrições aos deslocamentos horizontais provenientes das variações volumétricas decorrentes do aumento da temperatura causados pelo incêndio, conforme Figura 7.

5.3.1.5.7 Para que as lajes sejam confinadas, é necessária a execução do capeamento, conforme 7.2.4.1.4.1, e este deve ter armadura nas duas direções, armadura negativa de contorno maior que 1,88 cm²/m e armadura negativa de no mínimo 5 cm²/m. A armadura de contorno deve ser ancorada na viga. A laje deve ser confinada por concretagem em sua região frontal, conforme Figura 7.

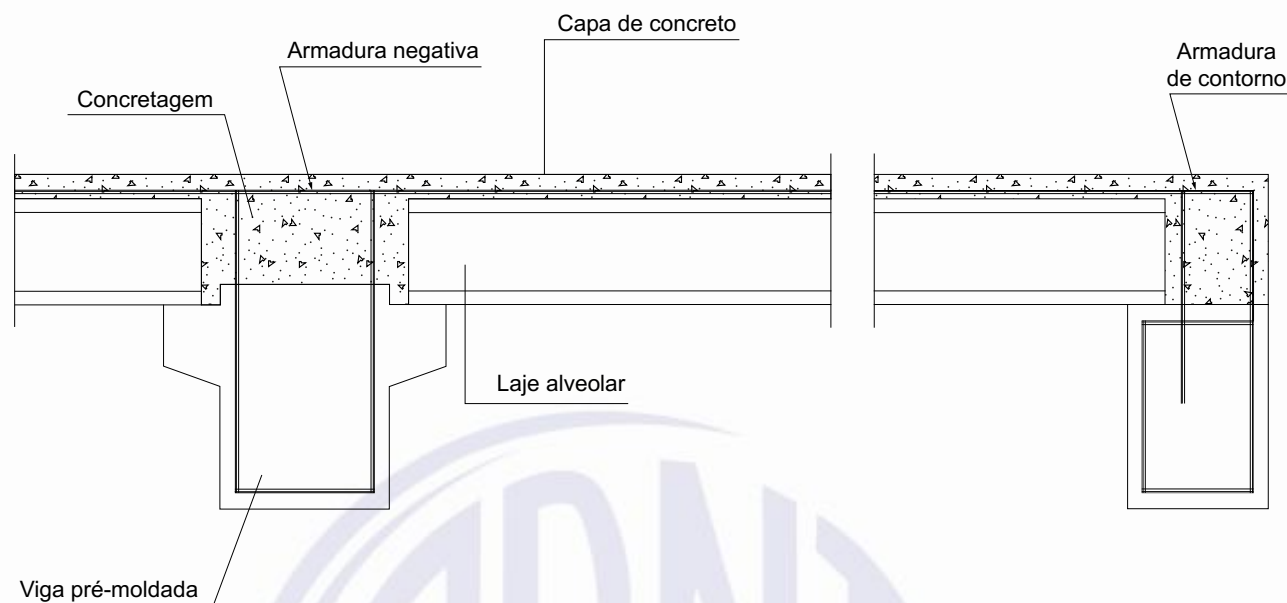


Figura 7 – Exemplo de laje confinada

Tabela 4 – Características para lajes contínuas e confinadas

TRRF	Espessura mínima total de laje (com ou sem capa)/distância c_1 mínima mm/mm			
	$M_{Sd \text{ incêndio}}/(M_{Rd})$ %			
	30-39	40-49	50-59	> 60
30				Todas as lajes/25
60				150/25
90			200/25 265/25 320/25 400/25	200/30
120		200/25 265/25 320/25 400/25		250/35
180	200/30 265/30 320/30 400/30	265/35	320/40 400/40	300/45

5.3.1.5.8 Para elementos estruturais delgados, onde a espessura de cobrimento corresponde ao mínimo estabelecido em 9.2.1.1.2, principalmente telhas de concreto, deve-se considerar, na falta de dados experimentais, 30 min para o máximo TRRF de projeto.

ABNT NBR 9062:2017

5.3.1.5.9 Em lajes alveolares, para a capacidade à força cortante, devem ser seguidas as reduções conforme a Tabela 5, independentemente da laje ser confinada ou não.

Tabela 5 – Relação da redução de cortante

TRRF	Espessura da lajes (com ou sem capa) mm		
	$V_{Rd \text{ incêndio}} / (V_{Rd})$ em %		
	≤ 210	220 - 350	> 350
30	100	100	100
60	80	75	70
90	75	70	65
120	70	60	55
180	50	45	45

5.3.1.5.10 No caso de painéis de parede, a Tabela 6 apresenta os valores de espessuras mínimas em função do tipo de agregado e tempo de resistência ao fogo para painéis maciços de concreto armado, estruturais ou não estruturais.

Tabela 6 – Espessura mínima do painel maciço em função do TRRF e tipo de agregado

Tipo de agregado	Espessura efetiva em função da resistência ao fogo mm				
	1 h (60 min)	1,5 h (90 min)	2 h (120 min)	3 h (180 min)	4 h (240 min)
Argila expandida, vermiculita ou ardósia expandida	65	80	90	115	130
Pedras calcárias	75	90	110	135	160
Pedras silicosas (quartzos, granitos ou basaltos)	80	100	120	150	175

É permitida a utilização de espessuras menores que as apresentadas na Tabela 6, desde que o sistema de vedação empregado, composto de painel em concreto pré-moldado e outros materiais atendam ao TRRF. A contribuição deste sistema de proteção composto ao painel é válida desde que seja referenciada.

5.3.1.5.11 Os valores apresentados na Tabela 6 referem-se apenas à resistência do painel de parede. Para verificação do sistema de paredes quanto à integridade estrutural, incluindo a verificação das ligações, deve ser atendida conforme ABNT NBR 16475.

5.3.2 Solicitações dinâmicas no manuseio, transporte e montagem dos elementos

5.3.2.1 Quando uma análise dinâmica não puder ser efetuada, a solicitação dinâmica pode ser considerada, de forma aproximada, por uma análise estática equivalente, adotando-se um coeficiente de amplificação dinâmica, conforme a equação a seguir:

$$g_{eq,d} \geq \gamma_f \cdot \beta_a \cdot g_k$$

onde

g_k é a carga estática característica permanente;

$g_{eq,d}$ é a carga estática equivalente de cálculo permanente;

β_a é o coeficiente de amplificação dinâmica;

γ_f é o coeficiente de ponderação das ações, com valor igual a 1,30 para esta análise aproximada.

5.3.2.2 O coeficiente mínimo de amplificação dinâmica a ser utilizado para determinar a carga estática equivalente na verificação dos elementos deve ser dado por:

$\beta_a = 1,30$, na ocasião do transporte, com carga permanente em situação desfavorável;

$\beta_a = 0,8$, na ocasião do transporte, com carga permanente em situação favorável, ou outro valor definido em verificação experimental comprovada;

$\beta_a = 1,3$, na ocasião do saque da fôrma, manuseio no canteiro e montagem do elemento;

$\beta_a = 1,4$, na ocasião do saque da fôrma, manuseio no canteiro e montagem do elemento sob circunstâncias desfavoráveis, como o formato do elemento ou detalhes que dificultem a sua extração da fôrma ou superfície de contato com a fôrma maior que 50 m²;

$\beta_a < 1,3$, na ocasião do saque da fôrma, manuseio no canteiro e montagem quando os elementos forem de peso superior a 300 kN. O valor de β_a deve ser estabelecido conforme experiência local, bem como formas e equipamentos de içamentos adotados;

$\beta_a = 3$, para projetos dos dispositivos de içamento, para saque, manuseio e montagem, em contato com a superfície do elemento ou ancorado no concreto;

$\beta_a = 1,3$, para o caso de transporte e içamento de pilares, sendo obrigatória a limitação da tensão da armadura longitudinal do elemento a 0,50 f_{yk} .

5.3.2.3 O posicionamento do elemento sobre os apoios no veículo durante o transporte deve ser estudado de maneira que a frequência natural de vibração do elemento esteja suficientemente afastada da frequência de excitação do sistema de transporte.

5.3.3 Projeto de alças ou dispositivos de içamento

5.3.3.1 As alças e pinos de içamento são considerados ligações temporárias com o equipamento de manuseio e montagem das peças. Na sua parte externa funcionam predominantemente à tração e, na parte imersa no concreto, ao cisalhamento por aderência. O cálculo de dimensionamento das alças e verificação do concreto adjacente deve obedecer ao disposto em 5.3.2 e 5.3.3.2 a 5.3.3.10. Devem ser atendidas as especificações de montagem conforme a Seção 11.

ABNT NBR 9062:2017

5.3.3.2 As alças devem ser solicitadas por barras de aço ou cordoalhas ou cabos que formem com a peça um ângulo mínimo de 45°. Quando não for possível, devem ser previstos dispositivos especiais para o içamento, ou detalhamento específico, realizado em projeto. Em qualquer caso, devem ser verificadas as condições de estabilidade da peça devido à componente de compressão obtida através do equilíbrio de forças.

5.3.3.3 O concreto na região próxima ao dispositivo de içamento deve ser verificado quanto às tensões radiais atuantes, devendo ser verificado quanto à necessidade de adoção de armadura complementar de reforço para a prevenção de fissuras.

5.3.3.4 É necessária a verificação do comprimento de ancoragem por aderência das barras tracionadas, conforme a ABNT NBR 6118.

5.3.3.5 É vedada a utilização dos aços do tipo CA25, CA50 e CA60 na confecção de alças de içamento.

5.3.3.6 No caso de utilização de aço ASTM A36 na confecção das alças, somente podem ser utilizadas bitolas de \varnothing 10 mm a \varnothing 25 mm. Não é permitida a utilização de feixes de barras e somente é permitido o içamento no plano formado pelos ramos das alças. Devem ser respeitados os diâmetros de dobramento de barra, conforme a ABNT NBR 6118.

5.3.3.7 Na utilização de cordoalhas para a confecção das alças, somente é permitido o içamento no plano formado pelos ramos das alças. As cordoalhas devem seguir as especificações da ABNT NBR 7483. O uso de feixes é permitido, desde que executados de maneira que todas as cordoalhas trabalhem em conjunto. É proibido o uso de cordoalhas engraxadas. O detalhamento das alças deve ser feito de forma a garantir que não ocorra a separação dos fios das cordoalhas durante sua utilização.

5.3.3.8 É permitida a utilização de cabos de aço na confecção das alças. Os cabos devem seguir as especificações da ABNT NBR ISO 2408. O uso de feixes é permitido, desde que executados de maneira que todos os cabos trabalhem em conjunto. É proibido o uso de cabos engraxados.

5.3.3.9 Na confecção de alças (além de cabos, cordoalhas e barras de aço ASTM A36), podem ser utilizados materiais que apresentem ductilidade adequada, dando-se prioridade para a utilização de furos de içamento e dispositivos mecânicos específicos de içamento.

5.3.3.10 As alças devem ser dimensionadas e posicionadas conforme o ângulo de içamento previsto em projeto, de maneira que ambos os ramos trabalhem sob a mesma força de tração.

5.4 Dimensionamento e verificação dos elementos

5.4.1 Estado-limite último

5.4.1.1 Os elementos devem ser verificados, obrigatoriamente, ao estado-limite último conforme a ABNT NBR 6118 e atendendo ao disposto em 5.2.1.4.

5.4.1.2 Em painéis alveolares ou vigotas, destinados à execução de lajes de concreto armado ou protendido, permite-se a dispensa de armadura transversal, desde que seja obedecida a limitação prescrita pela ABNT NBR 6118, ou que se proceda conforme 5.5 e também conforme a ABNT NBR 14861.

5.4.1.3 Por ocasião da aplicação da protensão ao concreto, deve-se verificar o estado-limite último no ato da protensão, conforme prescrito na ABNT NBR 6118.

5.4.2 Estados-limites de serviço

5.4.2.1 Os elementos de concreto armado e protendido devem ser verificados, obrigatoriamente, no estado-limite de serviço, conforme prescrito na ABNT NBR 6118 e atendendo ao disposto em 5.2.1.4.

5.4.2.2 Na determinação das características das seções transversais, deve ser observado o disposto na ABNT NBR 6118. Quando se tratar de protensão com armadura aderente, deve ser adotada a seção homogeneizada, determinada a partir do módulo secante do concreto, podendo adotar-se 85 % do módulo tangente na origem. Para a determinação do módulo de elasticidade do concreto, deve ser considerado o valor correspondente à sua idade. Devem ser consideradas as perdas de protensão imediatas e progressivas, levando-se em conta o módulo de elasticidade do concreto na idade de análise, a deformação da seção homogeneizada e os fatores de perdas conforme ABNT NBR 6118.

5.4.2.3 Na determinação das tensões em longo prazo, tendo sido considerada a perda total de protensão, permite-se, na aceitação da máxima compressão no concreto, usar o valor de $f_{c\infty}$, respeitando o disposto na ABNT NBR 6118 para ações repetitivas.

5.4.2.4 Para efeito de estimativa de flecha, devem ser levados em conta o esquema estático e o carregamento para cada etapa construtiva, bem como a eventual contribuição da seção composta e o histórico de carregamento.

5.4.3 Estado-limite de deformação

5.4.3.1 Em estruturas pré-fabricadas, deve ser sempre realizada a verificação em serviço do estado-limite de deformação excessiva da estrutura, a partir das combinações de serviço, considerando-se o módulo de elasticidade secante do concreto.

5.4.3.2 Para o caso de interface ou encunhamento entre a estrutura pré-moldada e outras estruturas ou elementos não estruturais, devem ser seguidas as prescrições de deslocamentos-limites da ABNT NBR 6118, tanto para peças isoladas como para a edificação global.

5.4.3.3 Os deslocamentos horizontais globais da estrutura de elementos pré-moldados em combinação frequente, sem encunhamento de outros elementos, devem obedecer às prescrições da Tabela 7, conforme detalhado na Figura 8.

Tabela 7 – Limites de deslocamentos horizontais globais

Caso	Tipo de edificação	Deslocamentos horizontais globais máximos (Combinação frequente)
A	Galpão	$H/400^a$
B	Edifício térreo com laje	$H/500^b$
C	Edifício com um pavimento (mezanino)	$H/500^b$ ou $H_i/750^c$
D	Edifício com múltiplos pavimentos	$H/1200^b$ ou $H_i/750^c$ ou $H_2/500^d$

onde

^a H corresponde à altura da viga de rolamento da ponte rolante, caso exista, ou altura total do edifício.

^b H corresponde a altura total do edifício.

^c H_i corresponde ao desnível entre dois pisos consecutivos.

^d H_2 corresponde ao desnível entre o último piso e face inferior da laje da cobertura.

ABNT NBR 9062:2017

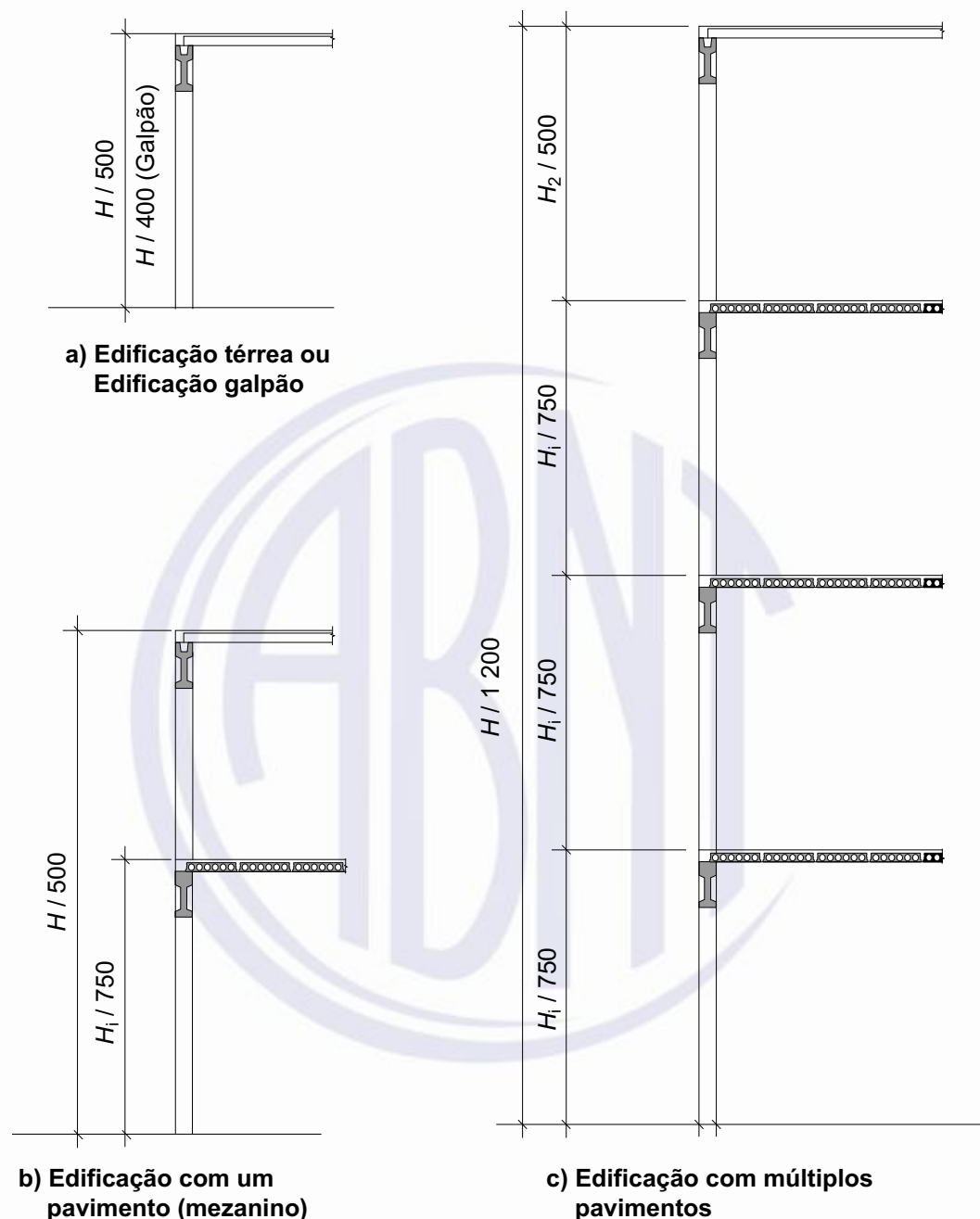


Figura 8 – Limites para deslocamentos globais

5.4.3.4 Para os deslocamentos em estruturas de elementos pré-moldados sem interface de apoio ou encunhamento com outros elementos, deve ser considerado o especificado em 5.4.3.4.1 e 5.4.3.4.2, sendo que deve ser considerada a etapa inicial no momento da montagem, e a longo prazo durante a vida útil da estrutura.

5.4.3.4.1 Para os elementos estruturais de cobertura, devem ser respeitados os limites estabelecidos na Tabela 8 para verificações a longo prazo, incluindo fluência e deformação lenta da estrutura em combinação quase permanente.

5.4.3.4.2 Para os elementos estruturais de piso, ou lineares, devem ser respeitados os limites estabelecidos na Tabela 9 para verificações a longo prazo, incluindo fluência e deformação lenta da estrutura em combinação quase permanente de serviço.

Tabela 8 – Limites para deslocamentos verticais de elementos de cobertura

Caso	Limite
Contraflechas iniciais ou a diferida no tempo, incluído o efeito das ações permanentes	$L/150$
Flechas positivas, para carga eventual de empoçamento de água, diferidas no tempo	$L/400$
Flechas positivas, sem possibilidade de empoçamento de água, diferidas no tempo	$L/250$

Tabela 9 – Limites para deslocamentos verticais de elementos de piso ou elementos lineares

Caso	Limite
Contra-flecha imediata de fabricação	$L/300$
Flecha inicial positiva imediatamente após montagem da peça individual sob ação do seu peso próprio (sem solidarização)	$L/500$
Contra-flecha inicial no momento de montagem da peça	$L/250$
Flecha inicial positiva após a execução da estrutura(solidarizada) sem sobrecarga	$L/350$
Flecha da peça solidarizada final diferida no tempo ($L \leq 15$ m)	$L/250$
Flecha da peça solidarizada final diferida no tempo (15 m $< L \leq 20$ m)	$L/300$
Flecha da peça solidarizada final diferida no tempo ($L > 20$ m)	$L/350$
L é o vão do elemento linear.	

5.5 Projeto acompanhado por verificação experimental

5.5.1 Em situações onde o cálculo analítico aproximado não conduz a resultados teóricos satisfatórios ou onde a economia pode resultar de ensaios em protótipos, parte do procedimento de projeto pode ser executado baseando-se em verificações experimentais.

5.5.2 Podem ser realizados os seguintes ensaios:

- para estabelecer diretamente a resistência última ou o comportamento em serviço de elementos estruturais;
- para obter propriedades específicas de materiais, para ensaio de novos materiais, de novos produtos e/ou de outros detalhes construtivos além dos estabelecidos nesta Norma ou na ABNT NBR 6118;
- os ensaios devem ser executados por pessoal qualificado, utilizando-se equipamentos calibrados. É necessária a validação do procedimento de ensaio, o qual deve explicitar a frequência e a amostragem para os ensaios posteriores (controle de execução).

5.5.3 Nestes ensaios devem ser obedecidos os seguintes requisitos:

- os ensaios devem ser elaborados e os respectivos resultados avaliados de forma que a estrutura ou o elemento estrutural ensaiado tenha o mesmo nível de confiabilidade que uma estrutura ou elemento estrutural projetado conforme as prescrições de projeto estabelecidas nesta Norma, com relação a todos os possíveis estados-limites e todas as situações de projeto;

ABNT NBR 9062:2017

- b) a amostragem de espécimes a serem ensaiados, bem como as condições durante os ensaios, devem ser representativas. Os ensaios devem reproduzir as condições de carregamento e de apoio;
- c) não podem ser feitas extrapolações diretas de ensaios efetuados em outros países. Podem ser feitas adequações a estes ensaios, desde que consideradas as condições locais e os tipos de materiais e de equipamentos utilizados;
- d) nas usinas produtoras de elementos em série, os ensaios devem ser periodicamente repetidos e sempre que houver qualquer modificação significativa nos materiais, no processo executivo ou no equipamento;
- e) os ensaios cujos resultados sejam considerados quando da elaboração do projeto devem ter seus resultados disponíveis durante o período de projeto. Quando as recomendações de projeto desta Norma se basearem em condições implícitas de segurança, estas condições devem ser levadas em conta na avaliação dos resultados experimentais obtidos, podendo ser necessária a realização de algumas correções no caso de situações similares. Um exemplo deste efeito é a resistência à tração na flexão em vigas de concreto, a qual é normalmente desconsiderada durante o dimensionamento.

5.6 Documentos técnicos

5.6.1 Desenhos

5.6.1.1 Os desenhos de execução, com formatos devidamente normalizados, devem apresentar, de forma clara e precisa, as dimensões e a posição dos elementos pré-moldados, assim como das armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas projetadas. Os desenhos devem ser elaborados com vistas não somente à produção e montagem da estrutura, como também à facilidade do controle de execução durante o processo de produção e do elemento acabado, e devem conter referências, quando for o caso, a outros desenhos relacionados. No caso de subsequente alteração de um desenho, todos os outros desenhos devem ser devidamente corrigidos, mantendo-se registro das modificações.

5.6.1.2 Os desenhos devem incluir, ainda, pelo menos as seguintes informações:

- a) o tipo de concreto e a resistência característica à compressão prevista f_{ck} ;
- b) a resistência característica à compressão do concreto, exigida para o manuseio, transporte e aplicação da protensão (posição e tensão ou força), nos elementos protendidos ou resistência efetiva f_{cj} , conforme ABNT NBR 6118, exigida para a liberação da armadura nos elementos protendidos, determinada de acordo com 9.2.5.3;
- c) os tipos de aços com suas dimensões, bitolas, quantidades, formas, detalhes de soldas e das emendas;
- d) o cobrimento da armadura e dos insertos em todas as faces, inclusive as alturas dos suportes da armadura superior no caso de lajes ou vigas de seção T;
- e) a armadura adicional a ser colocada na obra, quando for o caso, identificada de forma independente;
- f) o volume e o peso de cada elemento pré-moldado;
- g) os detalhes das ligações a serem executadas na obra durante ou após a montagem, incluindo as características dos materiais constituintes;

- h) as tolerâncias dimensionais dos elementos pré-moldados;
- i) tratamentos superficiais adicionais para atender às classes de maior agressividade do ambiente;
- j) sempre que for imprescindível para atendimento das condições técnicas de projeto, devem ser especificados todos os cuidados necessários durante o transporte, montagem e eventual solidarização, de maneira a garantir a segurança da estrutura;
- k) detalhamento do sistema de içamento adotado. Caso se opte por alças, seu tipo, posição e ancoragem, sendo respeitado o disposto em 5.3.3;
- l) projeto de fixação de vergalhões no concreto, conforme 7.2.2.3;
- m) módulo de elasticidade tangente inicial adotado no projeto para aplicação da protensão, saque, transporte, montagem e situação final dos elementos pré-fabricados.

5.6.2 Especificações técnicas

5.6.2.1 Adicionalmente ao estabelecido nas Normas Brasileiras consideradas na elaboração do projeto, devem ser apresentadas especificações detalhadas dos processos construtivos e de manuseio, armazenamento, transporte e montagem dos elementos pré-moldados e pré-fabricados.

5.6.2.2 Devem ser apresentadas as cargas variáveis e permanentes de utilização consideradas no projeto da estrutura (cargas em geral, ou devidas a pontes e/ou pórticos rolantes e quaisquer outras para as quais a estrutura tenha sido projetada). Também deve ser apresentada a classe de agressividade ambiental considerada na elaboração do projeto conforme ABNT NBR 6118. A capa de concreto deve ser considerada como sendo parte do peso próprio da estrutura e não parte da sobrecarga permanente.

5.7 Avaliação de conformidade de projeto

5.7.1 Entende-se por avaliação de conformidade do projeto de estruturas de concreto pré-moldadas, a verificação e análise crítica do projeto, realizadas com o objetivo de avaliar se este projeto atende aos requisitos das normas técnicas vigentes aplicáveis.

5.7.2 A avaliação da conformidade do projeto de estruturas de concreto pré-moldadas deve contemplar, dentre outras, as seguintes atividades (integral ou parcialmente):

- a) verificar se as premissas adotadas para o projeto estão de acordo com o previsto nesta Norma e se todos os seus requisitos foram considerados;
- b) analisar o memorial de cálculo e verificar os cálculos nele existentes;
- c) analisar os desenhos que compõem o projeto, inclusive os detalhes construtivos;
- d) analisar as orientações referentes à desmoldagem dos elementos concretados, à movimentação das peças pré-moldadas e ao seu armazenamento e transporte;
- e) avaliar os planos de montagem das estruturas pré-moldadas em relação às fases transitórias;
- f) avaliar as orientações a respeito da manutenção das estruturas executadas com elementos de concreto pré-moldados.

5.7.3 A avaliação da conformidade do projeto deve ser realizada por profissional habilitado e independente em relação ao projetista da estrutura de concreto pré-moldada. É recomendável que

ABNT NBR 9062:2017

o profissional escolhido para realizar a avaliação da conformidade do projeto possua experiência em estruturas de concreto pré-moldadas. A avaliação deve ser registrada em documento específico que deve acompanhar a documentação do projeto citada nesta Norma.

5.7.4 A responsabilidade pela escolha do profissional que for realizar a avaliação da conformidade do projeto cabe ao contratante do projeto da estrutura de concreto pré-moldada. Esta responsabilidade pode ser do proprietário da obra, que, no caso de não ter os conhecimentos técnicos necessários para a escolha do profissional responsável pela avaliação da conformidade do projeto, pode designar um representante ou preposto para substituí-lo nesta atribuição.

5.7.5 Devem ser definidas em comum acordo com o projetista, as prerrogativas, exigências e as necessidades para ao atendimento a esta Norma, sempre que alguma tomada de decisão resultar em responsabilidades presentes ou futuras de ambas as partes.

5.7.6 A avaliação da conformidade do projeto deve ser realizada antes da fase de construção e, de preferência, simultaneamente com a fase de projeto.

6 Projeto de elementos pré-moldados

6.1 Elementos em flexão simples – Estabilidade lateral de vigas

6.1.1 Na verificação da estabilidade lateral de vigas, devem ser consideradas as fases de carregamento estabelecidas em 5.2.1.4. Na falta de cálculo rigoroso, para o saque, manuseio e montagem, pode-se adotar o previsto em 6.1.2 a 6.1.7.

6.1.2 Para as fases de manuseio, transporte e montagem, o vão L é a distância entre as alças e/ou pontos de apoio transitórios, caso sejam diferentes da distância entre as alças.

6.1.3 Devem ser utilizados os coeficientes β_a definidos em 5.3.2.1 e 5.3.2.2, majorando o carregamento de peso próprio na verificação da instabilidade das vigas.

6.1.4 Quando necessária, uma análise teórica deve ser elaborada, para a determinação da carga crítica de instabilidade.

6.1.5 Devem ser consideradas as dimensões b_f e h da peça em cada fase de verificação da instabilidade lateral das vigas, sendo b_f a menor largura da região comprimida da viga.

6.1.6 Quando não for conhecido o valor de carga crítica nas vigas de concreto armado e protendidas, podem ser seguidos os critérios geométricos a seguir:

$$\frac{L}{b_f} \leq 50$$

e

$$\frac{L \times h}{(b_f)^2} \leq 500$$

6.1.7 Nas fases de manuseio, transporte e montagem, os elementos devem ter rigidez lateral suficiente para evitar deformação e fissuração excessiva que possam reduzir sua capacidade resistente. A rigidez lateral pode ser obtida através da forma da peça ou por meio de acessórios de travamento (ou protensão temporária) durante o manuseio e a montagem.

6.2 Elementos em flexão composta

6.2.1 Pilares vazados

Para os pilares que possuam um vazio em seu interior, a redução da área de concreto deve ser levada em conta no seu dimensionamento. Devem ser atendidas as prescrições de cobrimentos mínimos, segundo 9.2.1.1, nas faces interna e externa do pilar, respeitando-se também a espessura mínima da parede de 7,5 cm.

6.2.2 Pilares vazados funcionando como condutor de água pluvial

Para os pilares que possuam um vazio em seu interior a fim de funcionar como condutor de águas pluviais, a redução da área de concreto deve ser levada em conta no seu dimensionamento. Devem ser atendidas as prescrições de cobrimento mínimo, segundo 9.2.1.1, nas faces interna e externa do pilar, respeitando-se também a espessura mínima da parede de 7,5 cm e, no caso de água pluvial em contato direto com o concreto, de 12,5 cm. Na região do furo lateral para saída da água, deve ser previsto reforço da armadura (se necessário). É vedada a utilização permanente do pilar como conduto forçado, bem como o acúmulo de água sem drenagem dentro do pilar.

6.2.3 Cintamento no topo do pilar

6.2.3.1 A armadura transversal no topo do pilar é dimensionada para resistir aos esforços internos provenientes do efeito de bloco parcialmente carregado, adicionando-se uma armadura complementar calculada pela equação a seguir:

$$A_{s,comp} = \gamma_n \times \frac{H_d}{f_{yd}}$$

onde

H_d é a força horizontal de cálculo transmitida ao topo do pilar pelo aparelho de apoio (para valor inferior de H_d , ver 7.3.9);

γ_n é o coeficiente de majoração conforme 7.3.1.

6.2.3.2 A armadura transversal é distribuída na altura $h_1 \leq b$, com 2/3 da sua seção disposta no terço superior de h_1 , sendo b a menor dimensão do pilar (ver Figura 9).

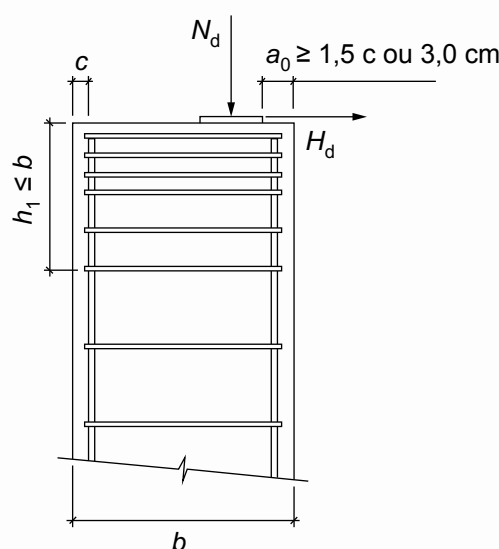


Figura 9 – Detalhe de cintamento no topo do pilar

ABNT NBR 9062:2017**6.2.4 Condições de armazenamento e transporte**

Os pontos de apoio ou suspensão dos pilares durante o armazenamento e transporte devem constar no projeto, atendendo às condições de resistência e às de deformação permanente, considerando-se o módulo de deformação longitudinal correspondente à maturidade efetiva do concreto. Também é necessária a verificação conforme 6.1.7.

6.3 Peças compostas ou mistas

6.3.1 O cálculo deve levar em conta as tensões existentes na parte pré-moldada da peça antes do endurecimento do concreto aplicado na segunda etapa, as propriedades mecânicas do concreto pré-moldado e do concreto moldado posteriormente, a redistribuição de esforços decorrentes da retração e da fluência e a incidência dessas ações sobre o esforço de deslizamento das superfícies em contato.

6.3.2 Permite-se considerar as condições de cálculo como elemento monolítico para duas situações:

- colaboração completa para o estado-limite último;
- colaboração parcial para os estados-limites de serviço. O estado-limite último deve ser verificado para a parte pré-moldada do elemento composto.

6.3.3 Na falta de cálculo mais rigoroso, permite-se calcular o elemento composto (ou misto) como elemento monolítico, se a tensão de aderência de cálculo τ_{sd} satisfizer as Equações 1 e 2:

$$\tau_{sd} \leq \beta_s \frac{f_{yd} A_s}{b s} + \beta_c f_{ctd} < 0,25f_{cd} \quad (1)$$

onde

A_s área da armadura atravessando perpendicularmente a interface e totalmente ancorada nos elementos componentes;

f_{yd} é a resistência de cálculo da armadura;

s é o espaçamento da armadura A_s ;

b é a largura da interface;

f_{ctd} é obtido segundo a ABNT NBR 6118 para o concreto de menor resistência no contato.

$$\tau_{sd} = \frac{F_{md}}{a_v \times b} \quad (2)$$

onde

F_{md} é o valor médio da força de compressão ou de tração acima da ligação, ao longo do comprimento a_v ;

a_v é a distância entre os pontos de momento nulo e máximo, respectivamente, no elemento;

β_s é o coeficiente de minoração aplicado à armadura;

β_c é o coeficiente de minoração aplicado ao concreto.

6.3.4 No caso da superfície de ligação ser intencionalmente áspera com rugosidade mínima de 0,5 cm em 3,0 cm, os valores dos coeficientes β_s e β_c são os definidos na Tabela 10, interpolando-se linearmente para os valores intermediários. Para superfícies lisas ou naturalmente rugosas, os valores de β_s e β_c devem ser obtidos após ensaios específicos. Para laje alveolar, seguir o disposto na ABNT NBR 14861.

Tabela 10 – Valores dos coeficientes β_s e β_c

A_s/bs %	β_s	β_c
$\leq 0,2$	0	0,3
$\geq 0,5$	0,9	0,6

6.3.5 Admite-se $A_s = 0$ quando $\tau_{sd} \leq \beta_c f_{ctd}$ e são satisfeitas simultaneamente as seguintes condições:

- a interface ocorre em região da peça onde haja predominância da largura sobre as outras dimensões do elemento (topo de placas, mesa das vigas T e TT , ou placas de lajes);
- a superfície de ligação satisfaz o disposto em 6.3.4;
- o plano de ligação não está submetido a esforços normais de tração, nem a tensões alternadas provenientes de carregamentos repetidos;
- a armadura da alma resiste à totalidade das forças de tração provenientes de esforços cortantes, respeitando-se o disposto nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14861 quanto à dispensa de armadura para cisalhamento;
- é escovada a superfície do concreto já endurecido, ou no momento da fabricação, para eliminar a nata de cimento superficial, e é abundantemente molhada e encharcada a superfície que vai receber o novo concreto, pelo menos com 2 h de antecedência à nova concretagem, obtendo-se uma superfície saturada seca e, no caso de lajes alveolares, conforme a ABNT NBR 14861.

6.3.6 A verificação da seção composta deve atender aos requisitos de 5.2.1.4.

7 Ligações

7.1 Esforços solicitantes

7.1.1 No projeto das ligações de elementos pré-moldados entre si ou entre estes e o concreto moldado no local, é levada em consideração, além da estabilidade geral da estrutura montada, também a estabilidade durante a fase da montagem. O dimensionamento destas ligações deve obedecer a esta Norma e aos critérios gerais de ligações definidos na ABNT NBR 6118. Na utilização de outras ligações, que não as relacionadas nesta Seção, sua eficácia, qualidade e durabilidade devem ser comprovadas por cálculo analítico devidamente documentado ou por ensaios conclusivos de casos realmente análogos, conforme 5.5.

7.1.2 O projeto das ligações deve ser feito após minucioso estudo das possíveis solicitações em serviço e também na fase de montagem. Não podem ser desprezadas as solicitações provenientes de variações volumétricas da estrutura (retração, fluência, variação de temperatura), salvo em casos especiais em que se tomem precauções específicas de eliminação de vínculos.

ABNT NBR 9062:2017

7.1.3 Nos casos mais complexos, é necessário considerar as rotações e deformações imediatas provocadas pela aplicação e pela retirada de cargas acidentais, deslocamentos possíveis de ocorrer devido a vibrações de máquinas e equipamentos industriais, assim como movimentos e esforços previsíveis durante a vida das estruturas.

7.1.4 As ligações devem ter a mesma durabilidade que os elementos da estrutura. Quando isto não for possível, deve ser prevista no projeto a possibilidade de inspeção, reparo e troca dos componentes que compõem a ligação.

7.2 Tipos de ligações

7.2.1 Ligações solicitadas predominantemente por compressão

7.2.1.1 Generalidades

Situam-se neste caso os apoios de elementos pré-moldados entre si, ou de elementos pré-moldados sobre os outros elementos de concreto moldado no local, exceto os apoios de pilares sobre suas fundações, tratados separadamente em 7.7. Os elementos pré-moldados podem ser assentados nos seus apoios definitivos:

- a) com junta a seco;
- b) com intercalação de uma camada de argamassa;
- c) com concretagem local;
- d) com dispositivos metálicos;
- e) com aparelhos de apoio elastoméricos.

7.2.1.2 Com juntas a seco

Permite-se o assentamento de elementos pré-moldados com juntas a seco, em situações onde a pressão de contato sobre os apoios não ultrapassa o valor de $0,042 f_{cd}$, sendo que f_{cd} refere-se à menor das resistências características dos materiais em contato. Devem ser verificadas as tensões de contato devidas aos carregamentos das situações transitórias de montagem e da estrutura concluída, onde não podem ser adotadas tensões de contato superiores a 1 MPa, exceto nos casos onde é assegurada a restrição total das rotações na região do apoio. Neste último caso, a tensão não pode ultrapassar o valor de $0,06 f_{cd}$, sendo limitada a 1,5 MPa.

7.2.1.3 Com juntas de argamassa de assentamento

7.2.1.3.1 Permite-se o uso de argamassa de assentamento entre elementos, com a finalidade de corrigir pequenas imperfeições, bem como evitar a transmissão de cargas por poucos pontos de contato.

7.2.1.3.2 O assentamento não pode ser executado após o início de pega da argamassa.

7.2.1.3.3 A pressão de contato não pode ultrapassar 5 MPa, sendo obrigatórios o controle tecnológico e o estudo comprovado de traço com aditivos da argamassa utilizada. A tensão de cisalhamento não pode ultrapassar 10 % da tensão de contato.

7.2.1.3.4 Deve ser seguido o especificado em 8.6.

7.2.1.4 Com juntas de concreto local

7.2.1.4.1 Devem ser previstas em projeto dimensões mínimas que permitam a concretagem local.

7.2.1.4.2 Deve ser utilizado concreto ou graute com resistência mínima igual ao menor f_{ck} dos elementos ligados, de tal modo que a ligação tenha comportamento monolítico.

7.2.1.5 Com dispositivos metálicos

As partes dos dispositivos metálicos ligados ao concreto dos elementos pré-moldados devem ser fixadas por grapas ou parafusos devidamente ancorados. Desde que os detalhes construtivos permitam execução controlada na obra, a fixação pode ser executada por solda do dispositivo metálico em chapa aparente, devidamente ancorada no elemento pré-moldado durante sua execução. Devem ser cuidadosamente verificados os efeitos do aquecimento sobre o concreto e os elementos de fixação, particularmente quanto à aderência. Os detalhes construtivos devem prevenir deformações localizadas excessivas das partes metálicas.

7.2.1.6 Aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado

7.2.1.6.1 O aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado deve satisfazer as especificações da ABNT NBR 19783 quanto a todas as suas características de utilização e propriedades mecânicas.

7.2.1.6.2 No caso de elementos protendidos com previsão de encurtamentos importantes decorrentes da retração e da fluência, deve-se prever, no projeto e detalhamento, a possibilidade de levantar os elementos para aliviar o aparelho de apoio, recarregando-o em seguida.

7.2.1.6.3 O aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado deve satisfazer as especificações da ABNT NBR 19783 quanto à resistência à ação dos óleos, das intempéries, do ozônio atmosférico e das temperaturas externas às quais deve ser submetido o aparelho de apoio.

7.2.1.6.4 Os elastômeros utilizados no aparelho de apoio elastomérico devem ter suas propriedades mecânicas demonstradas por ensaios apropriados, em particular a resistência à tração, a deformação permanente, a compressão e o valor da dureza superficial. O fornecedor do aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado deve fornecer relatórios com os ensaios realizados do produto junto com a sua entrega.

7.2.1.6.5 Os aparelhos de apoio elastoméricos podem ser simples, quando constituídos de uma única camada de elastômero, ou fretados, quando constituídos de camada de elastômero intercalados com chapas metálicas solidarizadas por vulcanização ou colagem especial.

7.2.1.6.6 As camadas de elastômeros fretados não podem possuir espessura superior a 25 mm.

7.2.1.6.7 As chapas metálicas devem ser de aço inoxidável; quando a utilização dos apoios se der em ambiente protegido e não agressivo, recomenda-se a utilização de chapas de aço-carbono, desde que as faces laterais das chapas estejam revestidas com elastômero, com cobertura mínima de 4 mm e tolerância de 0 a + 2 mm, as demais com cobertura mínima de 2,5 mm e tolerância de 0 a + 1 mm, conforme detalhado na Figura 11.

7.2.1.6.8 As chapas de aço que constituem a fretagem podem estar em contato com a placa de elastômero em toda a sua superfície, e ter espessura mínima de 2 mm, a espessura das camadas de elastômero pode ser no mínimo de 5 mm.

7.2.1.6.9 Os produtos adesivos eventualmente utilizados para solidarizarem as chapas de fretagem de aço e as placas de elastômero devem apresentar no mínimo as mesmas características de resistência à compressão e cisalhamento que o elastômero utilizado. Devem também apresentar resistência à ação dos óleos, das intempéries, do ozônio atmosférico, dos agentes biológicos e das temperaturas externas a que o aparelho de apoio possa ser submetido.

ABNT NBR 9062:2017

7.2.1.6.10 O aço das chapas das armaduras deve atender ao disposto nas ABNT NBR 6649 e ABNT NBR 6650, quando se tratar de aço-carbono, e deve atender a ABNT NBR 5601 quando se tratar de aço inoxidável.

7.2.1.6.11 As tolerâncias de produção devem seguir a ABNT NBR 19783.

7.2.1.6.12 Na falta de ensaios conclusivos, recomenda-se adotar os valores indicativos de correspondência entre a dureza Shore A e o módulo de deformação transversal G, à temperatura de 20 °C, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Correspondência entre dureza Shore A e o módulo G, à temperatura de 20 °C

Dureza Shore A	50	60	70
Módulo G MPa	0,8	1,0	1,2

7.2.1.6.13 Para utilização em temperaturas inferiores a 0 °C, deve-se considerar o módulo de deformação transversal igual ao dobro do determinado a 20 °C.

7.2.1.6.14 A superfície de contato entre o aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado e o apoio deve ser plana, paralela e horizontal. Caso existam imperfeições, recomenda-se a regularização com argamassa que satisfaça o disposto em 8.6, ou outro material adequado.

7.2.1.6.15 Não é recomendada a utilização de dois ou mais aparelhos de apoio elastoméricos simples, colocados superpostos ou encostados lado a lado sob o mesmo elemento a ser apoiado, neste último caso, desde que não previsto em projeto.

7.2.1.6.16 Se o projeto prever inclinação da face inferior do elemento a ser apoiado, pode ser utilizado detalhe que permita a colocação do aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado na horizontal.

7.2.1.6.17 Se ocorrerem deformações transversais importantes (vento, esconsidade, por exemplo), podem ser adotados dispositivos que limitem os deslocamentos laterais à metade da espessura do aparelho de apoio.

7.2.1.6.18 Pode ser impedido o deslocamento longitudinal do aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado através da verificação do atrito entre o elastômero e a superfície de contato. No caso de ultrapassar 0,85 do valor estabelecido em 7.2.1.6.22, pode ser adotado dispositivo que impeça o deslocamento do aparelho de apoio elastomérico simples ou fretado.

7.2.1.6.19 Os limites recomendados para as pressões de contato dos aparelhos de apoio são:

a) aparelhos de apoio simples:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{(a \times b)} \leq 7,0 \text{ MPa}$$

onde

a e b são as dimensões em planta do aparelho de apoio.

b) aparelhos de apoio fretados:

— para $a \leq 15$; $\sigma_k = 8,0$ MPa

— para $15 < a \leq 20$; $\sigma_k = 11,0$ MPa

- para $20 < a \leq 30$; $\sigma_k = 12,5$ MPa
- para $a > 30$; $\sigma_k = 15,0$ MPa

onde

a é a menor dimensão em planta do aparelho de apoio, expressa em centímetros (cm).

7.2.1.6.20 A deformação por compressão em serviço deve ser limitada a 15 %, recomendando-se utilizar nessa verificação valores experimentais em função da dureza e do fator de forma (S ou S_i), conforme 7.2.1.6.23 e 7.2.1.6.24.

7.2.1.6.21 A deformação por cisalhamento pode ser limitada ao valor da metade da altura total do elastômero. No cálculo da deformação resultante das cargas permanentes, pode-se adotar o valor do módulo de deformação transversal igual à metade daquele utilizado para as cargas acidentais de pequena duração.

7.2.1.6.22 O deslizamento do aparelho de apoio pode ser impedido fixando-se os limites a seguir, expressos em megapascais (MPa):

$$H_k < \mu \cdot N_k, \text{ com } \mu = 0,1 + 0,6/\sigma'_{mk}$$

Adotam-se valores positivos para tensões de compressão.

Recomenda-se que sejam verificados isoladamente os efeitos da carga permanente (N_{gk}) e da carga total ($N_{gk} + N_{qk}$), adotando-se o maior valor para σ'_{mk} , sendo:

$$\sigma'_{mk} = N_{gk} / A' \text{ ou } \sigma'_{mk} = (N_{gk} + N_{qk}) / A', \text{ respectivamente;}$$

- a) $(N_{\min,k} / A') \geq (1 + a / b)$, expressa em megapascais (MPa);
- b) para aparelhos de apoio elastoméricos fretados adota-se $(N_{\min,k} / A') > 2$ MPa,

com $A' = (a - a_h) \cdot b$ (ver Figura 10).

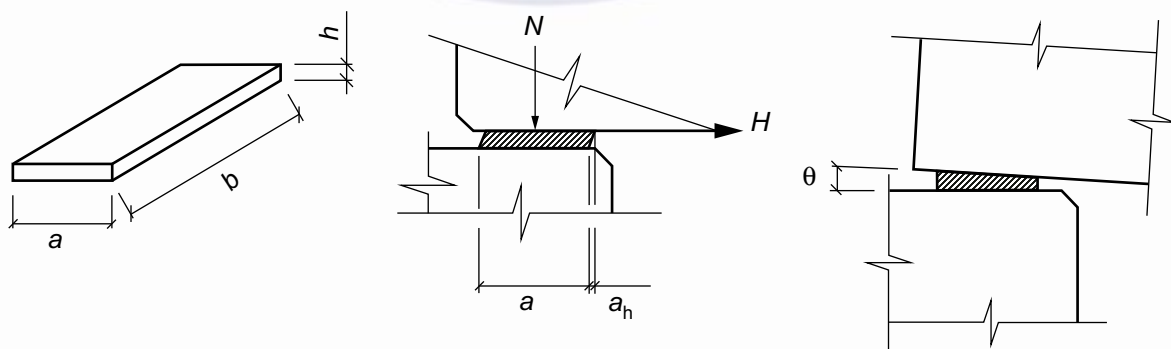


Figura 10 – Parâmetros referentes ao aparelho de apoio

ABNT NBR 9062:2017

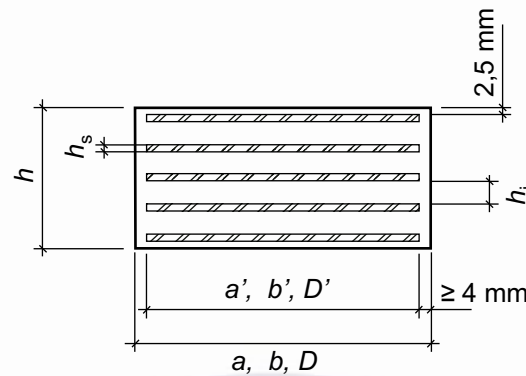


Figura 11 – Dimensões do aparelho de apoio fretado

7.2.1.6.23 A condição de não levantamento da borda menos carregada do aparelho de apoio simples é que as tangentes das rotações θ_g , impostas pelas cargas permanentes e θ_q , imposta pelas cargas acidentais, devem verificar a mais desfavorável das condições a seguir (todos os esforços são característicos):

a) condição 1:

$$\operatorname{tg}\theta_g < \frac{2 \cdot h_1}{a}$$

$$h_1 = \frac{h \cdot \sigma_g}{10 \cdot G \cdot S + 2 \cdot \sigma_g}$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{(a - a_h) \cdot b}$$

b) condição 2:

$$\operatorname{tg}\theta_g + 1,5 \operatorname{tg}\theta_q < \frac{2 \cdot h_2}{a}$$

$$h_2 = \frac{h \cdot \sigma_{g+q}}{10 \cdot G \cdot S + 2 \cdot \sigma_{g+q}}$$

$$\sigma_{g+q} = \frac{N_g + N_q}{(a - a_h) \cdot b}$$

sendo

$$S = \frac{a \cdot b}{2(a + b) \cdot h}$$

7.2.1.6.24 A condição de não levantamento da borda menos carregada do aparelho de apoio fretado deve ser verificada pelo atendimento da condição mais desfavorável a seguir, considerando as tangentes das rotações θ_g , imposta pelas cargas permanentes, e θ_q , imposta pelas cargas acidentais (todos os esforços característicos):

a) condição a:

$$\operatorname{tg}\theta_g < \frac{6 \cdot \sum h_{1i}}{a'}$$

$$h_{1i} = \frac{h_i \cdot \sigma_g}{4 \cdot G \cdot S_i^2 + 3 \cdot \sigma_g}$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{(a' - a'_h) \cdot b'}$$

b) condição b:

$$\operatorname{tg}\theta_g + 1,5\operatorname{tg}\theta_q < \frac{6 \cdot \sum h_{2i}}{a'}$$

$$h_{2i} = \frac{h_i \cdot \sigma_{g+q}}{4 \cdot G \cdot S_i^2 + 3 \cdot \sigma_{g+q}}$$

$$\sigma_{g+q} = \frac{N_g + N_q}{(a' - a'_h) \cdot b'}$$

sendo

$$S_i = \frac{a' \cdot b'}{2(a' + b') \cdot h_i}$$

onde

h_i é a espessura de cada camada de elastômero.

7.2.1.6.25 A tensão do cisalhamento no elastômero deve ser limitada ao indicado abaixo, verificando-se também a condição de atuação somente da carga permanente (todos os esforços são característicos):

$$\tau = \tau_n + \tau_h + \tau_\theta \leq 5G$$

sendo

$$\tau_n = \frac{1,5}{S_i} \cdot \frac{N_g + 1,5 \cdot N_q}{a \cdot b}$$

$$\tau_h = \frac{G \cdot a_h}{\sum h_i} = \frac{H_g + 0,5 \cdot H_q}{a \cdot b}$$

$$\tau_\theta = \frac{G \cdot a^2}{2 \cdot h_i \cdot \sum h_i} \cdot (\operatorname{tg}\theta_g + 1,5\operatorname{tg}\theta_q)$$

ABNT NBR 9062:2017

Estas expressões, que devem ser aplicadas para cada camada de elastômero, são válidas também para aparelho de apoio simples.

7.2.1.6.26 Pode ser dispensada a verificação da estabilidade do aparelho de apoio, desde que $\Sigma h_i < (a/5)$.

7.2.2 Ligações solicitadas predominantemente por tração

Situam-se, neste caso, a suspensão de elementos pré-moldados por tirantes de concreto ou outros dispositivos, fixados em outros elementos pré-moldados ou de concreto moldado no local, ou a ligação de elementos pré-moldados verticais de vedação com seus apoios superiores.

7.2.2.1 Tirantes

7.2.2.1.1 A força de tração deve ser resistida exclusivamente pela armadura, devendo ser adotado um coeficiente de redução da tensão mínima de escoamento, conforme a ABNT NBR 6118.

7.2.2.1.2 No caso de existirem entalhes na armadura (filetes de rosca, por exemplo), deve ser considerada a diminuição de resistência correspondente.

7.2.2.1.3 No caso da utilização de perfis de aço para transmissão da força de tração, deve ser dada atenção especial ao modo de transferir a tração no perfil para o concreto.

7.2.2.2 Dispositivos especiais

7.2.2.2.1 Podem ser utilizados dispositivos metálicos devidamente fixados ao concreto em elementos suspensos ou verticais de vedação, constituídos por placas, barras, parafusos e perfis laminados, extrudados ou formados por chapas dobradas, ligadas por parafusos, porcas, rebites ou solda, desde que devidamente comprovadas sua eficiência e segurança.

7.2.2.2.2 Estes dispositivos devem ser projetados de forma a permitir a ligação das partes constituintes dos elementos pré-moldados, assim ligados, ainda que deslocados de suas posições determinadas no projeto, sempre, porém, dentro das tolerâncias admitidas.

7.2.2.2.3 Os materiais, os processos empregados para as ligações e a sua proteção devem obedecer às Normas Brasileiras e, quando da inexistência destas, a eficácia e a durabilidade do sistema devem ser comprovadas por verificação experimental, conforme 5.5.

7.2.2.2.4 As resinas adesivas e os chumbadores mecânicos podem ser usados nas ligações, desde que sejam respeitadas as distâncias mínimas de borda, bem como seja verificado o efeito do grupo no cone de arrancamento. Deve ser realizada verificação da ancoragem dos elementos chumbados no concreto. As resinas e os chumbadores mecânicos devem estar protegidos contra temperaturas superiores a 80 °C e devem também ter comprovação quanto à eficiência tanto na execução, quanto na vida útil da edificação.

7.2.2.2.5 Para vergalhões chumbados com adesivos químicos injetáveis, deve ser seguido o disposto em 7.2.2.3.

7.2.2.3 Fixação de vergalhões com adesivos químicos injetáveis

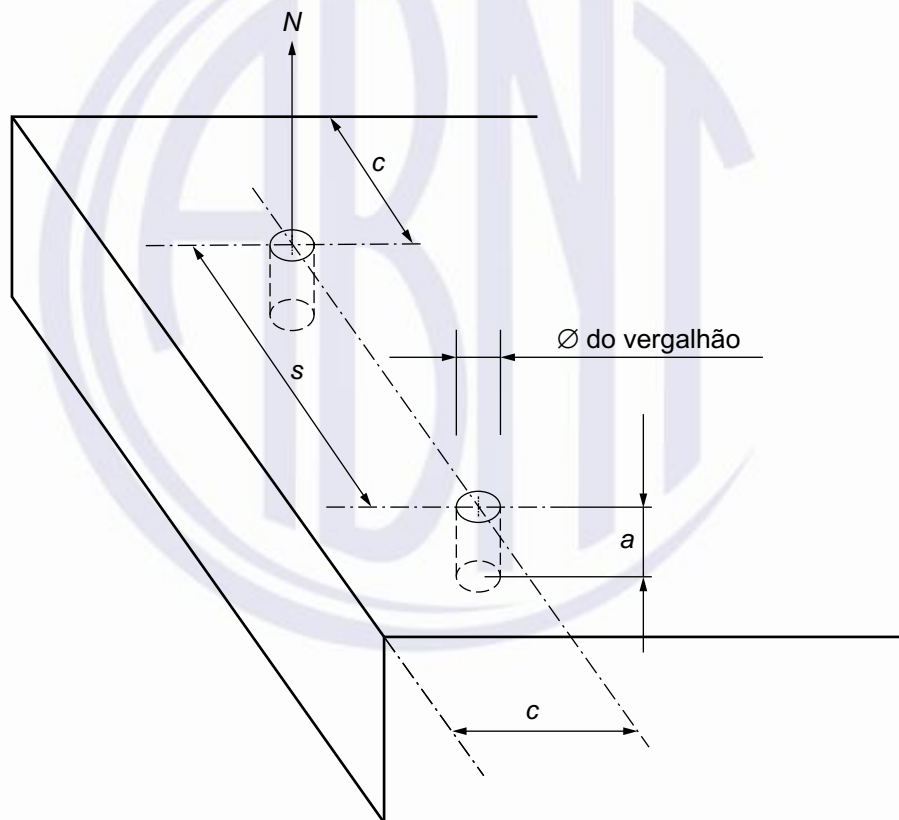
7.2.2.3.1 Somente pode ser utilizado adesivo para fixação de vergalhões no concreto quando utilizados adesivos específicos para este fim e com eficiência comprovada pelo fabricante e conforme ABNT NBR 14827.

7.2.2.3.2 Somente devem ser realizadas fixações de vergalhões com profundidade de embutimento no concreto de oito diâmetros da barra (mínimo) a 20 diâmetros da barra (máximo).

7.2.2.3.3 É obrigatório que o diâmetro do furo realizado esteja dentro da especificação do fabricante do adesivo, não sendo permitido diâmetro maior que 1,5 diâmetros do vergalhão.

7.2.2.3.4 Não é permitida a fixação de vergalhões com distâncias da borda e/ou de outros vergalhões inferiores a quatro diâmetros do vergalhão, sendo esta a distância mínima permitida, sempre medida a partir do eixo do vergalhão (ver Figura 12).

7.2.2.3.5 É denominada distância crítica da borda a distância do vergalhão chumbado à borda de 7 diâmetros. É denominada distância crítica de um vergalhão chumbado ao outro vergalhão de 14 diâmetros. Em ambos os casos o vergalhão deve ter o embutimento mínimo que garanta sua ancoragem completa (ver Tabela 12).



Legenda

- a* profundidade do embutimento dentro do concreto
- c* distância do vergalhão à borda
- s* distância entre vergalhões chumbados

Figura 12 – Disposições construtivas

ABNT NBR 9062:2017

Tabela 12 – Especificações dos chumbadores

a	entre 8 \emptyset a 20 \emptyset	
c	Mínimo 4 \emptyset	Crítico = 7 \emptyset
s	Mínimo 4 \emptyset	Crítico = 14 \emptyset
\emptyset Diâmetro do vergalhão		

7.2.2.4 Fixação de vergalhões sujeitos exclusivamente a esforços de tração

7.2.2.4.1 Quando não especificada rigorosamente a condição de fixação pelo fabricante, não podem ser utilizadas tensões no vergalhão maiores que f_{yd} multiplicado pelo fator redutor γ_m .

7.2.2.4.2 O valor de γ_m deve ser de no máximo 1,0, sendo reduzido obrigatoriamente quando o vergalhão chumbado estiver à distância menor ou igual que a distância crítica da borda ou de outros vergalhões chumbados.

7.2.2.4.3 Em relação à distância da borda, quando não especificado rigorosamente pelo fabricante, o redutor γ_m , sendo denominado γ_{m1} , deve variar de 0,7 a 0,9 entre a distância mínima à distância crítica, interpolado linearmente entre os valores da Tabela 13.

Tabela 13 – Relação entre a distância da borda e o coeficiente redutor

Distância da borda	Valor de γ_{m1}
4 ϕ	0,7
5 ϕ	0,75
6 ϕ	0,8
7 ϕ	0,9
> 7 ϕ	1,0

7.2.2.4.4 Em relação à distância entre vergalhões chumbados, quando não especificado rigorosamente pelo fabricante, o redutor γ_m , sendo denominado γ_{m2} , deve variar de 0,7 a 0,9 entre a distância mínima à distância crítica, interpolado linearmente entre os valores da Tabela 14.

Tabela 14 – Relação entre a distância de vergalhões chumbados e o coeficiente redutor

Distância entre vergalhões chumbados	Valor de γ_{m2}
4 \emptyset	0,7
5 \emptyset	0,72
6 \emptyset	0,74
7 \emptyset	0,76
8 \emptyset	0,78
9 \emptyset	0,80
10 \emptyset	0,82
11 \emptyset	0,84
12 \emptyset	0,86
13 \emptyset	0,88
14 \emptyset	0,90
> 14 \emptyset	1,0

7.2.2.4.5 Quando ocorrer a simultaneidade de distância da borda com distância entre outros vergalhões chumbados, a tensão f_{yd} deve ser multiplicada pelos coeficientes γ_{m1} e γ_{m2} quantas vezes a simultaneidade de efeitos ocorrer.

7.2.2.4.6 É obrigatório que a execução do vergalhão chumbado seja acompanhada por engenheiro responsável, que obrigatoriamente deve realizar rigorosamente os procedimentos definidos pelo fabricante, preenchendo relatório para cada vergalhão chumbado contendo a verificação de diâmetro do furo, profundidade do furo, quantidade de adesivo aplicado e limpeza do furo antes da injeção do adesivo, sendo este documento denominado documento de inspeção.

7.2.2.4.7 A existência de projeto deve especificar as informações para execução da fixação de vergalhões.

7.2.2.4.8 É permitida a realização de projeto de fixação de vergalhões considerando o previsto em 5.5, que trata do projeto acompanhado por verificação experimental.

7.2.3 Ligações solicitadas predominantemente por flexão

7.2.3.1 Situa-se neste caso a realização da continuidade de elementos pré-moldados, como vigas, lajes, pilares, pórticos e arcos. Permite-se a subdivisão de elementos pré-moldados de grandes dimensões em segmentos. A solidarização desses segmentos pode ser feita por protensão, por solda, por meio de dispositivos metálicos ou mediante concretagem local.

7.2.3.2 Em qualquer caso, exige-se verificação da resistência da seção emendada ao esforço cortante (cisalhamento).

7.2.3.3 A ligação que deve impedir a rotação relativa dos elementos ligados deve ser realizada antes da aplicação de sobrecargas permanentes ou variáveis.

7.2.3.4 No caso de serem projetadas ligações que impeçam total ou parcialmente a rotação dos elementos ligados, é obrigatória a verificação da ductilidade da ligação quanto à rotação relativa entre os elementos ligados.

7.2.3.5 No caso de serem projetadas ligações que permitam qualquer rotação dos elementos ligados com concretagem local, deve ser prevista armadura suficiente para evitar a abertura de fissuras, quando a estrutura for utilizada em serviço. Deve ser seguido o disposto em 7.2.1.4.

7.2.3.6 É permitida a utilização de dispositivos especiais, conforme 7.2.2.2 e 7.2.2.3.

7.2.4 Ligações solicitadas predominantemente por cisalhamento

Situam-se neste caso ligações na emenda transversal de lajes, mesas de vigas T , segmentos de pilares e pórticos ou arcos com ligações semirrígidas onde o momento solicitante é menor ou igual a 15 % do momento resistente do elemento.

7.2.4.1 Ligações transversais de lajes e mesas de vigas T

7.2.4.1.1 A distribuição dos esforços transversais entre unidades de lajes, ou nas mesas de vigas T , deve ser assegurada por ligações transversais apropriadas. O detalhamento da ligação a ser adotado deve ser consistente com as hipóteses assumidas na análise e dimensionamento estrutural, ou ainda na análise experimental, quando adotada.

7.2.4.1.2 Devem ser empregados meios adequados para impedir deflexões diferenciais devidas a cargas acidentais não uniformemente distribuídas nas juntas de elementos pré-moldados que formam pisos, forros e outras estruturas semelhantes.

ABNT NBR 9062:2017

7.2.4.1.3 No caso de aplicação de cargas pontuais ou linearmente distribuídas paralelamente às juntas, deve ser realizada a verificação dos esforços de cisalhamento aplicados nas ligações entre lajes.

7.2.4.1.4 Estas ligações podem ser feitas através do emprego de juntas ou ligações representadas na Figura 13, sendo provenientes de:

- juntas concretadas ou grauteadas;
- ligações soldadas;
- capeamento com armadura transversal;
- associação de duas ou mais situações anteriores.

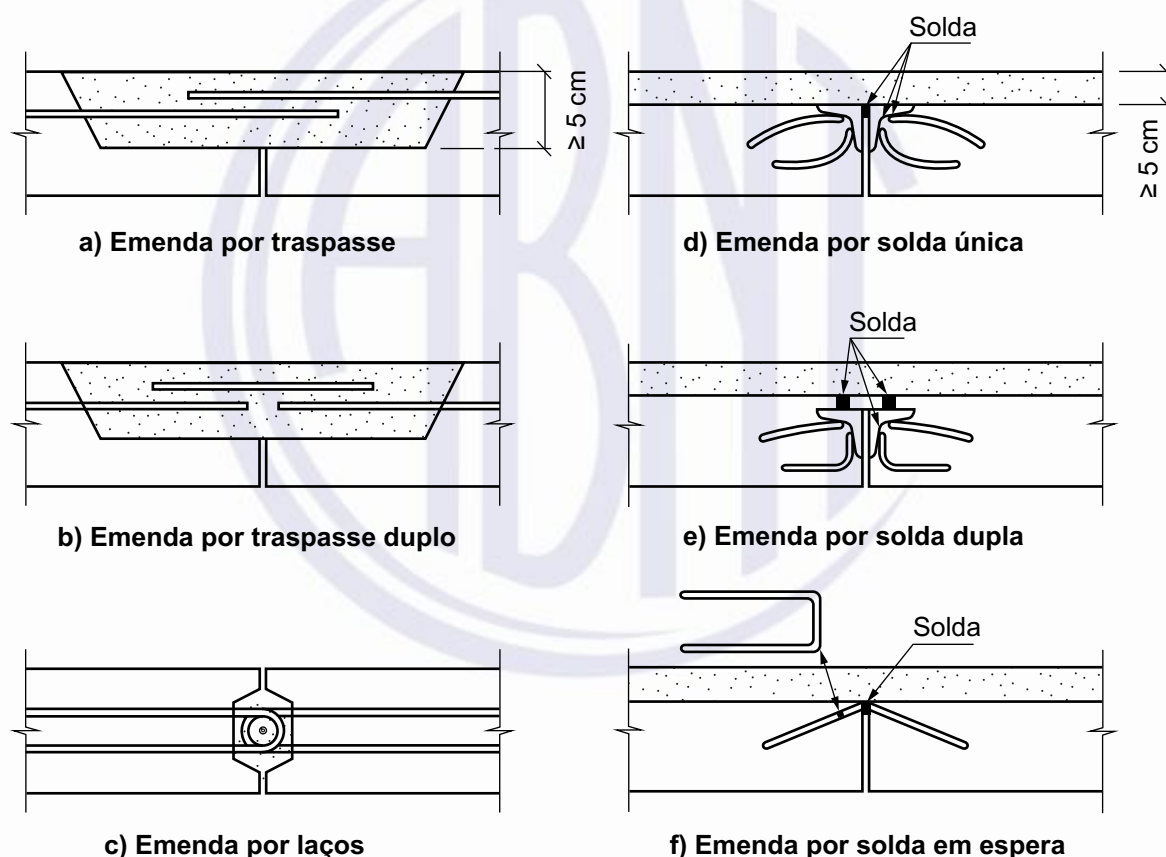


Figura 13 – Exemplos de emendas nas bordas das lajes

NOTA 1 As ligações tipo a) e b) podem ser por simples traspasse ou por solda.

NOTA 2 As ligações tipo d) e e) utilizam cantoneiras metálicas devidamente ancoradas no concreto dos elementos, soldadas duas a duas, diretamente ou através de um elemento metálico intermediário.

NOTA 3 A ligação tipo c) é realizada pelo traspasse de barras dobradas em laço na junta do tipo representado nesta Figura, com preenchimento posterior.

NOTA 4 A ligação tipo f) é realizada utilizando-se barras metálicas dobradas em U, devidamente ancoradas no concreto dos elementos, soldadas duas a duas, diretamente ou através de um elemento metálico intermediário.

7.2.4.1.4.1 Quando a solução de capeamento de concreto for empregada, a espessura mínima da capa em pontos isolados não pode ser inferior a 3 cm, adotando-se 5 cm como espessura mínima nominal de projeto, conforme exemplificado na Figura 14.

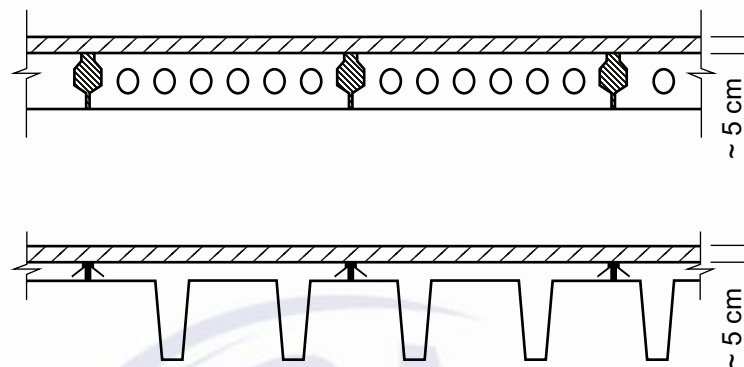


Figura 14 – Espossuras médias mínimas de capeamento das lajes

7.2.4.1.4.2 Não há necessidade de verificação dos esforços atuantes na região das juntas dos elementos pré-moldados de lajes, se a tensão de referência τ_{wd} não exceder $0,15 f_{ctdj}$ (considerando a tensão calculada na altura h_2 da Figura 15). Neste caso, a ligação pode ser realizada pelo rejuntamento das folgas entre as bordas dos elementos pré-moldados, com argamassa de cimento ou concreto. As folgas devem apresentar geometria adequada para garantir a transmissão da força cortante, sem levar em conta a aderência da argamassa de cimento ou concreto com os elementos, conforme exemplos da Figura 15.

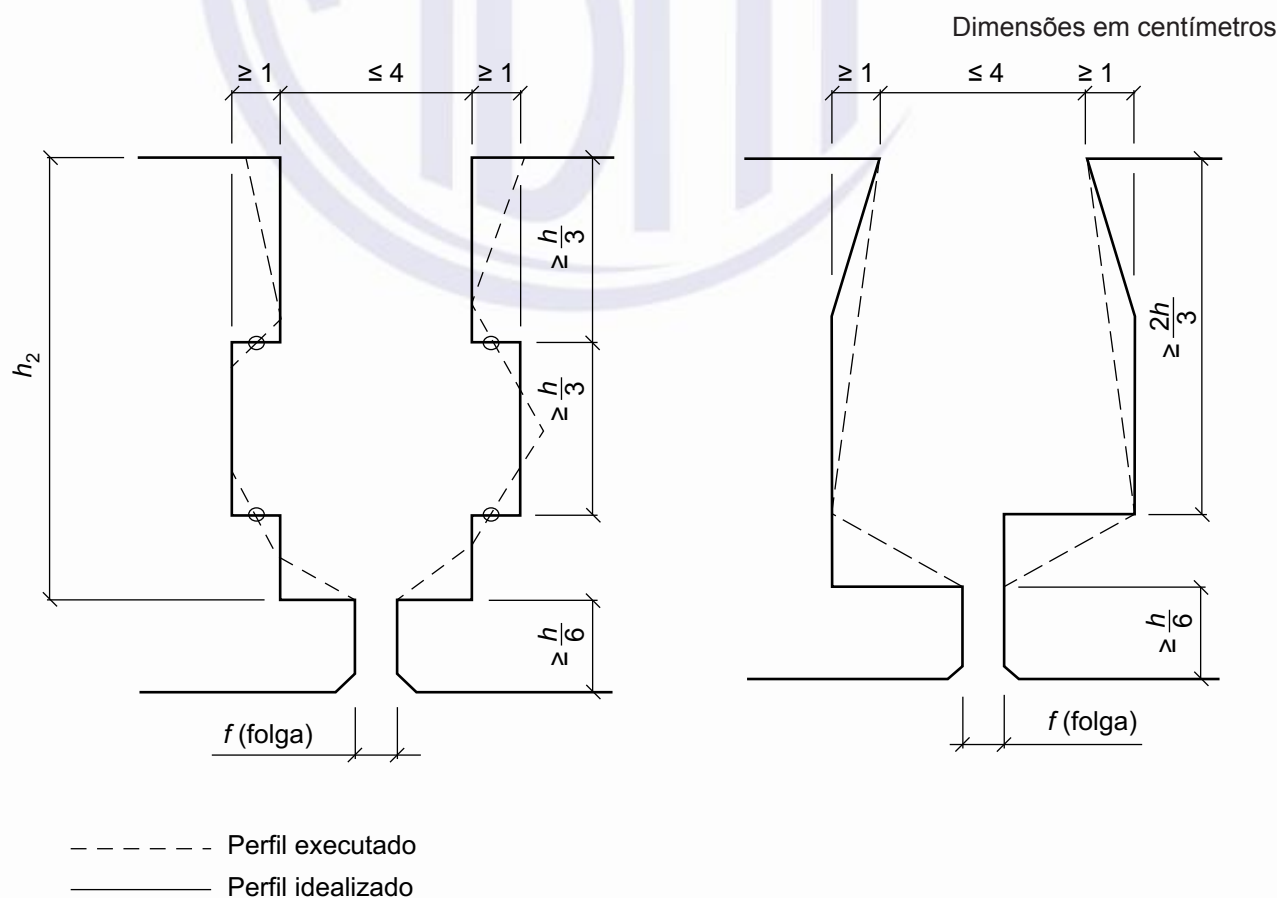


Figura 15 – Seções nas juntas entre lajes com transmissão da força cortante

ABNT NBR 9062:2017

7.2.4.1.4.3 Quando se adotar a solução de capeamento conforme 7.2.4.1.4.1, não há necessidade de verificação dos esforços atuantes na região das juntas dos elementos pré-moldados de lajes, conforme 7.2.4.1.4.2, onde h_2 da Figura 15 deve ser somado à altura do capeamento.

7.2.4.1.4.4 Para os casos onde a tensão de referência for maior que $0,15 f_{ctdj}$, há obrigatoriedade de verificação dos esforços atuantes na região das juntas dos elementos pré-moldados de lajes, dimensionando-se devidamente as ligações, conforme especificado em 7.2.4.1.1 a 7.2.4.1.4.

7.2.4.2 Ligações em pilares, pórticos e arcos

Qualquer processo de comprovada eficácia e durabilidade nos ensaios conclusivos conforme 5.5, pode ser utilizado na especificação da ligação em pilares, pórticos e arcos. Na Figura 16 podem ser observados alguns exemplos ilustrativos de ligações em pilares.

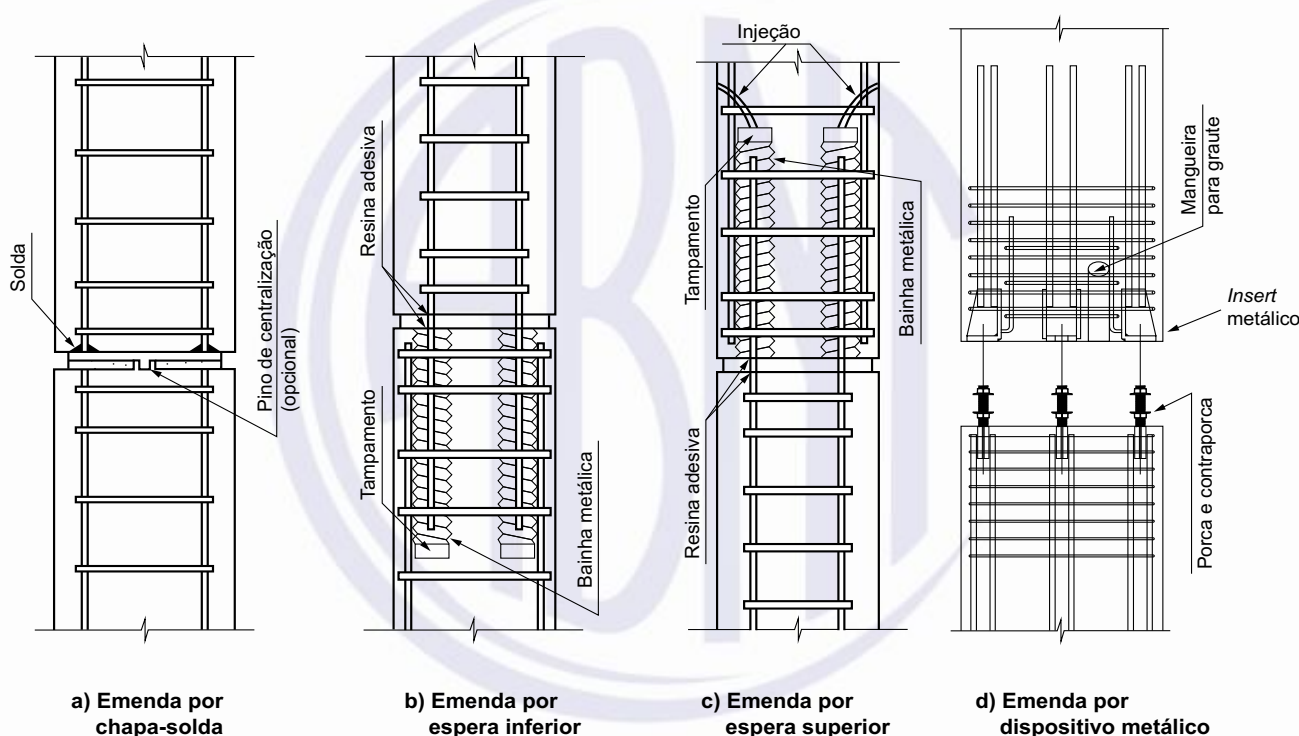


Figura 16 – Exemplo de ligações em pilares

7.2.5 Ligação em pilares, pórticos e arcos com a fundação

Pode ser utilizado o disposto em 7.7 e 7.2.4.2.

7.3 Ligações por meio de consolos de concreto

7.3.1 Segurança

7.3.1.1 Os critérios adotados quanto à segurança, valores característicos, valores de cálculo, coeficientes de minoração e de majoração a serem adotados em ligações por meio de consolos de concreto, bem como para armadura de cintamento no topo do pilar, conforme 6.2.3, são os das ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 8681, multiplicando-se o coeficiente de majoração por um fator γ_n , sendo que:

a) no caso de elementos pré-fabricados, definidos em 3.9:

$$\gamma_n = 1,0, \text{ quando a carga permanente for preponderante;}$$

$$\gamma_n = 1,1, \text{ em caso contrário.}$$

b) nos elementos pré-moldados, definidos em 3.8:

$\gamma_n = 1,1$, quando a carga permanente for preponderante;

$\gamma_n = 1,2$, em caso contrário.

7.3.1.2 Os efeitos de impactos, choques e vibrações são levados em consideração na determinação do valor de γ_n , não se adotando valores inferiores aos estabelecidos em 7.3.1.1.

7.3.1.3 É necessária a análise do efeito desfavorável na resistência do consolo, devido à variação das ações sem inversão dos esforços, considerando-se a análise dinâmica e fadiga conforme a ABNT NBR 6118. É obrigatória a análise em consolos para vigas de rolamento de pontes rolantes.

7.3.1.4 As ações devidas à variação volumétrica das estruturas ligadas ao consolo devem ser obrigatoriamente levadas em consideração.

7.3.1.5 Devem ser adicionadas ao cálculo dos consolos as ações horizontais atuantes, ou as componentes horizontais de forças provenientes de consolos inclinados.

7.3.1.6 Devem ser levadas em conta, na determinação das ações horizontais, a elasticidade dos demais elementos em contato com o consolo e a existência ou não de pinos de ligação ou elementos intermediários (chapas metálicas, aparelhos de apoio elastoméricos, argamassa e outros).

7.3.1.7 Na falta de um cálculo rigoroso, permite-se adotar para as ações horizontais uma fração das ações verticais, conforme indicado em 7.3.9.

7.3.1.8 Deve ser levado em conta o efeito da torção no modelo biela tirante espacial, fora do plano médio do consolo, obedecendo aos valores últimos das tensões de cálculo da ABNT NBR 6118, particularmente nos consolos destinados a receber:

- a) carregamentos devidos a futuras ampliações;
- b) cargas móveis transmitidas através de vigas de rolamento;
- c) vigas com torção.

7.3.2 Dimensionamento dos consolos e esforços resistentes

7.3.2.1 Generalidades

As Figuras 17 e 18 mostram as armaduras típicas e o modelo biela-tirante para um consolo curto.

ABNT NBR 9062:2017

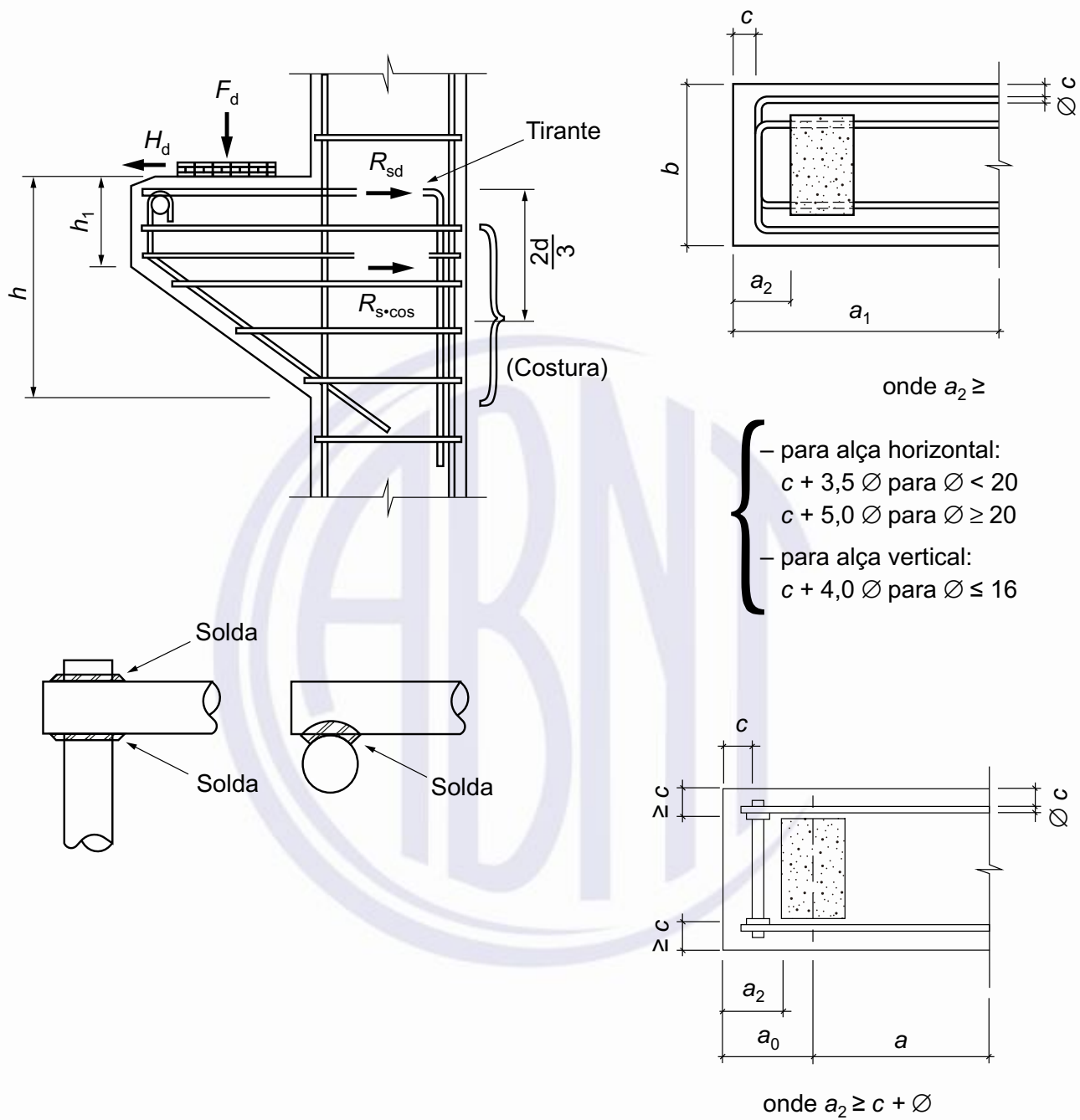


Figura 17 – Armadura típica de um consolo curto

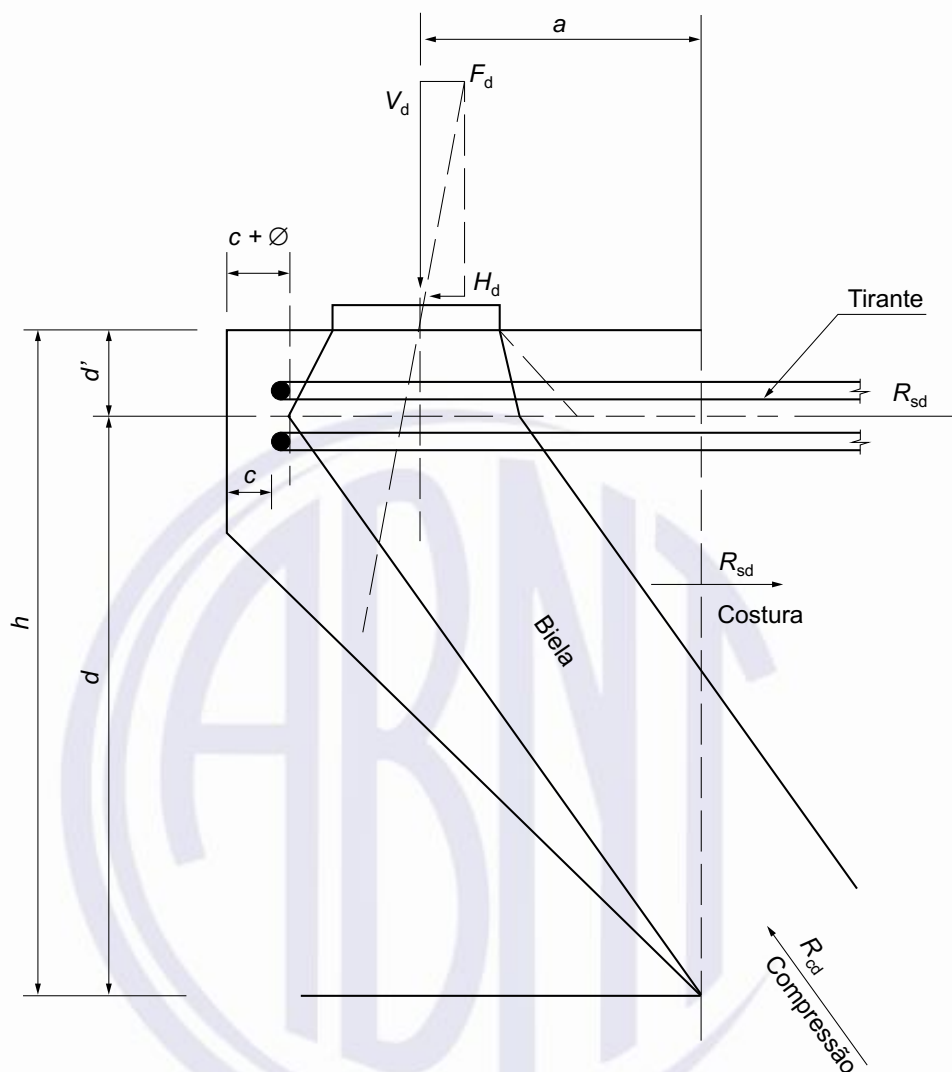


Figura 18 – Modelo para consolo curto

7.3.2.2 Hipótese de cálculo

As hipóteses para o cálculo de consolos deve obedecer às seguintes condições:

- para $1,0 < a/d \leq 2,0$: o dimensionamento é feito como viga em balanço, aplicando-se o disposto na ABNT NBR 6118 para flexão e força cortante, observando-se o disposto em 7.3.1, 7.3.3, 7.3.6 e 7.3.7;
- para $0,5 < a/d \leq 1,0$ (consolos curtos): o dimensionamento é feito segundo o modelo matemático de uma treliça de barras, uma tracionada ou tirante e outra comprimida ou biela (ver Figura 18) e as demais como barras da armadura de costura. Devem ser estabelecidas limitações para as solicitações dos materiais constitutivos das barras (aço no tirante e concreto na biela), conforme 7.3.4.1 e 7.3.5, observando-se disposto em 7.3.1, 7.3.3, 7.3.6 e 7.3.7;

ABNT NBR 9062:2017

- c) para $a/d \leq 0,5$ (consolos muito curtos): o dimensionamento é feito supondo a ruptura ao longo do plano de ligação do consolo com seu suporte, podendo-se considerar o efeito favorável de engrenamento dos agregados, desde que a interface seja atravessada por barras de aço perpendiculares a ela e satisfazendo o disposto em 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4.2, 7.3.5 e 7.3.6;
- d) despreza-se o eventual efeito favorável de cargas horizontais que comprimam o plano de ligação entre o consolo e o elemento de sustentação;
- e) considera-se que o efeito de cargas horizontais que tracionem o plano de ligação entre o consolo e o elemento de sustentação seja absorvido integralmente pelo tirante;
- f) consideram-se as hipóteses de cálculo da ABNT NBR 6118 que não sejam conflitantes com esta Norma.

7.3.3 Disposições construtivas

7.3.3.1 A altura da face externa do consolo não pode ser menor que a metade da altura do consolo no engastamento, deduzido o afastamento do aparelho de apoio à borda externa, conforme a Figura 17, sendo:

$$h_1 \geq h / 2 - a_2$$

7.3.3.2 O comprimento a_1 e a largura b do consolo devem ser fixados levando em conta a folga, conforme a Figura 17.

7.3.3.3 Quando o afastamento lateral do aparelho de apoio for superior ao cobrimento da armadura, deve-se armar para a força de fendilhamento, podendo-se, para tal, utilizar a teoria dos blocos parcialmente carregados (ver pressão de contato em área reduzida da ABNT NBR 6118).

7.3.3.4 A distância a_2 da face externa do aparelho de apoio à face externa do consolo deve ser no mínimo:

- a) $a_2 = c + \emptyset$, para o tirante ancorado por barra transversal soldada de mesmo diâmetro, conforme a Figura 17;
- b) $a_2 = c + 3,5 \emptyset$, para o tirante ancorado por alças horizontais com $\emptyset < 20$ mm, conforme a Figura 17;
- c) $a_2 = c + 5 \emptyset$, para o tirante ancorado por alças horizontais com $\emptyset \geq 20$ mm, conforme a Figura 17;
- d) $a_2 = c + 4 \emptyset$, para o tirante ancorado por alças verticais, com $\emptyset \leq 16$ mm, conforme 7.3.3.16, 7.3.3.17 e Figura 17.

7.3.3.5 Não é necessário prever armadura para impedir o fendilhamento no plano horizontal das alças do tirante para cargas diretas, quando a_2 obedecer à seguinte condição:

$$3c \leq a_2 \leq 3(c + \emptyset)$$

Apenas neste caso, os raios de curvatura interna das alças podem ser iguais aos mínimos especificados pela ABNT NBR 6118 para ganchos.

7.3.3.6 O diâmetro (\emptyset) das barras do tirante ancorado por alças horizontais não pode ser maior que um oitavo da menor dimensão do consolo na seção de engastamento ou 25 mm, e seu espaçamento (em planta) não pode ser maior que $15 \emptyset$ ou d .

7.3.3.7 O diâmetro (\emptyset) das barras do tirante ancorado por barra transversal soldada de mesmo diâmetro não pode ser maior que um sexto da menor dimensão do consolo na seção de engastamento ou 25 mm, e seu espaçamento (em planta) não pode ser maior que $20 \emptyset$ ou d .

7.3.3.8 A solda das barras deve seguir os dispositivos da ABNT NBR 6118.

7.3.3.9 O eletrodo empregado deve garantir alta penetração e ser compatível com a composição do aço utilizado.

7.3.3.10 Não é permitido o uso de aços encruados a frio ou de teor de carbono equivalente ou superior a 0,55 %.

7.3.3.11 Toda armadura do tirante deve ser localizada no quinto da altura do consolo junto à borda tracionada.

7.3.3.12 A armadura de costura deve ser distribuída respeitando os esquemas de cálculo de 7.3.6 e seu diâmetro não pode ser maior que $1/15$ da menor dimensão do consolo no engastamento, e seu espaçamento na vertical não pode ser maior que:

- 10 cm;
- distância a .

7.3.3.13 Para consolos com $d > 4(a + a_0)$, dispensa-se a armadura de costura ($A_{s, cost}$), na zona 2, substituindo-a por armadura de pele com taxa $\rho = A_{s, min}/b d \geq 0,002$ por face, conforme Figura 19. Quanto à abertura de fissuras, esta taxa deve ser a resultante da aplicação da ABNT NBR 6118.

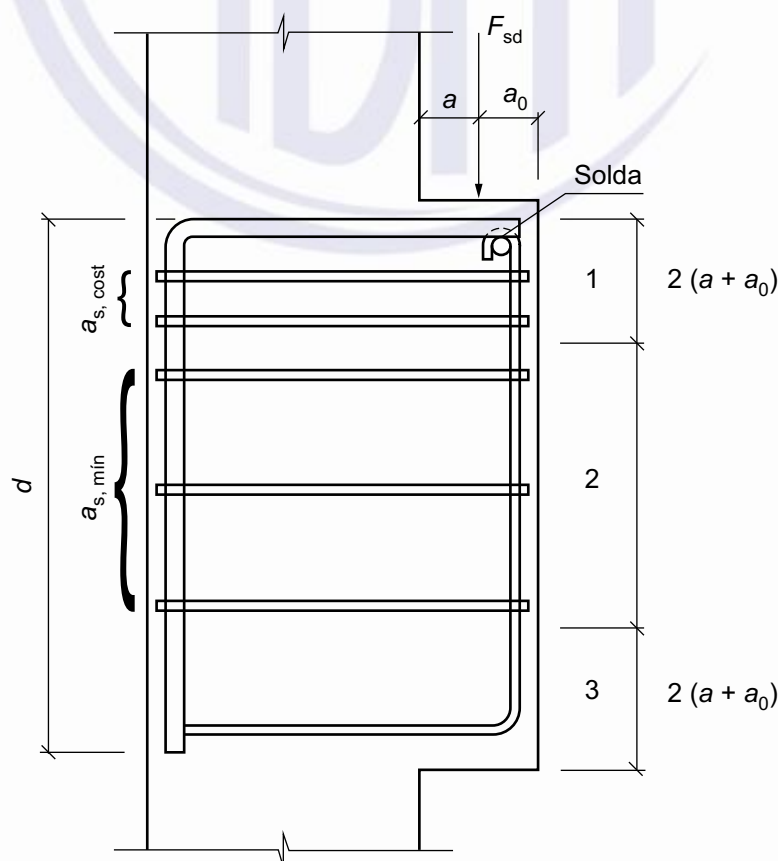


Figura 19 – Detalhe de posicionamento de armadura de costura

ABNT NBR 9062:2017

7.3.3.14 Na face do elemento-suporte do consolo, deve ser disposta armadura igual à do tirante, na forma de barras nos pilares e nervuras verticais e na forma de estribos colocados em extensão menor ou igual a $2b$, nas vigas e elementos assemelhados (ver Figura 20).

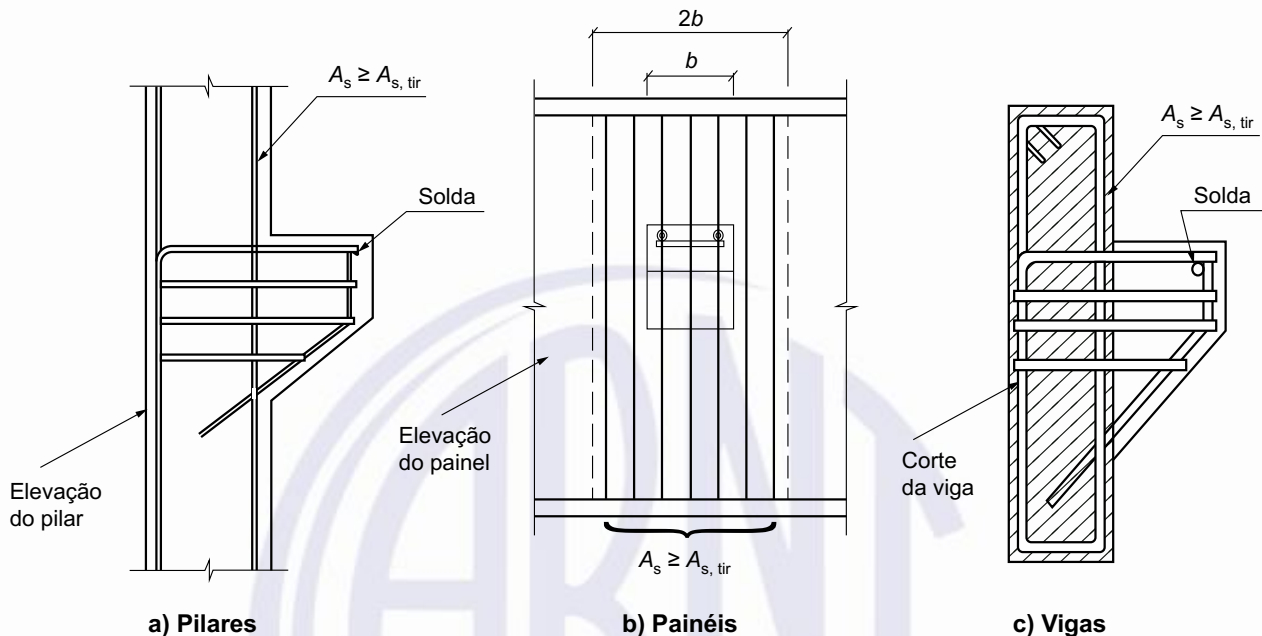


Figura 20 – Detalhes de armadura para consolos em diferentes tipos de peças

7.3.3.15 Os detalhes das armaduras devem ser tais que evitem as rupturas prematuras localizadas.

7.3.3.16 Fica proibida a execução de consolos com tirantes ancorados por alças verticais para diâmetros de barras maiores que 16 mm.

7.3.3.17 No caso da utilização de consolos com tirantes ancorados por alças verticais, deve ser atendida a distância a_2 mínima do aparelho de apoio à face frontal, conforme Figura 17.

7.3.4 Verificação da biela comprimida

Ver Figuras 18 e 21.

7.3.4.1 Para consolos curtos com $0,5 < a/d \leq 1,0$, a tensão de compressão na biela inclinada não pode ultrapassar:

- f_{cd} para carga direta;
- $0,85 f_{cd}$ para carga indireta.

7.3.4.2 Para consolos muito curtos com $a/d \leq 0,5$, para as condições de compressão diagonal em função da tensão de cisalhamento τ_{wd} , adota-se:

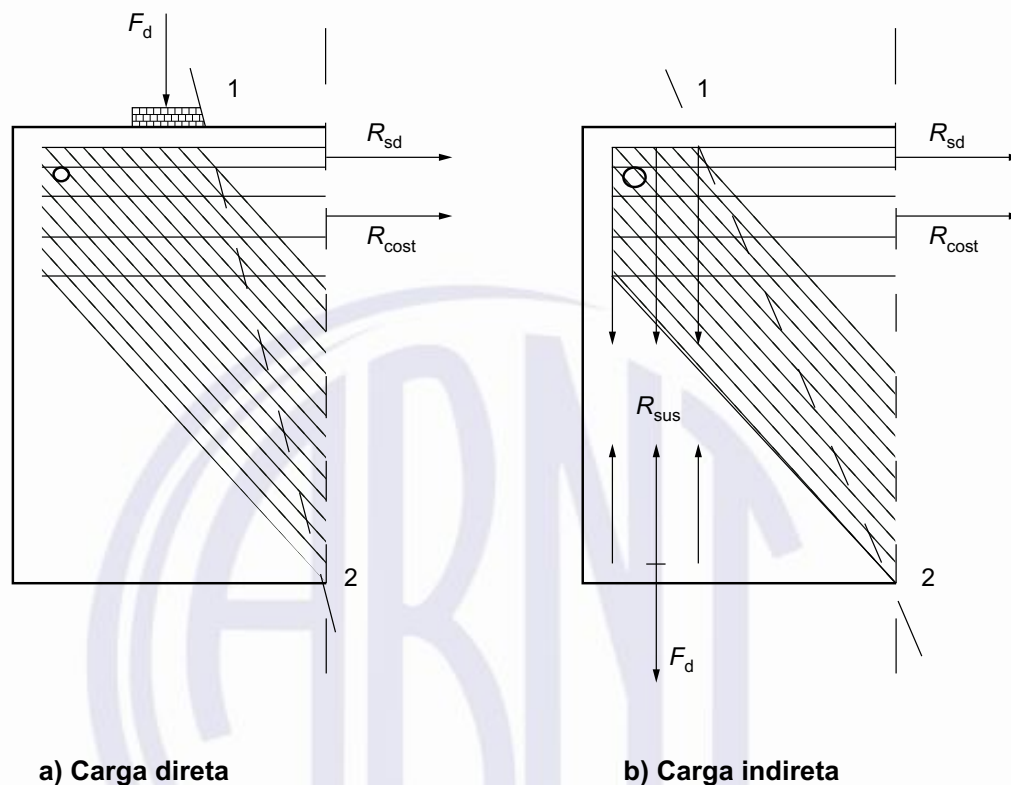
$$\tau_{wu} = 3,0 + 0,9 \cdot \rho \cdot f_{yd} \leq 0,27 (1 - f_{ck} / 250) f_{cd}$$

e

$$\tau_{wu} \leq 8 \text{ MPa}$$

sendo

$$f_{yd} \leq 435 \text{ MPa}$$



a) Carga direta

b) Carga indireta

Figura 21 – Detalhe sobre armadura de suspensão

7.3.5 Tirante

7.3.5.1 O tirante não pode ter diminuição de seção transversal entre o ponto de aplicação da carga e o engastamento, exceto quando a/d for maior que 2. Neste caso, o cálculo do consolo é feito aplicando-se o disposto na ABNT NBR 6118 para vigas.

7.3.5.2 Na seção de engastamento, a taxa mecânica de cálculo $\omega = \rho \times f_{yk}/f_{ck}$ deve ser superior a 0,04 para os consolos com $a/d \leq 2$, onde:

$$\rho = A_{s,tir}/b.d$$

onde

$A_{s,tir}$ é a área total de aço concentrada no tirante.

7.3.5.3 Para os consolos curtos, com $0,5 < a/d \leq 1,0$, admite-se para a armadura total do tirante:

$$A_{s,tir} = A_{sv} + H_d/f_{yd}$$

onde

$$A_{sv} = (0,1 + a/d) F_d/f_{yd}$$

Esta equação deve ser melhorada por aproximações sucessivas ao ser verificado o modelo matemático prescrito em 7.3.2.2-b.

ABNT NBR 9062:2017

7.3.5.4 Para consolos muito curtos, com $a/d \leq 0,5$, admite-se que a armadura total do tirante seja a seguinte:

$$A_{s,tir} = A_{sv} + H_d/f_{yd}$$

$$A_{sv} = 0,8.F_d/(f_{yd} \cdot \mu)$$

onde

- μ é igual a 1,4 para concreto lançado monoliticamente;
- μ é igual a 1,0 para concreto lançado sobre concreto endurecido com interface que satisfaça o disposto em 6.3.4;
- μ é igual a 0,6 para concreto lançado sobre concreto endurecido com interface lisa.

7.3.5.5 A ancoragem do tirante no elemento-suporte do consolo deve obedecer às especificações da ABNT NBR 6118.

7.3.6 Armadura de costura

A armadura de costura é obrigatória e considerada adequada quando:

- a) para consolos curtos, com $0,5 < a/d \leq 1,0$, adota-se o seguinte valor de armadura, distribuída em $2/3 d$, adjacentes ao tirante:

$$(A_s/s)_{cost} \geq 0,4(A_{sv}/d);$$

- b) para consolos muito curtos, com $a/d \leq 0,5$, adota-se o seguinte valor de armadura, distribuída em $2/3 d$, adjacentes ao tirante, completando-se o terço restante com armadura mínima:

$$(A_s/s)_{cost} \geq 0,5(A_{sv}/d);$$

- c) devem ser respeitadas as disposições construtivas previstas em 7.3.3;

- d) não adotar $f_{yd} > 435$ MPa;

$$A_{scost \text{ mín}} = 0,15 \cdot b \text{ cm}^2/\text{m}.$$

7.3.7 Armadura transversal

7.3.7.1 Nos consolos com $a/d > 1,0$, calcula-se a armadura transversal pela ABNT NBR 6118, fazendo $V_{co} = 0$.

7.3.7.2 Nos consolos sujeitos a cargas diretas com $a/d \leq 1,0$, os estribos verticais, são construtivamente necessários e escolhidos pelas taxas mínimas de $0,15 \% b_w \cdot h$, sendo b_w a largura do consolo e h a altura igual à do consolo na seção de engastamento.

7.3.8 Armadura de suspensão

Deve existir armadura de suspensão capaz de resistir à totalidade das cargas ou reações indiretas de cálculo com tensão f_{yd} , não se adotando $f_{yd} > 435$ MPa.

7.3.9 Transmissão de esforços horizontais

Na ausência de impedimento ao movimento horizontal, permite-se estimar a força horizontal H_d pela vertical F_d como a seguir:

- a) $H_d = 0,8 F_d$ para juntas a seco;

- b) $H_d = 0,5 F_d$ para elemento assentado com argamassa;
- c) $H_d = 0,16 F_d$ para aparelhos de apoio de elastômero;
- d) $H_d = 0,08 F_d$ para aparelhos de apoio revestidos de plástico politetrafluoretileno (PTFE);
- e) $H_d = 0,25 F_d$ para apoios realizados entre chapas metálicas não soldadas;
- f) $H_d = 0,4 F_d$ para apoios realizados entre concreto e chapas metálicas;
- g) para a concretagem no local, ligação por meio de solda ou apoio com graute, é obrigatório o estudo detalhado do valor da força horizontal aplicada na ligação;
- h) podem ser utilizados valores diferentes dos apresentados, desde que justificados por modelo de cálculo.

7.4 Ligação por meio de recortes nas extremidades dos elementos

7.4.1 Dentes de apoio (dentes Gerber)

Dentes de apoio são elementos de apoio na extremidade de vigas, placas ou painéis, cuja altura é menor que a altura do elemento a ser apoiado e que podem ser assemelhados a consolos.

7.4.2 Dimensionamento dos dentes de apoio e esforços resistentes

Permite-se assemelhar o dente de apoio a um consolo, prevalecendo os critérios de 7.3.2 (ver Figura 22), complementando com o especificado pela ABNT NBR 6118.

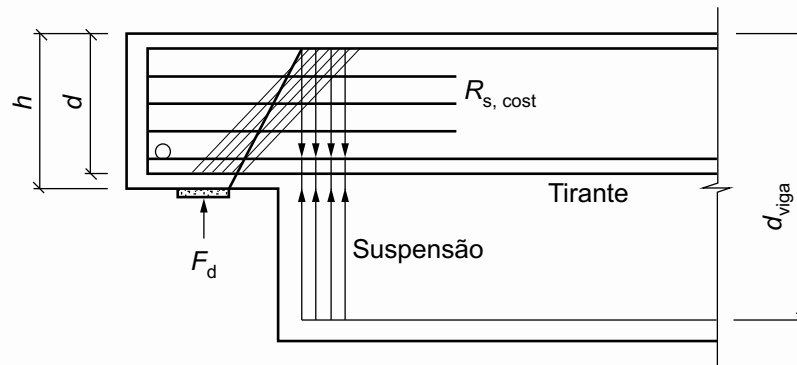
7.4.3 Biela de compressão

Para dentes de apoio assemelhados a consolos curtos com $0,5 < a/d \leq 1,0$, as dimensões e inclinação da biela de compressão são supostas variáveis e são determinadas segundo a Figura 22.

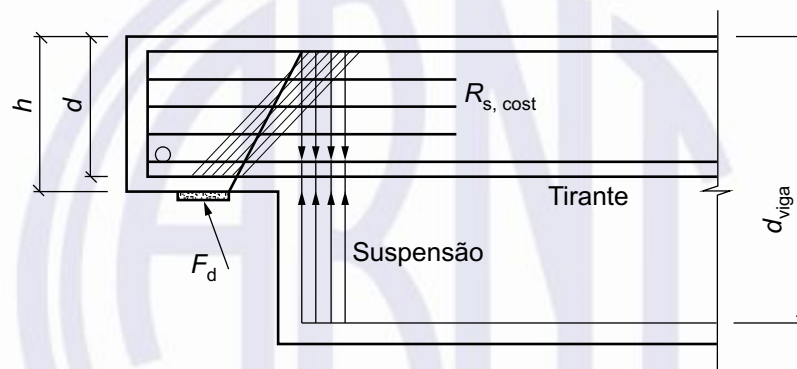
7.4.4 Tirante

7.4.4.1 O tirante é ancorado no dente por barra transversal de mesmo diâmetro, soldada na extremidade ou por alças horizontais, respeitado o disposto em 7.3.3.

ABNT NBR 9062:2017



a) Dente sem carregamento horizontal



b) Dente com carregamento horizontal

Figura 22 – Modelo em consolos tipo Gerber

7.4.4.2 O início da ancoragem do tirante na viga é suposto distante do primeiro estribo de $(d_{viga} - d)$, aplicando-se o especificado na ABNT NBR 6118 para a condição de má aderência (ver Figura 23).

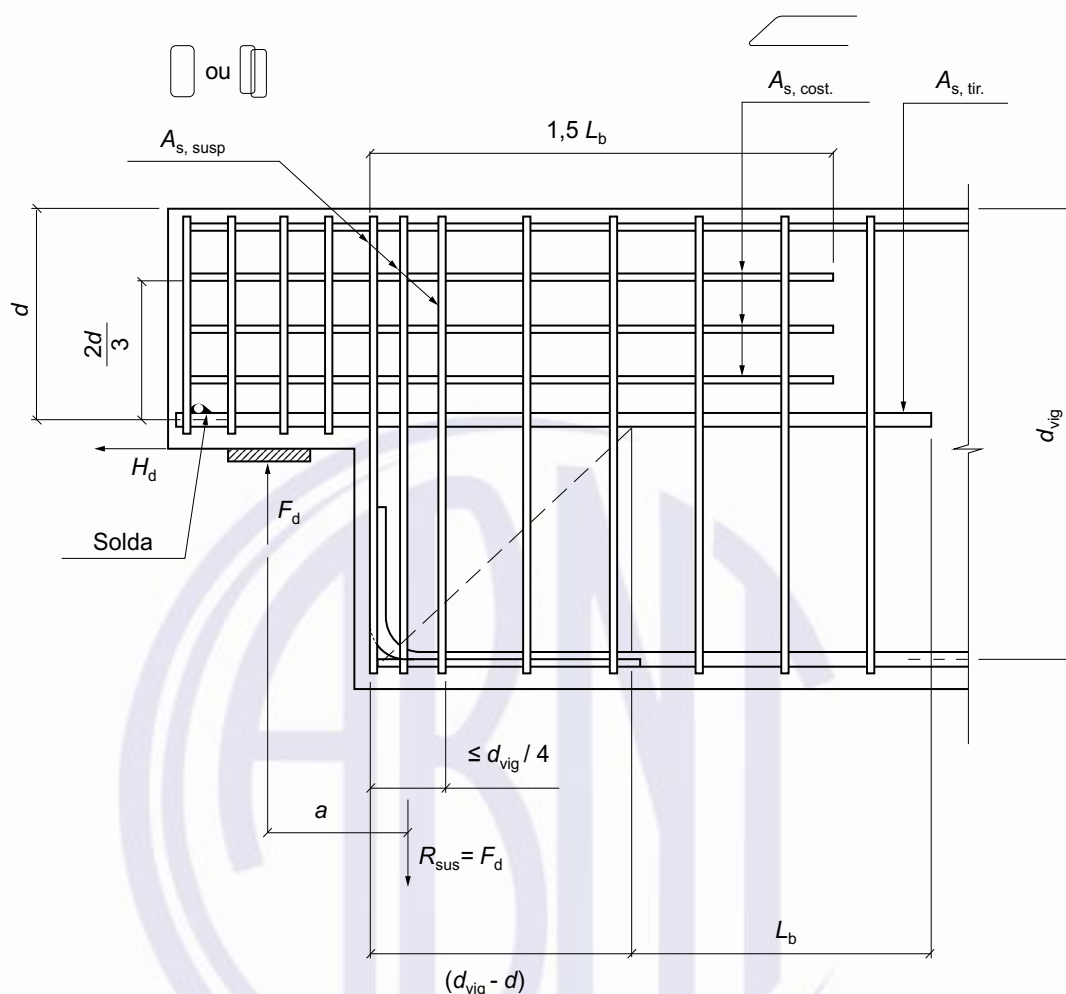


Figura 23 – Detalhe de armadura em consolo tipo Gerber

Legenda

L_b comprimento de ancoragem para condição de má aderência

7.4.5 Estribos do dente

7.4.5.1 São sempre necessários estribos horizontais ancorados na face externa do dente e penetrando 1,5 vezes o comprimento de ancoragem no interior da viga.

7.4.5.2 São necessários estribos verticais no dente, conforme 7.3.7.

7.4.5.3 Aplicam-se os valores estabelecidos para os consolos em 7.3.3 e 7.3.6.

7.4.6 Armadura de suspensão

7.4.6.1 Deve existir armadura de suspensão capaz de resistir à totalidade das cargas verticais aplicadas no dente (F_d) com tensão f_{yd} . Esta tensão não pode superar 435 MPa.

7.4.6.2 A armadura deve ser disposta concentrada na extremidade da viga adjacente ao dente de apoio, na forma de estribos fechados que envolvam a armadura longitudinal da viga, conforme Figura 23. Se forem utilizadas barras verticais adequadamente ancoradas nas suas extremidades e protegidas do risco de fendilhamento do concreto nas suas dobras, estas não podem absorver mais que $0,4 F_d$.

ABNT NBR 9062:2017

7.4.7 Limitação da compressão na biela

A tensão de compressão na biela não pode ultrapassar o disposto na ABNT NBR 6118 para a verificação da compressão da diagonal do concreto, para inclinações da biela até 45°. Para inclinações maiores, o valor-limite da tensão de compressão é de $0,85 f_{cd}$, conforme Figura 21.

7.4.8 Dentes de apoio com cargas indiretas

Aplicam-se, no que for pertinentes, aos dentes de apoio os demais esquemas, disposições construtivas e limitações dos consolos com carga indireta.

7.4.9 Forças horizontais de compatibilidade

No caso de peças protendidas, a força horizontal no tirante do dente de apoio deve ser acrescida do valor da força resultante da restrição à livre movimentação do elemento pelos efeitos de retração e fluência ocorridos após a montagem.

7.5 Ligações por meio de apoios nas extremidades sem recortes de vigas

7.5.1 Na falta de cálculo mais rigoroso ou de comprovação experimental conclusiva, permite-se calcular a armadura principal (tirante) do apoio nas extremidades de vigas pré-moldadas, obedecidas as disposições construtivas pertinentes, prescritas em 7.3.3, pela equação a seguir:

$$A_{sd} = (F_d / 1,2 + H_d) / f_{yd}$$

NOTA Permite-se a utilização da ABNT NBR 6118 para a determinação desta armadura, desde que obedecido ao prescrito em 7.3.3.

7.5.2 Nas mesmas condições (ver Figura 24), permite-se determinar a armadura de costura horizontal e vertical, respectivamente A_{sh} e A_{sv} , pela equação a seguir:

$$A_{sh} = A_{sv} = F_d / (8.f_{yd})$$

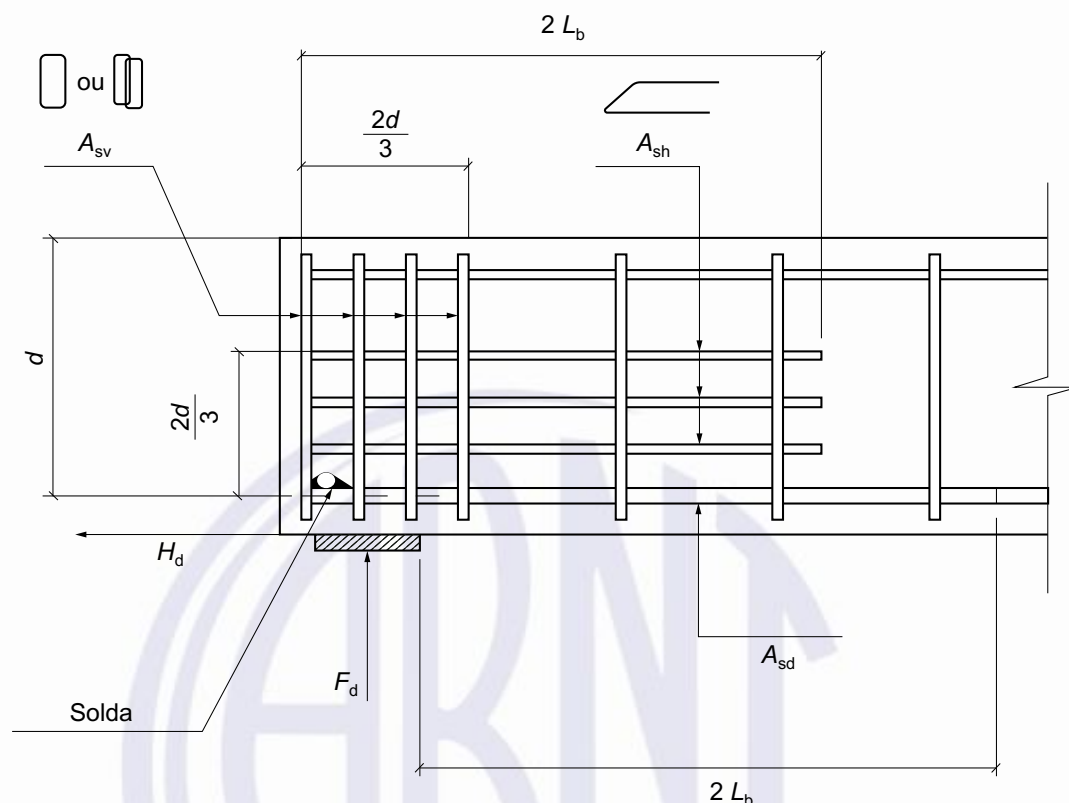


Figura 24 – Detalhe de armadura em apoio sem recorte

Legenda

L_b comprimento de ancoragem para condição de boa aderência

7.6 Ligações de painéis com a estrutura

7.6.1 É necessária a verificação da ligação entre os painéis com a estrutura quanto ao desempenho e à durabilidade da ligação, conforme as prescrições da ABNT NBR 6118, devendo ser no mínimo igual à das outras ligações da estrutura.

7.6.2 Sempre que possível, deve ser prevista a possibilidade de inspeção e manutenção da ligação dos painéis entre si e com a estrutura. Para critério de projeto, devem ser seguidas conforme ABNT NBR 16475.

7.6.3 A utilização de elementos metálicos nos painéis deve seguir o critério de ancoragem da ABNT NBR 6118, sendo obrigatória a proteção contra corrosão.

7.7 Ligações de pilar com fundação por meio de cálice

7.7.1 Generalidades

7.7.1.1 Os elementos de fundação por meio de cálice devem ser calculados para resistir à totalidade das forças normais e horizontais e dos momentos transmitidos pelos pilares, incluindo os momentos de segunda ordem globais.

ABNT NBR 9062:2017

7.7.1.2 No caso de sistema estrutural com pilares engastados e vigas articuladas, deve ser aplicado coeficiente de ajustamento $\gamma_n = 1,2$ para dimensionamento do colarinho.

7.7.1.3 As ligações por meio de cálice podem ser de interfaces lisas, de interfaces rugosas ou de interfaces com chaves de cisalhamento, conforme mostrado na Figura 25. O cálice é considerado de interfaces rugosas quando houver uma rugosidade de no mínimo 3 mm a cada 3 cm na superfície interna do cálice e na superfície da base do pilar, ao longo de toda a altura de embutimento. Quando esta condição não for atingida, o cálice é considerado de interfaces lisas. O cálice é considerado de interfaces com chaves de cisalhamento quando a configuração das chaves apresentar uma profundidade mínima de 1 cm a cada pelo menos 5 cm, na superfície interna do cálice e na superfície da base do pilar, ao longo de toda a altura de embutimento.

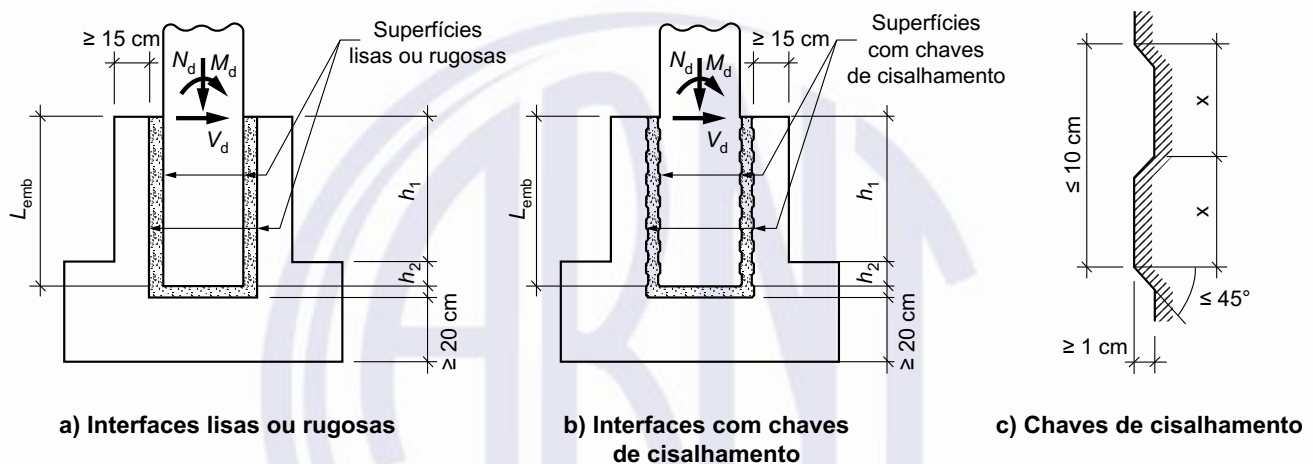


Figura 25 – Detalhes dos cálices de interfaces lisas ou rugosas e de interfaces com chaves de cisalhamento

7.7.2 Embutimento na base

7.7.2.1 O comprimento mínimo do embutimento do pilar na fundação deve ser conforme a Tabela 15.

Tabela 15 – Comprimentos mínimos de embutimento do pilar

Interfaces	$\frac{M_d}{N_d h} \leq 0,15$	$\frac{M_d}{N_d h} \geq 2$
Lisas ou rugosas (ver NOTA 3)	$1,5 h$	$2,0 h$
Com chaves de cisalhamento	$1,2 h$	$1,6 h$

NOTA 1 h é a dimensão da seção transversal do pilar, paralela ao plano de ação do momento M_d .
 NOTA 2 Interpolare valores intermediários da relação $M_d/(N_d h)$.
 NOTA 3 Valores menores de embutimento para interface rugosa podem ser utilizados desde que validados experimentalmente (ver 5.5).

7.7.2.2 No caso de pilar sujeito à tração, L_{emb} deve ser sempre $2,0 h$ e as interfaces não podem ser lisas.

7.7.2.3 A adoção destes valores não exclui a necessidade de comprovar a resistência e o comportamento da base do pilar, da superfície de contato do pilar com o cálice e do elemento de fundação.

7.7.2.4 O comprimento de embutimento não pode ser inferior a 40 cm e deve ser compatível com o comprimento de ancoragem da armadura do pilar.

7.7.2.5 Para L_{emb} definido em 7.7.2.1 maior que 180 cm, podem ser adotados valores diferentes do definido na formulação, desde que seja realizado estudo da ligação entre pilar e colarinho.

7.7.3 Cálices de interfaces lisas ou rugosas

7.7.3.1 Para grandes excentricidades $M_d/(N_d h) \geq 2$ pode-se considerar a transferência dos esforços do pilar para o colarinho, conforme mostrado na Figura 26.

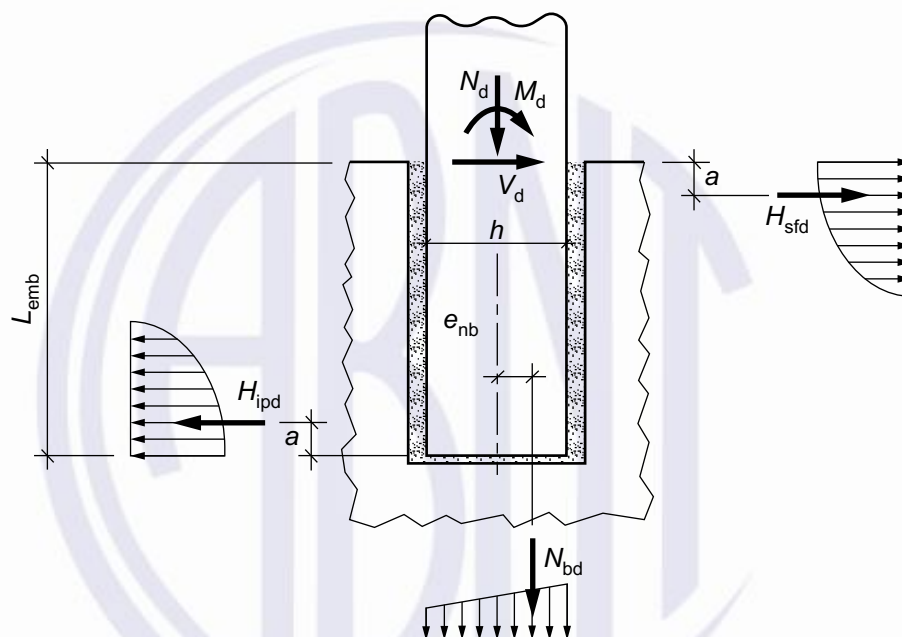


Figura 26 – Transferência dos esforços em cálices de interfaces lisas ou rugosas com grande excentricidade $M_d/(N_d h) \geq 2$

As resultantes H_{sfd} e N_{bd} , mostradas na Figura 26, levando em conta as forças de atrito e considerando

$e_{nb} = h/4$ e $a = L_{emb}/10$, são calculadas pela equação a seguir:

$$H_{sfd} = \frac{M_d - N_d \left[0,25 h + \mu \left(\frac{0,1 L_{emb} - 0,75 \mu \cdot h}{1 + \mu^2} \right) \right] + V_d \left[L_{emb} - \left(\frac{0,1 L_{emb} - 0,75 \mu \cdot h}{1 + \mu^2} \right) \right]}{0,8 L_{emb} + \mu \cdot h}$$

$$N_{bd} = \frac{N_d - \mu \cdot V_d}{1 + \mu^2}$$

7.7.3.2 O coeficiente de atrito μ não pode ser maior que 0,3, no caso de interfaces lisas, nem maior que 0,6, no caso de interfaces rugosas.

7.7.3.3 Para pequenas excentricidades ($M_d/(N_d h) \leq 0,15$), devem ser feitos os seguintes ajustes:

$$e_{nb} = 0$$

ABNT NBR 9062:2017

$$a = L_{emb}/6$$

O coeficiente de atrito é nulo para interfaces lisas e não pode ser considerado superior a 0,3 para interfaces rugosas.

7.7.3.4 Para excentricidades intermediárias ($0,15 < M_d/(N_d h) < 2$), pode-se fazer uma interpolação linear dos valores obtidos para grandes e pequenas excentricidades.

7.7.3.5 Para cálices com colarinho, as pressões do pilar correspondentes à resultante H_{sfd} produzem flexo tração na parede frontal. Na falta de cálculo mais rigoroso, pode-se considerar apenas a tração na parede frontal. A resultante das pressões da parede frontal é transferida para a fundação por meio das paredes longitudinais. Os modelos para cálculo das armaduras horizontais e verticais nas paredes do colarinho estão mostrados na Figura 27. Utilizar H_{sfd} para dimensionamento da armadura horizontal e F_{vd} para a armadura vertical.

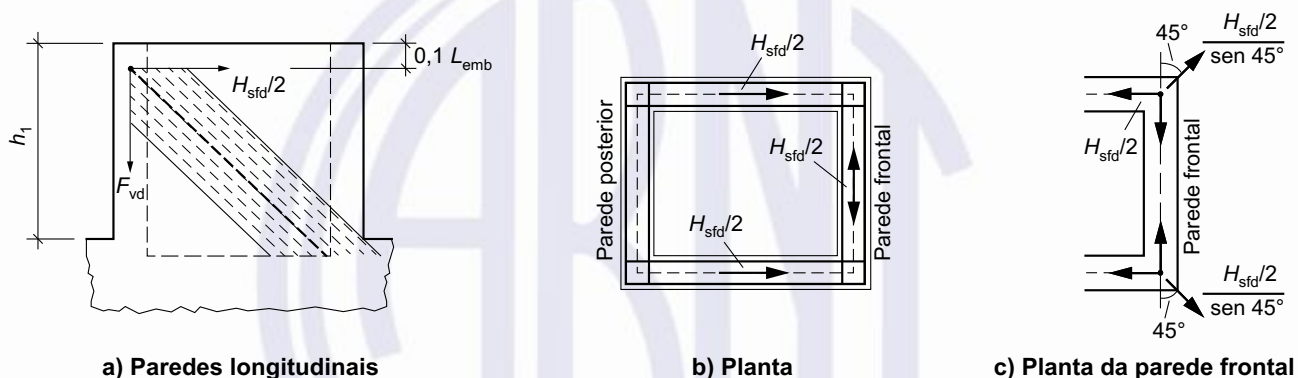


Figura 27 – Transferência dos esforços nas paredes do colarinho dos cálices de interfaces lisas ou rugosas

7.7.3.6 A tensão máxima de compressão na parede do colarinho, região frontal ao pilar no plano de consideração dos esforços, não pode ter tensão superior a $0,4 f_{cd}$, sendo f_{cd} o menor dos valores da resistência à compressão de projeto entre os considerados para o concreto do bloco, preenchimento do vazio e do pilar. Esta tensão é verificada na região de $0,2$ do L_{emb} pela largura do pilar.

Quando houver um embutimento mínimo de $0,1 L_{emb}$ do pilar na base do bloco de fundação (conforme h_2), não é necessário considerar as pressões na parede posterior no cálculo do colarinho.

7.7.3.7 Para a verificação da punção da parte da fundação abaixo da base do pilar, pode-se contar com uma armadura de suspensão, que possibilita transferir parte da resultante, que chegaria à base, pelas paredes do cálice. A parcela da resultante transferida seria de αN_d , sendo considerado o valor de α no máximo igual a $0,5$. Esta armadura, a ser acrescida à armadura vertical necessária para outras solicitações, é calculada pela equação a seguir:

$$A_s = \alpha \times N_d / F_{yd}$$

7.7.4 Cálices de interfaces com chaves de cisalhamento

7.7.4.1 Para interfaces com chaves de cisalhamento, pode-se considerar que as tensões de cisalhamento entre o pilar e a parede interna do cálice sejam transferidas ao longo do comprimento de embutimento, conforme Figura 28.

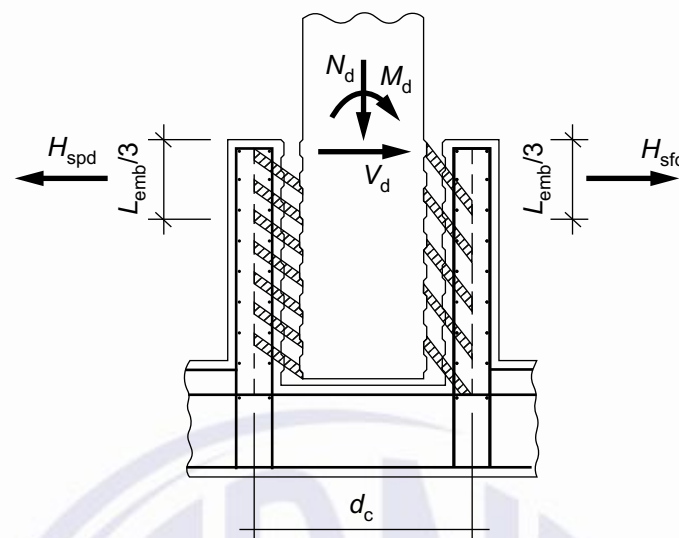


Figura 28 – Transferência dos esforços em calces de interfaces com chaves de cisalhamento

7.7.4.2 A transferência dos esforços do calce para a fundaqo  feita pela armadura vertical calculada com flexo compressão com base no modelo da Figura 28. No caso de calce com colarinho, o momento fletor vale $M_{bd} = M_d + V_d \times L_{emb}$ e a seção resistente  a do colarinho (seção retangular vazada).

7.7.4.3 As pressões horizontais transferidas pelas bielas se concentram na parte superior do calce. No caso de calce com colarinho, as resultantes das pressões horizontais do trecho de $L_{emb}/3$ do topo do calce tem seu valor calculado pelas equaqes a seguir:

$$H_{sfd} = \frac{[M_d + V_d L_{emb} + N_d (0,5.d_c)]}{2,60.d_c}$$

$$H_{spd} = \frac{[M_d + V_d L_{emb} - N_d (0,4.d_c)]}{0,63.d_c} \geq 0$$

onde

d_c  a distância entre o plano médio das paredes frontal e posterior.

7.7.4.4 As resultantes horizontais produzem flexotro na parede frontal e na parede posterior do colarinho. Na falta de cálculo mais rigoroso, pode-se considerar a transferência somente por traço (em planta), conforme os modelos da Figura 27 c). As paredes longitudinais do colarinho devem ser armadas para a maior das resultantes das pressões horizontais das paredes frontal e posterior.

7.7.4.5 A força de compressão na seção da base do pilar vale $0,2 N_d$.

7.7.4.6 Para a verificação da punção da fundaqo, no caso de calce com colarinho, considera-se que a força de compressão  transferida pela seção formada pelo pilar mais o concreto de enchimento e mais o colarinho.

ABNT NBR 9062:2017

7.7.5 Disposições construtivas

7.7.5.1 As paredes do colarinho devem ter espessura não inferior a 15 cm. A espessura da fundação abaixo da base do pilar não pode ser inferior a 20 cm.

7.7.5.2 O concreto para preenchimento do vazio entre o pilar e o colarinho deve ter no mínimo a mesma característica que o concreto do bloco, devendo ser previsto tamanho máximo do agregado que permita a vibração e a concretagem adequadas da região.

7.7.5.3 Devem ser previstas medidas construtivas adequadas que permitam a correção dos níveis da superfície de apoio dos pilares na fundação, possibilitando a realização da montagem dos pilares dentro dos limites de tolerância estabelecidos em 5.2.2, sendo permitida a utilização de argamassa no fundo do colarinho para este ajuste.

7.7.5.4 No caso de interfaces lisas ou rugosas, a ancoragem da armadura longitudinal do pilar deve ser determinada considerando seu início à distância $0,5 L_{emb}$ do topo do cálice. Quando for o caso de interfaces com chaves de cisalhamento, as ancoragens da armadura longitudinal do pilar e vertical do cálice devem atender à condição de emenda por transpasse.

7.7.5.5 O espaço entre as paredes internas do cálice e o pilar, levando em conta as tolerâncias envolvidas, deve ser suficiente para permitir a entrada do material de enchimento e, no caso de concreto vibrado, do equipamento de vibração.

7.7.5.6 O cobrimento das armaduras do cálice deve seguir os valores indicados na ABNT NBR 6118, podendo, no entanto, ser reduzido para as armaduras localizadas na face interna das paredes do cálice em 1 cm.

7.7.5.7 Para cálices com colarinho, conforme Figura 2, devem ser atendidos os seguintes valores mínimos de armadura:

- (armadura vertical total em cm^2) $\geq 0,25 \cdot$ (espessura do colarinho em cm);
- (armadura horizontal total em cm^2) $\geq 0,25 \cdot$ (espessura do colarinho em cm).

7.7.6 Situações transitórias

O cálice deve ser armado para os esforços provenientes da fixação temporária dos pilares com cunhas, principalmente no caso de colarinho externo e semiembutido.

8 Materiais

8.1 Generalidades

Para os elementos pré-fabricados, conforme estabelecido em 3.9 e na Seção 12, podem ser adotados os coeficientes de minoração dos materiais: $\gamma_C = 1,3$ e $\gamma_S = 1,10$. Para os elementos pré-moldados, conforme definições estabelecidas em 3.8 e na Seção 12, deve ser adotado: $\gamma_C = 1,4$ e $\gamma_S = 1,15$.

8.2 Concreto

8.2.1 Constituintes

8.2.1.1 Aos aglomerantes, aos agregados e à água, quanto ao recebimento dos materiais e armazenamento, aplica-se o disposto nas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 14931.

8.2.1.2 O uso de aditivos ou adições no concreto, com o objetivo de acelerar ou retardar a pega e o desenvolvimento da resistência nas idades iniciais, reduzir o calor de hidratação, melhorar a trabalhabilidade, reduzir a relação água/cimento, aumentar a compacidade, reduzir a permeabilidade ou incrementar a resistência aos agentes agressivos e às variações climáticas, ou outros, deve seguir o que estabelece a ABNT NBR 12655.

8.2.1.3 Em elementos pré-moldados protendidos, os aditivos empregados no concreto ou na argamassa em contato com a armadura de protensão, inclusive na argamassa de injeção, não podem conter ingredientes que possam provocar corrosão do aço, em particular a corrosão sob tensão, sendo rigorosamente proibidos aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos.

8.2.2 Propriedades

8.2.2.1 Aplica-se o disposto na ABNT NBR 6118 com relação à trabalhabilidade, à durabilidade, ao diagrama tensão-deformação, ao módulo de elasticidade, ao módulo de deformação transversal, ao coeficiente de Poisson, ao coeficiente de dilatação térmica, à retração e à fluência.

8.2.2.2 O concreto dos elementos pré-moldados e pré-fabricados deve ter resistência característica à compressão (f_{ck}) em conformidade com a ABNT NBR 6118. Para o saque, manuseio, transporte e montagem, deve ser definida em projeto a resistência do concreto para a referida etapa do processo, com o mínimo de 15 MPa para elementos em concreto armado e 21 MPa para elementos em concreto protendido (ver 9.2.5.3). O concreto pré-misturado deve ser fornecido com base na resistência característica.

8.2.3 Dosagem

Para dosagem experimental, aplica-se o disposto na ABNT NBR 12655. Para a dosagem experimental do concreto autoadensável devem ser realizados os ensaios indicados na ABNT NBR 15823-1:2010, Tabelas 1 e 2, referentes às propriedades do concreto, considerando a sua aplicação. Na definição do traço, este deve ser caracterizado através da trabalhabilidade e da habilidade passante, quando o concreto for autoadensável, da resistência e do módulo de elasticidade, considerando sempre as resistências nas idades correlacionadas às situações transitórias e à resistência de projeto. Não é admitida dosagem não experimental.

8.2.4 Controle tecnológico

Para a verificação da dosagem utilizada e das características dos constituintes, aplica-se o disposto nas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 14931, ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 15823-1.

8.2.4.1 Verificação da trabalhabilidade

8.2.4.1.1 A verificação da trabalhabilidade deve ser feita através de ensaios de consistência, para averiguar se esta consistência corresponde à prevista. Estes ensaios permitem também uma constatação fácil da homogeneidade da massa de concreto e um controle indireto da quantidade de água. Para o caso do concreto autoadensável, deve ser também verificada a habilidade passante.

8.2.4.1.2 A determinação da consistência pode ser feita pelo ensaio de abatimento ou por outros processos de comprovada eficiência, recomendados por laboratório nacional especializado. Para o caso da adoção de concreto autoadensável, devem ser realizados os ensaios de espalhamento e anel J , em conformidade com o estabelecido na ABNT NBR 15823-1.

8.2.4.1.3 Sempre que forem moldados corpos de prova para verificação da resistência mecânica, devem ser realizados os ensaios conforme disposto em 8.2.4.1.1 e 8.2.4.1.2, com concreto da mesma amassada, mantendo-se obrigatoriamente a rastreabilidade com o lote em questão, podendo estes ensaios ser feitos com maior frequência.

ABNT NBR 9062:2017

8.2.4.2 Verificação da resistência mecânica

8.2.4.2.1 Generalidades

8.2.4.2.1.1 A verificação da resistência mecânica deve ser realizada de acordo com as ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

8.2.4.2.1.2 A idade de ruptura dos corpos de prova é a prevista no plano da obra (j dias). Deve no mínimo ser considerado o controle das resistências de desforma ou liberação da protensão e da resistência de projeto. A verificação da resistência mecânica deve ser feita para liberação da protensão e desforma, bem como para a verificação da conformidade da resistência de projeto.

8.2.4.2.2 Controle de resistência à compressão para liberação da protensão e desforma

A verificação da resistência mecânica, decorrente das situações transitórias de manuseio, transporte e armazenamento, em baixas idades dos elementos pré-moldados, deve ser realizada em idades distintas, contemplando no mínimo a resistência de desforma para peças armadas e de liberação da protensão para o caso de peças protendidas. A resistência para desforma das peças armadas deve estar estabelecida em projeto estrutural. O valor mínimo da resistência para liberação da protensão segue o estabelecido em 9.2.5.3. O tamanho dos lotes deve seguir o disposto em 8.2.4.2.3. Os corpos de prova destinados ao controle de resistência de liberação devem permanecer junto ao elemento concretado e ser submetidos à mesma condição de cura. A moldagem dos corpos de prova para o caso de pistas de protensão deve ser feita a partir da coleta do concreto destinado à moldagem do final da pista concretada. Devem ser mantidos registros dos lotes amostrados, mantendo-se a rastreabilidade com os critérios de aceitação e o lote amostrado.

8.2.4.2.3 Controle da resistência de projeto

8.2.4.2.3.1 Deve ser considerada a resistência característica do concreto em geral aos 28 dias, ou outra data especificada no projeto estrutural. É permitida a avaliação prévia da resistência com idade menor, desde que se tenha determinado a relação entre as resistências nessa idade e na idade prevista, comprovada por estudos prévios com pelo menos 36 exemplares.

8.2.4.2.3.2 O tamanho máximo de um lote deve ser:

- a) 50 m³, para elementos essencialmente comprimidos em uso, por exemplo, pilares;
- b) 100 m³, para elementos essencialmente fletidos em uso, por exemplo, vigas e lajes;
- c) uma pista concretada.

8.2.4.2.3.3 Sempre, nos três casos, o concreto deve ser preparado no intervalo de uma semana, com um mesmo f_{ck} de projeto, mesmo traço, os mesmos materiais e em conformidade com a ABNT NBR 12655. O tamanho mínimo do lote fica a critério de cada caso.

8.2.4.2.3.4 Sempre que o volume total de concreto do lote considerado for inferior a 8 m³, todas as betonadas devem ser amostradas e, nesse caso particular, o $f_{ck,est}$ é o f_{ci} de cada betonada, devendo este f_{ci} ser confrontado com f_{ck} de projeto, sem necessidade de estimar $f_{ck,est}$.

8.2.4.2.3.5 Para cada lote devem ser retirados no mínimo seis exemplares (onde cada exemplar é composto por dois corpos de prova), conforme ABNT NBR 12655. Para cada lote deve ser calculado o $f_{ck,est}$ conforme critério de amostragem parcial estabelecido na ABNT NBR 12655. O $f_{ck,est}$ de todos os elementos pré-moldados produzidos é o correspondente ao do lote considerado. Para estudos de não conformidade deve ser utilizada a ABNT NBR 7680-1. O registro das resistências obtidas tanto para liberação de desforma ou liberação de protensão, como para avaliação da resistência mecânica

de projeto (f_{ck}), deve ser correspondente aos lotes estabelecidos; também deve ser assegurada sua identificação e rastreabilidade. Devem ser mantidos registros dos lotes amostrados, mantendo-se a possibilidade de rastreabilidade com os critérios de aceitação, das resistências de liberação de desforma ou de protensão e o lote amostrado.

8.2.4.2.3.6 Podem ser empregados métodos não destrutivos para a avaliação da resistência durante a fase construtiva, de manuseio, transporte e montagem, desde que se tenha determinado a relação entre as leituras obtidas pelo método escolhido, em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738, com as resistências resultantes na ruptura deles pelo método da ABNT NBR 5739 na mesma idade, e submetidos a condições de cura iguais às dos elementos pré-moldados. Deve ser levada em consideração a dispersão dos valores obtidos em cada um destes métodos, para a avaliação confiável das resistências. É vedada a utilização única destes métodos para a liberação dos elementos pré-moldados protendidos ou armados. Registros devem ser mantidos da relação entre as leituras, bem como a identificação e rastreabilidade.

8.3 Aço

8.3.1 As barras e fios de aço empregados nos elementos de concreto armado devem obedecer à ABNT NBR 7480.

8.3.2 As telas soldadas devem obedecer à ABNT NBR 7481.

8.3.3 Os fios e as cordoalhas de aço empregados nos elementos de concreto protendido devem obedecer, respectivamente, às ABNT NBR 7482 e ABNT NBR 7483.

8.3.4 As barras empregadas nos elementos de concreto protendido devem obedecer às ABNT NBR 7482 e ABNT NBR 7483.

8.4 Bainhas

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 14931 às bainhas da armadura de protensão com aderência posterior.

8.5 Calda para injeção

A calda de cimento para injeção deve obedecer ao disposto nas ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 7681-1.

8.6 Argamassa para ligações

A argamassa empregada para preenchimento de juntas de elementos pré-moldados, na formação de ligações de que trata a Seção 7, deve satisfazer as seguintes condições:

- a) o agregado empregado deve ser o miúdo, conforme as características dispostas na ABNT NBR 7211;
- b) a resistência média à compressão da argamassa não pode ser menor que 30 MPa.

9 Produção de elementos pré-moldados

Quanto à concretagem, ao lançamento do concreto e ao controle da protensão, aplica-se o disposto na ABNT NBR 14931.

ABNT NBR 9062:2017

9.1 Documentos técnicos

9.1.1 Desenhos

Os desenhos de execução devem obedecer ao disposto em 5.6.1. Sempre que necessário podem ser complementados com desenhos de detalhes adicionais, destinados a facilitar a execução, ou de componentes ou de dispositivos padronizados, desde que devidamente aprovados pelo projetista.

9.1.2 Especificações suplementares

Na execução de elementos pré-fabricados, conforme definido em 3.9 na Seção 12, os encarregados da produção e do controle de qualidade devem estar de posse de manuais técnicos cuidadosamente preparados pela direção da empresa responsável pelos trabalhos, que apresentem, de forma clara e precisa, pelo menos as especificações e procedimentos relativos aos seguintes materiais e procedimentos:

- a) fôrma: montagem, desmontagem, limpeza e cuidados;
- b) armadura: diâmetro dos pinos para dobramento das barras, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados;
- c) concreto: dosagem, amassamento, consistência, descarga da betoneira, transporte, lançamento e adensamento;
- d) protensão: forças iniciais e finais, medidas das forças e alongamentos, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados com fios, barras ou cabos de protensão;
- e) liberação da armadura pré-tracionada: método de liberação da armadura de seus apoios independentes e de seccionamento da armadura exposta entre elementos dispostos em linha, no caso de pistas de protensão na produção de elementos de concreto pré-fabricados protendidos por pré-tração, cuidados e segurança contra acidentes;
- f) manuseio e armazenamento dos elementos: utilização de cabos, balancins ou outros meios para suspensão dos elementos, pontos de apoio, métodos de empilhamento, cuidados e segurança contra acidentes;
- g) tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes das fôrmas e da armadura, tolerâncias quanto à variação da consistência e defeitos aparentes do concreto fresco, tolerâncias quanto à discrepância entre a medida do alongamento e da força aplicada à armadura protendida, tolerância em relação às resistências efetivas do concreto, tolerâncias de abertura de fissuras, tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes dos elementos pré-fabricados acabados.

9.2 Armadura

9.2.1 Disposições construtivas

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 6118 às exigências relativas à seção transversal, ao espaçamento das barras, ao dobramento e fixação das barras e às suas emendas, à armadura de suspensão e às peças cintadas no caso de armadura não protendida, bem como ao espaçamento e à protensão dos elementos da armadura de protensão, à curvatura e às emendas das barras desta armadura, à solidarização de peças pré-moldadas, à armadura suplementar e à ancoragem da armadura de protensão. No caso das armaduras pré-tracionadas, o cobrimento mínimo do fio ou cordoalhas deve seguir o disposto em 9.2.1.1. O espaçamento medido entre as faces adjacentes dos fios ou cordoalhas devem ser no mínimo igual a:

- a) $2 \varnothing$;

- b) 1,2 vez a dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- c) 2,0 cm.

9.2.1.1 Cobrimento

9.2.1.1.1 Para concretos de elementos pré-moldados, como definido em 3.8 na Seção 12, aplica-se o estabelecido na ABNT NBR 6118, onde o cobrimento mínimo para qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem, de ligação e estribos, pode ser garantido adotando-se o valor $\Delta c = 5$ mm.

9.2.1.1.2 Nos elementos pré-fabricados, conforme definido em 3.9 na Seção 12, ensaios comprobatórios de desempenho da durabilidade do elemento pré-fabricado de concreto, frente ao nível de agressividade previsto em projeto, devem estabelecer os cobrimentos mínimos a serem atendidos. Na falta destes ensaios, desde que seja utilizado concreto com $f_{ck} \geq 40$ MPa e relação água/cimento menor ou igual a 0,45, os cobrimentos podem ser reduzidos em mais 5 mm em relação ao previsto em 9.2.1.1.1, não sendo permitidos cobrimentos nominais menores que:

- 15 mm, para lajes em concreto armado;
- 20 mm, para demais peças em concreto armado (vigas/pilares);
- 25 mm, para peças em concreto protendido;
- 15 mm, para peças delgadas protendidas (telhas/nervuras/terças);
- 20 mm, para lajes alveolares protendidas.

O cobrimento mínimo de elementos em concreto protendido se refere aos fios e cabos de protensão, estribos ou outras armaduras na região de contato com as bainhas ou com os próprios fios e cordoalhas (armadura ativa), sendo que, para as demais armaduras ou fora da região de contato, é válido o critério de cobrimento estabelecido para concreto armado, conforme ABNT NBR 6118.

9.2.1.1.3 As telhas de concreto, nervuras de peças com lajes duplo T , terças e lajes alveolares protendidas, enquadradas em 9.2.1.1.2 com cobrimentos mínimos, sem a realização de ensaios e/ou sem a aplicação de revestimento protetor posterior, somente podem ser utilizadas nas classes de agressividade CAAI e CAAIL da ABNT NBR 6118.

9.2.1.1.4 Caso haja previsão de revestimento posterior do concreto, com pintura protetora, tanto para elementos pré-moldados como pré-fabricados, a eficácia da proteção e a sua durabilidade em relação ao meio a que o elemento deve vir a ficar exposto devem ser comprovadas experimentalmente em laboratório nacional especializado, possibilitando estabelecer cobrimentos mínimos a serem utilizados que, em todos os casos, devem respeitar os cobrimentos mínimos estabelecidos em 9.2.1.1.2.

9.2.2 Manuseio e transporte das armaduras

As armaduras pré-montadas devem ser manuseadas e transportadas com meios e dispositivos que garantam a sua integridade e mantenham a posição relativa, bem como o alinhamento de suas barras, protegendo-as contra deformações e ruptura dos vínculos de posicionamento.

9.2.3 Armazenamento das armaduras

O armazenamento deve ser efetuado de forma a evitar a formação de pilhas que prejudiquem a conformação das armaduras pré-montadas.

ABNT NBR 9062:2017

9.2.4 Confecção da armadura não protendida

Para a utilização de diferentes classes e categorias de aço, sua limpeza, dobramento e emendas, e para a proteção das armaduras não protendidas, aplica-se o disposto nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14931.

9.2.5 Confecção da armadura protendida

Para a limpeza e a injeção das bainhas da armadura de protensão, aplica-se o disposto na ABNT NBR 14931.

9.2.5.1 Execução da pós-tração

Para o programa de execução da pós-tração, aplica-se o disposto nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14931.

9.2.5.2 Execução da pré-tração

9.2.5.2.1 A protensão deve ser executada com o emprego de meios e sistemas que permitam carregar os cabos progressivamente até se atingir a carga de projeto. Os fios ou cabos da armadura pré-tracionada podem ser tracionados individualmente ou em grupo.

9.2.5.2.2 Os sistemas de ancoragem, seja com fixação nas próprias fôrmas ou em apoios independentes, devem ser de tal forma rígidos, que não permitam perdas de tensões maiores que as previstas no projeto. A tensão na armadura pré-tracionada deve ser verificada simultaneamente pela medida da força aplicada e pelo alongamento. Os aparelhos utilizados, como manômetros, células de cargas, dinamômetros e outros, devem ser mantidos devidamente calibrados e aferidos.

9.2.5.3 Liberação dos elementos pré-moldados protendidos por pré-tração

A liberação dos elementos de concreto pré-moldado protendidos por pré-tração das armaduras ancoradas nas mesas ou pistas de protensão é a operação de alívio da fixação das ancoragens dos fios ou cabos aderentes e o seccionamento destes entre as extremidades de elementos contíguos no caso de fabricação em linha. Esta operação deve ser executada com meios apropriados que evitem transmissão de choques aos fios ou cabos ao concreto e somente após comprovação de que a resistência efetiva do concreto à compressão tenha atingido o valor indicado no projeto para esta fase, não admitindo valor inferior a 21 MPa.

9.2.6 Montagem

9.2.6.1 A armadura deve ser colocada no interior das fôrmas, de modo que, durante o lançamento do concreto, mantenha-se na posição indicada no projeto, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e as faces internas das fôrmas. É permitido para isso o uso de arame e de tarugos de aço ou espaçadores de concreto, argamassa ou de material plástico de alta densidade. Não é permitido o emprego de calços, cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor que a prescrita em 9.2.1.1. O posicionamento da armadura deve ser garantido para que se possa utilizar o valor de $\Delta c = 5$ mm.

9.2.6.2 Nas lajes, placas e mesas das vigas T , devem ser feitas amarrações das barras, de modo que, em cada uma destas, o afastamento entre duas amarrações não exceda 35 cm.

9.2.6.3 Nos elementos pós-tracionados devem ser tomados cuidados especiais para evitar sinuosidades das bainhas, bem com sua danificação, garantindo sua posição na fôrma conforme projeto.

9.3 Insertos

Os insertos, que podem ser colocados antes do lançamento do concreto ou após o endurecimento deste, devem ser posicionados de modo a não prejudicar a armadura. A parte não protegida pelo cobrimento do concreto, conforme o disposto em 9.2.1.1, deve ter características de qualidade e durabilidade iguais ou superiores à armadura protegida pelo cobrimento do concreto, devendo ser compatíveis com sua finalidade, bem como obedecer às Normas aplicáveis ao material constituinte. Os eventuais processos posteriores de fixação a outros elementos ou dispositivos não podem comprometer estas características e condições.

Os insertos devem ser ancorados no concreto, de modo a garantir que possam resistir, com a segurança prevista, aos esforços para os quais foram calculados.

9.4 Concreto

9.4.1 Preparo

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 12655 com relação à resistência do concreto, à medida dos materiais, à dosagem e mistura do concreto e ao seu controle e recebimento. Não é permitido amassamento manual do concreto. Aplica-se o disposto na ABNT NBR 7212 à execução de concreto dosado em central.

9.4.2 Concretagem

Aplica-se o disposto nas ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 ao transporte e ao lançamento do concreto.

9.4.2.1 Adensamento

9.4.2.1.1 Durante ou imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser adensado por vibração, centrifugação ou prensagem, permitindo-se a adoção de mais de um destes métodos concomitantemente. O adensamento deve ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma. Durante o adensamento devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; deve-se evitar, quando da utilização de vibradores de imersão, o contato do vibrador com a armadura, para que não se formem, com a vibração desta, vazios a seu redor, com prejuízo da aderência.

9.4.2.1.2 Quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Não sendo possível atender a esta exigência, devem ser empregados vibradores externos, réguas vibratórias e outros processos de adensamento.

9.4.2.1.3 Quando forem utilizados vibradores de fôrma externos, estes devem ser dispostos em quantidades e distâncias tais entre si que garantam o adensamento uniforme do concreto mesmo nos pontos mais afastados dos vibradores.

9.4.2.1.4 No caso da utilização do concreto autoadensável, está dispensada a utilização de vibração, desde que o resultado final do adensamento ocorra conforme o estabelecido em 9.4.2.1.1.

9.4.2.2 Juntas de concretagem

Caso haja interrupção da concretagem, o concreto cuja consistência não mais permite o adensamento deve ser removido das fôrmas e substituído por concreto fresco, tomando-se as precauções necessárias para garantir condição de aderência na superfície de ligação entre o concreto remanescente com o do novo trecho, ao reiniciar-se o lançamento. Deve ser obedecido, no que for pertinente, o disposto nas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 14931.

ABNT NBR 9062:2017

9.5 Fôrmas

As fôrmas devem adaptar-se às formas e dimensões das peças pré-moldadas projetadas, respeitadas as tolerâncias estabelecidas em 5.2.2. Podem ser constituídas de aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidas ou não de chapas metálicas, fibra, plástico ou outros materiais que atendam às características exigidas nesta Seção.

9.5.1 Dimensionamento

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 14931 ao dimensionamento das fôrmas.

9.5.2 Fôrmas para elementos protendidos

Para a produção de elementos pré-moldados de concreto protendido, as fôrmas devem atender aos seguintes requisitos:

- a) no caso de pré-tração, quando a armadura protendida for ancorada na própria fôrma, esta deve ser dimensionada e executada de maneira a resistir ao esforço de protensão sem apresentar deformações excessivas;
- b) a fôrma deve ser lisa e isenta de obstáculos, saliências, reentrâncias ou ondulações acentuadas que possam impedir ou dificultar o deslocamento relativo do elemento pré-moldado em relação à fôrma, quando da operação de alívio da fixação das ancoragens ou do seccionamento dos fios ou cabos de que trata 9.2.5.3;
- c) os dispositivos imersos no concreto ou em contato com estes e fixados às fôrmas, como insertos, tirantes, placas separadoras, placas de extremidades, formadores de vazios no concreto e outros, devem ter condições para seu fácil desligamento das fôrmas antes da operação de alívio das fixações das ancoragens ou do seccionamento dos fios ou cabos de que trata 9.2.5.3, para evitar o impedimento ou dificuldade do deslocamento a que se refere a alínea anterior.

9.5.3 Ancoragem

As fôrmas devem ser adequadamente ancoradas às bases, para resistir aos esforços resultantes durante o lançamento e adensamento do concreto, assim como da operação de extração dos elementos pré-moldados.

9.5.4 Desmoldagem

9.5.4.1 O projeto e a execução das fôrmas devem atender a todas as condições para fácil desmoldagem, sem danificar os elementos concretados, como previsão de ângulos de saída, livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados.

9.5.4.2 No caso em que as superfícies das fôrmas sejam tratadas com produtos antiaderentes, destinados a facilitar a desmoldagem, esse tratamento deve ser feito antes da colocação da armadura. Os produtos empregados não podem exercer qualquer ação química prejudicial sobre o concreto fresco ou endurecido, nem podem deixar, na superfície deste, resíduos que sejam prejudiciais, ou que possam dificultar a ligação do concreto lançado *in situ* ou a aplicação de revestimento, quando for o caso. Os produtos antiaderentes não podem atingir a armadura; caso isto aconteça, as barras, fios ou cabos devem ser substituídos ou adequadamente limpos com solventes.

9.5.5 Limpeza

As fôrmas devem ser cuidadosamente limpas antes de cada utilização e isentas de pintura ou outras substâncias protetoras que possam aderir à superfície dos elementos de concreto.

9.5.6 Fôrmas internas

As fôrmas utilizadas para a formação de vazios no interior de elementos de concreto pré-moldado devem ser firmemente ancoradas para evitar sua flutuação ou deslocamento, por ocasião da concretagem. Seu dimensionamento deve levar em conta tanto a pressão do concreto fresco como a ação eventual de vibradores de imersão, quando estes forem empregados.

9.6 Cura e prazos de desmoldagem

9.6.1 Cura normal

9.6.1.1 Enquanto não for atingido o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser protegido contra agentes prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como choque e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

9.6.1.2 A proteção contra a secagem prematura deve ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-a com uma película impermeável, que não contenha parafina ou assemelhados, pelo tempo necessário à hidratação adequada, levando em conta a natureza do cimento.

9.6.1.3 Deve ser atendido o disposto na ABNT NBR 14931.

9.6.2 Cura acelerada

9.6.2.1 O endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem de que trata 9.6.1.

9.6.2.2 No tratamento térmico isento de vapor em contato com os elementos de concreto, a superfície do concreto deve ser, durante este tratamento, igualmente protegida contra a secagem, mantendo-se umedecida a superfície, ou protegendo-a com uma camada impermeável resistente à temperatura imposta pelo tratamento.

9.6.2.3 O tratamento térmico deve ser cuidadosamente controlado, levando-se em conta as seguintes fases:

- a) tempo de espera entre o fim da concretagem e o início da aplicação do calor;
- b) velocidade máxima da elevação da temperatura;
- c) temperatura máxima;
- d) tempo de aplicação do calor;
- e) esfriamento.

9.6.2.4 As condições de cada uma destas fases devem ser criteriosamente estabelecidas por ensaios experimentais que devem levar em conta os tipos de aglomerantes, agregados e aditivos utilizados, a relação água/cimento, assim como as resistências mecânicas que devem ser atingidas pelo concreto por ocasião da aplicação da protensão, da desmoldagem, do manuseio e transporte, da montagem e do uso final.

ABNT NBR 9062:2017

9.6.2.5 Na cura a vapor sob pressão atmosférica, devem ser tomados cuidados especiais para que os elementos pré-moldados sejam aquecidos uniformemente.

9.6.2.6 Este tratamento deve ser efetuado em ambiente vedado por material isolante, lonas, lençóis plásticos ou outro material adequado, de maneira a garantir a saturação do vapor e impedir excessiva perda do calor e umidade. A vedação deve impedir também a formação de correntes de ar frio do exterior.

9.6.2.7 As saídas dos pontos de alimentação de vapor devem ser posicionadas de forma a evitar a descarga direta sobre a superfície do concreto, das fôrmas ou sobre os corpos de prova.

9.6.2.8 As temperaturas da câmara de vapor e do elemento pré-moldado devem ser convenientemente controladas. Ao se utilizar a cura a vapor deve-se estabelecer a curva de temperatura em função do tempo mais conveniente para o processo de produção. Devem ser respeitados os seguintes parâmetros:

- a) incremento máximo na elevação de temperatura: 20°C/h;
- b) temperatura máxima no elemento submetido a tratamento de vapor sob pressão atmosférica: 70°C;
- c) decréscimo de temperatura no resfriamento de no máximo 30°C/h.

10 Manuseio, armazenamento e transporte de elementos pré-moldados

10.1 Manuseio

Os elementos pré-moldados devem ser suspensos e movimentados por intermédio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados em pontos de suspensão localizados nas peças de concreto perfeitamente definidos em projeto, evitando-se choques e movimentos abruptos. Devem ser obedecidas as especificações do projeto de içamento (ângulos e posicionamentos) para os cabos de aço e outros dispositivos de içamento, conforme disposto em 5.3.3. As máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos devem ser dimensionados levando-se em conta as solicitações dinâmicas, conforme o disposto em 5.3.2.

10.2 Armazenamento

10.2.1 A descarga dos elementos pré-moldados deve ser feita com os mesmos cuidados do manuseio. O armazenamento deve ser efetuado sobre dispositivos de apoio, assentes sobre terreno plano e firme.

10.2.2 Podem ser formadas pilhas, intercalando-se dispositivos de apoio para evitar o contato das superfícies de concreto de dois elementos superpostos. Estes apoios devem situar-se em regiões previamente determinadas pelo projeto, e devem ser constituídos ou revestidos de material suficientemente macio para não danificar os elementos de concreto.

10.2.3 Na formação de pilhas devem ser tomados cuidados especiais para manter a verticalidade dos planos:

- longitudinal;
- que passa pelos eixos dos elementos e transversal;

— que passa pelos dispositivos de apoio.

Deve ser analisada criteriosamente a segurança contra o tombamento do elemento considerado isoladamente ou formando pilhas. No caso da necessidade de escoramento lateral, este não pode introduzir esforços não previstos no cálculo dos elementos de concreto.

10.2.4 Devem ser verificadas as tensões nos apoios dos elementos, de maneira que não sejam ultrapassadas as tensões admissíveis.

10.2.4.1 Pressão admissível nos elementos pré-moldados

Nas áreas de contato entre o concreto de elementos pré-moldados e os respectivos apoios, a tensão de compressão não pode ultrapassar $0,3 f_{cj}$, sendo f_{cj} a resistência efetiva do concreto na data do armazenamento. Quando houver fundação adequada para suporte da pilha e dispositivo de transmissão dos esforços de elemento a elemento adequadamente dimensionados, permite-se atingir o valor da pressão de contato de $0,4 f_{cj}$.

10.2.4.2 Pressão admissível no solo

Elementos isolados ou empilhados, apoiados sobre dispositivos adequados, não podem transmitir pressões superiores às admissíveis para o tipo do solo em questão.

10.3 Transporte

10.3.1 O transporte deve ser efetuado em veículos apropriados às dimensões e peso dos elementos pré-moldados, levando-se em consideração as solicitações dinâmicas conforme o disposto em 5.3.2 e garantindo-se as condições de apoio previstas no projeto.

10.3.2 O carregamento dos veículos deve ser efetuado com os mesmos cuidados dispostos em 10.1, utilizando-se dispositivos de apoio adequados para não danificar os elementos de concreto.

10.3.3 Os elementos dispostos em uma ou mais camadas devem ser devidamente escorados para impedir tombamentos, deslizamentos longitudinais e transversais durante as partidas, freadas e trânsito do veículo. A superfície de concreto deve ser protegida, para não ser danificada, nas regiões em contato com cabos, correntes ou outros dispositivos metálicos.

11 Montagem de elementos pré-moldados

A montagem dos elementos pré-moldados, como descrito em 11.1 a 11.6, deve ser realizada sob a orientação e supervisão de um responsável técnico por esta fase, denominado engenheiro de montagem. Este profissional é responsável por todos os itens relacionados à montagem dos elementos.

11.1 Planejamento de montagem

Antes do início da montagem, um planejamento deve ser estabelecido, levando em consideração os seguintes aspectos:

- a) avaliar previamente possíveis interferências, construções vizinhas, árvores, rede de energia elétrica, existência de tubulações, galerias e manilhas. O acesso externo deve ser avaliado segundo as ruas mais adequadas em função das carretas para a obra em estudo. O acesso interno deve contemplar as condições do solo, nível de lençol freático e outros elementos que podem ser superficiais;

ABNT NBR 9062:2017

- b) estabelecer a sequência de montagem: constitui-se basicamente da ordenação da montagem de cada peça constituinte da obra, considerando as condições de acesso, equipamento utilizado e requisitos do cliente, quando for o caso. Nesta sequência devem ser previstos procedimentos, a fim de manter a estrutura estável e limitar a inserção de cargas excêntricas. Também deve ser feita a avaliação de quando e como as ligações temporárias e definitivas entre os elementos devem ser completadas. Devem ser considerados o cronograma da obra e as interfaces com a produção e transporte dos elementos, a execução da fundação, limpeza do canteiro e demais atividades que possam estar ocorrendo simultaneamente;
- c) atenção especial deve ser dada quando a estabilidade estrutural é crítica, ou quando há dificuldade de execução de determinadas ligações, que devem estar claramente identificadas nos projetos de montagem, conforme a Seção 5. Estes devem incluir todas as informações relevantes (considerando a obra em questão) e devem estar definidos antes do início dos serviços de montagem. Devem ser claramente indicadas as interfaces com outros sistemas construtivos que estejam previstos para a obra, como, por exemplo, estruturas moldadas no local, contenções, entre outros;
- d) o planejamento deve prever a conferência antecipada das fundações, que devem receber a estrutura pré-fabricada. Essa conferência deve contemplar no mínimo a checagem do nível do fundo dos blocos, profundidade de embutimento, locações e tolerâncias em consonância com o projeto de montagem e da fundação da obra em questão;
- e) a montagem dos elementos pré-fabricados, quando não especificada em projeto, deve ser realizada de forma equilibrada, sempre mantendo-se o equilíbrio da estrutura. Deve-se tomar especial cuidado no caso de vigas com torção durante a montagem, que devem ter dispositivo de segurança adicional ou escoramento para evitar seu giro e tombamento.

11.2 Procedimentos de montagem

11.2.1 Deve ser elaborado, pelo responsável de montagem, o documento de plano de montagem.

11.2.2 O plano de montagem deve conter as seguintes informações:

- a) indicar claramente as instruções de montagem para cada tipo de elemento e a sequência de montagem destes;
- b) registro da idade dos elementos estruturais a serem montados. Atenção especial deve ser dada a esta informação, pois o concreto deve ter atendido previamente o f_{cj} para esta etapa, assim como o módulo de elasticidade, ambos definidos conforme 5.6;
- c) f_{cj} especificado em projeto para o concreto a ser empregado nas ligações, que deve ser obedecido para que a montagem prossiga;
- d) avaliar previamente detalhes de ligações e juntas permanentes;
- e) avaliar previamente apoios e sistemas de suporte temporários;
- f) avaliar previamente a sequência de capeamento das lajes alveolares;
- g) evidenciar que os equipamentos de montagem, bem como os dispositivos auxiliares, foram escolhidos corretamente e atendem às necessidades da obra. Os equipamentos devem estar em condições de uso, com plano de manutenção em dia e, quando aplicável, com os respectivos certificados de ensaios realizados;

- h) fazer referência à legislação de segurança vigente;
- i) documento específico de registro, elaborado em comum acordo com o cliente, detalhando as responsabilidades pelos equipamentos de proteção coletiva, controle de entrada e saída da obra, isolamentos e sinalizações das áreas de risco;
- j) plano de *Rigging*, que deve ser estabelecido em todas as obras, conforme definido em 3.17, para escolha adequada de equipamentos. Para a completa eficiência da escolha, é necessário que todo o projeto seja conhecido, bem como local e terreno, obstruções e tipo de terreno onde devem ser executadas as montagens;
- k) caso exista necessidade de interface com o cliente, com a execução de ligações, concretagens ou outros serviços, deve existir um documento que comprove que foram discutidas e definidas as necessidades e responsabilidades de cada um no processo;
- l) ao final das montagens o fornecedor da estrutura deve se reunir com o cliente, deixando claras as informações relativas aos trabalhos ainda não executados ou concluídos, de responsabilidade do cliente. Essa reunião deve ser documentada para garantia dos dois lados;
- m) em estruturas ou edificações sem ligações provisórias ou travamentos definitivos, a montagem deve ser realizada preferencialmente em uma sequência que considere etapas de até dois pavimentos de laje ou altura de 12 m. A condição de montagem faz parte do plano de montagem e deve ser aprovada pelo responsável pelo projeto.

11.2.3 Devem ser utilizadas as tolerâncias de montagem estabelecidas em 5.2.2.6 a 5.2.2.9.

11.2.4 As alças devem ser solicitadas por barras de aço ou cordoalhas ou cabos que formam com o elemento estrutural um ângulo mínimo de 45°.

11.2.5 A alça constituída de cordoalha deve ser inspecionada para verificar se ela permanece íntegra, não apresentando separação de fios.

11.2.6 Após a montagem dos elementos, as alças de içamento devem ser sempre cortadas e a armadura deve ser tratada de maneira a evitar pontos de corrosão. Caso seja prevista a permanência da alça, esta deve ser tratada de maneira a não sofrer danos por corrosão. Permite-se a permanência da alça nos elementos compostos ou mistos, desde que convenientemente envolvida pelo concreto moldado no local.

11.2.7 Deve-se verificar o desaprumo da estrutura durante e após a montagem, garantindo os deslocamentos máximos, conforme especificado em 5.2.2.6 e 5.2.3.

11.2.8 Devem ser tomados especiais cuidados nas juntas de dilatação. É obrigatório o detalhe dos materiais e a forma de instalação dos materiais constituintes da junta. É necessário que a concretagem do capeamento seja fiscalizada de maneira que se garanta o perfeito funcionamento da junta.

11.2.9 Os aparelhos de apoio devem ser instalados sempre de maneira a garantir as distâncias de bordas dos elementos definidas em projeto e de acordo com 7.3.3.

11.2.10 Devem ser tomados especiais cuidados durante a montagem de elementos que eventualmente tenham sofrido colisão com outros elementos já montados ou do estoque. Caso este acidente ocorra, deve ser realizada análise de eventual fissura ou ruptura em ambos os elementos, tomando-se as medidas necessárias para a correção da não conformidade.

ABNT NBR 9062:2017

11.3 Carregamento crítico

O carregamento crítico frequentemente não é o permanente, mas o que ocorre de forma temporária durante a fase de construção ou da produção (desforma, manuseio interno, estocagem, transporte e montagem). As considerações para o carregamento devem ser levadas em consideração em cada fase, como exemplificadas a seguir:

- a) elementos previstos para serem compostos, que durante a fase construtiva devem receber carregamento, como capeamento ou solidarização, em que além do peso próprio deve ser considerada a carga adicional do material a ser utilizado;
- b) elementos (lajes) em níveis inferiores, que podem suportar os próximos níveis;
- c) deve ser verificado o atendimento do elemento estrutural em idades iniciais às solicitações previstas para todas as fases do processo: desforma, estocagem interna, transporte e montagem, bem como as condições de içamento para montagem.

11.4 Contraventamento e apoios

11.4.1 Os elementos estruturais devem estar devidamente apoiados e escorados, a fim de assegurar alinhamento e integridade estrutural durante a montagem, até que as ligações definitivas (permanentes) estejam concluídas.

11.4.2 Quando necessário, os sistemas de contraventamento devem ser instalados antes do elemento ser solto do guindaste. Caso este cuidado não seja necessário, assegurar que os elementos somente sejam soltos do guindaste quando estiverem devidamente apoiados. Sistemas com parafusos ou soldas devem ser verificados, a fim de assegurar sua integridade.

11.5 Calços para nivelamento

11.5.1 Os calços devem ser compostos por material adequado para suportar as cargas previstas. Concreto no concreto ou concreto no aço devem ser evitados.

11.5.2 Os calços devem suportar a carga total do elemento pré-moldado e devem prover apoio adequado para a não movimentação, até que o elemento esteja totalmente incorporado na estrutura principal. É recomendável que os calços sejam usados sobre uma base sólida e que sejam evitadas camadas de espessura reduzida moldadas no local.

11.6 Escoramento

11.6.1 Todos os requisitos de escoramentos temporários devem ser informados no projeto, devendo ser dimensionados pelo responsável pelo escoramento.

11.6.2 O escoramento que suporta vigas deve absorver possíveis mudanças da distribuição do carregamento durante o processo de construção.

11.6.3 O apoio das vigas pré-fabricadas pode não ser adequado para a transferência de cargas altas durante a construção e pode ser necessário escoramento total nos dois extremos, como, por exemplo, nas situações em que o pilar apresenta apoio insuficiente para a viga. Esta condição não se restringe a este caso.

11.6.4 Se o projeto estrutural especificar que as vigas devem ser suportadas com o uso de escoramento no meio do vão, esta exigência deve ser claramente colocada no contrato e no projeto indicativo de montagem da peça.

11.6.5 Onde as vigas têm elementos de pisos apoiados em fase transitória da construção, elas podem não ter um carregamento distribuído uniformemente. Painéis de piso longos dispostos de um só lado da viga podem fazer com que ela gire sobre o escoramento. Nestas circunstâncias, cada borda da viga pode requerer um escoramento individual temporário.

11.6.6 Todos os escoramentos provisórios devem estar posicionados, ajustados para os níveis corretos, considerando contraflechas necessárias, e totalmente contraventados antes do início da montagem das vigas pré-fabricadas, a não ser que exista recomendação específica em contrário.

11.6.7 Os escoramentos temporários devem dar suporte para todas as cargas de construção, inclusive para o peso próprio dos pisos já terminados e considerando possíveis concentrações de carga no processo construtivo, a não ser que especificamente declarado em contrário.

11.6.8 Devem constar, em documento formal no projeto do escoramento, a duração e a sequência do escoramento.

11.6.9 Havendo recomendação específica, todos os escoramentos provisórios devem estar posicionados e ajustados para os níveis corretos, considerando contraflechas necessárias, e totalmente contraventados antes do início da montagem das lajes pré-fabricadas.

11.6.10 Os escoramentos devem ser verticais e contraventados para prevenir deslocamento lateral do conjunto ou flambagem de escoras individuais.

12 Controle de execução e inspeção

12.1 Generalidades

Esta Seção estabelece requisitos mínimos quanto ao controle da qualidade e à inspeção de todas as etapas de produção, transporte e montagem a serem atendidas pelos elementos pré-moldados e elementos pré-fabricados, de forma a garantir o cumprimento das especificações de projeto. Estes elementos são definidos em 3.8 e 3.9, bem como pelas demais especificações estabelecidas em 12.1.1 e 12.1.2.

12.1.1 Os elementos pré-moldados devem ser executados conforme prescrições das ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 e ao controle da qualidade estabelecido nesta Seção, para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

12.1.2 Os elementos estruturais podem ser considerados elementos pré-fabricados quando atenderem aos requisitos especificados em 12.1.2.1 a 12.1.2.5.

12.1.2.1 A mão de obra é treinada e especializada.

12.1.2.2 A matéria-prima é previamente qualificada por ocasião da aquisição e posteriormente através da avaliação de seu desempenho com base em inspeções de recebimento e ensaios (conforme 12.2). Dispõe de estrutura específica para controle de qualidade, laboratório e inspeção das etapas do processo produtivo que devem ser mantidos permanentemente pelo fabricante, a fim de assegurar que o produto colocado no mercado atende aos requisitos desta Norma e estão em conformidade com os valores declarados ou especificados. O concreto utilizado na moldagem dos elementos pré-fabricados deve atender às especificações da ABNT NBR 12655, bem como ter um desvio-padrão S_d máximo de 3,5 MPa, a ser considerado na determinação da resistência à compressão de dosagem (f_{cj}), exceto para peças com abatimento nulo (abatimento zero).

ABNT NBR 9062:2017

12.1.2.3 A conformidade dos produtos com os requisitos relevantes desta Norma e com os valores específicos ou declarados para suas propriedades deve ser demonstrada através do atendimento às Normas Brasileiras de projeto ou por ensaios de avaliação da capacidade experimental, conforme 5.5 e pelo controle de produção de fábrica, incluindo a inspeção dos produtos. A frequência de inspeção dos produtos deve ser definida de forma a alcançar conformidade permanente do produto e, quando aplicável, atendendo ao especificado em Normas Brasileiras.

12.1.2.4 Os elementos são produzidos com auxílio de máquinas e de equipamentos industriais que racionalizam e qualificam o processo.

12.1.2.5 Após a moldagem, estes elementos são submetidos a um processo de cura com temperatura controlada, conforme 9.6.

12.1.3 A produção deve atender ao disposto em 9.1.2.

12.1.4 Os elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção.

12.1.5 Na inspeção e no controle da qualidade dos elementos, devem ser utilizadas as especificações e os métodos de ensaios das Normas Brasileiras. Na eventual falta dessas normas, permite-se que seja aprovada a metodologia a ser adotada, em comum acordo entre o proprietário e o fabricante ou a fiscalização e o construtor.

12.1.6 Para a definição dos parâmetros de inspeção e recepção quanto à aparência, cantos, cor, rebarbas, textura, baixos-relevos e assemelhados, o fabricante ou o construtor deve apresentar amostras, representativas da qualidade especificada, que devem ser aprovadas pelo proprietário pela fiscalização e constituir o termo de comparação para o controle da qualidade do produto acabado.

12.1.7 Para elementos pré-fabricados, a inspeção das etapas de produção compreende pelo menos a confecção da armadura, as fôrmas, o amassamento e lançamento do concreto, o armazenamento, o transporte e a montagem. Deve ser registrada por escrito, em documento próprio, onde constem claramente indicados a identificação do elemento, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.

12.1.8 Para elementos pré-moldados, a inspeção deve ser feita individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas.

12.1.9 A eventual utilização na obra de elementos fora das tolerâncias estabelecidas, desde que não comprometa o desempenho estrutural, arquitetônico ou a durabilidade da obra como um todo, deve ser devidamente aprovada antes da montagem e documentada pelas partes envolvidas no processo.

12.2 Materiais

No controle da qualidade e na inspeção dos materiais, aplica-se o disposto na Seção 8, observando-se a existência de ensaios de recepção, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, que devem ser verificados pelos métodos de ensaios estabelecidos nas respectivas especificações, no decorrer do processo de produção:

- a) aço (ABNT NBR 7480, ABNT NBR 7481, ABNT NBR 7482 ou ABNT NBR 7483, conforme o tipo de material utilizado):
 - ensaio de tração;

- ensaio de dobramento;
- verificação do desbitolamento;
- b) agregado miúdo (ABNT NBR 7211):
 - análise granulométrica;
 - determinação do teor de matéria orgânica;
 - verificação da presença de materiais deletérios;
 - presença de torrões de argila e materiais friáveis, bem como do teor de materiais pulverulentos;
- c) agregado graúdo (ABNT NBR 7211):
 - verificação da sanidade da rocha;
 - análise granulométrica;
 - determinação do teor de material pulverulento;
 - verificação da forma dos fragmentos;
 - verificação da presença de torrões de argila;
 - verificação da presença de materiais deletérios;
- d) cimento (ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989, ABNT NBR 13116):
 - verificação do tempo de início e fim de pega;
 - determinação da resistência à compressão;
- e) análise da água de amassamento;
- f) elastômeros.

12.3 Armadura passiva

No controle da qualidade e na inspeção das armaduras passivas, aplica-se o disposto nesta Norma e nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14931, observando-se a existência de verificação na recepção, pelo menos quanto aos requisitos estabelecidos a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificação quanto à limpeza e oxidação;
- b) verificação de dimensões de corte e dobramento e atendimento às tolerâncias especificadas;
- c) verificação de tipos, quantidades, dimensões e locações das barras conforme desenhos de projeto;
- d) verificação de deformações e torções no armazenamento das armações prontas e na posição final nas fôrmas;
- e) verificação de tipo, quantidades, dimensões e locações de insertos metálicos especificados no projeto e daqueles eventualmente destinados à identificação dos elementos.

ABNT NBR 9062:2017

12.4 Armadura ativa

No controle da qualidade e na inspeção das armaduras ativas, aplica-se o disposto nesta Norma e nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14931, observando-se a existência de verificação na recepção, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificação quanto à limpeza e oxidação;
- b) verificação de tipos, quantidades, dimensões e locações de fios e cordoalhas e respectivas tolerâncias;
- c) verificação das dimensões, locações, tolerâncias e estanqueidade dos isolamentos de fios e cordoalhas especificados no projeto;
- d) verificação dos dispositivos de ancoragem e tração dos fios e cordoalhas;
- e) verificação das dimensões e posição dos calços e outros dispositivos de manutenção da pré-tração dos fios ou cordoalhas;
- f) verificação da força de tração aplicada e da deformação dos fios e cordoalhas de acordo com as especificações de projeto e respectivas tolerâncias;
- g) verificação das condições de alívio da fixação das ancoragens, conforme 9.2.5.3.

12.5 Sistema de fôrmas

No controle da qualidade e na inspeção do sistema de fôrmas, aplica-se o disposto nesta Norma e na ABNT NBR 14931, observando-se a existência de verificação na recepção, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificações dimensionais e de conformidade com as tolerâncias especificadas, conforme 5.2.2;
- b) verificação da posição de furos, insertos, alças de içamento, recortes, saliências e assemelhados e das respectivas dimensões e tolerâncias especificadas;
- c) verificação do travamento e da estanqueidade;
- d) verificação de deslocamentos ou deformações, quando do lançamento e adensamento do concreto.

12.6 Concreto

No controle da qualidade e no recebimento do concreto, aplica-se o disposto nesta Norma e na ABNT NBR 12655, observando-se a existência de verificação na recepção, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificação do teor de umidade dos agregados;
- b) verificação da massa específica;
- c) verificação das condições de armazenamento dos materiais componentes do concreto;
- d) verificação da sequência e tempo da mistura;
- e) verificação da trabalhabilidade;
- f) verificação da resistência do concreto e do módulo de elasticidade para liberação e transferência da protensão ou para içamento e manuseio do elemento.

12.7 Concretagem e cura

No controle da qualidade e na inspeção da concretagem, aplica-se o disposto nesta Norma e na ABNT NBR 14931, observando-se a existência de verificação, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificação da trabalhabilidade do concreto;
- b) verificação de altura, quantidade e tempo de lançamento;
- c) verificação da energia, alcance e tempo de adensamento;
- d) verificação da cura, conforme disposto em 9.6.

12.8 Produto acabado

No controle da qualidade e na inspeção dos produtos acabados, aplica-se o disposto nesta Norma, observando-se a existência de verificação, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção:

- a) verificação do atendimento de todas as condições especificadas para içamento e manuseio dos elementos, incluída a sua identificação correta, conforme disposto em 10.1;
- b) verificação das condições de armazenamento, conforme disposto em 10.2;
- c) verificação das dimensões dos elementos, dos insertos e de recortes ou saliências e respectivas tolerâncias;
- d) verificação da existência de falhas ou defeitos de lançamento ou adensamento do concreto;
- e) verificação da eventual presença de fissuras;
- f) verificação da aparência do elemento quanto a rebarbas, cantos quebrados, lascas ou defeitos semelhantes, conforme 12.1.7;
- g) verificação da aparência do elemento quanto à homogeneidade de cor e textura da superfície do concreto, conforme 12.1.7;
- h) verificação do elemento quanto às tolerâncias em relação a distorções, não linearidades, flechas e contraflechas.

12.9 Transporte do produto acabado

No controle de qualidade do transporte, deve-se proceder à verificação do atendimento ao disposto em 10.3.

12.10 Montagem

No controle da qualidade da montagem, deve-se proceder à:

- a) verificação da locação e dos níveis das fundações, de forma a atender às especificações da ABNT NBR 6122 e ao disposto em 5.2.2;

ABNT NBR 9062:2017

- b) verificação da montagem dos pilares, de forma a atender ao disposto em 5.2.2;
- c) verificação da montagem dos elementos, de forma a atender ao disposto em 5.2.2;
- d) verificação da execução das ligações, conforme especificações do projeto;
- e) verificação da execução de fôrmas, armações e concreto moldado no local, conforme especificações do projeto;
- f) verificação dos acabamentos especificados no projeto e da limpeza final dos elementos;
- g) verificação do estabelecido na Seção 11.



Anexo A (informativo)

Consideração aproximada da não linearidade física na análise global de 2ª ordem

A título de consideração aproximada e simplificada da não linearidade física, para a análise dos efeitos globais de 2ª ordem nas estruturas em concreto pré-moldado com deslocabilidade moderada ($\gamma_z < 1,3$), sugere-se a utilização dos seguintes valores de rigidez secante dos elementos estruturais:

a) lajes:

$$(EI)_{\text{sec}} = 0,25 E_{ci} I_c$$

b) vigas em concreto armado:

$$(EI)_{\text{sec}} = 0,5 E_{ci} I_c$$

c) vigas em concreto protendido, considerando toda a seção composta:

$$(EI)_{\text{sec}} = 0,8 E_{ci} I_c$$

d) pilares, valores médios ao longo da altura:

$(EI)_{\text{sec}} = 0,4 E_{ci} I_c$, para estruturas com ligação viga-pilar articulada com um pavimento ou galpões;

$(EI)_{\text{sec}} = 0,55 E_{ci} I_c$, para estruturas com ligações semirrígidas com até quatro pavimentos;

$(EI)_{\text{sec}} = 0,7 E_{ci} I_c$, para estruturas com ligações semirrígidas com cinco ou mais pavimentos;

$(EI)_{\text{sec}}$ para estruturas com ligações rígidas (conforme 5.1.2.8), seguir a ABNT NBR 6118.

onde

I_c é o momento de inércia da seção bruta de concreto, incluindo, quando for o caso, as mesas colaborantes;

E_{ci} é o módulo de deformação tangente inicial.

Na análise de edifícios de múltiplos pavimentos, os valores associados à rigidez secante dos pilares apresentam valores maiores para os pavimentos inferiores e menores para os pavimentos superiores. Este comportamento está relacionado ao efeito da força normal, que diminui ao longo da altura do edifício.

Os valores de rigidez adotados neste Anexo são aproximados, não contemplam o efeito da fluência e não podem ser usados para avaliar os esforços locais de 2ª ordem, mesmo com uma discretização maior da modelagem. Na análise da estabilidade global, a não linearidade física deve sempre considerar o menor valor de rigidez secante obtido das hipóteses de combinação de ações definidas para o ELU, onde é incumbência do projetista avaliar se os valores aproximados adotados para a rigidez secante representam as condições efetivas de projeto.

Anexo B (informativo)

Consideração aproximada para o dimensionamento de pilares pré-moldados em situação de incêndio

- B.1** Para projetar os pilares pré-moldados em situação de incêndio, além do método analítico da ABNT NBR 15200, pode-se também utilizar a ABNT NBR 15200:2012, Anexo E.
- B.2** É permitida a utilização de qualquer método proposto na ABNT NBR 15200 em estruturas de nós móveis, desde que a estrutura tenha sido dimensionada com a consideração da não linearidade física na análise global de 2ª ordem, conforme o Anexo A.
- B.3** A distribuição da armadura do pilar em feixes pode ser considerada como uma distribuição uniforme.
- B.4** Os valores de pilares com $\lambda > 80$ devem ser extrapolados das Tabelas da ABNT NBR 15200:2012, Anexo E, ou pode-se utilizar (no caso do método analítico) l_{ef} real de projeto, desde que em ambos os casos tenha se respeitado o definido em B.1.

