



**ABNT – Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar  
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: PABX (21) 210-3122  
Fax: (21) 220-1762/220-6436  
Endereço eletrônico:  
www.abnt.org.br

Copyright © 2000,  
ABNT–Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

JULHO

2004

**02:136.01.002**

# **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 2: Estrutura**

ABNT/CB 02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil

CE 02.136.01 - Desempenho de Edificações

Performance of up to five storied residential buildings - Part 2: Structure

Descriptors: Performance, residential building, structure

Palavra(s)-chave: Desempenho, edifícios habitacionais,  
estrutura

20 páginas

## **Sumário**

### **Prefácio**

- 1 Introdução
- 2 Objetivo
- 3 Referências normativas
- 4 Definições
- 5 Exigências dos usuários
- 6 Requisitos, critérios, métodos de avaliação e níveis de desempenho
- 7 Desempenho estrutural
- 8 Segurança contra incêndio
- 9 Estanqueidade
- 10 Durabilidade e manutenibilidade
- 11 Adequação ambiental

### **Prefácio**

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (ABNT/CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

## **ÍNDICE / RELAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO**

|  | Página |
|--|--------|
| <b>1. Introdução</b>   | 2      |
| <b>2. Objetivo</b>   | 2      |
| <b>3. Referências normativas</b>   | 3      |
| <b>4. Definições</b>   | 4      |
| <b>5. Exigências dos usuários</b>  | 5      |
| <b>6. Requisitos, critérios, métodos de avaliação e níveis de desempenho</b> | 5      |

**7. DESEMPENHO ESTRUTURAL**

|  |    |
|--|----|
| 7.1.1. Critério – Estado limite último                 | 6  |
| 7.2.1. Critério – Estados limites de utilização        | 8  |
| 7.3.1. Critério – Resistência a impactos de corpo mole | 11 |
| 7.3.2. Critério – Resistência a impactos de corpo duro | 14 |

**8. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

|  |    |
|--|----|
| 8.1.1. Critério – Resistência ao fogo de elementos de compartimentação | 16 |
| 8.2.1. Critério – Resistência ao fogo dos elementos estruturais        | 17 |

**9. ESTANQUEIDADE**

|   |    |
|---|----|
| 9.1.1. Critério – Proteção da estrutura contra umidade proveniente do solo              | 17 |
| 9.2.1. Critério – Proteção da estrutura contra umidade decorrente de chuvas             | 17 |
| 9.3.1. Critério – Proteção da estrutura contra umidade decorrente da ocupação do imóvel | 18 |

**10. DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE**

|  |    |
|--|----|
| 10.1.1. Critério - Vida útil de projeto e prazos de garantia da estrutura e dos seus componentes | 19 |
| 10.2.1. Critério - Manual de operação, uso e manutenção da estrutura e seus componentes          | 19 |

**11. ADEQUAÇÃO AMBIENTAL** 20**1 INTRODUÇÃO**

O desempenho estrutural do edifício, de seus elementos e de seus componentes deve ser analisado do ponto de vista dos estados limites último e de utilização, pelo método semiprobabilístico de cálculo estrutural. Devem ser consideradas a resistência mecânica dos materiais ou componentes e as solicitações características de acordo com as prescrições da presente norma e das normas brasileiras NBR 8681 (Ações e Segurança nas Estruturas), NBR 6120 (Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações) e NBR 6123 (Forças Devidas ao Vento em Edificações), simulando-se através de modelos matemáticos e físicos as situações de ruína por esgotamento da capacidade de resistência dos materiais ou por instabilidade do equilíbrio. O estado limite de serviço deve garantir a durabilidade e utilização normal da estrutura, limitando-se a formação de fissuras, a magnitude das deformações e a ocorrência de falhas localizadas que possam prejudicar os níveis de desempenho previstos para a própria estrutura e para os demais elementos e componentes que constituem a edificação, incluindo as instalações hidrossanitárias e demais sistemas prediais.

Adicionalmente, deve a estrutura garantir outros aspectos de desempenho que condigam com a sua inserção no meio habitacional, tais como segurança contra o fogo, estanqueidade, saúde e higiene, funcionalidade e sustentabilidade.

A presente Norma compõe um conjunto normativo mais amplo que é formado pelas normas relativas às seguintes partes:

Parte 1 – Requisitos gerais;

Parte 2 – Estrutura;

Parte 3 – Pisos internos;

Parte 4 – Fachadas e paredes internas;

Parte 5 – Coberturas;

Parte 6 – Sistemas hidro-sanitários.

Todas as disposições contidas nesta norma, aplicáveis a habitações de até cinco pavimentos, referem-se a elementos, componentes ou sistemas montados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam todas as instruções específicas do respectivo fornecedor, devidamente registradas em “Manual de Operação, Uso e Manutenção” ou em documentos similares.

A presente norma deve ser utilizada em conjunto com o Projeto 02:136.01.001 – “Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais” e com as normas prescritivas relacionadas no item 3.

**2 OBJETIVO**

O objetivo desta norma é definir os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis à estrutura de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, a seus elementos e componentes, considerando-se os estados limites último e de serviço (utilização).

A estrutura do edifício, desde que utilizada corretamente e submetida ao planos de manutenção prescritos pelo incorporador e/ou pelo construtor, não deve ao longo de sua vida útil entrar em ruína nem tampouco apresentar falhas que venham a prejudicar o desempenho dos demais elementos e componentes da construção.

Excetuados critérios que dependam diretamente da altura do edifício (segurança estrutural – estado limite último; segurança contra incêndio – rotas de fuga, equipamentos de extinção etc), os demais critérios estabelecidos no presente documento podem ser aplicados para edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos.

### 3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A edição indicada estava em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita à revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usar a edição mais recente da norma citada a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

- NBR 5419/01 Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
- NBR 5628/01 Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo
- NBR 5629/96 Execução de tirantes ancorados no terreno
- NBR 5674/99 Manutenção de edificações – Procedimento
- NBR 5987/80 Tintas – preparo para utilização e técnicas de aplicação na pintura de estruturas, instalações e equipamentos industriais
- NBR 6118/03 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- NBR 6120/80 Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento
- NBR 6122/96 Projeto e execução de fundações
- NBR 6123/90 Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento.
- NBR 7190/97 Projeto de estruturas de madeira – Procedimento
- NBR 8044/ 83 Projeto geotécnico
- NBR 8681/03 Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- NBR 8800/86 Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites – Procedimento
- NBR 9062/01 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento
- NBR 9575/03 Impermeabilização – Seleção e projeto
- NBR-10837/89 Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento
- NBR 10844/89 Instalações prediais de águas pluviais
- NBR 11297/88 Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço-carbono zincado
- NBR 11682/91 Estabilidade de taludes
- NBR 11702/92 Tintas para edificações não industriais
- NBR 13245/95 Execução de pinturas em edificações não industriais
- NBR 13532/95 Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura – Procedimento
- NBR 14037/98 Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação
- NBR 14125/03 Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Revestimento orgânico para fins arquitetônicos - Pintura
- NBR 14718/ 01 Guarda-corpos para edificação
- NBR 14762/01 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento
- Projeto 02:136.01.001:2004 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1:Requisitos gerais
- Projeto 02:136.01.003:2004 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 3:Piso interno
- Projeto 02:136.01.004:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas
- Projeto 02:136.01.005:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Cobertura
- Projeto 02:136.01.006:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 6: Sistemas hidro-sanitários
- Projetos de normas em desenvolvimento na Comissão de Estudos ABNT CE 02:115.29

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Publicação "Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social". São Paulo, IPT, 1998.

Instruções técnicas do Corpo de Bombeiros local e/ou Decreto/Lei relativo à segurança contra incêndio, em vigor no Estado da Federação onde se localizar a obra, produto ou projeto em avaliação.

#### **4 DEFINIÇÕES**

Para os efeitos da presente norma aplicam-se as definições apresentadas no Projeto 02:136.01.001 – "Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais" e as definições a seguir indicadas.

##### **4.1 Ações**

Conjunto de cargas resultantes do peso próprio dos materiais, efeitos do vento, cargas de ocupação, deformações impostas, efeitos ambientais e outras cargas que possam atuar permanente ou acidentalmente sobre a estrutura.

##### **4.2 Ações ou cargas permanentes e variáveis**

As cargas permanentes são provenientes do peso próprio da estrutura, de elementos de vedação, de acabamentos e de instalações. As cargas variáveis, que podem ou não estar atuando ao longo da vida da obra, decorrem da ocupação da edificação pelos usuários, do mobiliário e de outras ações cuja intensidade apresenta variações tais como: cargas de vento, empuxos hidrostáticos ou de terra, cargas induzidas pela variação da temperatura e outras.

##### **4.3 Estado limite último**

Estado crítico onde a estrutura não mais satisfaz os critérios de desempenho relativos à solidez ou à estabilidade. Momento a partir do qual ocorre perigoso rebaixamento dos níveis de segurança, com risco de colapso da estrutura.

##### **4.4 Estado limite de serviço ou utilização**

Estado de solicitação da estrutura a partir do qual começa a ser prejudicada a funcionalidade, a utilização e/ou a durabilidade da edificação; configura-se, em geral, pela presença de deformações excessivas, estados avançados de fissuração e outras falhas.

##### **4.5 Segurança**

Habilidade da estrutura ou elemento estrutural de garantir a operação livre de colapsos, acidentes e casualidades por parte dos usuários.

##### **4.6 Integridade estrutural**

Habilidade da estrutura de evitar o colapso incremental da mesma na ocorrência de danificações localizadas.

##### **4.7 Ruína**

A ruína caracteriza o estado limite último, seja por ruptura, perda de estabilidade ou deformação excessiva.

##### **4.8 Falha**

Ocorrência que compromete o estado de utilização do elemento, por fissuração, deslocamentos acima de limites aceitáveis, avarias no elemento, nas interfaces com outros elementos ou em outros elementos, etc.

##### **4.9 Deformação**

Variação da distância entre pontos de um corpo submetido a uma determinada tensão, com modificação de sua forma e volume primitivos.

##### **4.10 Deslocamento**

Afastamento entre a elástica e o eixo original de uma barra (ou plano original de uma placa) submetida a um carregamento estático ou dinâmico.

##### **4.11 Flecha**

Máximo afastamento entre a elástica e a posição primitiva de uma barra ou de uma placa submetida à flexão.

##### **4.12 Fissura**

Seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrótérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante).

#### **4.13. Estado inaceitável de fissuração**

Ocorrência de fissura isolada ou fissuras múltiplas, ativas ou passivas, que repercutam em não atendimento a qualquer um dos critérios que constituem o presente conjunto normativo (Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1 a 6).

#### **4.14. Trinca**

Expressão coloquial que denota uma fissura com abertura maior que o diâmetro de um fio de cabelo. Para efeitos do presente conjunto normativo, é sinônimo de fissura.

#### **4.15 Destacamento**

Perda de aderência entre elementos ou componentes da obra bruta, ou seja, excetuados os materiais de acabamento (destacamento entre parede de vedação e estrutura, destacamento entre blocos constituintes de uma alvenaria, etc). Para efeitos do presente conjunto normativo, aplicam-se aos destacamentos as mesmas regras estabelecidas para as fissuras.

#### **4.16 Descolamento**

Perda de aderência entre materiais de acabamento e componentes da obra bruta (descolamento de placa cerâmica assentada em piso ou parede, descolamento de argamassa de revestimento, descolamento de película de pintura, etc).

### **5 EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO**

Sob as diversas ações atuantes na habitação, a estrutura deve atender as exigências aplicáveis que se encontram relacionadas no Projeto 02:136.01.001 – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais, além das exigências específicas a seguir.

### **6 REQUISITOS, CRITÉRIOS, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E NÍVEIS DE DESEMPENHO**

Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e economia, são estabelecidos para os diferentes elementos e partes da construção níveis mínimos de desempenho (“Nível M”), que devem ser obrigatoriamente atendidos. Considerando as diferentes possibilidades de agregação de qualidade aos produtos, o que implica inclusive em diferentes relações custo/benefício, para desempenho excedente às necessidades mínimas são estabelecidos respectivamente os níveis “I” (intermediário) e “S” (superior). Aos agentes públicos financiadores ou promotores de habitação, e aos incorporadores em geral, caberá definir, em cada caso, o nível de desempenho pretendido; não havendo nenhuma indicação, subentende-se pactuado o nível “M” (mínimo).

A verificação do atendimento às diferentes exigências, os critérios de amostragem, a eventual realização de inspeções de campo e a preparação do documento técnico resultante da avaliação de desempenho de um componente ou sistema construtivo devem ser realizadas de acordo com as diretrizes apresentadas no item 6 do Projeto 02:136.01.001 – “Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais”.

### **7 DESEMPENHO ESTRUTURAL**

Sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento etc), o edifício deve atender às seguintes exigências:

- nenhuma de suas partes deve ruir ou perder a estabilidade;
- sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, razoavelmente previsíveis na época do seu projeto, a segurança dos usuários deve estar sempre garantida;
- as deformações de quaisquer elementos do edifício não devem provocar sensação de insegurança nos usuários, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta norma;
- as deformações dos elementos estruturais não devem repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de paredes de vedação e acabamentos, prejudicar a manobra normal de partes móveis como portas e janelas, o funcionamento normal das instalações etc;
- relativamente às interações com o solo e com o entorno devem ser cumpridas todas as disposições das normas NBR 8044 – Projeto geotécnico, NBR 5629 – Execução de tirantes ancorados no terreno, NBR 11682 – Estabilidade de taludes e NBR 6122 – Projeto e execução de fundações, incluindo normas complementares nelas referenciadas.

#### **7.1 Requisito - Estabilidade e resistência estrutural**

A estrutura e demais elementos com função estrutural devem apresentar um nível satisfatório de segurança contra a ruína, considerando-se as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, ou seja, refere-se ao estado limite último. Elementos com função de vedação (paredes e divisórias, não estruturais) devem ter capacidade de transmitir à estrutura seu peso próprio e os esforços externos que sobre eles diretamente venham atuar, decorrentes de sua utilização.

### 7.1.1 Critério – estado limite último

Todas as disposições aplicáveis das normas que abordam a estabilidade e a segurança estrutural devem ser atendidas por todos os componentes estruturais da habitação, incluindo as obras geotécnicas. Na inexistência de norma técnica brasileira, específica para o tipo de estrutura ou material que se estiver analisando, a estabilidade e a segurança estrutural devem ser demonstradas através de cálculos, modelos e ensaios devidamente fundamentados em normas estrangeiras ou literatura técnica de reconhecido valor no meio técnico nacional.

Devem ser necessariamente consideradas as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devidas ao vento e a deformações impostas (variação de temperatura e umidade, recalques das fundações etc).

$$\text{Solicitação: } S_d = \gamma_g S_{gk} + \gamma_q S_{qk} + \gamma_w S_{wk} + \gamma_E S_{Ek} \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

$S_{gk}$ : Solicitação permanente característica;

$\gamma_g$ : Coeficiente de majoração das ações permanentes;

$S_{qk}$ : Solicitação acidental característica;

$\gamma_q$ : Coeficiente de majoração das ações acidentais;

$S_{wk}$ : Solicitação característica devida à ação do vento;

$\gamma_w$ : Coeficiente de majoração das ações de vento;

$S_{Ek}$ : Solicitação característica devida às deformações impostas;

$\gamma_E$ : Coeficiente de majoração das ações decorrentes das deformações impostas.

Quando se desconhece o local de implantação do edifício, deve-se considerar as cargas devidas ao vento em função das regiões definidas na normalização brasileira, para as condições mais severas de implantação, limitando-se eventualmente o uso a determinadas regiões.

A resistência característica dos materiais, quando não existirem normas específicas, deve corresponder ao quantil inferior de 5%, ou seja, 95% do universo amostrado do material deve apresentar, para as propriedades escolhidas como representativas, um valor igual ou acima do característico.

Para edificações habitacionais pode-se considerar as duas combinações de solicitações abaixo indicadas, que devem ser atendidas simultaneamente:

$$S_d = 1,4 S_{gk} + 1,4 S_{qk} + 1,2 S_{wk} + 1,2 S_{Ek} \quad (\text{eq. 2})$$

$$S_d = 0,9 S_{gk} + 1,2 S_{wk} \quad (\text{eq. 3})$$

Nessa situação valem as seguintes observações:

- para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à retração por secagem, caso os materiais apresentem índices de retração livre em corpos-de-prova de laboratório inferiores a 0,06%;
- para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à variação de temperatura, caso sejam empregados materiais com coeficientes de dilatação térmica linear  $\leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ; para comprimentos em planta inferiores a 30 metros, levar em consideração somente para valores acima de  $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ;
- para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à variação da umidade relativa do ar, caso sejam empregados materiais que, no aumento da umidade relativa de 50% para 100%, estabilizam-se com expansão não superior a 0,1%; da mesma forma, o efeito da variação da umidade pode ser desprezado para estruturas cujos componentes forem protegidos com sistemas de impermeabilização de comprovada eficiência.

#### 7.1.1.1 Métodos de avaliação

##### 7.1.1.1.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais da habitação deve ser feita com base no seguinte conjunto de normas: NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto, NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, NBR 6122 - Projeto e execução de fundações, NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações, NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira, NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas, NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites, NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

As condições de desempenho devem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e as considerações estabelecidas.

#### OBSERVAÇÃO

Para casas térreas e sobrados cuja altura total não supere 8 metros, desde o respaldo da fundação de cota mais baixa até o topo da cobertura, não há necessidade de atendimento às resistências mínimas dos materiais nem às dimensões mínimas dos componentes estruturais estabelecidas no conjunto de normas citado, resguardada a demonstração da segurança e estabilidade, durabilidade, segurança contra o fogo, desempenho acústico etc.

#### 7.1.1.1.2 Ensaios

Quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem o componente, ou dos componentes que constituem a estrutura em questão, não for conhecida e consolidada por experimentação, permite-se, para fins desta norma, estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e o traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, registrando-se a história do carregamento (Figura 1). Nesse caso, o ensaio deve ser conduzido com pelo menos dez etapas de carregamento, com repetição para três modelos geométricos idênticos e em escala real, confeccionados com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo construtivo a ser adotado no canteiro de obras.

Para elementos estruturais comprimidos, as cargas deverão ser aplicadas com excentricidade de  $\frac{t}{30} \geq 1 \text{ cm}$ , onde "t" é a menor dimensão do espécime (normalmente a espessura).

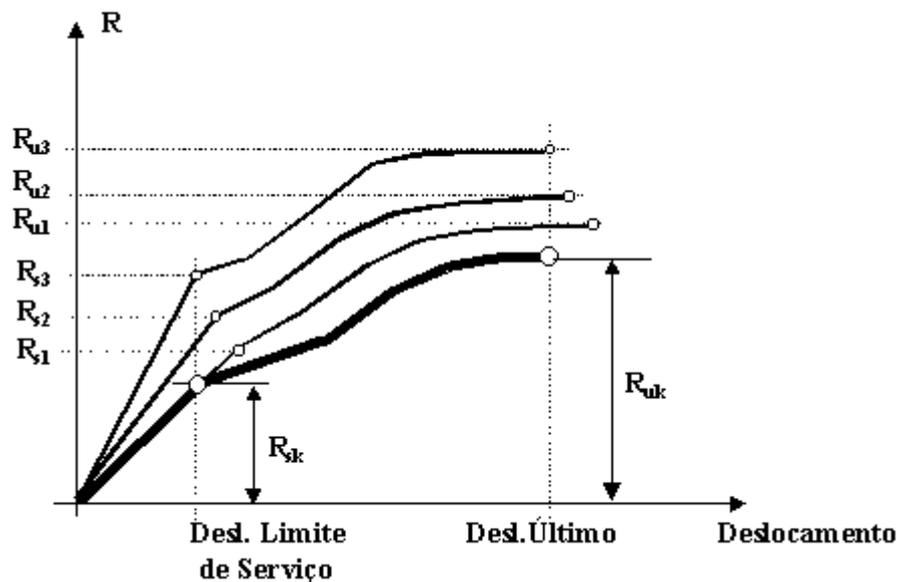


Figura 1 – Gráfico carga x deslocamento para determinação de  $R_{ud}$  e  $R_{sd}$  por meio de ensaios

Os componentes, ensaiados para as condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, serão caracterizados pelas resistências  $R_{u1}$ ,  $R_{u2}$  e  $R_{u3}$ , resultados das resistências últimas observadas nos ensaios, ordenadas crescentemente conforme indicado na Figura 1.

A resistência de projeto, com o seu valor já minorado, será admitida como:

$$R_{ud} = \left[ R_{u1} - \frac{R_{u3} - R_{u1}}{2} \cdot \xi \right] \frac{1}{\gamma_m} \leq (1 - 0,2 \cdot \xi) \cdot R_{u1} \cdot \frac{1}{\gamma_m} \quad (\text{eq. 4})$$

com  $\gamma_m \geq 1,5$

Onde:

$$\xi = [(1 + \delta_{uA}) \cdot (1 + \delta_{uB}) \cdot (1 + \delta_{uC}) \dots] \quad (\text{eq. 5})$$

Sendo:

$\delta_{uA}$ : Coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a  $R_{ud}$ ;

$\delta_{uB}$ : Coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a  $R_{ud}$ ;

$\delta_{uC}$ : Coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a  $R_{ud}$ .

Os materiais A, B, C etc devem constituir e reger de forma majoritária o comportamento mecânico do componente em análise na composição da resistência  $R_{ud}$ .

Desta forma deve-se comprovar a condição:

$$S_d \leq R_{ud}$$

com  $S_d$  expressa pelas equações 1 a 3.

É de suma importância que, para conservar válida a expressão de  $R_{ud}$ , as resistências médias dos materiais A, B, C etc estejam caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção das peças e componentes estruturais.

A caracterização dos constituintes A, B, C etc, e o tipo de resistência que caracterizará cada um deles, podem ser obtidas com a própria realização dos ensaios, examinando-se minuciosamente o comportamento de ruptura do conjunto e sua dependência do comportamento dos materiais individuais.

Para edificações térreas, onde não seja possível por motivos técnicos ou de viabilidade econômica o controle sistemático dos materiais A, B, C etc, permite-se prescindir da obtenção estatística de  $\delta_{sA}$ ,  $\delta_{sB}$ ,  $\delta_{sC}$  etc, desde que se venha a fixar  $\xi = 1,5$  e  $\gamma_m = 2,0$ .

### OBSERVAÇÕES

- no caso particular de edificações térreas e sobrados cuja altura total não supere 8 metros, não sendo possível realizar, por motivos técnicos ou de viabilidade econômica, o controle sistemático dos materiais A, B, C etc, permite-se prescindir da obtenção estatística de  $\delta_{sA}$ ,  $\delta_{sB}$ ,  $\delta_{sC}$  etc, desde que se adote  $\xi = 1,5$  e  $\gamma_m = 2,0$ ;
- a resistência característica assumida para componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser tomada como a correspondente ao quantil inferior de 5%, ou seja, 95% dos componentes devem apresentar para a ou as propriedades escolhidas como representativas, um valor igual ou acima do característico;
- na resistência de cálculo dos componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser considerado um coeficiente de minoração com base na variabilidade dos resultados de ensaios; este coeficiente, contudo, não deve ser inferior a 2.

#### 7.1.1.2 Nível de desempenho – M.

### 7.2 Requisito - Deformações, fissuração e ocorrência de outras falhas

O desempenho da estrutura, e dos demais elementos da construção a ela vinculados, não deve ser prejudicado por deslocamentos excessivos ou estados de fissuração excessiva, considerando-se nas verificações as ações permanentes e de utilização. As deformações, fissuras e quaisquer falhas não devem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício, tais como portas e janelas, instalações etc. Nestas condições, a probabilidade de ocorrência de fissuras e danos inaceitáveis deve ser mínima, da ordem de 0,1% (considerando as ações características com nível de significância de 95%).

#### 7.2.1 Critério – estados limites de utilização

Sob a ação de cargas verticais, temperatura, vento, recalques diferenciais das fundações ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, os componentes estruturais não devem apresentar:

- deslocamentos superiores àqueles indicados nas Tabelas 1, 2 e 3 a seguir;
- fissuras com aberturas maiores que os limites indicados em normas específicas (NBR 6118, NBR 9062 etc), ou abertura superior a 0,4mm em qualquer situação, prevalecendo sempre o menor valor limitado;
- lascamentos, fraturas localizadas, plastificações ou quaisquer outros danos que venham a prejudicar o desempenho dos demais elementos da construção;
- destacamentos ou fissuras em paredes de vedação, pisos, elementos da cobertura, forros e acabamentos em geral, tolerando-se fissuras e destacamentos não perceptíveis a olho nu por um observador posicionado a 1m da superfície do elemento em análise, num cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminação igual ou maior que 250 lux.

Devem ser consideradas as cargas permanentes, acidentais, devidas ao vento e a deformações específicas.

$$\text{Solicitação: } S_d = \psi_g S_{gk} + \psi_q S_{qk} + \psi_w S_{wk} + \psi_E S_{Ek} \quad (\text{eq. 6})$$

Nos casos mais gerais, na análise das deformações podem ser consideradas apenas as ações permanentes e acidentais (sobrecargas) características, tomando-se para  $\psi_g$  o valor 1 e para  $\psi_q$  o valor 0,7.

$$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} \quad (\text{eq. 7})$$

Na avaliação dos deslocamentos, cujos limites são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, devem ser levadas em conta as deformações imediatas e as diferidas no tempo. Para o caso de estruturas de concreto ou argamassa armada, compósitos

reforçados com fibras ou materiais semelhantes, devem ser levados em conta os efeitos de diminuição da rigidez com a ocorrência da fissuração.

**Tabela 1 – Deslocamentos limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral**

(H = altura do componente estrutural; L = vão teórico do componente estrutural)

| Razão da Limitação  | Elementos  | Deslocamento Limite      | Tipo de Deslocamento   |
|---|--|--------------------------|--|
| Visual / insegurança psicológica  | Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)                      | $L / 250$ ou $H / 300^*$ | Deslocamento final incluindo fluência (carga total)  |
| Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações | Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros etc) | $L / 800$                | Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso etc)   |
|   | Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc)                | $L / 600$                |  |
| Destacamentos e fissuras em vedações  | Paredes e/ou acabamentos rígidos   | $L / 500$ ou $H / 500^*$ | Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais) |
|   | Paredes e acabamentos flexíveis  | $L / 400$ ou $H / 400^*$ |  |

(\*) Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a  $H_{total} / 500$  ou 3cm, respeitando-se o menor dos dois limites.

**Tabela 2 - Flechas máximas para vigas e lajes (cargas gravitacionais - permanentes e acidentais)**

(L = vão teórico do componente estrutural)

| Vigas e lajes servindo de suporte a:   |   | Flecha imediata (*) |            |                       | Flecha final (total)  |
|--|---|---------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
|  |   | $S_{gk}$            | $S_{qk}$   | $S_{gk} + 0,7 S_{qk}$ | $S_{gk} + 0,7 S_{qk}$ |
| Paredes monolíticas, em alvenaria ou em painéis unidos ou rejuntados com material rígido | Com aberturas (**)                                  | $L / 1000$          | $L / 2800$ | $L / 800$             | $L / 400$             |
|  | Sem aberturas                                       | $L / 750$           | $L / 2100$ | $L / 600$             | $L / 340$             |
| Paredes em painéis com juntas flexíveis, divisórias leves, gesso acartonado              | Com aberturas (**)                                  | $L / 1050$          | $L / 1700$ | $L / 730$             | $L / 330$             |
|  | Sem aberturas                                       | $L / 850$           | $L / 1400$ | $L / 600$             | $L / 300$             |
| Pisos  | Constituídos e/ou revestidos com material rígido    | $L / 700$           | $L / 1500$ | $L / 530$             | $L / 320$             |
|  | Constituídos e/ou revestidos com material flexível  | $L / 750$           | $L / 1200$ | $L / 520$             | $L / 280$             |
| Forros   | Constituídos e/ou revestidos com material rígido    | $L / 600$           | $L / 1700$ | $L / 480$             | $L / 300$             |
|  | Forros falsos e/ou revestidos com material flexível | $L / 560$           | $L / 1600$ | $L / 450$             | $L / 260$             |

|  |         |          |         |         |
|--|---------|----------|---------|---------|
| Laje de cobertura impermeabilizada, com declividade $\geq 2\%$ | L / 850 | L / 1400 | L / 600 | L / 320 |
| Vigas calha com inclinação $i \geq 2\%$                        | L / 750 | -        | -       | L / 300 |

(\*) Para vigas e lajes em balanço, admitem-se deslocamentos correspondentes a 1,5 vezes os respectivos valores indicados.

(\*\*) No caso do emprego de dispositivos e detalhes construtivos que absorvam as tensões concentradas no contorno das aberturas das portas e janelas, as paredes podem ser consideradas como sendo "sem aberturas".

**TABELA 3 - Deslocamentos verticais máximos para treliças e trama da cobertura**

| Componente                              | Flecha total admissível |          |                      |
|---|-------------------------|----------|----------------------|
|   | $S_{gk}$                | $S_{qk}$ | $S_{gk} + 0,7S_{qk}$ |
| Treliças                                | L / 600                 | L / 3000 | L / 520              |
| Vigas Principais                        | L / 520                 | L / 1200 | L / 400              |
| Vigas secundárias (terças e caibros)    | L / 500                 | L / 750  | L / 340              |
| Componentes de apoio das telhas (ripas) | L / 400                 | L / 400  | L / 230              |

### 7.2.1.1 Método de avaliação

#### 7.2.1.1.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais da habitação deve ser feita com base no seguinte conjunto de normas: NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto, NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações, NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira, NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas, NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites, NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

#### 7.2.1.1.2 Ensaios

Os componentes são ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando-se o gráfico representado na Figura 1 anterior, sendo  $R_{s1}$ ,  $R_{s2}$  e  $R_{s3}$  os resultados das resistências em serviço observadas nos ensaios e ordenados crescentemente, e que serão caracterizadas em cada ensaio pela grandeza que primeiro estabelecer uma falha. Estas poderão ser balizadas pelos limites impostos nas tabelas 1, 2 e 3, conforme o caso cabível de solicitação e pela ocorrência de danos convencionados como inaceitáveis em condições de utilização.

A resistência de projeto, com o seu valor já minorado, será admitida como:

$$R_{sd} = \left[ R_{s1} - \frac{R_{s3} - R_{s1}}{2} \cdot \xi \right] \leq (1 - 0,2 \cdot \xi) \cdot R_{s1} \quad (\text{eq. 8})$$

Onde:

$$\xi = [(1 + \delta_{sA}) \cdot (1 + \delta_{sB}) \cdot (1 + \delta_{sC}) \dots] \quad (\text{eq. 9})$$

Sendo:

$\delta_{sA}$ : Coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a  $R_{sd}$ ;

$\delta_{sB}$ : Coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a  $R_{sd}$ ;

$\delta_{sC}$ : Coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a  $R_{sd}$ .

Os materiais A, B, C etc devem constituir e reger de forma majoritária o comportamento mecânico do componente em análise na composição da resistência  $R_{sd}$ .

Desta forma deve-se comprovar a condição:

$$S_d \leq R_{sd}$$

com  $S_d$  dada pelas equações 6 e 7.

É de suma importância que, para conservar válida a expressão de  $R_{sd}$ , as resistências médias dos materiais A, B, C etc estejam caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção das peças e componentes estruturais.

A caracterização dos constituintes A, B, C, etc, e o tipo de resistência que caracterizará cada um deles, podem ser obtidas com a própria realização dos ensaios, examinando-se minuciosamente o comportamento em serviço e sua dependência do comportamento dos materiais individuais.

Para edificações térreas, onde não seja possível por motivos técnicos ou de viabilidade econômica o controle sistemático dos materiais A, B, C etc, permite-se prescindir da obtenção estatística de  $\delta_{sA}$ ,  $\delta_{sB}$ ,  $\delta_{sC}$  etc, desde que se adote  $\xi = 1,5$ .

### 7.2.1.2 Nível de desempenho – M

### 7.3 Requisito: Impactos de corpo mole e corpo duro

A resistência aos impactos de corpo mole e duro que podem ser produzidos durante a utilização do edifício traduz-se na energia de impacto a ser aplicada em componentes estruturais, responsáveis pela segurança do edifício, dada em função de impactos com maiores energias. No que se refere ao estado de utilização e resistência superficial, os impactos são menos rigorosos.

#### 7.3.1 Critérios e níveis de desempenho para resistência a impactos de corpo mole

Sob ação de impactos de corpo mole os componentes da estrutura não devem sofrer ruptura ou instabilidade sob qualquer energia de impacto, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, escamações, delaminações e outros danos em impactos de segurança, respeitados os limites para deformações instantâneas e residuais dos componentes. Os impactos também não podem causar danos a outros componentes acoplados aos componentes sob ensaio.

As limitações de deslocamentos instantâneos ( $d_h$  ou  $d_v$ ) e residuais ( $d_{hr}$  ou  $d_{vr}$ ), assim como os níveis de desempenho, são apresentados nas tabelas 4 a 6.

**Tabela 4 - Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados na fachada do edifício, inclusive guarda-corpos, em exteriores acessíveis ao público – impactos de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro.**

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho   | Nível de desempenho |   |   |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|
|                                      |   | M                   | I | S |
| 960                                  | - Não ocorrência de ruína;<br>- Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) |                     |   | ✓ |
| 960                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)          |                     | ✓ |   |
| 720                                  | - Não ocorrência de ruína;<br>- Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) |                     |   | ✓ |
| 720                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)          | ✓                   | ✓ |   |
| 480                                  | - Não ocorrência de ruína;<br>- Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) |                     | ✓ | ✓ |

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
| 480 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)  | ✓ |   |   |
| 360 | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação do deslocamento horizontal:<br>$d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo $h$ a altura do pilar<br>$d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo $L$ o vão teórico da viga |   | ✓ | ✓ |
| 360 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)  | ✓ |   |   |
| 240 | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação do deslocamento horizontal:<br>$d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo $h$ a altura do pilar<br>$d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo $L$ o vão teórico da viga | ✓ | ✓ | ✓ |
| 180 | - Não ocorrência de falhas  | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas  | ✓ | ✓ | ✓ |

## OBSERVAÇÕES:

- O componente deve ser submetido a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360, 480 e 720J (nível M); 120, 180, 240, 360, 480, 720 e 960J (níveis I ou S);
- Para enquadramento num dos níveis de desempenho (M, I ou S), devem ser atendidas todas as exigências do respectivo nível (campos assinalados com ✓);
- Para casas térreas, podem ser empregados componentes com nível de desempenho M, I ou S;
- Para edificações com mais de um pavimento devem ser empregados componentes com nível de desempenho I ou S;
- Para componentes estruturais leves (massa específica  $\leq 1200\text{kg/m}^3$  ou peso próprio  $\leq 60\text{kg/m}^2$ ), admitem-se deslocamentos instantâneos equivalentes ao dobro dos valores indicados na tabela.

**Tabela 5 – Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados no interior do edifício e na fachada, inclusive guarda-corpos, considerando-se neste caso os impactos de corpo mole aplicados na face interna, ou seja, de dentro para fora.**

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho   | Nível de desempenho |   |   |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|
|                                      |   | M                   | I | S |
| 480                                  | - Não ocorrência de ruína;<br>- Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) |                     |   | ✓ |
| 480                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)          | ✓                   | ✓ |   |
| 360                                  | - Não ocorrência de ruína;<br>- Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) |                     |   | ✓ |
| 360                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)          | ✓                   | ✓ |   |

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
| 240 | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação do deslocamento horizontal:<br>$d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo $h$ a altura do pilar<br>$d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo $L$ o vão teórico da viga |   | ✓ | ✓ |
| 240 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)  | ✓ |   |   |
| 180 | - Não ocorrência de falhas  | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação do deslocamento horizontal:<br>$d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo $h$ a altura do pilar<br>$d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo $L$ o vão teórico da viga | ✓ | ✓ | ✓ |

## OBSERVAÇÕES:

- O componente deve ser submetido a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360 e 480J (níveis M, I ou S);
- Para enquadramento num dos níveis de desempenho (M, I ou S), devem ser atendidas todas as exigências do respectivo nível (campos assinalados com ✓);
- Guarda-corpos presentes em terraços, coberturas etc devem, adicionalmente, resistir a um impacto com energia de 600J; relativamente a cargas estáticas, concentradas ou distribuídas, devem ser atendidas as exigências da norma NBR 14718;
- Para componentes estruturais leves (massa específica  $\leq 1200\text{kg/m}^3$  ou peso próprio  $\leq 60\text{kg/m}^2$ ), admitem-se deslocamentos instantâneos equivalentes ao dobro dos valores indicados na tabela.

Tabela 6 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho   | Nível de desempenho |   |   |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|
|                                      |   | M                   | I | S |
| 960                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)                |                     | ✓ | ✓ |
| 720                                  | - Não ocorrência de ruína<br>- Não ocorrência de falhas   |                     |   | ✓ |
| 720                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)                | ✓                   | ✓ |   |
| 480                                  | - Não ocorrência de ruína<br>- Não ocorrência de falhas   |                     | ✓ | ✓ |
| 480                                  | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)                | ✓                   |   |   |
| 360                                  | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação de deslocamento vertical<br>$d_v \leq L/300$ ; $d_{vr} \leq L/1500$ |                     | ✓ | ✓ |
| 360                                  | - Não ocorrência de falhas  | ✓                   |   |   |

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
| 240 | - Não ocorrência de falhas<br>- Limitação de deslocamento vertical<br>$d_v \leq L/300$ ; $d_{vr} \leq L/1500$ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas  | ✓ | ✓ | ✓ |

**OBSERVAÇÕES:**

- O componente deve ser submetido a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360, 480 e 720J (nível M); 120, 180, 240, 360, 480, 720 e 960J (níveis I ou S);
- Para enquadramento num dos níveis de desempenho (M, I ou S), devem ser atendidas todas as exigências do respectivo nível (campos assinalados com ✓).

**7.3.1.1 Método de avaliação**

A verificação da resistência e deslocamento dos componentes estruturais é feita através de ensaios de impacto realizados em laboratório, em protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio / vinculações. Um corpo impactador, com forma e massa (M) definida, é suspenso por um cabo e abandonado em movimento pendular de uma altura (h) até atingir o componente estrutural. Devem ser registradas as ocorrências (eventuais danos ocorridos) e os deslocamentos. As condições de ensaio relativas à massa do corpo, alturas e energias de impacto (E) correspondente estão apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7 – Massa de corpo mole, altura e energia do impacto**

| Impacto  | m (kg) | h (m) | E (J) |
|--|--------|-------|-------|
| Corpo mole de acordo com a NBR 11675/90 –<br>1 impacto para cada energia | 40     | 0,30  | 120   |
|  | 40     | 0,45  | 180   |
|  | 40     | 0,60  | 240   |
|  | 40     | 0,90  | 360   |
|  | 40     | 1,20  | 480   |
|  | 40     | 1,80  | 720   |
|  | 40     | 2,40  | 960   |

**7.3.2 Critérios e níveis de desempenho para resistência a impactos de corpo duro**

Sob a ação de impactos de corpo duro os componentes da edificação não devem sofrer ruptura ou traspasseamento sob qualquer energia de impacto, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, lascamentos e outros danos em impactos de segurança.

As tabelas 8 a 10 apresentam os critérios de verificação e os correspondentes níveis de desempenho.

**Tabela 8 - Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados na fachada do edifício, inclusive guarda-corpos, em exteriores acessíveis ao público – impactos de corpo duro na face externa, ou seja, de fora para dentro.**

| Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho  | Nível de desempenho |
|--------------------------------------|---|---------------------|
| 3,75                                 | - Não ocorrência de falhas<br>- Mossas com qualquer profundidade  | <b>M</b>            |
| 20                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 3,75                                 | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm  | <b>I</b>            |
| 20                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 3,75                                 | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm  | <b>S</b>            |
| 20                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |

**Tabela 9 – Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados no interior do edifício e na fachada, inclusive guarda-corpos, considerando-se neste caso os impactos de corpo duro aplicados na face interna, ou seja, de dentro para fora.**

| Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho  | Nível de desempenho |
|--------------------------------------|---|---------------------|
| 2,5                                  | - Não ocorrência de falhas<br>- Mossas com qualquer profundidade  | <b>M</b>            |
| 10                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 2,5                                  | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm  | <b>I</b>            |
| 10                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 2,5                                  | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm  | <b>S</b>            |
| 10                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |

**Tabela 10 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em pisos**

| Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho  | Nível de desempenho |
|--------------------------------------|---|---------------------|
| 5                                    | - Não ocorrência de falhas<br>- Mossas com qualquer profundidade  | <b>M</b>            |
| 30                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 5                                    | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm  | <b>I</b>            |
| 30                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |
| 5                                    | - Não ocorrência de falhas<br>- Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm  | <b>S</b>            |
| 30                                   | - Não ocorrência de ruína e traspassamento<br>- Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações |                     |

### 7.3.2.1 Método de avaliação

Verificação da resistência e indentação provocada pelo impacto de corpo duro, através de ensaios em laboratório, protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio / vinculações. Os impactos são aplicados por meio de esferas de aço maciças, abandonadas em queda livre, registrando-se as profundidades das mossas e os eventuais danos ocorridos. Para cada energia especificada são aplicados dez impactos, em pontos ou seções representativas do componente (seções enfraquecidas etc). As condições de ensaio relativas às massas do corpo duro (M), alturas de queda (h) e energias de impacto (E) estão apresentadas na Tabela 11.

**Tabela 11 – Massa de corpo duro, altura e energia do impacto**

| Impacto  | m (kg) | h (m) | E (J) |
|--|--------|-------|-------|
| Corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço)<br>– 10 impactos para cada energia | 1      | 1,00  | 10    |
|  | 1      | 2,00  | 20    |
|  | 1      | 3,00  | 30    |
| Corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia   | 0,5    | 0,50  | 2,5   |
|  | 0,5    | 0,75  | 3,75  |
|  | 0,5    | 1,00  | 5     |

## 8 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Além dos requisitos e critérios a seguir listados, devem ser atendidas todas as exigências pertinentes do Projeto 02:136.01.001 – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais. Considerando-se que diversos componentes e instalações podem constituir-se em foco de incêndio para a estrutura, chama-se especial atenção para a necessidade de atendimento aos seguintes critérios da referida norma: 8.1.1 (proteção contra descargas atmosféricas), 8.1.2 a 8.1.6 (instalações elétricas e instalações de gás). Relativamente à proteção da estrutura contra descargas atmosféricas, devem ser atendidas todas as disposições da norma NBR 5419.

### 8.1 Requisito – limitação da possibilidade de propagação de incêndio entre unidades habitacionais

O edifício deve dificultar a propagação do incêndio para outras unidades habitacionais. Considera-se apenas os casos de edificações multifamiliares e de edificações geminadas.

#### 8.1.1 Critério – resistência ao fogo de elementos de compartimentação

A resistência ao fogo dos elementos construtivos com função estrutural e de compartimentação entre unidades habitacionais, deve atender ao disposto na Tabela 12.

**Tabela 12 - Critério relativo à resistência ao fogo de elementos construtivos de compartimentação entre unidades habitacionais**

| Elemento construtivo                       | Resistência ao fogo (horas) |               |              |
|--|-----------------------------|---------------|--------------|
|  | Isolação térmica            | Estanqueidade | Estabilidade |
| Pisos e paredes entre habitações contíguas | 1/2                         | 1/2           | 1/2          |

#### 8.1.1.1 Método de avaliação:

A resistência ao fogo dos elementos construtivos com função estrutural deve ser comprovada em ensaios realizados conforme a norma NBR 5628. A comprovação do atendimento ao critério também poderá ser feita através de avaliação técnica baseada em resultados de ensaios realizados ou em métodos analíticos.

## 8.2 Requisito – comportamento da estrutura sob ação do fogo

As estruturas dos edifícios devem ser projetadas e construídas de forma a não sofrerem imediata ruína parcial ou total.

### 8.2.1 Critério – resistência ao fogo dos elementos estruturais

Os elementos estruturais devem apresentar resistência ao fogo de acordo com o disposto na Tabela 13. Não há exigência para isolação térmica ou estanqueidade à fumaça / gases aquecidos.

**Tabela 13 - Resistência ao fogo de elementos estruturais**

| Elemento estrutural                                 | Resistência ao fogo (horas) - Estabilidade |
|---|--|
| Pilares, Vigas, Lajes e Cobertura (incluindo forro) | 1/2  |
| Contraventamentos                                   | 1/4  |

#### 8.2.1.1 Método de avaliação:

A resistência ao fogo dos elementos estruturais deve ser avaliada através de ensaios realizados conforme a NBR 5628. A comprovação do atendimento ao critério também poderá ser feita através de avaliação técnica baseada em resultados de ensaios realizados ou em métodos analíticos.

#### 8.2.1.2 Nível de desempenho: M.

## 9 ESTANQUEIDADE

### 9.1 Requisito – ação da umidade do solo

Os componentes da estrutura não devem ser submetidos à umidade prolongada, proveniente do solo, de forma a prejudicar sua resistência ou durabilidade e propiciar o desenvolvimento de micro-organismos.

#### 9.1.1 Critério – proteção da estrutura contra umidade proveniente do solo

O projeto de edificação deve especificar lastros drenantes, barreiras impermeáveis ou outras disposições que impeçam a passagem da umidade proveniente do solo através dos componentes da estrutura, fundações, cortinas, pisos e paredes.

##### 9.1.1.1 Método de avaliação

Análise de projeto, considerando as disposições da norma NBR 9575/03: Impermeabilização – Seleção e projeto. Soluções construtivas não abordadas nesta norma devem ser objeto de cuidadosa investigação em simulações de laboratório e protótipos.

##### 9.1.1.2 Nível de desempenho: M.

### 9.2 Requisito – ação da água de chuva

Os componentes da estrutura não devem ser submetidos à umidade prolongada, causada pelas chuvas, de forma a prejudicar sua resistência ou durabilidade e propiciar o desenvolvimento de micro-organismos.

#### 9.2.1 Critério - proteção da estrutura contra a umidade decorrente de chuvas

O projeto de edificação deve prever todos os elementos e detalhes necessários para que não ocorra constante umidificação dos componentes estruturais, incluindo telhados, hidrofugação ou impermeabilização de fachadas, sistemas de impermeabilização de lajes de cobertura, terraços e outros. Estruturas aparentes em madeira, metal ou concreto devem ser convenientemente protegidas com verniz ou pintura impermeabilizante, adotando-se os detalhes construtivos que evitem empoçamentos / deposição de água sobre os componentes estruturais (drenos, cobre-muros, peitoris, pingadeiras etc).

#### **9.2.1.1 Método de avaliação**

Análise do projeto, considerando a adequação dos materiais / detalhes construtivos adotados e o atendimento às disposições previstas nos seguintes documentos:

- NBR 5987/80 Tintas – preparo para utilização e técnicas de aplicação na pintura de estruturas, instalações e equipamentos industriais
  - NBR 6118/03 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
  - NBR 7190/97 Projeto de estruturas de madeira – Procedimento
  - NBR 8800/86 Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites – Procedimento
  - NBR 9062/01 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento
  - NBR 9575/03 Impermeabilização – Seleção e projeto
  - NBR 10837/89 Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento
  - NBR 10844/89 Instalações prediais de águas pluviais
  - NBR 11297/88 Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço-carbono zincado
  - NBR 11702/92 Tintas para edificações não industriais
  - NBR 13245/95 Execução de pinturas em edificações não industriais
  - NBR 13532/95 Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura – Procedimento
  - NBR 14125/03 Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Revestimento orgânico para fins arquitetônicos – Pintura
  - NBR 14762/01 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento
  - Projeto 02:136.01.001:2004 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1:Requisitos gerais
  - Projeto 02:136.01.003:2004 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 3:Piso interno
  - Projeto 02:136.01.004:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas
  - Projeto 02:136.01.005:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Cobertura
  - Projeto 02:136.01.006:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 6: Sistemas hidro-sanitários
- Projetos de normas em desenvolvimento na Comissão de Estudos ABNT CE 02:115.29

#### **9.2.1.2 Nível de desempenho: M.**

### **9.3 Requisito – ação da água proveniente da ocupação do imóvel**

Os componentes da estrutura não devem ser submetidos à umidade prolongada, proveniente de instalações hidrossanitárias ou da própria ocupação do imóvel (higiene pessoal, lavagem de pisos etc), de forma a prejudicar sua resistência ou durabilidade e propiciar o desenvolvimento de micro-organismos.

#### **9.3.1 Critério - proteção da estrutura contra umidade decorrente da ocupação do imóvel**

O projeto de edificação deve prever todos os elementos e detalhes necessários para que não ocorra constante umidificação dos componentes estruturais, incluindo estanqueidade das instalações hidrossanitárias, hidrofugação ou impermeabilização de paredes internas, sistemas de impermeabilização de pisos, boxe de chuveiros, terraços e outros. Estruturas aparentes em madeira, metal ou concreto devem ser convenientemente protegidas com verniz ou pintura impermeabilizante, adotando-se os detalhes construtivos que evitem empoçamentos / deposição de água sobre os componentes estruturais (caimentos, ausência de frestas, drenos, etc).

#### **9.3.1.1 Método de avaliação**

Análise do projeto, considerando a adequação dos materiais / detalhes construtivos adotados e o atendimento às disposições previstas nas normas listadas no item 9.2.1.1 anterior.

#### 9.3.1.2 Nível de desempenho: M.

### 10 DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE

#### 10.1 Requisito - vida útil da estrutura e das suas partes

A estrutura como um todo, e qualquer de seus elementos constituintes, submetidos a intervenções periódicas de acordo com o “Manual de operação, uso e manutenção”, devem manter sua capacidade portante e funcional durante a vida útil da edificação.

##### 10.1.1 Critério - vida útil de projeto e prazos de garantia da estrutura e dos seus componentes

A estrutura principal e quaisquer elementos comprometidos com a segurança e estabilidade global da construção, submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação segundo instruções específicas do fornecedor, devem manter sua capacidade funcional durante toda a vida útil prevista no projeto, conforme Tabela 7 do documento Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais. Para tanto, devem ser atendidos os critérios de desempenho ali especificados, as diretrizes de durabilidade contidas no documento “Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social” (publicação IPT, 1998) e as exigências específicas das normas prescritivas relacionadas no item 3.

##### 10.1.1.1 Método de avaliação

- Análise do projeto, considerando a adequação dos materiais / detalhes construtivos adotados e o atendimento às disposições previstas nas normas listadas no item 9.2.1.1 anterior;
- Ensaio físico-químico e ensaios de envelhecimento acelerado (porosidade, absorção de água, permeabilidade, dilatação térmica, choque térmico, expansão higroscópica, câmara de condensação, câmara de névoa salina, câmara CUV, câmara de SO<sub>2</sub>, Wheater-O-Meter, etc);
- Aplicação de modelos para previsão do avanço de frentes de carbonatação, cloretos e outros.

##### 10.1.1.2 Nível de desempenho: M.

#### 10.2 Requisito – Manutenibilidade da estrutura e dos seus componentes

A fim de que seja atendida a durabilidade projetada para a estrutura e seus componentes, conforme Tabela 7 do documento Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais, devem ser previstas e realizadas manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo. Estas últimas devem ser realizadas assim que o problema se manifestar, impedindo que pequenas falhas progridam às vezes rapidamente para extensas patologias. As manutenções devem ser realizadas em estrita obediência ao “Manual de Operação, Uso e Manutenção” fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora.

##### 10.2.1 Critério – Manual de operação, uso e manutenção da estrutura e seus componentes

O fabricante do produto, o construtor e o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar todas as condições de uso, operação e manutenção da estrutura e seus componentes, ou seja:

- recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (sobrecargas não previstas no projeto estrutural, abertura de vãos de portas ou janelas em paredes estruturais, ampliações verticais não previstas, perfuração de peças estruturais para passagem de dutos etc);
- periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções;
- técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção.

##### 10.2.1.1.1 Método de avaliação

Análise do “Manual de Operação, Uso e Manutenção” das edificações, considerando-se as diretrizes gerais das normas NBR 5674 e NBR 14037.

##### 10.2.1.1.2 Nível de desempenho: M

#### OBSERVAÇÕES

- A periodicidade das inspeções e manutenções deve ser estabelecida com base na vida útil de projeto da estrutura e dos seus componentes, conforme Tabela 7 do documento Desempenho de Edifícios Habitacionais de

até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais, e dos resultados / níveis de desempenho obtidos com a aplicação do presente documento;

- Dentro dos prazos de garantia, também estipulados na referida Tabela 7, recomenda-se que o construtor e/ou o incorporador realizem inspeções periódicas, visando rápida correção de defeitos ou vícios que eventualmente se manifestem logo após a entrega da obra, além de examinarem sua correta utilização e a efetiva implementação dos programas de manutenção por parte dos proprietários ou usuários da edificação;
- Relativamente à manutenção da estrutura e suas partes, é essencial que o manual a ser fornecido pelo construtor e/ou incorporador contemple (sempre que aplicável): materiais e processos usuais de limpeza e conservação; reparos em fissuras que possam se manifestar ao longo do tempo; eliminação de umidade ou infiltrações de água que possam comprometer a durabilidade da estrutura; materiais e processos de repintura; erradicação de processos corrosivos em estruturas metálicas ou armaduras de peças em concreto ou argamassa armada, reaplicação periódica de selantes ou mata-juntas em juntas de dilatação; inspeção do ataque de madeiras por cupins e brocas, bem como a forma de erradicação; processo de reaplicação de tratamento preservativo das madeiras, etc.

## **11 ADEQUAÇÃO AMBIENTAL**

Considerando-se que a avaliação técnica do impacto gerado no meio-ambiente pelas atividades da cadeia produtiva da construção ainda é objeto de muitas pesquisas, e que no atual estado da arte não é possível estabelecer critérios, métodos de avaliação e níveis de desempenho relacionados à adequação ambiental, recomenda-se para os empreendimentos habitacionais a consideração dos aspectos relacionados no item 18 do documento Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais.