

NORMA
BRASILEIRA

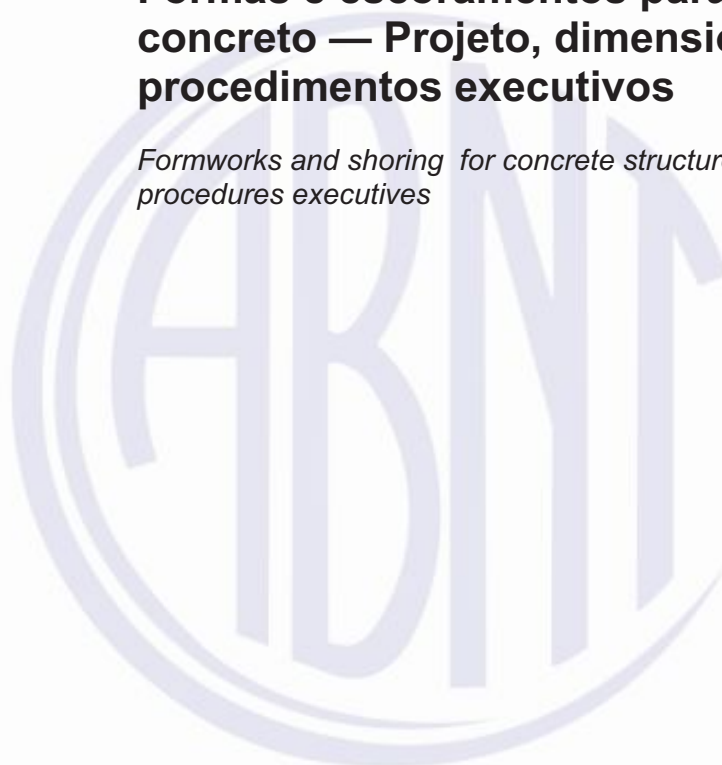
ABNT NBR
15696

Primeira edição
15.04.2009

Válida a partir de
15.05.2009

Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos

Formworks and shoring for concrete structures – Bill, dimensioning and procedures executives



Palavras-chave: Concreto. Escoramento. Fôrma.
Descriptors: Concrete. Formworks. Shoring.

ICS 91.040.01

ISBN 978-85-07-01457-7



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15696:2009
27 páginas

© ABNT 2009



© ABNT 2009

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.....	v
1 Escopo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições.....	2
4 Projeto e dimensionamento das estruturas provisórias de fôrmas e escoramentos.....	3
4.1 Projetos de fôrmas e escoramentos.....	3
4.1.1 Generalidades.....	3
4.1.2 Requisitos para os projetos.....	3
4.2 Cargas.....	3
4.2.1 Peso próprio dos materiais.....	4
4.3 Métodos de cálculo.....	4
4.3.1 Estados-limites últimos.....	5
4.3.2 Estados-limites de utilização.....	7
4.4 Cisalhamento nas vigas.....	7
4.5 Flambagem nos postes do escoramento.....	7
5 Materiais e equipamentos.....	8
5.1 Madeira.....	8
5.1.1 Especificações das madeiras.....	8
5.2 Elementos metálicos.....	8
5.3 Outros materiais.....	8
6 Execução de estruturas de fôrmas e escoramentos.....	8
6.1 Procedimentos para execução de estruturas de fôrmas e escoramentos.....	8
6.2 Requisitos para fôrmas.....	8
6.3 Cuidados na montagem de fôrmas e escoramentos.....	9
6.4 Cuidados na concretagem.....	10
6.5 Cuidados na retirada de fôrmas e escoramentos.....	10
7 Impacto ambiental.....	11
7.1 Generalidades.....	11
7.2 Madeira.....	11
Anexo A (normativo) Critérios para equipamentos industrializados.....	12
A.1 Princípio.....	12
A.2 Equipamentos de madeiras industrializadas.....	12
A.2.1 Vigas de madeira industrializada.....	12
A.3 Equipamentos metálicos.....	13
A.3.1 Escoras metálicas.....	13
A.3.2 Torres metálicas.....	13
A.3.3 Vigas metálicas.....	13
A.3.4 Painéis de fôrma.....	13
A.3.5 Acessórios.....	14
A.3.6 Barra de ancoragem.....	14
Anexo B (normativo) Critérios de cálculo para projetos de fôrmas e escoramentos.....	15
B.1 Generalidades.....	15
B.2 Escoramentos.....	15
B.2.1 Vigas.....	15
B.2.2 Escoras ou torres.....	15
B.3 Fôrma.....	15
Anexo C (normativo) Critérios para a utilização de reescoramento e/ou escoras remanescentes após a desforma do pavimento.....	17

C.1	Generalidades	17
C.2	Fatores que influenciam os reescoramento e/ou escoramentos remanescentes	17
C.3	Informações e verificações que devem constar no projeto de reescoramento e/ou escoras remanescentes.....	17
C.4	Parâmetros mínimos a serem considerados	18
Anexo D	(normativo) Critérios de cálculo da pressão do concreto para fôrmas verticais	19
D.1	Generalidades	19
D.2	Definições.....	19
D.3	Determinação do valor da pressão do concreto fluido	20
D.4	Distribuição da pressão do concreto fluido pela altura	21
D.5	Fatores que influenciam a pressão do concreto fluido.....	22
D.5.1	Vibração.....	22
D.5.2	Temperatura do concreto fluido	22
D.5.3	Temperatura do ambiente.....	22
D.5.4	Aditivos do concreto	22
D.5.5	Aditivos para aumentar fluidez e/ou para a criação de bolhas de ar.....	22
D.5.6	Retardadores de pega	23
D.5.7	Variações do concreto normal	23
Anexo E	(informativo) Critérios de ensaios para equipamentos.....	24
E.1	Generalidades	24
E.2	Amostragem e procedimentos gerais	24
E.3	Procedimentos por equipamento	24
E.3.1	Viga	24
E.3.2	Escora	25
E.3.3	Torres de carga.....	25
E.3.4	Painéis de fôrma	25
E.3.5	Conjunto de tirante e porca.....	25
E.4	Apresentação dos resultados	25
Anexo F	(informativo) Requisitos para fornecedores de equipamentos para fôrmas e escoramentos	26
F.1	Generalidades	26
F.2	Objetivo	26
F.3	Requisitos necessários aos fornecedores de fôrmas e escoramentos	26
F.3.1	Estrutura organizacional.....	26
F.3.2	Equipamentos	26
F.4	Projeto de fôrmas e escoramentos.....	27
F.5	Orientação de montagem	27

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 por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidade, laboratório e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15696 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Fôrmas e Escoramento (CE-02:124.25)). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 12, de 25.11.2008 a 23.01.2009, com o número de Projeto 02:124.25-001.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard appoints the conditions and procedures to be followed in implementing the temporary structures that serve as formwork and shoring, for the execution of concrete structures cast on site.

These procedures and conditions include the materials and equipment used, and the criteria for the sizing design of projects and implementation of these temporary structures.

In addition to the rules of this standard, other requirements must be obeyed according to the peculiarities of each particular case.

This Standard does not cover aspects related to the implementation of work health and safety, established by government regulations, official standards and ABNT NBR 12284.



Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos

1 Escopo

Esta Norma fixa os procedimentos e condições que devem ser obedecidos na execução das estruturas provisórias que servem de fôrmas e escoramentos, para a execução de estruturas de concreto moldadas *in loco*.

Estes procedimentos e condições incluem os materiais e equipamentos utilizados, e os critérios para o dimensionamento dos projetos e execução destas estruturas provisórias.

Além das regras desta Norma, devem ser obedecidas as de outras normas especiais e as exigências peculiares de cada caso particular.

Esta Norma não cobre aspectos de execução relativos à segurança do trabalho e à saúde, estabelecidos em regulamentos governamentais, normas regulamentadoras e na ABNT NBR 12284.

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).

NR 18, *Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego que trata das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*

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

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

ABNT NBR 6355, *Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização*

ABNT NBR 7190, *Projeto de estruturas de madeira*

ABNT NBR 7678, *Segurança na execução de obras e serviços de construção*

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

ABNT NBR 9532, *Chapas de madeira compensada*

ABNT NBR 14229, *Ligas de alumínio – Perfis extrudados sólidos ou tubulares para fins estruturais – Requisitos*

ABNT NBR 14762, *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento*

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

ABNT NBR NM 67, *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*

3 Termos e definições

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

3.1

fôrmas

estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante

3.2

escoramentos

estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne autoportante

3.3

reescoramento e escoramento remanescente

estruturas provisórias auxiliares, colocadas sob uma estrutura de concreto que não tem capacidade de resistir totalmente às ações provenientes de cargas permanentes e/ou variáveis, transmitindo-as às bases de apoio rígidas ou flexíveis

3.4

equipamento industrializado

sistemas ou elementos de fôrmas ou escoramentos que foram projetados e fabricados para este fim

NOTA Outros elementos isolados, tais como vigas laminadas, tubos, barras redondas, parafusos etc., que podem ser usados em fôrmas e escoramentos, e não formam um sistema e não são considerados equipamentos industrializados para efeito desta Norma.

3.5

concreto fresco

concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido

3.6

concreto fluido

concreto fresco recém-lançado ou em lançamento, que ainda não iniciou a pega; pode-se considerar que possui características de líquido

3.7

concreto estrutural

concreto endurecido com característica autoportante

3.8

plataforma de trabalho

estruturas auxiliares utilizadas para acesso e trabalho de pessoas e equipamentos necessários para trabalhos em fôrmas

4 Projeto e dimensionamento das estruturas provisórias de fôrmas e escoramentos

4.1 Projetos de fôrmas e escoramentos

4.1.1 Generalidades

O sistema de fôrmas e escoramento deve ser projetado e construído obedecendo à Seção 6 e às prescrições das ABNT NBR 7190 e ABNT NBR 8800, quando se tratar de estruturas de madeira ou metálicas, respectivamente.

Em caso de uso de outro material, utilizar a norma correspondente.

4.1.2 Requisitos para os projetos

4.1.2.1 Projetos de escoramentos

O projeto deve:

- a) especificar as cargas admissíveis dos equipamentos utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos;
- c) definir as cargas nas bases de apoio;
- d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.

4.1.2.2 Projetos de fôrmas

O projeto deve:

- a) especificar os materiais utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos utilizados;
- c) mencionar os critérios adotados para o dimensionamento da fôrma, tais como a pressão do concreto, a velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto, metodologia de lançamento etc.;
- d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.

A critério do responsável técnico da obra, quando da utilização de equipamentos industrializados com cargas admissíveis comprovadas para um tipo específico de montagem, o projeto de fôrma ou escoramento pode incorporar catálogos técnicos, manuais de instrução e montagem.

4.2 Cargas

As recomendações constantes nesta Seção são aplicáveis ao dimensionamento de estruturas de escoramento, reescoramento ou escoramento remanescente e fôrmas para estruturas de concreto.

As cargas consistem em:

- a) peso próprio dos elementos da estrutura de escoramento e das fôrmas;

- b) peso de todos os elementos da estrutura de concreto a serem suportados pela estrutura do escoramento, tais como lajes, vigas, paredes, capitéis etc.;
- c) cargas provenientes do método de lançamento do concreto sobre as fôrmas e o escoramento;
- d) carregamentos assimétricos sobre as fôrmas e escoramento;
- e) sobrecarga de trabalho na execução dos serviços de lançamento, adensamento e acabamento do concreto. A sobrecarga de trabalho deve ser de no mínimo 2,0 kN/m², sendo que a carga estática total a ser considerada, além daquela em a) do item 4.2, não pode ser inferior a 4,0 kN/m²;
- f) impacto do lançamento do concreto: As cargas variáveis, em alguns casos, já incluem os efeitos normais de impacto. Entretanto, devem ser considerados no projeto, além dos valores estáticos das cargas, também os efeitos dinâmicos ou de impactos causados por máquinas, equipamentos utilizados no lançamento do concreto etc.;
- g) o impacto máximo a ser considerado no lançamento do concreto sobre a face horizontal da fôrma está limitado ao esforço resultante do lançamento de uma altura de 0,20 m acima do nível acabado;
- h) no caso de alturas maiores que 0,20 m, o cálculo deve prever sobrecargas adicionais;
- i) vibrações do concreto e as decorrentes de equipamentos de adensamento do concreto;
- j) pressões de vento conforme determinações da ABNT NBR 6123, sendo que não deve ser inferiores a 0,6 kN/m²;
- k) quando utilizadas plataformas de trabalho, deve ser considerada a sobrecarga mínima de 1,5 kN/m².
- l) esforços horizontais aplicados nas laterais das fôrmas da laje, para efeito de cálculo de contraventamento e/ou ancoragem em pontos fixos externos, devem ser adotados iguais a 5 % da carga vertical aplicada neste mesmo nível nos dois sentidos principais da laje, se não considerados os efeitos dinâmicos devidos a bombas de concreto. Neste caso, deve-se considerar este efeito somado ao primeiro esforço horizontal;
- m) cargas provenientes da pressão horizontal do concreto, conforme Anexo D.

4.2.1 Peso próprio dos materiais

Considerar para o cálculo do peso próprio dos materiais:

- a) peso específico do concreto armado: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$, podendo variar conforme sua composição.
- b) peso específico do aço: $\gamma_A = 78 \text{ kN/m}^3$.
- c) peso específico do alumínio: $\gamma_{AL} = 28 \text{ kN/m}^3$.
- d) peso específico da madeira (conforme a madeira utilizada: ABNT NBR 7190).
- e) outros materiais: conforme normas específicas e/ou ABNT NBR 6120.

4.3 Métodos de cálculo

O cálculo de resistência deve ser feito pelo método dos estados-limites. O método de tensões admissíveis pode ser aplicado em caráter transitório, desde que o fator de segurança usado assegure o atendimento das mesmas condições dos estados-limites.

4.3.1 Estados-limites últimos

Deve-se verificar se:

$$F_d \leq R_d$$

sendo: $R_d = \frac{R_k}{\gamma_w}$

onde:

R_d é a resistência de projeto;

R_k é a resistência característica do material;

F_d é o valor de cálculo da ação;

γ_w é o coeficiente de ponderação do material.

Para efeitos desta Norma, embora fôrmas e escoramentos sejam de caráter provisório, as combinações de cargas a serem consideradas devem ser provenientes de construções normais, dadas por:

$$F_d = \gamma_Q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j,ef} F_{Qj,k} \right]$$

onde

$F_{Q1,k}$ representa o valor característico da ação variável considerada como principal para a situação transitória; $\psi_{0j,ef}$ é igual ao fator ψ_{0j} adotado nas combinações normais e tomado como 1,0 e $\gamma_Q = 1,4$,

ou seja: $F_d = 1,4 \cdot \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$

4.3.1.1 Tensões de projeto utilizadas para madeira

O valor de cálculo f_d de qualquer propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico f_k , pela expressão:

$$f_d = k_{mod} \frac{f_{ik}}{\gamma_w}$$

Onde

f_{ik} é o valor característico para os diversos esforços;

i, γ_w é o coeficiente de minoração das propriedades da madeira;

$k_{mod} = k_{mod,1} \cdot k_{mod,2} \cdot k_{mod,3}$ é o coeficiente de modificação, que leva em conta influências não consideradas por γ_w , conforme ABNT NBR 7190.

Para o caso de fôrmas, o coeficiente parcial de modificação $k_{\text{mod},1}$, que leva em conta a classe de carregamento e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,9, considerando que a ação variável é de curta duração; o coeficiente parcial de modificação $k_{\text{mod},2}$, que leva em conta a classe de umidade e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,8 para madeira maciça e 1,0 para madeira industrializada; o coeficiente parcial de modificação $k_{\text{mod},3}$, que leva em conta a sua classificação, pode ser adotado igual a 0,8.

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de compressão paralela às fibras tem o valor básico $\gamma_{\text{wc}} = 1,4$.

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de cisalhamento tem o valor básico $\gamma_{\text{wv}} = 1,8$.

Para a compressão perpendicular às fibras considera-se apenas 25 % do valor da compressão paralela às fibras.

Portanto, para o caso de fôrmas, obtêm-se os seguintes valores de cálculo f_d :

— compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira maciça:

$$f_d = 0,411 \cdot f_{ck}$$

— compressão perpendicular às fibras para madeira maciça:

$$f_d = 0,103 \cdot f_{ck}$$

— compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira industrializada:

$$f_d = 0,514 \cdot f_{ck}$$

— compressão perpendicular às fibras para madeira industrializada:

$$f_d = 0,129 \cdot f_{ck}$$

— cisalhamento para madeira maciça:

$$f_d = 0,320 \cdot f_{vk}$$

— cisalhamento para madeira industrializada:

$$f_d = 0,400 \cdot f_{vk}$$

4.3.1.2 Tensões de projeto utilizadas para aço ou alumínio

A tensão de cálculo para estruturas de aço e alumínio deve ser determinada dependendo do tipo de aço ou alumínio projetado, sendo:

γ_m - Coeficiente de ponderação do material = 1,1

No caso de equipamentos metálicos sujeitos à compressão e flambagem, como escoras e torres de escoramento, o coeficiente de ponderação deve ser $\gamma_m = 1,5$.

4.3.1.3 Tensões de projeto utilizadas para outros materiais

No caso de serem utilizados outros materiais, o projetista deve consultar normas específicas ou valores assegurados pelo fornecedor ou, ainda, resultados de ensaios elaborados por laboratórios de reconhecida idoneidade.

4.3.2 Estados-limites de utilização

Estados que, pela sua ocorrência, repetição ou duração, provoquem efeitos incompatíveis com as condições de uso da estrutura, tais como: deslocamentos excessivos, vibrações e deformações permanentes.

A condição para dimensionamento é:

$$u_{\text{total}} \leq u_{\text{lim}}$$

onde:

u_{total} é a máxima flecha que ocorre no elemento, calculada com carga de peso próprio do concreto e sobrecarga de 1,0 kN/m², sem aplicação de coeficiente de segurança;

u_{lim} é a deformação-limite,

$$\text{onde } u_{\text{lim}} = 1 + \frac{L}{500} \quad (\text{em milímetros})$$

NOTA Entende-se por vão entre apoios (L) a distância entre os apoios de cada elemento estrutural do escoramento ou fôrma estudada, conforme Figura 1, dada em milímetros.

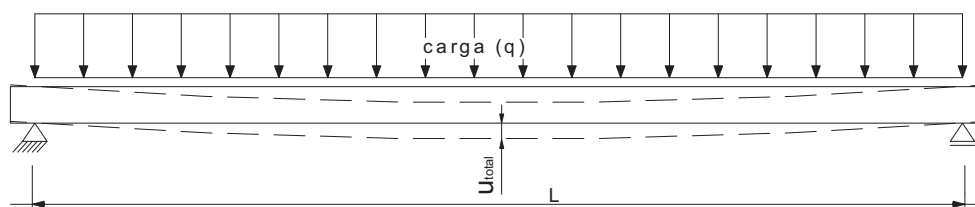


Figura 1 — Esquema de deformação aplicada em função da distância entre apoios

4.4 Cisalhamento nas vigas

Para as vigas industrializadas, deve ser verificado com o fabricante o valor admissível para os diversos tipos de viga.

Para madeira bruta, o cálculo deve ser feito conforme ABNT NBR 7190

4.5 Flambagem nos postes do escoramento

Para sistemas industrializados metálicos devem ser verificados com o fabricante os valores admissíveis, que devem obedecer às normas específicas do material de sua fabricação.

Para estruturas de madeira, o cálculo deve ser feito conforme ABNT NBR 7190.

Para estruturas de aço, o cálculo deve ser feito conforme ABNT NBR 8800.

5 Materiais e equipamentos

5.1 Madeira

5.1.1 Especificações das madeiras

As madeiras indicadas para uso em estruturas de fôrmas e escoramentos, são as madeiras em bruto indicadas em 5.1.1.1 e as madeiras industrializadas indicadas em 5.1.1.2.

5.1.1.1 Madeira em bruto

São as peças serradas ou não, cuja utilização deve ser feita de acordo com a ABNT NBR 7190.

NOTA Peças simplesmente aparelhadas são consideradas madeira bruta para os efeitos desta Norma.

5.1.1.2 Madeira industrializada

São peças fabricadas industrialmente, com controle de umidade, temperatura, tolerâncias e espécies de madeira com propriedades físicas e mecânicas conhecidas e ensaiadas.

Podem ser divididas em dois grupos:

- a) chapas de madeira compensada, com fabricação e especificação contida na ABNT NBR 9532;
- b) vigas industrializadas de madeira, tratadas, coladas e prensadas, que podem ter alma maciça, compensada, aglomerada ou treliçada (conforme Anexo A).

5.2 Elementos metálicos

São elementos de aço ou alumínio, forjados, laminados, fundidos, extrudados ou fabricados a partir de chapas soldadas, com funções de equipamentos, acessórios ou componentes auxiliares das estruturas dos sistemas de fôrmas e escoramentos, de acordo com as especificações das ABNT NBR 8800, ABNT NBR 6355 e ABNT NBR 14762 para elementos de aço e ABNT NBR 14229 para elementos de alumínio.

NOTA No caso de equipamentos metálicos industrializados, ver o Anexo A.

5.3 Outros materiais

Materiais como plásticos, papelão, placas de madeira e outros compostos, inclusive de madeira, podem ser utilizados como fôrmas e/ou escoramento. Sua utilização deve seguir as normas ou documentos técnicos de cada fabricante, comprovada por ensaios de laboratórios de reconhecida idoneidade

6 Execução de estruturas de fôrmas e escoramentos

6.1 Procedimentos para execução de estruturas de fôrmas e escoramentos

Todos os procedimentos de montagem, lançamento do concreto, desmontagem, armazenamento e transporte devem ser realizados conforme as instruções constantes na norma regulamentadora NR 18 e ABNT NBR 7678.

6.2 Requisitos para fôrmas

As fôrmas devem:

- a) ter rigidez para assegurar o formato e as dimensões das peças da estrutura projetada, respeitando minimamente as tolerâncias indicadas em 9.2.4 da ABNT NBR 14931:2003;
- b) ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite o surgimento do agregado miúdo da superfície do concreto.

6.3 Cuidados na montagem de fôrmas e escoramentos

- a) toda a montagem da estrutura de fôrmas e escoramento deve ser executada mediante a utilização de um projeto específico de fôrmas e escoramentos conforme 4.1.2;
- b) no plano da obra deve constar a descrição do método a ser seguido para montar e remover estruturas auxiliares, devendo ser especificados os requisitos para manuseio, ajuste, contraflecha intencional, desforma e remoção;
- c) a retirada de fôrmas e escoramentos deve ser executada de modo a respeitar o comportamento da estrutura em serviço. No caso de dúvidas quanto ao modo de funcionamento de uma estrutura específica, o responsável técnico pela execução da obra deve obter esclarecimentos sobre a seqüência correta para retirada das fôrmas e do escoramento. Quando de sua montagem, o escoramento deve ser apoiado sobre hastes reguláveis, cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados para facilitar a remoção das fôrmas/escoramentos, de maneira a não submeter a estrutura a impactos, sobrecargas ou outros danos;
- d) devem ser tomadas precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na base de apoio do escoramento pelas cargas por este transmitidas, prevendo-se o uso de lastro, piso de concreto ou pranchões para correção de irregularidades e melhor distribuição de cargas, assim como cunhas ou hastes reguláveis, para ajuste de níveis. O dimensionamento das bases de apoio ou fundações das fôrmas e/ou escoramentos é de incumbência do responsável técnico pela execução da obra;
- e) no caso do emprego de fôrmas e/ou escoramentos industrializados, devem ser seguidas as instruções do fornecedor do sistema;
- f) devem ser tomadas as devidas precauções para proteger o sistema de fôrmas e escoramentos de riscos de incêndio, observando-se a NR 18;
- g) a concentração de componentes e furos em uma determinada região da estrutura deve ser objeto de verificação pelo projetista estrutural;
- h) elementos estruturais das fôrmas, tais como barras de ancoragem, tirantes, tubulações e similares, com as funções estabelecidas em projeto, além de elementos inseridos, podem ser colocados dentro da seção, devendo:
 - 1) ser fixados para assegurar o posicionamento durante a concretagem;
 - 2) não alterar as características estruturais da peça;
 - 3) não reagir de maneira nociva ou prejudicial com os componentes do concreto, em especial o cimento Portland, ou com as armaduras;
 - 4) não provocar manchas na superfície de concreto aparente;
 - 5) não prejudicar o desempenho funcional e a durabilidade do elemento estrutural; e
 - 6) permitir que as operações de lançamento e adensamento do concreto fresco sejam feitas de maneira adequada;
- i) qualquer componente embutido deve preservar a geometria das peças durante a operação de concretagem e resistir a contaminações que possam afetar sua integridade, a do concreto ou a da armadura. No caso de ser metálico, deve-se prever proteção contra corrosão.
- j) recomenda-se evitar o uso de fôrmas perdidas. Nos casos em que, após a concretagem da estrutura ou de um determinado elemento estrutural, não seja feita a retirada da fôrma ou parte dela, essa condição deve ter sido previamente estabelecida em projeto e devem ser verificadas:
 - 1) a durabilidade do material componente da fôrma (tratando-se de madeira, verificar se está imunizada contra fungos, cupins e insetos em geral);
 - 2) a compatibilidade desse material com o concreto;
 - 3) a estabilidade estrutural do elemento contendo a fôrma perdida; e
 - 4) a correta ancoragem da fôrma perdida;

- k) quando agentes destinados a facilitar a desmoldagem forem necessários, devem ser aplicados exclusivamente na fôrma antes da colocação da armadura e de maneira a não prejudicar a superfície do concreto;
- 1) agentes desmoldantes devem ser aplicados de acordo com as especificações do fabricante e normas nacionais, devendo ser evitado o excesso ou a falta do desmoldante.
 - 2) salvo condição específica, os produtos utilizados não devem deixar resíduos na superfície do concreto ou acarretar algum efeito que cause:
 - alteração na qualidade da superfície ou, no caso de concreto aparente, resulte em alteração de cor;
 - prejuízo da aderência do revestimento a ser aplicado.

6.4 Cuidados na concretagem

- a) antes do lançamento do concreto, devem ser devidamente conferidas as dimensões e a posição (nivelamento e prumo) das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo esteja conforme o estabelecido no projeto, com as tolerâncias previstas na ABNT NBR 14931; antes do lançamento do concreto, devem ser devidamente conferidas as posições e condições estruturais dos escoramentos, a fim de assegurar que as dimensões e posições das fôrmas sejam mantidas e de permitir o tráfego de pessoal e equipamentos necessários à operação de concretagem com segurança;
- b) a superfície interna das fôrmas deve ser limpa e deve-se verificar a condição de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa; nas fôrmas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, devem ser deixadas aberturas provisórias próximas ao fundo, para limpeza;
- c) fôrmas construídas com materiais que absorvam umidade ou facilitem a evaporação devem ser molhadas até a saturação para minimizar a perda de água do concreto, fazendo-se furos para escoamento da água em excesso, salvo especificação contrária em projeto;
- d) se a fôrma for utilizada para concreto aparente, o tratamento das superfícies da fôrma deve ser feito de maneira que o acabamento requerido seja alcançado;
- e) as tubulações de bombeamento do concreto nunca devem ser fixadas ao escoramento ou às fôrmas e sim aos pilares concretados;
- f) evitar acúmulo de concreto para que as sobrecargas de projeto não sejam ultrapassadas.

6.5 Cuidados na retirada de fôrmas e escoramentos

Fôrmas e escoramentos devem ser removidos de acordo com o plano de desforma previamente estabelecido pelo responsável pela obra e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura.

Na retirada do escoramento devem ser considerados os seguintes aspectos:

- a) nenhuma carga deve ser imposta e nenhum escoramento removido de qualquer parte da estrutura, enquanto não houver certeza de que os elementos estruturais e o novo sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estarão sujeitos;
- b) nenhuma ação adicional não prevista nas especificações do projeto ou na programação da execução da estrutura de concreto deve ser imposta à estrutura ou ao sistema de escoramento sem que se comprove que o conjunto tem resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estará sujeito;
- c) a análise estrutural e os dados de deformabilidade e resistência do concreto, usados no planejamento do reescoramento, devem ser fornecidos pelo responsável pelo projeto estrutural ou pelo responsável pela obra, conforme acordado entre as partes;
- d) verificação de que a estrutura de concreto suporta as ações previstas, considerando a capacidade de suporte do sistema de escoramento e os dados de resistência e deformabilidade do concreto.

A retirada do escoramento e das fôrmas deve ser efetuada sem choques e obedecendo a um programa elaborado de acordo com o tipo da estrutura. Durante o procedimento de retirada do escoramento, a aplicação de esforços na estrutura deve ser lenta e gradual.

Em elementos de concreto protendido é fundamental que a remoção das fôrmas e escoramentos seja efetuada em conformidade com a programação prevista no projeto estrutural.

Deve ser dada especial atenção ao tempo especificado para a retirada dos escoramentos e das fôrmas, que possa impedir a livre movimentação de juntas de retração ou dilatação, bem como de articulações.

Se a fôrma for parte integrante do sistema de cura, como no caso de pilares e laterais de vigas, o tempo de remoção deve considerar os requisitos específicos.

Para o atendimento dessas condições, o projetista da estrutura deve informar ao responsável pela execução da obra os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento, tendo o responsável técnico pela obra que garantir que o f_{cj} e o E_c especificados no projeto estrutural estejam atendidos na idade da remoção do escoramento

O responsável técnico pela obra deve acompanhar o comportamento da estrutura, no que concerne às flechas, comparando-as com a especificação do plano de desforma, e reportando ao projetista da estrutura as eventuais diferenças

O ciclo de remoção (ou remanejamento) deve ser de no mínimo 14 dias. Quando da utilização de concretos cujas características de resistência e deformação possam ser alcançadas mais rapidamente, análise e planejamento do sistema de escoras podem ser feitos e o ciclo pode ser reduzido, desde que asseguradas as condições dos itens acima.

7 Impacto ambiental

7.1 Generalidades

O impacto da execução de fôrmas e escoramentos realizados em uma obra para com o meio ambiente deve ser reduzido ao mínimo.

Desperdício de recursos naturais e poluição do meio ambiente, especialmente da água, ar e solo, devem ser evitados.

7.2 Madeira

Para minimizar a perda de madeira, as seguintes diretrizes devem ser observadas:

- a) onde possível, deve-se dar preferência para equipamentos industrializados, que apresentam vida útil maior e reduzem a necessidade de complementos de madeira bruta ao mínimo. O uso de madeira bruta para escoramentos e fôrmas só se justifica na falta de soluções em equipamentos industrializados ou pela inviabilidade financeira do uso destes equipamentos;
- b) visando o prolongamento da vida útil dos compensados ou placas de madeira é recomendável ter as bordas protegidas, seladas com tinta especificada pelo fabricante em todos os cortes efetuados, contra a ação de umidade e danos mecânicos. Para evitar danos aos compensados ou placas de madeira usadas em fôrmas, sempre aplicar desmoldante;
- c) recomenda-se que toda madeira usada para fôrmas e escoramentos seja oriunda de reflorestamento e, na impossibilidade, seja originada de florestas nativas, porém com planos de manejos sustentados devidamente aprovados pelos órgãos competentes e comprovados pelo fornecedor da madeira;
- d) resíduos de madeira devem ser retirados da obra e destinados de forma adequada.

Anexo A (normativo)

Critérios para equipamentos industrializados

A.1 Princípio

Este ensaio deve verificar se as cargas admissíveis definidas no projeto desenvolvido para o equipamento são realmente alcançadas.

O coeficiente de segurança mínimo deve estar indicado em cada equipamento

A.2 Equipamentos de madeiras industrializadas

A.2.1 Vigas de madeira industrializada

São os elementos compostos de banzos de madeira maciça com entalhe para encaixe colado e prensado da alma, que pode ser em madeira maciça, compensada, aglomerada ou treliçada com elementos em madeira maciça, conforme indicado na Figura A.1

As vigas de madeira industrializadas devem ser fabricadas de forma que mantenham suas características, definidas pelo fabricante, em condições de utilização em obras, tais como exposição à água, ao vapor de água e ao cimento.

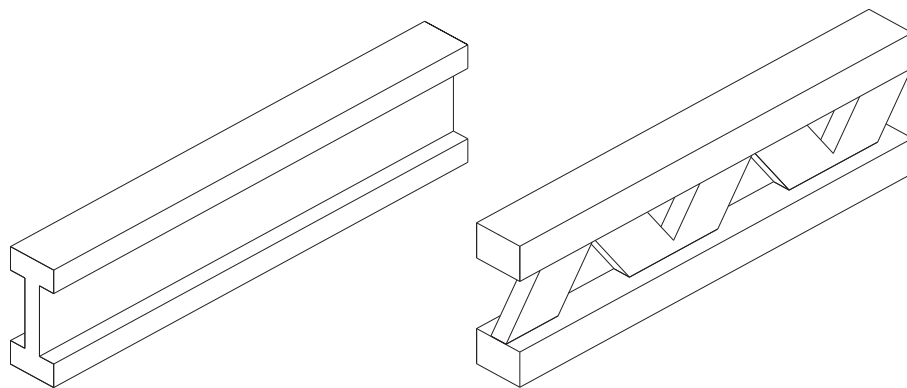


Figura A.1 — Esquema de vigas de madeira industrializada

As madeiras utilizadas para a fabricação das vigas devem ser oriundas de reflorestamento, devendo ser tratadas com produtos químicos que não agriçam o meio ambiente e que possibilitem o descarte delas como madeira não tratada.

A carga admissível de utilização deve ser calculada utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,25 sobre a resistência última característica ou qualquer outro efeito.

O valor da resistência última característica deve ser obtida através de ensaios, conforme descrito no Anexo C ou norma específica.

A.3 Equipamentos metálicos

A.3.1 Escoras metálicas

As escoras possuem basicamente dois tipos de regulagem: a regulagem grossa realizada através da colocação dos pinos nos furos do tubo telescópico e a regulagem fina realizada na luva de regulagem

São formadas basicamente por quatro peças:

- a) tubo-base com placa soldada e rosca externa (Tubo externo);
- b) tubo telescópico com placa soldada (Tubo interno);
- c) luva de regulagem e pino, sendo que o pino deve estar acoplado a escora, evitando sua perda e substituição por outro elemento.

As escoras possuem basicamente dois tipos de regulagem: a regulagem grossa realizada através da colocação dos pinos nos furos do tubo telescópico e a regulagem fina realizada no copo regulável.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrito no Anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.

A.3.2 Torres metálicas

São estruturas tubulares compostas geralmente por quadros metálicos soldados, tubos telescópicos, tubos e hastes reguláveis através de roscas, base inferior, suportes superiores para a viga e acessórios de ligação.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrita no Anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.

Os quadros metálicos e acessórios usados para escoramento não devem apresentar corrosão, empenamento, soldas quebradas ou outros defeitos que comprometam a segurança.

A.3.3 Vigas metálicas

Podem ser fabricadas em aço ou alumínio em perfis laminados, dobrados, perfilados ou extrudados.

Algumas destas vigas possuem peças de madeira para a fixação do compensado e/ou outras peças com pregos, mas que não têm contribuição no aumento de resistência da peça.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrito no anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.

A.3.4 Painéis de fôrma

São estruturas soldadas tipo grelha, fabricadas em alumínio ou aço.

A superfície de contato com o concreto pode ser feita com chapas de madeira compensada, laminado melamínico, chapas plásticas, PVC, chapas de aço ou de alumínio.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrito no Anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.

A.3.5 Acessórios

São elementos complementares do sistema, com as seguintes funções principais:

- a) ligar os componentes das fôrmas/escoramentos;
- b) apoiar os componentes das fôrmas/escoramentos; e
- c) facilitar a montagem e desmontagem das fôrmas e escoramentos.

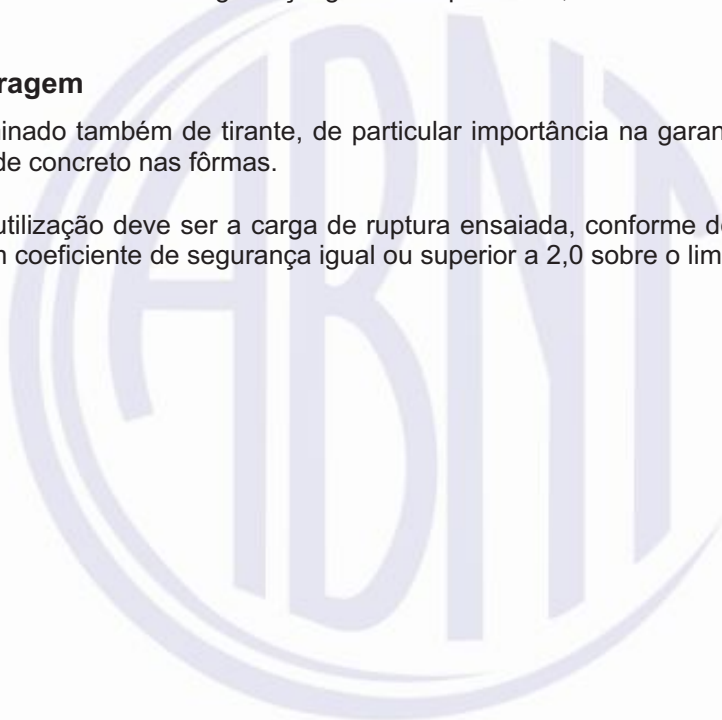
Estes equipamentos devem ter resistência suficiente para não serem o limitante do conjunto e devem ser construídos de tal forma que a segurança da montagem e desmontagem seja garantida.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrito no anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.

A.3.6 Barra de ancoragem

É um acessório, denominado também de tirante, de particular importância na garantia da absorção dos esforços resultantes da pressão de concreto nas fôrmas.

A carga admissível de utilização deve ser a carga de ruptura ensaiada, conforme descrito no Anexo C ou norma específica, utilizando um coeficiente de segurança igual ou superior a 2,0 sobre o limite de flambagem ou qualquer outro efeito.



Anexo B (normativo)

Critérios de cálculo para projetos de fôrmas e escoramentos

B.1 Generalidades

Para toda verificação de elementos estruturais da fôrma e do escoramento devem ser utilizados os valores de resistência de cálculo obtidos através da aplicação de 4.3.

B.2 Escoramentos

Devem ser verificados todos os elementos constantes no escoramento e fôrmas, para todas as situações de carregamentos, conforme cálculo descrito em 4.3.

B.2.1 Vigas

Determinar as ações atuantes na viga conforme 4.2 e adotar como vão livres admissíveis o menor resultante do cálculo, como:

- a) viga isostática;
- b) viga contínua (se for o caso).

A limitação do vão das vigas deve ser dada adotando-se o menor dos valores das verificações abaixo:

- a) flexão;
- b) cortante;
- c) deformação-limite (conforme 4.3.2).

B.2.2 Escoras ou torres

A carga atuante deve ser menor que a carga admissível do elemento verificado.

O conjunto do escoramento deve ser verificado para assumir os esforços horizontais provocados pela ação do vento conforme 4.2.

B.3 Fôrma

No caso de serem utilizados sistemas industrializados de painéis para fôrmas, a obra deve respeitar a limitação da pressão do concreto fluido admissível para o sistema utilizado. Para o cálculo da pressão, atender ao Anexo D.

No caso de serem utilizadas fôrmas compostas de peças independentes, as pressões atuantes devem ser calculadas conforme Anexo D. A verificação deve ser feita em todos os elementos que compõem a fôrma.

Elementos componentes da estrutura das fôrmas compostas de peças independentes devem ser calculados como vigas.

Deve-se adotar como vão livre admissível o menor resultante do cálculo, como:

- a) viga isostática;
- b) viga contínua (se for o caso).

A limitação do vão das vigas deve ser dada adotando-se o menor dos valores das verificações abaixo:

- a) flexão;
- b) cortante;
- c) limitação da flecha admissível (conforme 4.3.2).

Devem ser verificados também os tirantes, que equilibram a pressão das duas faces da fôrma.

O fabricante deve informar o esforço axial máximo admissível. Portanto a carga atuante no tirante deve ser menor que a capacidade do conjunto tirante/elemento de fixação.

As formas devem ser ancoradas para suportar os esforços do vento conforme 4.2, assegurando o prumo da peça de concreto a ser executada. Para tal fim, utilizar escoras de prumo.



Anexo C (normativo)

Critérios para a utilização de reescoramento e/ou escoras remanescentes após a desforma do pavimento

C.1 Generalidades

A construção de estruturas com vários pavimentos em concreto armado pressupõe a necessidade de estudar as capacidades de carga das estruturas previamente concretadas, em suas respectivas idades, bem como as estruturas de reescoramento e/ou escoramento remanescente, antes de serem submetidos aos esforços oriundos das concretagens posteriores.

C.2 Fatores que influenciam os reescoramento e/ou escoramentos remanescentes

Os fatores a serem levados em conta no projeto dos reescoramentos e/ou escoramentos remanescentes, e dos pavimentos recém-concretadas são:

- a) peso próprio da laje e demais componentes do pavimento;
- b) dimensões dos panos de lajes que compõem o pavimento;
- c) ciclo de concretagem dos pavimentos posteriores;
- d) sobrecarga de utilização dos pavimentos, no processo evolutivo das concretagens e demais etapas executivas de obra;
- e) sobrecarga de uso e cargas permanentes utilizadas no cálculo da estrutura definitiva;
- f) resistência e módulo de elasticidade nos prazos de retirada dos reescoramentos e/ou escoramentos remanescentes e das concretagens de novas lajes;
- g) resistência e módulo de elasticidade final do concreto aos 28 dias; e
- h) características de deformação vertical por carga aplicada nas escoras ou torres aplicadas nos reescoramentos e/ou escoramentos remanescentes.

C.3 Informações e verificações que devem constar no projeto de reescoramento e/ou escoras remanescentes

A obtenção do projeto contendo a quantidade e distribuição dos reescoramento e/ou escoramentos remanescentes é de incumbência do responsável técnico pela execução da obra ou de outro profissional qualificado para este fim, contratado para sua elaboração.

O projeto dos reescoramentos e/ou escoramentos remanescentes deve conter:

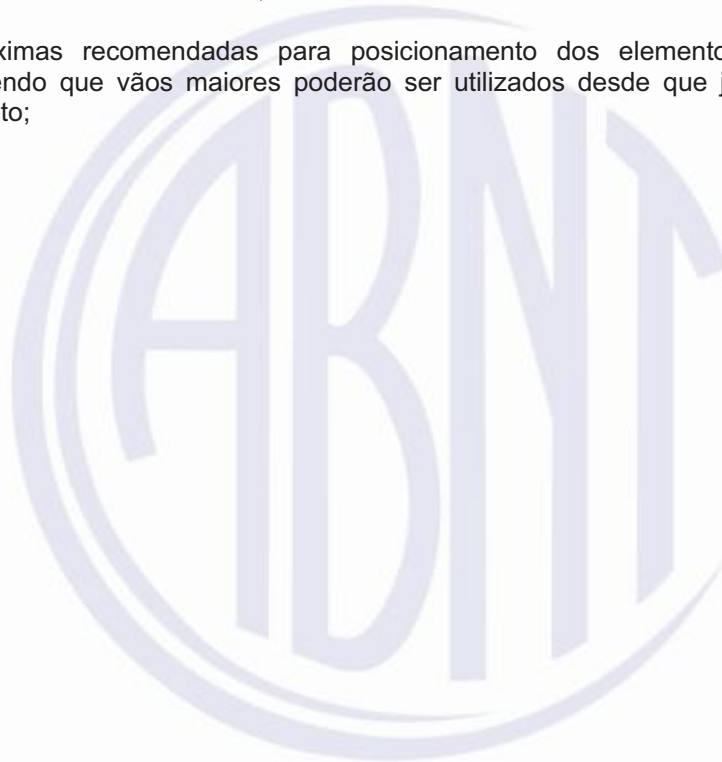
- a) a distribuição e posicionamento dos elementos resistentes;
- b) a definição das características de resistência e deformabilidade dos elementos resistentes;
- c) a verificação das diversas capacidades de carga dos pavimentos imediatamente inferiores, nas diversas idades de aplicação das cargas provenientes das concretagens posteriores;

- d) a verificação das diversas capacidades de carga dos pavimentos superiores, nas diversas idades de aplicação das cargas provenientes da retirada dos escoramentos remanescentes de um nível inferior;
- e) processo de remoção do escoramento remanescente, considerando o funcionamento global da estrutura.

C.4 Parâmetros mínimos a serem considerados

Na elaboração do projeto de escoramento remanescente devem ser considerados os seguintes parâmetros mínimos, independentemente de valores mais privilegiados que possam ser informados pelo cliente final:

- a) sobrecarga de utilização dos pavimentos, no processo evolutivo das concretagens e demais etapas executivas de obra não inferior a 1 kN/m^2 ;
- b) as distâncias máximas recomendadas para posicionamento dos elementos verticais de suporte são $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$, sendo que vãos maiores poderão ser utilizados desde que justificados pelo projetista da estrutura de concreto;



Anexo D (normativo)

Critérios de cálculo da pressão do concreto para fôrmas verticais

D.1 Generalidades

Para o dimensionamento de fôrmas verticais para concreto, inclusive ancoragens e escoramentos, deve-se considerar a pressão do concreto fluido como ação variável, calculado conforme mostrado neste Anexo.

As pressões do concreto fluido, determinadas conforme esta Norma, são determinantes para fôrmas verticais com variações de até $\pm 5^\circ$ do prumo.

Medidas de redução de pressão não poderão ser adotadas se estas não puderem ser garantidas, ainda que por tecnologia do concreto ou tecnologia da fôrma.

Os critérios adotados neste Anexo podem ser substituídos por outros, desde que sejam comprovados por ensaios realizados em laboratórios reconhecidos.

Além do valor da pressão deve ser considerada a distribuição desta pressão sobre a fôrma.

Para os efeitos deste Anexo, sempre que citado o termo concreto, este se refere ao concreto fluido.

D.2 Definições

- pressão do concreto fluido: pressão horizontal que o concreto exerce para a face da fôrma em contato com o concreto. O símbolo para esta pressão é P_b e a unidade é quilonewton por metro quadrado (kN/m^2);
- velocidade da concretagem: incremento vertical do nível superior do concreto fluido medido linearmente em relação ao tempo decorrido de concretagem. O símbolo é v_b e a unidade é metros por hora (m/h);
- altura hidrostática: diferença entre a superfície superior do concreto fluido e a altura, onde a pressão do concreto fluido atinge o valor máximo P_b . O símbolo é h_s e a unidade é metro (m);
- consistência: atributo que caracteriza a moldabilidade e a fluidez do concreto.

NOTA O concreto pode ser classificado usando o abatimento, segundo ABNT NBR NM 67, nas seguintes classes de consistência:

Classe de consistência	Abatimento mm
C1	abatimento ≤ 20
C2	$20 < \text{abatimento} \leq 80$
C3	$80 < \text{abatimento} \leq 140$
C4	abatimento > 140

Tempo de endurecimento (ou tempo final de pega); tempo entre o momento da mistura do concreto e o momento quando o concreto atingiu a dureza suficiente que a pressão horizontal contra a fôrma com carga vertical adicional não mais aumenta. O símbolo é t e a unidade de medida é em horas (h).

D.3 Determinação do valor da pressão do concreto fluido

Do diagrama indicado na na Figura D.1 podem ser extraídas a pressão do concreto fluido P_b e a altura hidrostática h_s correspondente, para diversas velocidades de concretagem e classes de consistência do concreto.

O diagrama da Figura D.1 é baseado nas seguintes considerações:

- a) o peso específico do concreto fluido é $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- b) o concreto fluido está sendo lançado com temperatura própria de $25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- c) o concreto fluido endurece em no máximo 5 h;
- d) a compactação do concreto fluido é feita com vibração interna;
- e) a fôrma é estanque; e
- f) a velocidade da concretagem não passa de $7,0 \text{ m/h}$

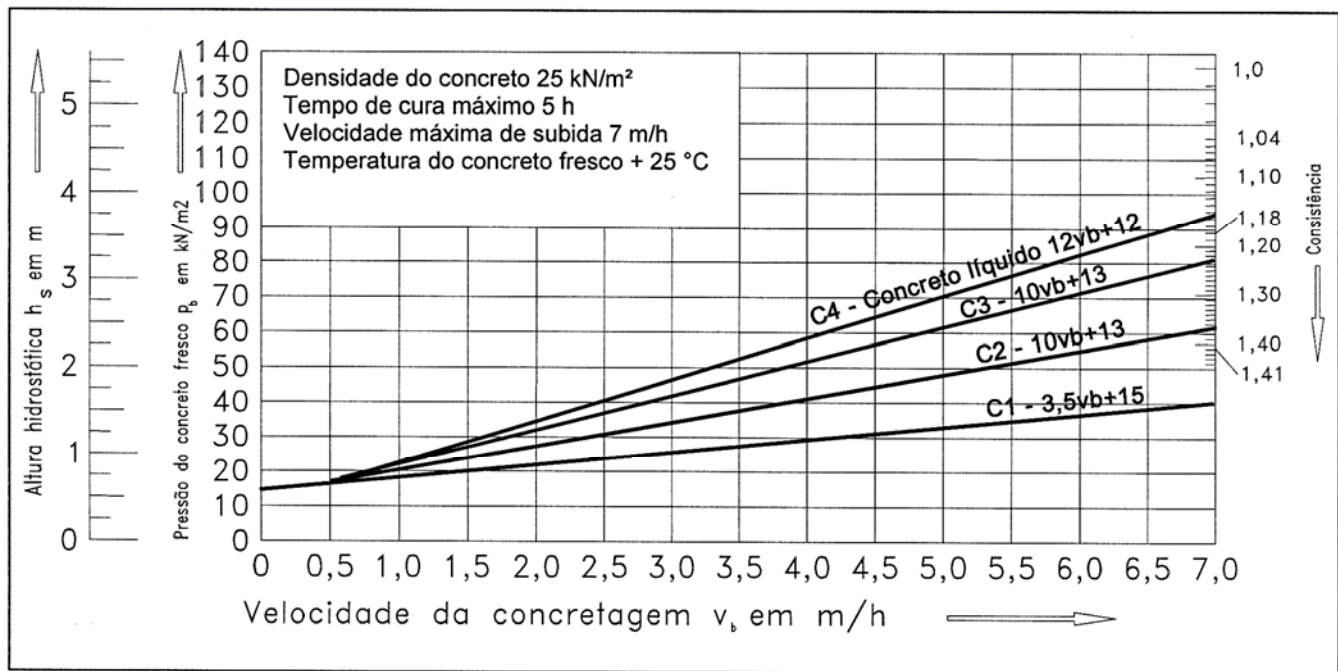


Figura D.1 — Diagrama para determinação da pressão do concreto P_b , e a altura hidrostática h_s correspondente, em função da velocidade da concretagem v_b e da consistência

D.4 Distribuição da pressão do concreto fluido pela altura

A distribuição da pressão do concreto fluido pela altura $h = 5 v_b$ (tempo de endurecimento x velocidade de concretagem) deve ser considerada conforme Figura D.2. Para o dimensionamento da forma deve ser considerado o posicionamento da carga conforme Figura D.2 na situação mais desfavorável em relação à altura total da fôrma (ver Figura D.3).

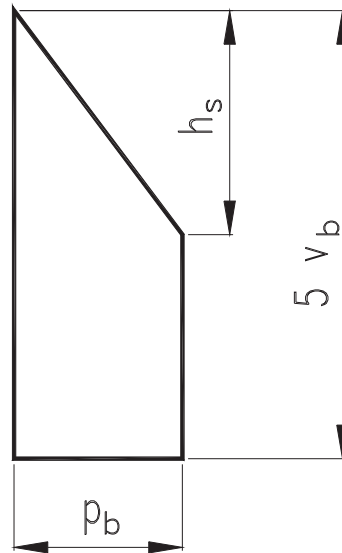
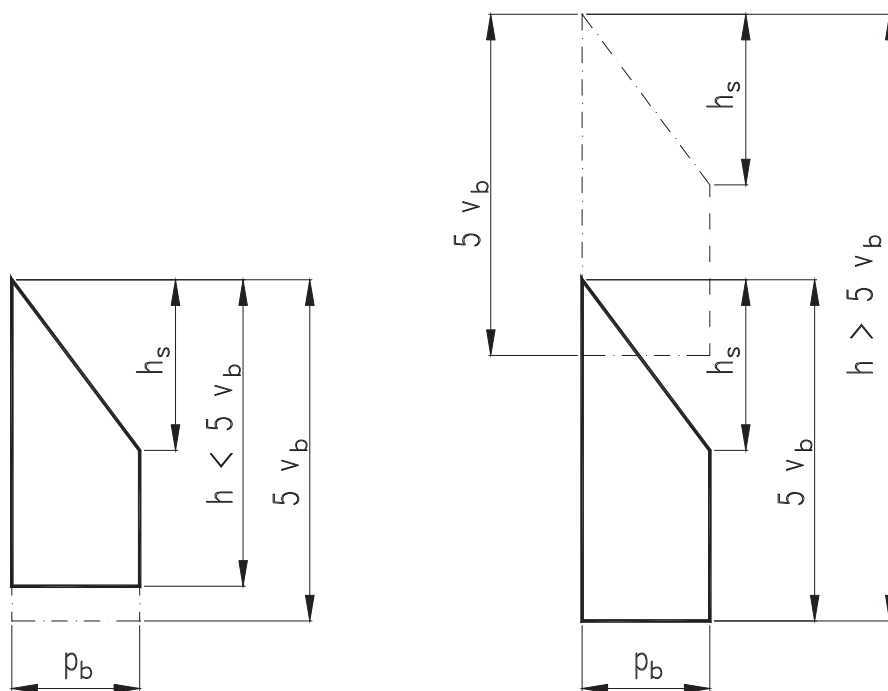


Figura D.2 — Distribuição da pressão do concreto fluido



NOTA 1 No primeiro caso da Figura D.3, parte da carga não se aplica.

NOTA 1 No segundo caso da Figura D.3, a carga se desloca sobre a altura.

Figura D.3 — Distribuição da pressão do concreto fluido em função da altura h da fôrma

D.5 Fatores que influenciam a pressão do concreto fluido

Vários fatores podem aumentar ou reduzir a pressão do concreto fluido conforme detalhado em D.5.1 a D.5.6.

A pressão hidrostática $P_b = \gamma * h$ é a pressão máxima possível.

Este valor deve ser usado como limite em casos que, em função de um ou mais dos fatores a seguir, o cálculo resultará em valores mais altos.

D.5.1 Vibração

A pressão do concreto fluido, conforme diagrama da Figura D.1, vale para a profundidade da vibração h_r até a altura hidrostática h_s . Para profundidades de vibração maiores, mantendo os outros fatores de influência do diagrama, a pressão do concreto deve ser aumentada para $P_b = 25 * h_r$.

O diagrama da Figura D.1 é válido para a compactação do concreto com vibradores internos.

Em casos de compactação do concreto com vibradores externos ou vibradores acoplados na fôrma, para as partes da fôrma onde estes vibradores têm influência durante a compactação, deve ser considerada a pressão hidrostática $P_b = 25 * h_s$. Vibrações externas permanentes ou com alta frequência, mesmo que aconteçam não intencionalmente para o fim da compactação do concreto fluido, também devem ser consideradas

D.5.2 Temperatura do concreto fluido

A temperatura influencia o tempo de endurecimento e, através deste tempo, a pressão do concreto fluido.

Nos casos em que a temperatura do concreto fluido na hora da concretagem for menor que 25 °C, ou quando a temperatura de 25 °C não puder ser mantida, P_b e h_s devem ser aumentados em 3 % para cada 1 °C abaixo de 25 °C.

No caso em que a temperatura do concreto fluido, na hora do lançamento do concreto, ultrapasse 25 °C, a pressão do concreto fluido p_b e a altura hidrostática h_s não podem ser reduzidas.

D.5.3 Temperatura do ambiente

A influência de temperaturas ambiente inferiores a 25 °C para a pressão do concreto fluido não precisa ser considerada, desde que o concreto mantenha a temperatura em função de medidas de isolamento térmico.

Sem medidas de isolamento térmico, este fator deve ser considerado nos casos em que a temperatura do concreto, durante o endurecimento, pode cair abaixo de 25 °C. Neste caso, p_b e h_s devem ser aumentados em 3 % para cada 1 °C abaixo de 25 °C.

Não é permitido considerar a influência de temperaturas de ambiente acima de 25 °C.

O aumento da pressão do concreto em função de refrigeração do concreto fluido deve ser considerado, desde que a temperatura do concreto caia durante o endurecimento abaixo de 25 °C.

D.5.4 Aditivos do concreto

Aditivos influenciam a pressão basicamente através de alterações da consistência ou do tempo de endurecimento.

D.5.5 Aditivos para aumentar fluidez e/ou para a criação de bolhas de ar

O aumento da pressão causado por estes aditivos deve ser considerado através da classe da consistência.

D.5.6 Retardadores de pega

Usando aditivos retardadores, os valores da pressão do concreto P_b e a altura hidrostática h_s extraídos do diagrama devem ser multiplicados com os valores da Tabela D.1.

A Tabela D.1 vale somente para alturas de concretagem até 10 m.

Valores intermediários podem ser interpolados linearmente.

Tabela D.1 — Fatores para a majoração da pressão do concreto fluido e da altura hidrostática com uso de aditivos retardadores de pega

Fatores para a pressão P_b		
Classe de consistência	Retardamento h	
	5	15
C1	1,15	1,45
C2	1,25	1,80
C3 e C4	1,40	2,15

D.5.7 Variações do concreto normal

D.5.7.1 Concretos auto-adensáveis

São concretos aditivados que não exigem vibração interna ou externa para seu adensamento.

Como sua fluidez é alta, nestes casos, considerar a pressão do concreto como sendo $P_b = \gamma_b * h$, durante o tempo de endurecimento ou início de pega, dependendo do método de concretagem.

D.5.7.2 Concreto leve e concreto pesado

No caso em que o peso específico do concreto γ_b difira de 25 kN/m³ do valor considerado no diagrama, o valor da pressão do concreto P_b deve ser multiplicado pelo fator α extraído da Tabela D.2.

A altura hidrostática h_s permanece igual, independentemente das alterações do peso específico.

Os outros fatores mencionados acima devem ser considerados iguais aos do concreto com peso específico de 25 kN/m³.

Tabela D.2 — Fatores α

γ_b kN/m ³	α	γ_b kN/m ³	α
10	0,40	24	0,96
12	0,48	25	1,00
14	0,56	26	1,04
16	0,64	28	1,12
17	0,72	30	1,20
20	0,80	35	1,40
22	0,88	40	1,60

Anexo E (informativo)

Critérios de ensaios para equipamentos

E.1 Generalidades

No caso da impossibilidade de determinar a resistência de elementos, estruturas, conexões ou detalhes das peças conforme normas específicas, deve-se proceder à realização de ensaios em laboratórios para determinação de sua resistência.

Este Anexo estabelece os critérios de ensaios para os seguintes equipamentos, utilizados em fôrmas e escoramentos:

- a) vigas;
- b) escoras;
- c) torres de carga;
- d) painéis;
- e) tirantes;
- f) treliças;
- g) plataformas de trabalho (consoles em balanço).

E.2 Amostragem e procedimentos gerais

O tamanho da amostra para se determinar os valores médios de resistência deve seguir as expressões clássicas da estatística, utilizando-se nível de confiança de 95 % e distribuição normal; caso se conheça o desvio-padrão populacional, ou a distribuição de Student caso seja necessário utilizar o desvio-padrão amostral a partir de amostra-piloto. A precisão, ou erro, deve ser estabelecido pelo interessado.

E.3 Procedimentos por equipamento

E.3.1 Viga

E.3.1.1 Viga de madeira

- a) flexão: seguir a ABNT NBR 7190.
vão de 21xh, carga concentrada, medição deformação/carga;
- b) cortante: dois apoios com distância de 50 cm;
- c) esmagamento: carga pontual na largura da viga x 10 cm contra apoio da mesma medida.

E.3.1.2 Viga metálica

- a) flexão: a viga deverá ser apoiada sobre duas placas de 10 cm de comprimento pela largura da viga, onde essas duas placas devam permitir a rotação de apoio sobre o centro das placas. A carga deve ser única e aplicada no centro do vão da viga.

Vão de 21xh, carga concentrada, medição deformação/carga

- b) cortante: dois apoios com distância de 50 cm;
- c) esmagamento: carga pontual na largura da viga x 10 cm contra apoio da mesma medida.

E.3.2 Escora

A escora deve ser posicionada na vertical.

A carga deve ser aplicada axialmente.

O apoio deve ser de concreto ou de aço e deve ser nivelado.

A escora deve ser ensaiada para a abertura máxima, a abertura mínima e para duas aberturas intermediárias.

Devem ser registradas a deformação horizontal no meio da escora e a deformação vertical, junto com as cargas aplicadas.

A carga deve ser aumentada até a ruptura ou até não ter aumento de carga com aumento de deformação.

E.3.3 Torres de carga

Devem ser feitos ensaios das peças de ajuste de altura isoladamente e da torre globalmente montada, sendo que para as peças de ajuste devem ser ensaiadas em compressão centrada na abertura máxima, e para as torres de carga devem ser ensaiadas de forma global, com altura de no mínimo 6 metros e as peças de ajuste na abertura máxima, sendo montada na vertical.

A carga deve ser aplicada no ponto central da torre em planta.

Deve ser registrada a deformação horizontal no meio da torre de carga e a deformação vertical junto às cargas aplicadas.

A carga deve ser aumentada até a ruptura ou até não ter aumento de carga com aumento de deformação.

E.3.4 Painéis de fôrma

Os painéis de fôrma devem ser ensaiados na posição horizontal, apoiados nos pontos previstos de tirantes, com carga distribuída.

E.3.5 Conjunto de tirante e porca

O ensaio deve ser feito aplicando carga de tração nas porcas montadas no tirante até a ruptura, medindo a deformação.

E.4 Apresentação dos resultados

Em todos os casos ensaiados, devem ser apresentados a curva tensão x deformação e os limites de resistência de todos os ensaios, sendo que devem ser aplicados os coeficientes de segurança especificados nesta Norma e no Anexo A para cada tipo de equipamento.

Anexo F (informativo)

Requisitos para fornecedores de equipamentos para fôrmas e escoramentos

F.1 Generalidades

A execução correta de fôrmas e escoramentos envolve muitos aspectos, nem todos sob controle direto do responsável técnico pela execução da obra.

Em função da delegação de parte da responsabilidade, as empresas fornecedoras de equipamentos, projetos e serviços de montagem devem ser qualificadas conforme exigências dos órgãos fiscalizadores.

F.2 Objetivo

Este anexo define requisitos mínimos para um fornecedor de fôrmas e escoramentos.

Um fornecedor que atenda a estes requisitos pode assumir partes das incumbências mencionadas nesta Norma.

F.3 Requisitos necessários aos fornecedores de fôrmas e escoramentos

F.3.1 Estrutura organizacional

O fornecedor de fôrmas e escoramentos deve dispor de:

- a) engenheiro incumbido para as atividades da empresa;
- b) programa de treinamento constante para os colaboradores;
- c) manual técnico de procedimentos internos da empresa para a execução de projetos e montagens dos equipamentos.

F.3.2 Equipamentos

F.3.2.1 Projeto e desenvolvimento

Os equipamentos fornecidos devem seguir as especificações mencionadas nesta Norma.

Equipamentos sem especificações devem ser desenvolvidos com critérios em analogia aos equipamentos descritos desta Norma.

O projeto dos equipamentos deve incluir desenhos de fabricação e memorial de cálculo.

A resistência dos equipamentos desenvolvidos deve ser confirmada através de ensaios especificados no Anexo C.

F.3.2.2 Fabricação

A fabricação dos equipamentos deve assegurar a qualidade e as especificações originais do projeto desenvolvido.

F.3.2.3 Manutenção dos equipamentos

O fornecedor de fôrmas e escoramentos deve dispor de procedimentos padronizados de manutenção de equipamentos.

Todas as peças devem ser inspecionadas antes da entrega, garantindo o perfeito funcionamento do equipamento e a capacidade de carga admissível.

F.4 Projeto de fôrmas e escoramentos

Os projetos de escoramento e fôrmas devem ser elaborados por profissionais qualificados, devendo serem aprovados pelo engenheiro incumbido pela empresa executora ou fornecedor.

Os projetos devem seguir os requisitos desta Norma.

Os projetos devem ser completos, contendo todas as informações necessárias para a montagem correta da fôrma ou do escoramento.

F.5 Orientação de montagem

O catálogo técnico deve indicar as cargas admissíveis para todos os equipamentos

Instruções específicas por meio de catálogos técnicos para a montagem dos equipamentos devem ser disponíveis para quem monta, sempre que não existir projeto específico ou que este projeto não estiver detalhando a montagem básica, para montagens pouco complexas.

O fornecedor deve dispor de profissionais qualificados para orientar e supervisionar a montagem.