

**MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação**  
**Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)**  
**Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)**

# **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos**

**DIRETRIZ SINAT**

**Nº 001 - Revisão 02**

**Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas  
construtivos em paredes de concreto armado  
moldadas no local**

Brasília, agosto de 2011

# SUMÁRIO

<b>1. OBJETO</b> .....	<b>1</b>
1.1 RESTRIÇÕES DE USO .....	2
1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO .....	2
1.3 TERMINOLOGIA E SIMBOLOGIA .....	2
1.4 DOCUMENTOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES .....	3
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO</b> .....	<b>6</b>
2.1 INFORMAÇÕES SOBRE A EDIFICAÇÃO .....	7
2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	7
2.2.1 <i>Caracterização do concreto</i> .....	7
2.2.2 <i>Caracterização do aço</i> .....	9
2.2.3 <i>Caracterização das fôrmas</i> .....	9
2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES.....	9
2.3.1 <i>Caracterização das paredes e lajes de concreto armado (estrutura)</i> .....	9
2.3.2 <i>Indicação dos revestimentos</i> .....	9
2.3.3 <i>Indicação das esquadrias</i> .....	10
2.3.4 <i>Indicação de equipamentos utilizados</i> .....	10
2.3.5 <i>Indicação da sequência executiva</i> .....	10
2.4 INDICAÇÃO DAS LIMITAÇÕES DO SISTEMA CONSTRUTIVO .....	10
<b>3. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO</b> .....	<b>10</b>
3.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL .....	10
3.1.1 <i>Armadura mínima</i> .....	11
3.1.2 <i>Estabilidade e resistência do sistema estrutural (estado limite último)</i> .....	12
3.1.3 <i>Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural (estado limite de serviço)</i> .....	12
3.1.4 <i>Impactos de corpo mole e corpo duro</i> .....	12
3.1.4.1 <i>Impactos de corpo-mole para paredes externas</i> .....	13
3.1.4.2 <i>Impactos de corpo-mole para paredes internas</i> .....	14
3.1.4.3 <i>Impactos de corpo-mole para lajes de piso</i> .....	14
3.1.4.4 <i>Impactos de corpo-duro para paredes externas</i> .....	14
3.1.4.5 <i>Impactos de corpo-duro para paredes internas</i> .....	15
3.1.4.6 <i>Impactos de corpo-duro para lajes de piso</i> .....	15
3.1.5 <i>Solicitações transmitidas por portas para as paredes</i> .....	15
3.1.6 <i>Cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes</i> .....	15
3.2 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO.....	16
3.2.1 <i>Dificultar o princípio de incêndio</i> .....	17
3.2.2 <i>Dificultar a inflamação generalizada</i> .....	17
3.2.3 <i>Dificultar a propagação do incêndio</i> .....	18
3.2.4 <i>Minimizar o risco de colapso estrutural</i> .....	18
3.3 SEGURANÇA NO USO E OPERAÇÃO .....	19
3.4 ESTANQUEIDADE .....	19
3.4.1 <i>Estanqueidade à água de chuva em paredes externas</i> .....	20
3.4.2 <i>Estanqueidade à água de paredes internas e externas decorrente da ocupação do imóvel</i> .....	21
3.4.2.1 <i>Paredes em contato com áreas molhadas</i> .....	21

3.4.3	<i>Estanqueidade à água de lajes de pisos</i> .....	22
3.4.3.1	Lajes de pisos em contato com umidade do solo.....	22
3.4.3.2	Lajes de pisos em contato com áreas molhadas .....	22
3.4.3.3	Lajes de pisos em contato com áreas molháveis.....	22
3.4.4	<i>Premissas de projeto para o sistema construtivo</i> .....	22
3.5	DESEMPENHO TÉRMICO .....	23
3.5.1	<i>Critérios para o Procedimento Simplificado</i> .....	23
3.5.1.1	Exigências para as paredes externas da edificação .....	23
3.5.1.2	Exigências para a cobertura da edificação.....	24
3.5.2	<i>Critérios para os Procedimentos de Simulação ou de Medição</i> .....	24
3.6	DESEMPENHO ACÚSTICO.....	25
3.6.1	<i>Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - <math>D_{2m,nT,w}</math></i> .....	26
3.6.2	<i>Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - <math>R_w</math></i> .....	26
3.6.3	<i>Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - <math>D_{nT,w}</math></i> .....	27
3.6.4	<i>Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - <math>R_w</math></i> .....	27
3.6.5	<i>Isolação sonora de lajes de pisos entre unidades habitacionais</i> .....	28
3.6.6	<i>Conforto acústico quanto à ruídos de impacto em lajes de piso</i> .....	28
3.6.7	<i>Conforto acústico quanto à ruídos por impactos e ruídos de equipamentos</i> .....	29
3.7	DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE .....	29
3.7.1	<i>Atendimento à vida útil de projeto</i> .....	29
3.7.2	<i>Exposição à agressividade ambiental</i> .....	30
3.7.2.1	Sistemas construtivos que empregam concreto comum.....	30
3.7.2.2	Sistemas construtivos que empregam concreto com ar incorporado.....	31
3.7.3	<i>Deterioração do concreto e da armadura</i> .....	31
3.7.4	<i>Resistência a choque térmico</i> .....	32
3.7.5	<i>Manutenção do sistema construtivo</i> .....	32
4.	<b>MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO</b> .....	<b>33</b>
4.1	MÉTODOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO .....	33
4.1.1	<i>Informações sobre a edificação</i> .....	33
4.1.2	<i>Caracterização dos materiais</i> .....	33
4.1.2.1	Caracterização do concreto.....	33
4.1.2.2	Caracterização do aço.....	33
4.1.2.3	Caracterização das fôrmas.....	33
4.1.3	<i>Caracterização dos componentes</i> .....	34
4.1.3.1	Caracterização das paredes e lajes de concreto armado (estrutura).....	34
4.1.3.2	Indicação dos revestimentos .....	34
4.1.3.3	Indicação das esquadrias .....	34
4.1.3.4	Indicação de equipamentos utilizados.....	34
4.1.3.5	Indicação da sequência executiva.....	34
4.1.4	<i>Indicação das limitações do sistema construtivo</i> .....	34
4.2	MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.....	34
4.2.1	<i>Desempenho estrutural</i> .....	34
4.2.1.1	Armadura mínima .....	35
4.2.1.2	Estabilidade e resistência do sistema estrutural (estado limite último) .....	35
4.2.1.3	Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural (estado limite de serviço).....	35
4.2.1.4	Impactos de corpo mole e corpo duro .....	36
4.2.1.5	Solicitações transmitidas por portas para as paredes.....	37
4.2.1.6	Cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes.....	37
4.2.2	<i>Segurança contra incêndio</i> .....	37
4.2.2.1	Dificultar o princípio de incêndio.....	37
4.2.2.2	Dificultar a inflamação generalizada .....	37
4.2.2.3	Dificultar a propagação do incêndio .....	37
4.2.2.4	Minimizar o risco de colapso estrutural .....	37

4.2.3	<i>Segurança no uso e operação</i> .....	38
4.2.4	<i>Estanqueidade à água</i> .....	38
4.2.4.1	Estanqueidade à água de chuva em paredes externas .....	38
4.2.4.2	Estanqueidade à água de paredes internas e externas decorrente da ocupação do imóvel.....	38
4.2.4.3	Estanqueidade à água de lajes de pisos.....	38
4.2.4.4	Premissas de projeto para o sistema construtivo .....	38
4.2.5	<i>Desempenho térmico</i> .....	39
4.2.5.1	Análise pelo Procedimento Simplificado.....	40
4.2.5.2	Análise pelo Procedimento de Simulação ou de Medição .....	40
4.2.6	<i>Desempenho acústico</i> .....	40
4.2.6.1	Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$ .....	41
4.2.6.2	Isolação sonora promovida por elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$ .....	41
4.2.6.3	Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$ .....	42
4.2.6.4	Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$ .....	42
4.2.6.5	Isolação sonora de lajes de pisos entre unidades habitacionais.....	42
4.2.6.6	Conforto acústico quanto a ruídos de impacto em lajes de piso .....	42
4.2.6.7	Conforto acústico quanto a ruídos por impactos e ruídos de equipamentos .....	43
4.2.7	<i>Durabilidade e manutenibilidade</i> .....	43
4.2.7.1	Atendimento à vida útil de projeto .....	43
4.2.7.2	Exposição à agressividade ambiental .....	43
4.2.7.3	Deterioração do concreto e da armadura .....	43
4.2.7.4	Resistência a choque térmico.....	43
4.2.7.5	Manutenção do sistema construtivo .....	43
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE GLOBAL DO DESEMPENHO DO PRODUTO</b> .....	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>CONTROLE DA QUALIDADE</b> .....	<b>44</b>

# DIRETRIZ SINAT PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL

## 1. Objeto

Os produtos alvos dessa Diretriz são sistemas construtivos que se caracterizam pela execução de paredes estruturais e/ou lajes de concreto armado (concreto normal e concreto com ar incorporado), moldadas no local, com fôrmas removíveis.

O sistema construtivo que emprega concreto normal (densidade em torno de 2300 kg/m<sup>3</sup>) pode ser utilizado para construção de casas térreas unifamiliares, sobrados unifamiliares e edifícios de multipavimentos, multifamiliares, incluindo casas sobrepostas<sup>1</sup>. Já o sistema construtivo que emprega concreto com ar incorporado (densidade em torno de 1900 kg/m<sup>3</sup>) só deve ser utilizado na construção de casas térreas unifamiliares, sobrados unifamiliares, incluindo casas sobrepostas e edifícios com térreo mais um pavimento multifamiliares.

Os sistemas construtivos alvo dessa Diretriz tem como principal característica a moldagem in loco dos elementos estruturais, particularmente as paredes para todas as tipologias, e as paredes e lajes para determinadas tipologias de edifícios. A execução ou moldagem das paredes e lajes pode ser realizada simultaneamente, quando o sistema construtivo é denominado tipo túnel, ou em ciclos alternados, quando o sistema é denominado tipo parede. Todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desenforma, as paredes já contenham em seu interior vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, ranhuras de pequeno porte para alojamento de tubulações hidráulicas de pequeno diâmetro, elementos de fixação para coberturas e outros elementos específicos quando for o caso; as instalações com tubos de grandes diâmetros não são embutidas nas paredes, mas sim alojadas em shafts, previamente deixados nas paredes, como aberturas. A decisão quanto ao embutimento ou não das instalações nas paredes deve ser do Proponente com o seu projetista estrutural, de forma a não comprometer o sistema construtivo. Além disso, tal decisão deve considerar as exigências de manutenibilidade das instalações hidro-sanitárias e elétricas ao longo da vida útil da edificação. Portanto, este documento aplica-se a paredes estruturais, submetidas a cargas de compressão ou flexo-compressão.

O princípio estrutural do sistema construtivo alvo dessa Diretriz é o modelo de estrutura composta por lâminas ou painéis, e não por pórticos de pilares e vigas, conforme previsto na ABNT NBR 6118. Portanto, considera-se que a ABNT NBR 6118 não se aplica integralmente ao dimensionamento desse sistema estrutural. Baseando-se em normas estrangeiras (como a ACI 318, a DTU 23.1 e normas técnicas colombianas), na experiência nacional e aproveitando diversos conceitos da ABNT NBR 6118, foram elaboradas propostas para dimensionamento de estruturas desse tipo, constantes do capítulo PROJETO/normalização. In: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Parede de Concreto – Coletânea de Ativos 2008/2009. São Paulo: ABCP / ABESC / IBTS, 2009. p. 4 - 52.

---

<sup>1</sup> Casas sobrepostas: trata-se de edificações habitacionais multifamiliares, com entradas independentes, limitadas a dois pavimentos (térreo e um pavimento).

## 1.1 Restrições de uso

Não são contemplados nessa Diretriz os sistemas construtivos de paredes e lajes que empregam concreto celular e concreto com agregado leve.

Não fazem parte do objeto desta Diretriz, outros componentes, elementos construtivos e instalações, como fundações, instalações elétricas e hidráulicas e coberturas. Apenas no quesito relativo ao desempenho térmico é feita menção à cobertura.

Este documento também não se aplica a: construção de paredes pré-fabricadas; construções moldadas in loco com fôrmas incorporadas; construções com paredes curvas; construções com paredes submetidas ao carregamento predominantemente horizontal, como muros de arrimo ou reservatórios.

O Capítulo Projeto..., 2009, da Comunidade da Construção, ainda traz as seguintes limitações de ordem geral para o concreto, considerando-se somente aspectos de projeto estrutural:  $f_{cj}$ , em geral “j” de 12h a 24h, na desenforma, maior ou igual a 3MPa, para lajes;  $f_{ck28d}$  menor ou igual a 40MPa, para o concreto de paredes e lajes, em razão da influência da rigidez nos efeitos de segunda ordem.

No DATec indicar eventuais limitações de uso específicas do sistema construtivo alvo da avaliação, como, por exemplo, restrições para emprego em atmosferas marinhas.

## 1.2 Campo de aplicação

Os sistemas construtivos alvos dessa Diretriz são destinados a unidades térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas multifamiliares e a edifícios multipavimentos multifamiliares, fundamentalmente habitacionais, dependendo do tipo de concreto empregado no sistema construtivo (concreto comum ou com ar incorporado), conforme descrito anteriormente.

Quanto à composição do sistema construtivo alvo dessa Diretriz, as paredes são necessariamente executadas em concreto, moldadas no local, enquanto as lajes podem ser executadas de outra forma, cabendo o uso da mesma Diretriz. Casos específicos devem ser alvo de análise do Comitê Técnico.

Alguns requisitos e critérios de desempenho podem ser considerados também para edifícios destinados a outros tipos de utilização, como escritórios comerciais.

## 1.3 Terminologia e simbologia

Para efeito desta Diretriz valem as definições constantes na ABNT NBR 6118, da ABNT NBR 15575 e nos demais documentos técnicos complementares.

São definições específicas dessa Diretriz:

Sistema tipo túnel: quando as paredes estruturais e lajes são moldadas simultaneamente, no mesmo ciclo de concretagem;

Sistema tipo parede: quando as paredes estruturais e lajes são moldadas sequencialmente, em ciclos alternados e consecutivos de concretagem;

Fôrma tipo túnel: fôrma geralmente metálica, formando diedros e triedros, empregada no sistema tipo túnel, dotada de acessórios e passarela de trabalho;

Fôrma tipo parede: fôrma geralmente metálica, ou metálica em painéis para paredes e de madeira para lajes, ou plásticas para paredes, empregada no sistema tipo parede, dotada de acessórios e passarela de trabalho.

## 1.4 Documentos técnicos complementares

A seguir, são apresentados os documentos citados nessa Diretriz, ressaltando-se que à medida que houver atualização das normas técnicas aqui citadas deverão ser consideradas as que se encontram vigentes.

### • Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

ABNT NBR 5628/2001 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo;

ABNT NBR 5628/2001 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo; Emenda em 2001;

ABNT NBR 5674/1999 - Manutenção de edificações – Procedimento;

ABNT NBR 5739/2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos

ABNT NBR 6118/2003 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento;

Emenda ABNT NBR 6118/2007 - Emenda de 21.05.2007 da ABNT NBR 6118/2003 (1 página);

ABNT NBR 6120/1980 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações; Errata em 2000;

ABNT NBR 6122/1996 - Projeto e execução de fundações;

ABNT NBR 6123/1998 - Forças Devidas ao Vento em Edificações;

ABNT NBR 6479/1992 - Portas e vedadores - Determinação da resistência ao fogo;

ABNT NBR 7218/1987 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis;

ABNT NBR 7480/2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;

ABNT NBR 7481/1990 - Tela de aço soldada - Armadura para concreto;

ABNT NBR 8051/1983 - Porta de madeira de edificação - Verificação da resistência a impactos da folha;

ABNT NBR 8054/1983 - Porta de madeira de edificação - Verificação do comportamento da folha submetida a manobras anormais;

ABNT NBR 8522/2008 - Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão;

ABNT NBR 8681/2003 - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento; Errata em 2004;

ABNT NBR 8953/2009 - Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência

ABNT NBR 9077/2001 - Saídas de emergência em edifícios;

ABNT NBR 9574/2008 - Execução de impermeabilização;

ABNT NBR 9575/2003 - Impermeabilização: Seleção e projeto;

ABNT NBR 9778/2005 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;

ABNT NBR 9778/2005 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;

ABNT NBR 9833/2008 - Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico;

ABNT NBR 10151/2000 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento; Errata em 2003;

ABNT NBR 10152/1987 - Níveis de ruído para conforto acústico;

ABNT NBR 10821/2011 - Esquadrias externas para edificações – Janelas;

ABNT NBR 11579/1991 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200);

ABNT NBR 11675/1990 - Divisórias leves internas moduladas - Verificação da resistência a impactos;

ABNT NBR 12655/2006 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento;

ABNT NBR 14037/1998 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

ABNT NBR 14432/2001 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificação - Procedimento; Emenda em 2001;

ABNT NBR 14913/2009 - Fechadura de embutir - Requisitos, classificação e métodos de ensaio;

ABNT NBR 14931/2004 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento;

ABNT NBR 15200/2004 - Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;

ABNT NBR 15220-1/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

ABNT NBR 15220-2/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

ABNT NBR 15220-3/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

ABNT NBR 15220-4/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

ABNT NBR 15220-5/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico;

ABNT NBR 15575-1/2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais;

ABNT NBR 15575-2/2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

ABNT NBR 15575-3/2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos;

ABNT NBR 15575-4/2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;

ABNT NBR 15575-5/2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas;

ABNT NBR 15577-3/2008 – Reatividade álcali-agregado. Parte 3 – Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto.

ABNT NBR 15577-4/2008 – Reatividade álcali-agregado. Parte 4 – Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

ABNT NBR NM11-1/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria - Parte 1: Método ISO;

ABNT NBR NM11-2/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria - Parte 2: Método ABNT.

ABNT NBR NM 13/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de óxido de cálcio livre pelo etileno glicol;

ABNT NBR NM 14/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método de arbitragem para determinação de dióxido de silício, óxido férrico, óxido de alumínio, óxido de cálcio e óxido de magnésio;

ABNT NBR NM 15/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de resíduo insolúvel;

ABNT NBR NM 16/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de anidrido sulfúrico;

ABNT NBR NM 17/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método de arbitragem para a determinação de óxido de sódio e óxido de potássio por fotometria de chama;

ABNT NBR NM 18/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de perda ao fogo;

ABNT NBR NM 19/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de enxofre na forma de sulfeto;

ABNT NBR NM 20/2009 - Cimento Portland e suas matérias-primas - Análise química - Determinação de dióxido de carbono por gasometria;

ABNT NBR NM 22/2004 - Cimento Portland com adições de materiais pozolânicos - Análise química - Método de arbitragem;

ABNT NBR NM 23/2001 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica;

ABNT NBR NM 248/2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica;

ABNT NBR NM 30/2001 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água;

ABNT NBR NM 33/1998 - Concreto - Amostragem de concreto fresco;

ABNT NBR NM 43/2003 - Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal;

ABNT NBR NM 45/2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios;

ABNT NBR NM 46/2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem;

ABNT NBR NM 49/2001 - Agregado fino - Determinação de impurezas orgânicas;

ABNT NBR NM 52/2003 - Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente;

ABNT NBR NM 53/2003 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água;

ABNT NBR NM 67/1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

ABNT NBR NM 76/1998 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine);

• International Organization Standardization (ISO)

ISO 10140-2/2010 Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Measurements of airborne sound insulation.

ISO 140-4/1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.

ISO 140-5/1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and facades.

ISO 717-1/1996 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation.

ISO/DIS 10052/2001 Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of equipment sound – Survey method.

ISO 11567 - Carbon fibre - Determination of filament diameter and cross-sectional area

• Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB)

Document Technique Unifié n° 23.1 - Travaux de parois et murs en béton banché. Règles de calcul. Fevereiro de 1990.

• Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics

Règles BAEL 92 - Annales de L' Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics n° 500. Janeiro de 1992.

• American National Standards Institute (ANSI)

ANSI / ASHRAE 55/1981 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

• COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO

PROJETO/normalização. In: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Parede de Concreto – Coletânea de Ativos 2008/2009. São Paulo: ABCP / ABESC / IBTS, 2009. p. 4 - 52.

• American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM D5103 - Standard Test Method for Length and Length Distribution of Manufactured Staple Fibers (Single-Fiber Test)

## **2. Caracterização do sistema construtivo**

Descrever os dados técnicos sobre o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, a serem fornecidos pelo proponente e constatados, determinados ou verificados pela Instituição Técnica Avaliadora (ITA). Estes dados devem constar de projeto do sistema e estar disponível na ITA, não sendo necessária a informação de todos no Documento de Avaliação Técnica (DATec), a menos que seja relevante.

No DATec, elaborado para um determinado sistema construtivo com base nessa Diretriz, indicar a concepção estrutural, os tipos de fôrmas e outros equipamentos relevantes utilizados para a execução, os revestimentos de paredes internas, de pisos e fachadas, esquadrias (quando necessário) e demais interfaces de interesse, de forma a caracterizar o sistema construtivo.

A seguir são apresentadas algumas informações que devem constar da caracterização dos materiais e componentes do sistema construtivo de paredes e lajes de concreto armado. O comportamento conjunto dos materiais e a segurança aos estados limites devem atender à norma ABNT NBR 6118, considerando-se também informações constantes de Projeto...(2009), naquilo que não contrariar esta DIRETRIZ; no caso de diferenças entre a publicação Projeto...(2009) e esta DIRETRIZ prevalecem as informações da DIRETRIZ.

## 2.1 Informações sobre a edificação

Identificar o uso a que destina a edificação que emprega o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, incluindo a quantidade de pavimentos-tipo e outras informações que forem julgadas relevantes para a avaliação do sistema.

- a) Uso(s) a que se destina(m) o sistema construtivo: apesar desta Diretriz tratar fundamentalmente de edifícios habitacionais; no caso de outros usos, devem ser complementados requisitos específicos, caso necessário;
- b) quantidade de pavimentos-tipo: definir a quantidade usual ou máxima de pavimentos-tipo do edifício, em função do projeto estrutural para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz.

## 2.2 Caracterização dos materiais

### 2.2.1 Caracterização do concreto

Para o concreto, a avaliação técnica consiste, basicamente, em identificar as seguintes características:

- a) resistência à compressão na desenforma e aos 28 dias de idade, conforme ABNT NBR 5739;
- b) massa específica do concreto no estado fresco, em particular para os concretos com ar incorporado;
- c) massa específica, absorção de água e índice de vazios, conforme ABNT NBR 9778.

Características especiais do cimento e do agregado, bem como reação álcali agregado, podem ser determinadas como recomendação geral, para as obras que empregarão o sistema construtivo. Nesse caso, quando necessário, devem ser caracterizados o tipo de cimento e os agregados, conforme Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente (quando for caso, pode-se também caracterizar aditivos do concreto, conforme a norma específica, e fibras plásticas conforme Tabela 3).

**Tabela 1 - Caracterização do cimento**

<b>Características</b>	<b>Normas de referência</b>
Análise física e mecânica: finura, massa específica, área específica Blaine, água da pasta de consistência normal, tempos de pega, expansibilidade Le Chatelier, resistência à compressão	ABNT NBR 11579, ABNT NBR NM23, ABNT NBR NM 76, ABNT NBR NM 43
Análise química: PF, SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, SO <sub>3</sub> , RI, CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, CaO livre e sulfeto (S <sup>2-</sup> )	ABNT NBR NM 11-2, NM 13, NM 14, NM 15, NM 16, NM 17, NM 18, NM 19, NM 20, NM 22

**Tabela 2 - Caracterização dos agregados**

<b>Características</b>	<b>Normas de referência</b>
Absorção de água e massa específica – Agregado miúdo	ABNT NBR NM 30
Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado graúdo	ABNT NBR NM 53
Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado miúdo	ABNT NBR NM 52
Massa unitária no estado solto	ABNT NBR NM 45
Composição granulométrica	ABNT NBR NM 248
Impurezas orgânicas húmicas – Agregado miúdo	ABNT NBR NM 49
Material passante na peneira 75microm. por lavagem	ABNT NBR NM 46
Teor de argila em torrões e materiais friáveis	ABNT NBR 7218
Reatividade álcali/agregado	ABNT NBR 15577-4
Análise petrográfica do agregado (substâncias potencialmente reativas)	ABNT NBR 15577-3

**Tabela 3 - Caracterização das fibras**

<b>Características</b>	<b>Normas de referência</b>
Comprimento da fibra	ASTM D5103 (Diretrizes Gerais)
Diâmetro ou seção transversal da fibra	ISO 11567 (Diretrizes Gerais)

Para efeito desta Diretriz considera-se a classe de concreto normal (conforme a ABNT NBR 6118) e a classe de concreto com ar incorporado, com massas específicas da ordem de 2300 kg/m<sup>3</sup> e 1900 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Deve-se especificar a trabalhabilidade com que o concreto deverá ser aplicado e qual será o diâmetro máximo do agregado graúdo, considerando a espessura das paredes e a densidade da armadura. O concreto pode, caso necessário, receber tratamentos adicionais (aditivos) para melhorar sua trabalhabilidade e algumas características de desempenho; nesse caso, os aditivos também devem ser caracterizados.

Para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, o projeto de estrutura, ao especificar o concreto, deve-se definir:

- resistência de desenforma, conforme o ciclo de concretagem;
- resistência característica aos 28 dias ( $f_{ck}$ );
- classe de agressividade a que as estruturas poderão ser submetidas, conforme a ABNT NBR 6118;
- massa específica no estado fresco para o concreto com ar incorporado;
- teor de ar incorporado para o concreto com ar incorporado.

Para o concreto no estado fresco, pode-se realizar o ensaio de *slump*, segundo a ABNT NBR NM 67 e *slump flow* ou espalhamento, conforme a ASTM C 1611.

Para o concreto no estado endurecido e aplicado à estrutura, pode-se realizar o ensaio de determinação do módulo de elasticidade tangente inicial na idade de controle e com a carga determinada pelo projetista, segundo a ABNT NBR 8522.

### **2.2.2 Caracterização do aço**

Identificar a classificação de resistência de escoamento das armaduras nas categorias CA25, CA50 e CA60; diâmetros e seções transversais nominais, e outros detalhes específicos quando for o caso;

Para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, as telas soldadas devem atender à norma ABNT NBR 7481 e as barras de aço devem estar conforme à ABNT NBR 7480.

### **2.2.3 Caracterização das fôrmas**

Identificar o material utilizado (aço, madeira, plástico, ou outros); tipo dos painéis; no caso das de madeira, especificar também o tipo de chapa (ex. compensada, etc); acessórios (conectores, espaçadores, enrijecedores, alinhadores etc); dispositivos para içamento; passarelas de trabalho; desmoldantes, etc.;

Os tipos de fôrmas mais utilizados para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz são os citados a seguir.

- a) Fôrmas Metálicas: utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada.
- b) Fôrmas de Compensado com reforços em estrutura metálica: compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada.
- c) Fôrmas Plásticas: utilizam quadros e chapas feitas em material plástico, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventadas em geral por peças metálicas.

Como o sistema construtivo de paredes e lajes de concreto admite o uso de fôrmas metálicas, de madeira e plásticas, atenção especial deve ser dada ao desmoldante escolhido. O desmoldante precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto tenha aderência à fôrma e deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final e o aspecto da parede, além do seu desempenho.

## **2.3 Caracterização dos componentes**

### **2.3.1 Caracterização das paredes e lajes de concreto armado (estrutura)**

Identificar o tipo de armadura (tela de aço, barras de aço, ou outros), a taxa de armadura mínima, os reforços localizados, o cobrimento, a espessura das paredes e lajes, e demais detalhes construtivos julgados importantes.

Devem ser utilizados os aços definidos no item 2.2.2 dessa Diretriz, atendendo, para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, as exigências para armadura mínima descritas no item 3.1.1.

### **2.3.2 Indicação dos revestimentos**

Identificar os revestimentos de piso, paredes, tetos e fachada, e citar as principais características e detalhes específicos, descrevendo o revestimento, quando for necessário.

Quando necessário, ensaiar e avaliar os revestimentos conforme as normas técnicas ou Diretrizes SINAT específicas.

### **2.3.3 Indicação das esquadrias**

Identificar a forma de fixação e a interface com as paredes.

### **2.3.4 Indicação de equipamentos utilizados**

Quando necessário, identificar outros tipos de equipamentos empregados na execução do sistema construtivo, como guias, vibradores para o concreto, níveis topográficos, e ferramentas especiais.

### **2.3.5 Indicação da sequência executiva**

Como se trata de um sistema construtivo, é importante a indicação de dados de projeto e instalação ou execução do produto. Pode ser descrito o procedimento executivo de um pavimento-tipo, incluindo as operações com as fôrmas para cada ciclo operacional de execução das paredes e lajes. Na sequência de execução do sistema construtivo, indicar a instalação das passarelas de trabalho, detalhar a montagem das fôrmas, a concretagem, a desenforma e outros aspectos relevantes que podem influenciar na análise do produto. Indicar condições de cura do concreto em dias mais frios e cuidados na desenforma. Alguns dados de projeto ou de execução podem ser representados no Documento de Avaliação Técnica, DATec, por meio de esboços, croquis ou fotos para facilitar o entendimento.

## **2.4 Indicação das limitações do sistema construtivo**

Explicitar no DATec as possíveis limitações de projeto e de uso do sistema construtivo, como por exemplo o fato de o usuário do apartamento não poder alterar sua planta retirando paredes internas, já que todas as paredes desse tipo de sistema construtivo são estruturais.

## **3. Requisitos e critérios de desempenho**

A avaliação de desempenho de sistemas construtivos de paredes e lajes de concreto armado moldadas no local é feita considerando os requisitos e critérios descritos a seguir.

### **3.1 Desempenho estrutural**

Apesar do sistema estrutural em paredes de concreto não se enquadrar totalmente no conceito estrutural da ABNT NBR 6118, deve-se obedecer, de maneira geral, às suas exigências. As premissas de projeto devem levar em conta todas as solicitações e atender a verificação dos estados limites últimos e estados limites de utilização.

Deve-se considerar a resistência mecânica dos materiais e componentes e as solicitações características de acordo com as normas brasileiras vigentes, simulando-se através de modelos matemáticos e/ou físicos as situações de ruína por esgotamento da capacidade de resistência dos materiais ou por instabilidade.

O estado limite de serviço pressupõe a durabilidade e utilização normal da estrutura, limitando-se a formação de fissuras, a magnitude dos deslocamentos e 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.

Quanto à segurança estrutural, o edifício deve atender durante a vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição, os seguintes requisitos gerais: prover segurança contra a ruína (não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes); prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal do edifício, previsíveis na época da elaboração do projeto; não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos do edifício; atender aos requisitos relativos a estados inaceitáveis de fissuração e aos requisitos relativos à operação do edifício, sem prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e

janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações, em razão de deslocamentos e deformações dos elementos estruturais.

Deve-se considerar fundamentalmente a ABNT NBR 6118, a ABNT NBR 15575-2, a ABNT NBR 15575-4 e o Projeto...(2009), este último naquilo que não contrariar esta DIRETRIZ. .

### **3.1.1 Armadura mínima**

As informações a seguir são relativas à seção de aço, ao espaçamento entre barras de aço e à quantidade de telas para sistemas construtivos em paredes de concreto, com emprego de armadura de aço (barras ou telas de aço Para edifícios multipiso tais condições podem ser consideradas como compulsórias.

#### a) Seção de aço:

##### a.1) Seção mínima de aço das armaduras verticais:

- A seção mínima de aço das armaduras verticais deve corresponder a no mínimo 0,10% da seção de concreto;
- Para construções de até dois pavimentos, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 70% de 0,10% da seção de concreto .

##### a.2) Seção mínima de aço das armaduras horizontais:

- A seção mínima de aço das armaduras horizontais deve corresponder a no mínimo 0,15% da seção de concreto;
- Para construções que tenham paredes com até 6m de comprimento horizontal, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a no mínimo 66% de 0,15% da seção de concreto, desde que se utilize fibras plásticas (consumo mínimo de 300g/m<sup>3</sup> de concreto) ou procedimentos de cura que comprovadamente contribuam para minorar a retração do concreto;
- Para construções até dois pavimentos, permite-se uma redução adicional de 10%, considerando o emprego de aço CA60;
- Para construções de até dois pavimentos, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 40% de 0,15% da seção de concreto, para o aço CA60, e desde que se utilize fibras plásticas (consumo mínimo de 300g/m<sup>3</sup> de concreto).

NOTA: No caso de edifícios de até cinco pavimentos, pode-se considerar ainda uma redução na taxa de armadura, limitando-se, entretanto, o valor mínimo *minimorum* em 0,06% da seção de concreto em construções de até dois pavimentos e em 0,09% da seção de concreto em construções de até cinco pavimentos, tanto para armadura vertical como horizontal, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- a) edifício com planta aproximadamente retangular e largura em projeção horizontal de, no mínimo, 8m (medida definida para evitar que o edifício seja muito esbelto);
- b) lajes de vão livre com dimensão máxima de 4m e sobrecarga máxima de 300kgf/m<sup>2</sup>;
- c) pé direito de piso a piso máximo de 3m;
- d) emprego de armadura em aço CA60, associada ao emprego de fibras plásticas (consumo mínimo de 300g/m<sup>3</sup> de concreto);
- e) Espaçamento entre barras de aço: o espaçamento máximo entre barras das armaduras tanto verticais quanto horizontais não deve ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de, no máximo, 30 cm;

- f) Quantidade de telas: as paredes de concreto podem conter apenas uma tela, disposta longitudinalmente e próxima ao centro geométrico da seção horizontal da parede. Nos casos a seguir, devem ser detalhadas armaduras para as duas faces da parede:
- o espessura da parede superior a 15 cm;
  - o parede no andar térreo de edificações, quando sujeita a choque de veículos;
  - o paredes que engastam marquises e terraços em balanço; e
  - o nos casos onde for constatada esta necessidade, em razão do projeto estrutural, em geral para edifícios com mais de cinco pavimentos.

Se o sistema construtivo não atender a estes critérios, limitado a casas térreas, e sobrados, devem ser avaliados os aspectos de desempenho estrutural, para se comprovar o atendimento aos critérios. Tais critérios também não se aplicam a armaduras confeccionadas com outros tipos de materiais, não metálicos.

O projetista da estrutura deve apresentar o memorial de cálculo justificando a armadura mínima se for esta a situação definida em projeto.

### **3.1.2 Estabilidade e resistência do sistema estrutural (estado limite último)**

Considerar o nível de segurança contra a ruína previsto na ABNT NBR 6118, na ABNT NBR 15575-2, na ABNT NBR 15575-4 e demais documentos complementares, considerando as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, ou seja, aquelas que se referem ao estado limite último. Considerar nos projetos as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devidas ao vento e a deformações impostas, como variação de temperatura, umidade e recalques das fundações.

### **3.1.3 Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural (estado limite de serviço)**

Não ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de construção vinculados ao sistema estrutural, levando-se em consideração as ações permanentes e de utilização, nem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento das instalações.

Sob a ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento (ABNT NBR 6123), recalques diferenciais das fundações (ABNT NBR 6122) ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, conforme ABNT NBR 8681, os componentes estruturais não devem apresentar:

- a) deslocamentos maiores que os estabelecidos na ABNT NBR 6118 ou, caso necessário, os estabelecidos na ABNT NBR 15575-2;
- b) fissuras com aberturas maiores que os limites indicados na ABNT NBR 6118.

### **3.1.4 Impactos de corpo mole e corpo duro**

Sob ação de impactos de corpo mole, os componentes da estrutura não devem sofrer ruptura ou instabilidade, 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; não podem, ainda, causar danos a outros componentes acoplados aos componentes sob ensaio.

Sob a ação de impactos de corpo duro os componentes do edifício 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.

Os critérios de desempenho para paredes externas, paredes internas e lajes são apresentados a seguir.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14\text{MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida no item 3.1.1 dessa Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem aos critérios relativos a impactos de corpo mole e corpo duro. De forma semelhante, pode-se considerar que as lajes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 6118, com espessura mínima de 10cm atendem aos critérios relativos a impactos de corpo mole e corpo duro.

### 3.1.4.1 Impactos de corpo-mole para paredes externas

Atender aos critérios das Tabela 4 e Tabela 5, conforme itens 7.4 e 7.5 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 4 – Impactos de corpo-mole para paredes externas de edifícios com mais de um pavimento**

Impacto	Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho
Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo)	960	Não ocorrência de ruptura
	720	
	480	Não ocorrência de falhas
	360	
	240	Não ocorrência de falhas. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$
	180	Não ocorrência de falhas
120		
Impacto interno (todos os pavimentos)	480	Não ocorrência de ruptura e nem traspasse da parede pelo corpo impactador
	240	
	180	Não ocorrência de falhas
	120	Não ocorrência de falhas. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$

**Tabela 5 - Impactos de corpo mole para paredes externas de casas térreas, com função estrutural**

Impacto	Energia de impacto de corpo mole (J)	Critérios de desempenho
Impacto externo (acesso externo do público)	720	Não ocorrência de ruína
	480	Não ocorrência de ruptura
	360	
	240	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$
	180	Não ocorrências de falhas
	120	
Impacto interno	480	Não ocorrência de ruína e traspasse da parede pelo corpo impactador
	240	
	180	Não ocorrência de falhas
	120	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$

### 3.1.4.2 Impactos de corpo-mole para paredes internas

Atender aos critérios da Tabela 6, conforme item 7.4 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 6 – Impacto de corpo mole para paredes internas**

Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho
360	Não ocorrência de ruptura
240	São admitidas falhas localizadas
180	Não ocorrência de falhas generalizadas
120	Não ocorrência de falhas. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$
60	Não ocorrências de falhas

### 3.1.4.3 Impactos de corpo-mole para lajes de piso

Atender aos critérios da Tabela 7, conforme item 7.4.1 da ABNT NBR 15575-2.

**Tabela 7 - Impacto de corpo mole em lajes de pisos**

Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
360	Não ocorrência de falhas
240	Não ocorrência de falhas; Limitação de deslocamento vertical: $d_v < L/300$ ; $d_{vr} < L/900$
120	Não ocorrência de falhas

### 3.1.4.4 Impactos de corpo-duro para paredes externas

Atender aos critérios da Tabela 8, conforme item 7.7 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 8 – Impactos de corpo-duro para paredes de fachadas**

<b>Impacto</b>	<b>Energia de impacto de corpo duro (J)</b>	<b>Critério de desempenho</b>
Impacto externo (acesso externo do público)	3,75	Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento
	20	Não ocorrência de ruptura e traspassamento
Impacto interno (todos os pavimentos)	2,5	Não ocorrência de falhas
	10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento

#### **3.1.4.5 Impactos de corpo-duro para paredes internas**

Atender aos critérios da Tabela 9, conforme item 7.7 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 9 – Impactos de corpo-duro para paredes internas**

<b>Energia de impacto de corpo-duro J</b>	<b>Critério de desempenho</b>
2,5	Não ocorrência de falhas
10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento

#### **3.1.4.6 Impactos de corpo-duro para lajes de piso**

Atender aos critérios da Tabela 10, conforme item 7.4.2 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 10 – Impacto de corpo duro em lajes de pisos**

<b>Energia de impacto de corpo duro J</b>	<b>Critério de desempenho</b>
5	Não ocorrência de falhas; Mossas com qualquer profundidade
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento; Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações

#### **3.1.5 Solicitações transmitidas por portas para as paredes**

Atender aos critérios especificados nas alíneas a) e b) a seguir, conforme item 7.6 da ABNT NBR 15575-4.

As paredes externas e internas, suas ligações e vinculações, devem permitir o acoplamento de portas resistindo à ação de fechamentos bruscos das folhas de portas e impactos nas folhas de portas nas seguintes condições:

- a) submetidas as portas a dez operações de fechamento brusco, as paredes não devem apresentar falhas, tais como rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco com a parede, destacamentos em juntas entre componentes das paredes e outros;
- b) sob ação de um impacto de corpo mole com energia de 240J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, não deverá ocorrer deslocamento ou arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissuração e estilhaçamentos.

#### **3.1.6 Cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes**

As paredes externas e internas devem resistir à fixação de peças suspensas (armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes, quadros e outros) previstas no projeto, respeitando-se as

recomendações e limitações de uso definidas pelo fabricante. Sob ação de cargas aplicadas excêntrica em relação à face da parede ou sob a ação de cargas aplicadas faceando a superfície da parede, em função do tipo de peça a ser fixada, não devem apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ou residuais, lascamentos, rupturas ou quaisquer outros tipos de falhas, nem permitir o arrancamento dos dispositivos de fixação nem seu esmagamento.

As paredes devem atender aos critérios especificados na Tabela 11 e na Tabela 12, conforme item 7.3 da ABNT NBR 15575-4.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14\text{MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida nesta Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem aos critérios relativos a cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes.

**Tabela 11 – Peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão**

Carga de uso aplicada em cada ponto	Carga de ensaio aplicada em cada peça	Critérios de desempenho
0,2 kN	0,4 kN	Ocorrência de fissuras toleráveis. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ ; $d_{hr} < h/2500$
Onde: $h$ é altura do elemento parede; $d_h$ é o deslocamento horizontal; $d_{hr}$ é o deslocamento residual.		

**Tabela 12 – Peças suspensas fixadas segundo especificações do fabricante ou do fornecedor**

Carga de ensaio	Critério de desempenho
Carregamentos especiais previstos conforme informações do fornecedor <sup>(1)</sup>	Não ocorrência de fissuras. Não ocorrência de destacamento dos dispositivos de fixação. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ ; $d_{hr} < h/2500$
Carga de 2 kN, aplicada em ângulo de $60^\circ$ em relação à face da vedação vertical <sup>(2)</sup>	Não ocorrência de fissuras, destacamentos ou rupturas do sistema de fixação. Coeficiente de segurança à ruptura mínimo igual dois, para ensaios de curta duração.
<sup>(1)</sup> A carga de ruptura deve ser três vezes maior que a carga de uso.	
<sup>(2)</sup> Exemplo: rede de dormir.	

### 3.2 Segurança contra incêndio

Considerando a sequência de desenvolvimento de um incêndio e a segurança dos usuários do edifício são estabelecidos os seguintes requisitos de desempenho para um edifício quanto à segurança contra incêndio:

- dificultar a ocorrência do princípio de incêndio;
- dificultar a ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio;
- dispor de meios adequados para permitir a extinção do incêndio antes da ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio;
- dificultar a propagação do incêndio no pavimento de origem do incêndio e entre pavimentos;

- e) dispor de meios que facilitem a fuga dos usuários em situação de incêndio (rotas de saída dos edifícios conforme ABNT NBR 9077);
- f) dificultar a propagação do incêndio para edifícios adjacentes;
- g) não sofrer ruína parcial ou total;
- h) apresentar condições que facilitem as operações de combate e resgate de vítimas.

Para elementos e sistemas construtivos, os requisitos de segurança contra incêndio são expressos por: reação ao fogo dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes; e resistência ao fogo dos elementos construtivos, particularmente dos elementos estruturais e de compartimentação.

Especificamente quanto às paredes de concreto, alvo dessa Diretriz, com relação aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 15575-1, verifica-se que as paredes tem como principal função minimizar a propagação do incêndio, assegurando estanqueidade, isolamento e segurança. No caso de paredes com função estrutural, como o sistema em paredes de concreto, estas respondem também por minimizar o risco de colapso estrutural da edificação em situação de incêndio.

Assim, os requisitos de desempenho relacionados à segurança contra incêndio, particularmente ligados ao sistema construtivo objeto dessa Diretriz são: dificultar a ocorrência de princípio de incêndio; dificultar a inflamação generalizada; dificultar a propagação do incêndio para unidades contíguas; e garantir a estabilidade da estrutura por um tempo requerido de resistência ao fogo.

De uma forma geral, na avaliação da segurança contra incêndio é importante, ainda, considerar no desenvolvimento do projeto as exigências contidas nas regulamentações do Corpo de Bombeiros no Estado em que a edificação será erigida e, atender as exigências do usuário conforme a ABNT NBR 14432, além dos regulamentos específicos estaduais e municipais.

### **3.2.1 Dificultar o princípio de incêndio**

Deve-se considerar as premissas adotadas no projeto e na construção do edifício, atendendo as exigências conforme o item 8.2 da ABNT NBR 15575-1.

De forma geral, pode-se dizer que as paredes de concreto armado oferecem as condições necessárias para atendimento deste critério de desempenho.

### **3.2.2 Dificultar a inflamação generalizada**

Deve-se atender ao critério de propagação superficial de chamas especificado no item 8.4 da ABNT NBR 15575-1: os materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico empregados na face interna dos sistemas ou elementos que compõem o edifício devem ter as características de propagação de chamas controladas, de forma a atender as exigências, inclusive, para pisos e coberturas, respectivamente contempladas pelas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-5.

A Tabela 13 apresenta os índices máximos de propagação superficial de chamas para lajes de pisos, conforme item 8.2 da ABNT NBR 15575-3.

**Tabela 13 - Índices máximos de propagação superficial de chamas para lajes de piso**

Local	Pisos de Cozinhas	Pisos de Outros locais de uso privativo dentro das habitações, exceto cozinha	Pisos de Outros locais de uso comum das habitações (escadas, halls, e outros)
Índice máximo de propagação de chamas	150	150	25

Para paredes estruturais de concreto armado, os acabamentos internos, se constituídos do próprio concreto, ou com revestimento em gesso liso ou massa corrida e pintado são considerados incombustíveis. Caso existam outros materiais de acabamento, esses devem apresentar índice máximo de propagação de chamas de 150 ( $I_p \leq 150$ ).

### **3.2.3 Dificultar a propagação do incêndio**

Deve-se dificultar a propagação de incêndio para unidades contíguas e atender aos critérios de isolamento de risco à distância e por proteção e assegurar estanqueidade e isolamento, conforme estabelecido no item 8.5 da ABNT NBR 15575-1. No caso particular de edifícios de até cinco pavimentos, casas geminadas ou sobrados geminados ou casas sobrepostas geminadas, os elementos de compartimentação devem assegurar estanqueidade e isolamento por um período mínimo de 30 minutos.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado destinadas a casas térreas geminadas e sobrados geminados ou casas sobrepostas geminadas, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $30 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14 \text{ MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida nesta Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.3. Considera-se ainda, para efeito de avaliação técnica, que as paredes estruturais de concreto armado destinadas a edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $30 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida nesta Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.3.

### **3.2.4 Minimizar o risco de colapso estrutural**

Deve-se garantir a estabilidade da estrutura por um tempo requerido de resistência ao fogo, minimizando o risco de colapso estrutural da edificação em situação de incêndio, de forma a cumprir com as exigências estabelecidas na ABNT NBR 14432. As paredes estruturais de edifícios de até cinco pavimentos e de casas sobrepostas, bem como as paredes estruturais de geminação de casas térreas e de sobrados devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e casas sobrepostas, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $30 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14 \text{ MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida nesta Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.4. Considera-se ainda, para efeito de avaliação técnica, que as paredes estruturais de concreto armado destinadas a edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $30 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida nesta Diretriz e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.4.

### 3.3 Segurança no uso e operação

Conforme a ABNT NBR 15575-1, os requisitos de segurança no uso e operação devem ser verificados no projeto da edificação como um todo, não sendo estabelecidos requisitos específicos para as paredes ou lajes.

Porém, de uma forma geral, os requisitos e critérios de desempenho devem assegurar a segurança aos usuários na utilização do edifício construído com o sistema construtivo de paredes e lajes de concreto, avaliando-se:

- a) possibilidades de ocorrência de falhas que possam colocar em risco a integridade física dos usuários do edifício construído com tal sistema construtivo e, eventualmente, de terceiros;
- b) existência de partes expostas cortantes ou perfurantes que possam colocar em risco a integridade física dos usuários do edifício e, eventualmente, de terceiros;
- c) possibilidades de ocorrência de falhas que possam comprometer o aspecto psicológico do usuário;
- d) possibilidades de deformações e defeitos das paredes de concreto acima dos limites especificados nas normas ABNT NBR 15575-1, ABNT NBR 15575-2 e ABNT NBR 15575-4.

Na fase de construção do edifício com o sistema de paredes e lajes de concreto armado moldadas no local o sistema de fôrmas e acessórios devem prever dispositivos de tal forma a minimizar o risco de queda de pessoas, acessos não controlados a locais com maiores riscos de quedas e ferimentos provocados por falhas no sistema construtivo.

No caso específico do sistema alvo desta Diretriz, considera-se que os critérios relativos à integridade física do usuário estejam atendidos, em razão da concepção do sistema construtivo, sendo que a ocorrência de falhas que possam comprometer o aspecto psicológico, como fissuras e deslocamentos acentuados, está contemplada na análise estrutural com base na ABNT NBR 6118. No que se refere à execução, devem ser previstos dispositivos como passarelas de trabalho, proteções de vãos e outros que se fizerem necessários para minimizar os riscos de acidentes.

### 3.4 Estanqueidade

A estanqueidade à água é verificada para elementos internos em áreas molháveis e sujeitos à ação da água de uso e lavagem dos ambientes, e para elementos externos, sujeitos à ação da água de chuva e de outras fontes. Para o caso da estanqueidade à água do edifício construído com o sistema em questão, são consideradas as seguintes fontes de umidade:

- a) externas: ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas;
- b) internas: água decorrente dos processos de uso e limpeza dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e vazamentos de instalações.

A exposição do sistema construtivo alvo dessa Diretriz a fontes de umidade externas ou internas deve ser considerada em projeto, o qual deve contemplar os detalhes construtivos necessários para atender aos requisitos e critérios especificados no conjunto de normas ABNT NBR 15575, considerando paredes (internas e de fachadas) e lajes. Considerar se há possibilidade de ocorrência de fissuras generalizadas, que podem comprometer a estanqueidade à água das paredes, particularmente de fachadas.

### 3.4.1 Estanqueidade à água de chuva em paredes externas

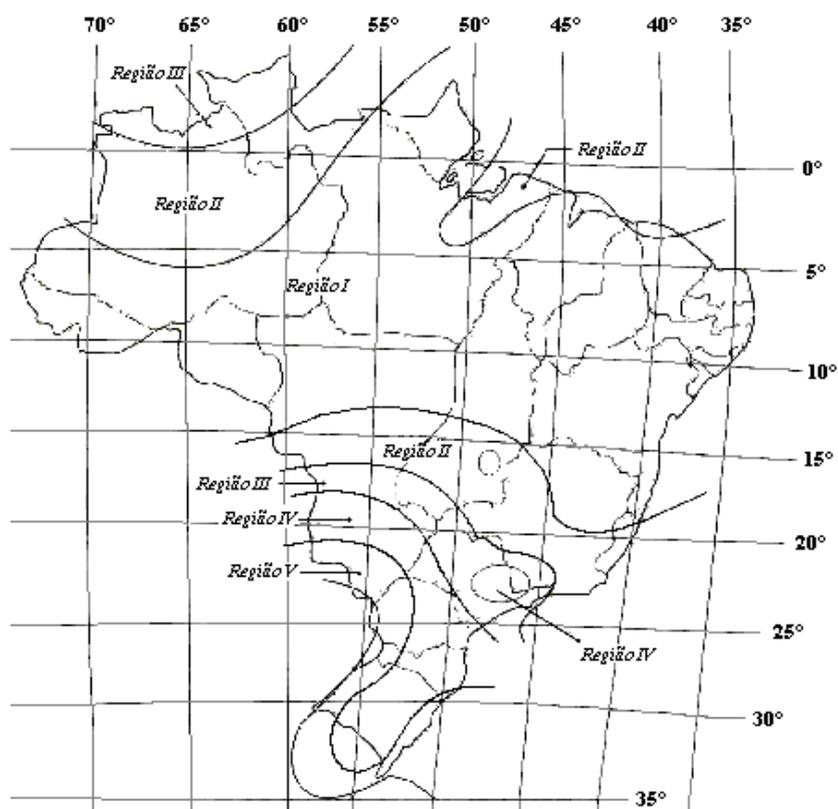
As paredes externas devem ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes e não devem permitir infiltração de água. Quanto à infiltração de água de chuva em paredes externas deve-se avaliar o sistema construtivo em função das regiões onde será empregado, considerando-se a ação dos ventos, conforme requisitos estabelecidos no item 10.1 da norma ABNT NBR 15575-4. Para as condições de exposição indicadas na Tabela 14, e conforme as regiões de exposição ao vento indicadas na Figura 1, as paredes externas do edifício, incluindo a junção entre a janela e a parede devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas aos valores indicados na Tabela 15.

**Tabela 14 – Condições de ensaio de estanqueidade em paredes externas**

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática (Pa)	Vazão de água (L/m <sup>2</sup> min)
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

**Tabela 15 – Estanqueidade à água de paredes externas e esquadrias**

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio
Térrea (só a parede de vedação)	7	10%
Com mais de um pavimento (só a parede de vedação)	7	5%
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821	



**Figura 1 – Condições de exposição conforme as regiões Brasileiras**

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizada com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), ou com emprego de concreto com incorporador de ar (caracterizada com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14\text{MPa}$ ), com espessura mínima de 10cm, e protegidas por sistemas de pintura, atendem ao critério relativo à estanqueidade à água de chuva. Devem ser verificadas, entretanto, as interfaces das paredes com aberturas externas.

### **3.4.2 Estanqueidade à água de paredes internas e externas decorrente da ocupação do imóvel**

Não é permitida a infiltração de água através das faces das paredes quando em contato com áreas molháveis ou molhadas. Devem ser atendidos os critérios de desempenho estabelecidos no item 10.2 da ABNT NBR 15575-4, apresentados nos subitens a seguir.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizada com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), ou com emprego de concreto com incorporador de ar (caracterizada com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14\text{MPa}$ ), com espessura mínima de 10cm, e protegidas por sistemas de pintura e revestimentos cerâmicos já conhecidos, atendem ao critério relativo à estanqueidade à água decorrente da ocupação do imóvel. Devem ser verificadas, entretanto, as interfaces das paredes com outros componentes construtivos.

#### **3.4.2.1 Paredes em contato com áreas molhadas**

Em relação à estanqueidade de paredes com incidência direta de água – áreas molhadas, a quantidade de água que penetra não deve ser superior a  $3 \text{ cm}^3$ , por um período de 24 horas, numa área exposta com dimensões de  $34 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$ .

### **3.4.3 Estanqueidade à água de lajes de pisos**

Quanto à estanqueidade de pisos devem ser considerados os critérios apresentados nos subitens a seguir.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as lajes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizada com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), com espessura mínima de 10cm, e protegidas por sistemas de revestimento impermeáveis, com diferenças de cotas e caimentos adequados, atendem ao critério relativo à estanqueidade à água decorrente da ocupação do imóvel. Devem ser verificadas, entretanto, as interfaces das lajes com outros componentes construtivos. No caso do contato com o solo, a laje tem potencial para atendimento ao critério 3.4.3.1, sendo necessária, dependendo do tipo de local onde serão construídas as unidades, a proteção adicional para evitar umidade ascendente do solo.

#### **3.4.3.1 Lajes de pisos em contato com umidade do solo**

Para os pisos internos em contato com a umidade do solo, tem-se que estes devem ser estanques à água, considerando-se a máxima altura do lençol freático prevista para o local da obra, conforme item 10.2 da ABNT NBR 15575-3.

#### **3.4.3.2 Lajes de pisos em contato com áreas molhadas**

Para os pisos de áreas molhadas não se deve permitir a infiltração de água permanecendo a superfície inferior e os encontros com as paredes que os delimitam secas, quando submetidos a uma lâmina de água de 100 mm em seu ponto mais alto, por 72 h; conforme item 10.4 da ABNT NBR 15575-3.

#### **3.4.3.3 Lajes de pisos em contato com áreas molháveis**

Para os pisos de áreas molháveis, quando submetidos a lâminas de água de 30 mm, na cota mais alta, e de 100 mm, na cota mais baixa, por 72 h, não devem permitir a infiltração de água em suas superfícies e nos encontros com as paredes que o delimitam; conforme item 10.3 da ABNT NBR 15575-3.

### **3.4.4 Premissas de projeto para o sistema construtivo**

De uma forma geral, deve-se verificar algumas premissas e características construtivas apresentadas em projetos e descritas nos parágrafos a seguir para o sistema construtivo alvo dessa Diretriz.

Avaliar os sistemas de ligação entre os diversos elementos da construção. Verificar a possibilidade de adoção de detalhes construtivos como diferenças de cotas entre pisos de áreas molháveis e os demais pisos.

Observar a possibilidade de ocorrerem problemas de fissuração do revestimento externo e problemas de infiltração de água pela ligação das paredes com peitoris e esquadrias. Analisar a estanqueidade à água das fachadas, considerando que estas devem ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes. Verificar o sistema de vinculação entre as paredes, observando a preparação das juntas e aplicação de vedantes flexíveis, conforme o caso. Quando necessário, caracterizar o vedante utilizado na ligação do caixilho às paredes, como o silicone, por exemplo, incluindo o comportamento do material quanto à sua resistência ao cisalhamento e em função de reações passíveis de ocorrerem entre o material e os componentes do concreto. As pingadeiras utilizadas na fachada devem ter detalhes que favoreçam a retirada da água.

Deve-se verificar o comportamento provável do revestimento das áreas internas molháveis e laváveis, como cozinha, banheiro e área de serviço, tanto nas paredes quanto no piso, verificando, inclusive, o tratamento das juntas. Verificar, ainda, a impermeabilização do piso

dessas áreas, conferindo caimento mínimo satisfatório em direção ao ralo. Atenção especial deve ser dada à área do box do banheiro.

### 3.5 Desempenho térmico

A ABNT NBR 15575 permite que o desempenho térmico seja avaliado para um sistema construtivo, de forma independente, ou para a edificação como um todo, considerando o sistema construtivo como parte integrante da edificação.

A edificação deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575, respeitando as características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na ABNT NBR 15220-3 e considerando que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre paredes externas e cobertura.

Podem ser adotados três procedimentos alternativos para avaliação do desempenho térmico do edifício: Procedimento Simplificado, Procedimento de Simulação e Procedimento de Medição, procedimentos estes detalhados no item 4.2.5 dessa Diretriz.

Os critérios de desempenho térmico devem ser avaliados, primeiramente, conforme o Procedimento Simplificado e, caso o sistema construtivo alvo dessa Diretriz não atenda às exigências do Procedimento Simplificado, deve-se proceder à análise da edificação de acordo com o Procedimento de Simulação ou de Medição.

#### 3.5.1 Critérios para o Procedimento Simplificado

No Procedimento Simplificado deve-se verificar o atendimento aos critérios de desempenho térmico estabelecidos para as paredes externas e a cobertura, conforme apresentado nos subitens a seguir.

##### 3.5.1.1 Exigências para as paredes externas da edificação

Para o sistema de vedação da edificação devem ser atendidos os requisitos e critérios relativos aos seguintes itens:

- a) transmitância das paredes externas;
- b) capacidade térmica das paredes externas;
- c) aberturas para ventilação;
- d) sombreamento das aberturas.

Com relação à transmitância térmica das paredes externas, os valores máximos admissíveis devem ser os estabelecidos na Tabela 16, conforme item 11.2.1 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 16 – Transmitância térmica de paredes externas**

Transmitância Térmica (U, em W/(m <sup>2</sup> .K))		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
	$\alpha^{(1)} < 0,6$	$\alpha^{(1)} \geq 0,6$
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
<sup>(1)</sup> $\alpha$ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Para a capacidade térmica das paredes externas, os valores mínimos admissíveis são apresentados na Tabela 17, conforme item 11.2.2 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 17 – Capacidade térmica de paredes externas**

Capacidade térmica (CT, em kJ/(m <sup>2</sup> .K))	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Não é possível, entretanto, apenas a partir dos materiais que compõem o sistema de vedações, estabelecer sua adequabilidade à obtenção do desempenho térmico, uma vez que essa condição depende fundamentalmente do projeto da edificação, que deve estabelecer a orientação com relação à insolação e ventilação do imóvel, bem como dimensões de aberturas e dispositivos de sombreamento, características estas que devem ser definidas pelo projetista, atendendo às exigências de desempenho térmico para os recintos e para o edifício como um todo, conforme itens 11.3 e 11.4 da ABNT NBR 15575-4.

### 3.5.1.2 Exigências para a cobertura da edificação

Para a isolamento térmico da cobertura, esta deve apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, encontram-se indicados na Tabela 18, conforme item 11.2 da ABNT NBR 15575-5.

**Tabela 18 – Transmitância térmica de coberturas**

Transmitância térmica (U) W/m <sup>2</sup> K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 <sup>(1)</sup>	
U ≤ 2,30	α <sup>(1)</sup> ≤ 0,6	α <sup>(1)</sup> > 0,6	α <sup>(1)</sup> ≤ 0,4	α <sup>(1)</sup> > 0,4
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV

<sup>(1)</sup> Na Zona Bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.

NOTA – O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.

Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m<sup>2</sup>K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

### 3.5.2 Critérios para os Procedimentos de Simulação ou de Medição

O Procedimento de Simulação é feito por meio de simulação computacional do desempenho térmico, a partir dos dados de projeto da edificação. Já o Procedimento de Medição é feito por meio de medições em edifícios ou protótipos construídos.

Tanto para o Procedimento de Simulação quanto para o de Medição, tem-se que o sistema construtivo alvo dessa Diretriz deve possibilitar que a edificação apresente desempenho térmico que se enquadre, pelo menos, no nível mínimo (M) dos critérios estabelecidos no Anexo A da ABNT NBR 15575-1, ou seja, para edificações implantadas nas diferentes zonas climáticas brasileiras, considerando as situações limítrofes de calor e frio no interior dessas edificações com relação ao ambiente externo, no verão e no inverno, respectivamente, os critérios de desempenho térmico são os seguintes:

- a) **Desempenho térmico da edificação no verão:** o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.
- b) **Desempenho térmico da edificação no inverno:** os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, no dia típico de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.

Para maior conforto dos usuários da edificação, tanto no verão quanto no inverno, podem ser estabelecidos os níveis intermediário (I) e superior (S) de desempenho térmico, conforme critérios estabelecidos no Anexo E da ABNT NBR 15575-1 (itens E.2.1 e E.2.2).

NOTA: Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as edificações com paredes estruturais de concreto armado destinadas a casas térreas, sobrados, casas sobrepostas e a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, com as características abaixo apresentadas, atendem ao critério mínimo de desempenho térmico exposto em 3.5.2.

Características: pé direito mínimo de 2,5m, de piso a teto; espessura mínima das paredes de 10cm; espessura mínima das lajes de 10cm (de forro ou de piso); telhado de telhas de fibrocimento (espessura mínima de 6,0mm), ou telhas de concreto (espessura mínima de 11mm) ou telhas cerâmicas; presença de ático entre a laje horizontal e o telhado (altura mínima de 50cm); faces externas das paredes externas em cores de tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7 e tonalidades claras para a zona bioclimática Z8; emprego de produto isolante térmico na cobertura, com resistência térmica mínima de 0,67 m<sup>2</sup>.K/W ( $R=e/\lambda$ , sendo 'e' a espessura e 'λ' a condutividade térmica), na zona bioclimática Z8.

### 3.6 Desempenho acústico

Os níveis de ruído admitidos no edifício devem proporcionar isolamento acústico entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas, além de proporcionar, complementarmente, isolamento acústico entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.

O estabelecimento do nível de desempenho deve ser compatível com o nível de ruído de fundo do local de implantação da obra. A ABNT NBR 10152 fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, bem como os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

A isolação sonora é projetado a partir do desempenho acústico dos materiais, componentes e elementos construtivos, de modo a garantir conforto acústico, em termos de níveis de ruído de fundo transmitido via aérea e estrutural, bem como privacidade acústica, em termos de não inteligibilidade à comunicação verbal. Os níveis de ruído de fundo para o conforto acústico são determinados a partir do uso a que se destina a dependência do edifício, considerando os limites de estímulos sonoros externos especificados na norma ABNT NBR 10151.

Para verificação do atendimento ao requisito de desempenho acústico há necessidade de medições do isolamento acústico realizadas em campo ou em laboratório, podendo-se optar por um dos três métodos: de precisão (em laboratório), de engenharia (em campo) ou simplificado (em campo), conforme descrição apresentada no item 4.2.6 dessa Diretriz.

As vedações externas devem propiciar condições de conforto acústico no interior da edificação, com relação a fontes externas de ruídos aéreos. Quanto ao nível tolerável de ruído no interior da habitação, tem-se que a edificação, submetida aos limites de estímulos sonoros externos especificados na ABNT NBR 10151 deve atender aos limites especificados pela ABNT NBR 10152 no que se refere aos níveis de ruído em seus ambientes internos. O sistema construtivo deve ser avaliado considerando-se as paredes externas voltadas para os

dormitórios e a sala de estar, no que se refere à isolamento sonora proporcionada pelas fachadas.

Além disso, as paredes internas da edificação devem propiciar condições de isolamento acústica entre ambientes. Deve-se atender ao critério de isolamento ao som aéreo entre pisos e paredes internas, considerando, para tanto, que os sistemas de pisos e vedações verticais que compõem o edifício devam ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos estabelecidos nas normas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4. Deve-se atender, também, ao critério de isolamento aérea da envoltória da edificação. Considera-se, portanto, que os sistemas de vedações externos e os sistemas de coberturas dos edifícios habitacionais devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos e critérios especificados nas normas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

### **3.6.1 Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$**

Os ambientes do edifício habitacional de até cinco pavimentos devem atender à ABNT NBR 10152. A unidade habitacional deve atender aos critérios mínimos apresentados na Tabela 19 (no caso de edifício localizado junto a vias de tráfego intenso, seja rodoviário, ferroviário ou aéreo, deve-se utilizar o valor mínimo acrescido de 5 dB), conforme item 12.2.1 da ABNT NBR 15575-4.

NOTA: Entende-se, para esse critério, a vedação externa como sendo a fachada e a cobertura no caso de casas térreas, sobrados, casas sobrepostas e edifícios com térreo mais um pavimento, e somente a fachada no caso dos edifícios multipiso.

**Tabela 19 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa,  $D_{2m,nT,w}$ , para ensaios de campo**

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}+5$ (dB)
Vedação externa de dormitórios	25	30

Nota 1: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros não há exigências específicas.  
Nota 2: A diferença ponderada de nível,  $D_{nT,w}$ , é o número único do isolamento de ruído aéreo em edificações, derivado dos valores em bandas de oitava ou de terço de oitava da Diferença Padronizada de Nível,  $D_{nT}$ , de acordo com o procedimento especificado na ISO 717-1.

### **3.6.2 Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$**

A fachada da unidade habitacional deve apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos indicado na Tabela 20, conforme item 12.2.2 da ABNT NBR 15575-4.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado destinadas a unidades habitacionais, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$ ) e espessura mínima de 10 cm, atendem ao critério relativo ao item 3.6.2, para  $R_w$ , especificamente para a parede cega. No caso da fachada como um todo, considerar também os valores de  $R_w$  de janelas e de outros componentes construtivos, de forma que haja o atendimento da ABNT NBR 15.575.

**Tabela 20 - Índice mínimo recomendado de redução sonora ponderado da fachada ,  $R_w$ , para ensaio de laboratório**

Elemento	$R_w$ (dB)	$R_w +5$ (dB)
Fachada	30	35

Nota: Valores referenciais para fachadas cegas

### **3.6.3 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{nT,w}$**

O sistema de vedação vertical interna deve apresentar, no mínimo, os valores da Tabela 21, conforme item 12.2.3 da ABNT NBR 15575-4.

**Tabela 21 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes,  $D_{nT,w}$ , para ensaio de campo**

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	30
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	40
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40

### **3.6.4 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$**

A isolamento dos elementos construtivos entre ambientes deve apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$  conforme os valores mínimos da Tabela 22, conforme item 12.2.4 da ABNT NBR 15575-4. Quando o sistema entre ambientes for constituído por mais do que um elemento, deve ser ensaiado o sistema ou cada elemento e calculada a isolação resultante.

**Tabela 22 – Índice mínimo de Redução Sonora Ponderado dos componentes construtivos,  $R_w$ , para ensaio de laboratório**

Elemento	$R_w$ (dB)
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas de corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	35
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45
NOTA 1: Os valores constantes desta tabela são referenciais para paredes cegas. NOTA 2: Como valor referencial, estima-se que a parede de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de 2300 kg/m <sup>3</sup> ) com espessura de 10cm, e a parede de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de 1900 kg/m <sup>3</sup> ) com espessura de 12cm possuem $R_w$ igual ou maior que 45 dB.	

### 3.6.5 Isolação sonora de lajes de pisos entre unidades habitacionais

Deve-se atenuar a passagem de som aéreo resultante de ruídos de uso normal (fala, TV, conversas, música, outros).

O isolamento sonoro entre ambientes, com portas e janelas fechadas, deve atender às diferenças padronizadas de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , ou índice de redução sonora,  $R_w$ , dependendo do local da realização dos ensaios, como indicado na Tabela 23 (conforme item 12.3.1 da norma ABNT NBR 15575-3).

A redução sonora do piso, ou conjunto piso e forro da unidade habitacional inferior, deve atender ao índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , como indicado na Tabela 23 (conforme item 12.3.1 da norma ABNT NBR 15575-3).

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as lajes de concreto armado destinadas a unidades habitacionais, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de 2300 kg/m<sup>3</sup>) e espessura de 10cm, atendem ao critério relativo à isolamento a ruídos aéreos entre unidades habitacionais.

**Tabela 23 – Critérios de  $D_{nT,w}$  para ensaios de campo e  $R_w$  para ensaios em laboratório**

Elemento	Campo $D_{nT,w}$ (dB)	Laboratório $R_w$ (dB)
Piso de unidade habitacional, posicionado sobre áreas comuns, como corredores.	35	40
Piso separando unidades habitacionais autônomas (piso separando unidades habitacionais posicionadas em pavimentos distintos).	40	45
NOTA: Quando o sistema entre os ambientes consiste de mais de um componente, pode ser ensaiado o sistema composto ou ensaiado cada componente e calculada a isolamento resultante.		

### 3.6.6 Conforto acústico quanto à ruídos de impacto em lajes de piso

Deve-se atenuar a passagem de som resultante de ruídos de impacto (caminhamento, queda de objetos e outros) entre unidades habitacionais.

Quanto ao ruído de impacto de piso para ensaio de campo, tem-se que a unidade habitacional deve apresentar o nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , proporcionado pelo entrepiso conforme indicado na Tabela 24, conforme item 12.2.1 da ABNT NBR 15575-3.

**Tabela 24 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , para ensaios de campo**

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico.	$\leq 80$
NOTAS: 1) Este critério tem por base o denominado nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$ , ou seja é o número único do isolamento de ruído de impacto em edificações, derivado dos valores em bandas de oitava do nível de pressão sonora de impacto padronizado, $L'_{nT}$ , de acordo com o procedimento especificado na ISO 717-2. 2) O valor mínimo exigido corresponde a valores representativos de ensaios realizados em pisos de concreto maciço, com espessura de 10 cm a 12 cm, sem acabamento.	

### **3.6.7 Conforto acústico quanto à ruídos por impactos e ruídos de equipamentos**

A edificação deve reunir características de privacidade e conforto acústico dos usuários.

Quanto aos ruídos gerados por impactos ou vibrações, os sistemas construtivos que compõem os edifícios habitacionais devem atender aos requisitos e critérios especificados nas normas ABNT NBR 15575-3, ABNT NBR 15575-4, ABNT NBR 15575-5 e ABNT NBR 15575-6.

## **3.7 Durabilidade e manutenibilidade**

Para efeito desta Diretriz, de uma maneira geral, devem ser atendidos requisitos e critérios de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1, quanto a durabilidade do edifício e dos sistemas que o compõe.

### **3.7.1 Atendimento à vida útil de projeto**

Em relação à durabilidade, os sistemas que compõe o edifício devem manter sua capacidade funcional, e as características estéticas, ambas compatíveis com o envelhecimento natural dos materiais durante sua respectiva vida útil de projeto de acordo com o estabelecido no Anexo C da ABNT NBR 15575-1, se submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção.

O projeto do sistema construtivo deve especificar a vida útil de projeto (VUP) para cada um dos elementos que o compõem, não sendo inferiores aos valores mínimos estabelecidos na Tabela 25, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham uma durabilidade potencial compatível com a VUP, tanto para os sistemas construtivos que empregam concreto comum quanto para os empregam concreto com ar incorporado. Na ausência de indicação em projeto da vida útil dos sistemas, admite-se que os valores adotados correspondem aos mínimos relacionados na Tabela 25.

**Tabela 25 - Vida útil de projeto mínima**

Elementos	VUP mínima
Estrutura	≥ 40
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20

### 3.7.2 Exposição à agressividade ambiental

A durabilidade do sistema construtivo também está ligada à agressividade ambiental, às propriedades inerentes dos elementos, de seus componentes e dos materiais, e à interação entre ambos ao longo do tempo.

#### 3.7.2.1 Sistemas construtivos que empregam concreto comum

Neste item, considera-se o concreto comum, caracterizado por massa específica em torno de 2300 kg/m<sup>3</sup> e  $f_{ck} \geq 20$ MPa, para o qual devem ser consideradas as exigências previstas na ABNT NBR 6118.

Como critério de desempenho para o sistema construtivo que emprega concreto comum, deve-se respeitar a relação entre a classe de agressividade ambiental, a resistência à compressão do concreto e a relação água-cimento para garantir qualidade mínima do concreto, conforme definido na norma ABNT NBR 6118 e apresentado na Tabela 26, a seguir.

**Tabela 26 – Relação entre classe de agressividade ambiental, resistência à compressão do concreto e relação água-cimento**

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento	Concreto armado comum	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	Concreto armado comum	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40

Um outro critério importante a avaliar quanto à durabilidade é o cobrimento mínimo das armaduras das paredes e lajes de concreto armado, devendo-se respeitar os valores estipulados pela norma ABNT NBR 6118 para lajes e os valores para paredes estruturais descritos na Tabela 27.

**Tabela 27 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal (adaptado da ABNT NBR 6118)**

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado comum	Laje	20	25	35	45
	Parede estrutural	25	30	40	50

Nota 1: Classe de agressividade ambiental segundo Tabela 6.1 da ABNT NBR 6118.

Nota 2: Os valores desta Tabela são referentes ao cobrimento nominal, considerando uma variação no cobrimento,  $\Delta c$ , de 10mm.

Admite-se, segundo a ABNT NBR 6118, a redução dos cobrimentos nominais prescritos na Tabela 27 em 5 mm, quando houver um adequado controle da qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução.

Outras condições de uso devem ser verificadas na ABNT NBR 6118.

A Tabela 28 ilustra as classes de agressividade ambiental, conforme ABNT NBR 6118

**Tabela 28 – Classes de agressividade ambiental, conforme ABNT NBR 6118**

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto
I	Fraca	Rural
		Submersa
II	Moderada	Urbana
III	Forte	Marinha
		Industrial
IV	Muito Forte	Industrial
		Respingos de maré

### **3.7.2.2 Sistemas construtivos que empregam concreto com ar incorporado**

No caso de sistemas construtivos que utilizam concreto com ar incorporado, os critérios estipulados pela ABNT NBR 6118 não podem ser aplicados. Nesse caso, na avaliação da exposição à agressividade ambiental, deve-se demonstrar o potencial de resistência do concreto a agentes agressivos mais comuns, como carbonatação e penetração de cloretos, quando do emprego de armaduras metálicas. Se forem utilizadas armaduras com fibras não metálicas deve-se verificar a compatibilidade do material da fibra com o concreto (álcalis do cimento).

### **3.7.3 Deterioração do concreto e da armadura**

Em relação ao sistema construtivo de paredes e lajes de concreto armado, a qualidade do concreto é um importante requisito de desempenho quanto à durabilidade, devendo-se dificultar a permeabilidade à umidade e a conseqüente corrosão de suas armaduras.

Deve-se considerar como diretriz para durabilidade das estruturas de concreto armado os mecanismos preponderantes de envelhecimento e deterioração relativos ao concreto e à armadura.

Quanto à deterioração do concreto, deve-se considerar:

- a) lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- b) expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado;
- c) expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- d) reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

Quanto à deterioração da armadura, deve-se considerar:

- a) despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera que penetra por difusão e reage com os hidróxidos alcalinos da solução dos poros do concreto reduzindo o pH dessa solução;
- b) despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto), ou seja, por penetração do cloreto através de processos de difusão, de impregnação ou de absorção capilar de águas contendo teores de cloreto, que ao superarem certo limite podem ocasionar a corrosão.

### **3.7.4 Resistência a choque térmico**

O ensaio de choque térmico deve ser feito conforme a indicação do item 4.2.7.4, sendo que as paredes de fachada, incluindo seus revestimentos, submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água, não devem apresentar:

- deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo-de-prova, superior a  $h/300$ , onde  $h$  é a altura do corpo-de-prova;
- ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloração e outros danos.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado destinadas a unidades habitacionais, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizado com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$ ) e espessura mínima de 10 cm, atendem ao critério relativo à resistência a choque térmico.

### **3.7.5 Manutenção do sistema construtivo**

Em relação à manutenibilidade do sistema construtivo que compõe a edificação, a fim de que seja atendida a durabilidade projetada para a estrutura e seus componentes, devem ser previstas em manual do usuário e realizadas manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessárias, 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. Condições especiais de manutenção também devem estar previstas no manual de operação, uso e manutenção, ou simplesmente manual do proprietário e de áreas comuns.

O fabricante do produto, o construtor, o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar em projeto todas as condições de uso, operação e manutenção dos sistemas de vedações verticais internas e externas, especialmente com relação a:

- a) recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada;
- b) periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- c) periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções;
- d) técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão de materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção;

Deve-se manter a capacidade do edifício e de seus sistemas e permitir ou favorecer as inspeções prediais bem como as intervenções de manutenção prevista no manual de operação uso e manutenção, com os menores custos. Convém, ainda, que os projetos sejam desenvolvidos de forma que o edifício e os sistemas projetados tenham o favorecimento das

condições de acesso para inspeção predial através da instalação de suportes para fixação de andaimes, balancins ou outro meio que possibilite a realização da manutenção.

## **4. Métodos de avaliação do produto**

### **4.1 Métodos para caracterização do sistema construtivo**

#### **4.1.1 Informações sobre a edificação**

Análise de projeto da edificação.

#### **4.1.2 Caracterização dos materiais**

##### **4.1.2.1 Caracterização do concreto**

Para a caracterização do concreto, o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias, deve ser feito conforme a ABNT NBR 5739; e os ensaios de massa específica, absorção de água e índice de vazios, conforme a ABNT NBR 9778.

A caracterização do cimento, quando for o caso, deve ser feita mediante análises e ensaios das características apresentadas na Tabela 1, do item 2.2.1 dessa Diretriz, conforme as respectivas normas.

O tipo de agregados, quando necessário, devem ser ensaiados para determinação das características apresentadas na Tabela 2, do item 2.2.1 dessa Diretriz, conforme as respectivas normas.

Para a caracterização do concreto normal deve ser feito ensaio para determinação da massa específica e da resistência à compressão, conforme a norma ABNT NBR 6118. Caso utilize-se aditivos no concreto, estes também devem ser caracterizados por ensaios previstos em normas técnicas específicas, dependendo do material utilizado.

Deve-se analisar o projeto de estrutura para verificar se há especificação da resistência de desforma ( $f_{c14}$  ou conforme o ciclo); da resistência característica aos 28 dias ( $f_{ck}$ ); e da classe de agressividade a que as estruturas estarão sujeitas, conforme a ABNT NBR 6118.

Preponderantemente deve ser verificada a resistência do concreto na desforma da estrutura, como parâmetro de controle do processo produtivo, e aos 28 dias, para definição da resistência característica do concreto,  $f_{ck}$ .

Para o concreto no estado fresco, pode-se realizar o ensaio de *slump*, segundo a ABNT NBR NM 67 e *slump flow* ou espalhamento, conforme a ASTM C 1611.

Para o concreto no estado endurecido e aplicado à estrutura, pode-se realizar o ensaio de determinação do módulo de elasticidade tangente inicial na idade de controle e com a carga determinada pelo projetista, segundo a ABNT NBR 8522.

##### **4.1.2.2 Caracterização do aço**

Verificar o projeto de armaduras para identificar a classificação de resistência de escoamento das armaduras nas categorias CA25, CA50 e CA60; diâmetros e seções transversais nominais, e demais detalhes quando for o caso.

Verificar se as telas soldadas atendem à norma ABNT NBR 7481 e se as barras de aço estão conforme à ABNT NBR 7480.

##### **4.1.2.3 Caracterização das fôrmas**

Realizar análise do projeto de fôrmas para verificar detalhes construtivos e sequência de montagem / desmontagem.

Se necessário, realizar ensaios específicos para o material de que é feito a fôrma: metal, madeira ou plástico.

Se for o caso, identificar as características do desmoldante segundo especificação do fabricante ou realizar ensaio para sua caracterização.

### **4.1.3 Caracterização dos componentes**

#### **4.1.3.1 Caracterização das paredes e lajes de concreto armado (estrutura)**

Análise de projeto para verificação dos critérios apresentados no item 2.3.1 dessa Diretriz.

#### **4.1.3.2 Indicação dos revestimentos**

Análise de projeto para identificação dos revestimentos de piso, paredes, tetos e fachada.

Quando se julgar necessário, os revestimentos devem ser avaliados e ensaiados conforme as normas específicas do(s) material(is) de que é composto..

#### **4.1.3.3 Indicação das esquadrias**

Análise de projeto para identificar as interfaces com as paredes.

Quando se julgar necessário, as esquadrias devem ser avaliados e ensaiados conforme as normas específicas do(s) material(is) de que é composto.

#### **4.1.3.4 Indicação de equipamentos utilizados**

Quando se julgar necessário, análise de projetos e/ou documentos técnicos para identificar outros tipos de equipamentos empregados na execução do sistema construtivo, como guias, vibradores para o concreto, níveis topográficos e ferramentas especiais.

#### **4.1.3.5 Indicação da sequência executiva**

Análise de projeto e/ou documentos técnicos para verificar instalação ou execução do sistema construtivo.

### **4.1.4 Indicação das limitações do sistema construtivo**

Análise de projeto e/ou documentos técnicos para verificar possíveis limitações de projeto ou de uso do sistema construtivo.

## **4.2 Métodos para avaliação do desempenho**

### **4.2.1 Desempenho estrutural**

Deve ser analisado o projeto estrutural, considerando a aplicação para determinados projetos e número de pavimentos-tipo.

- a) Cálculos: a análise do projeto da estrutura do edifício é feita com base na ABNT NBR 6118 e no documento Projeto...,2009, este último naquilo que não contrariar esta DIRETRIZ; quando necessário, poderão ser adotados outros procedimentos de cálculo, devidamente justificados.
- b) Ensaios: quando a modelagem matemática do comportamento estrutural não puder ser realizada, permite-se, para fins desta DIRETRIZ SINAT, estabelecer uma resistência mínima de projeto e uma resistência de trabalho através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme previsto na ABNT NBR 15575-2. Todavia, ressalta-se que este método aplica-se somente a construções de pequeno porte, em geral de até 5 pavimentos. Para a determinação da

resistência de trabalho, os componentes devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, limitando-se o deslocamento ou a falha, como a ocorrência de fissuras, por exemplo.

#### **4.2.1.1 Armadura mínima**

Análise de projeto de armadura para identificar as informações relativas à seção de aço, ao espaçamento entre barras de aço e à quantidade de telas. No caso de casas térreas, sobrados e casas sobrepostas, quando não atender à especificação de armadura mínima, devem ser avaliados os aspectos de desempenho estrutural para se comprovar o atendimento aos critérios.

#### **4.2.1.2 Estabilidade e resistência do sistema estrutural (estado limite último)**

Deve-se utilizar como método para avaliação desse requisito, os cálculos e/ou ensaios previstos no item 7.2 da ABNT NBR 15575-2.

- a) Cálculos: as condições de desempenho podem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado-limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e considerações de projeto.
- b) Ensaios: quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme especificado no Anexo A da ABNT NBR 15575-2: “Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto”.

#### **4.2.1.3 Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural (estado limite de serviço)**

Verifica-se o atendimento aos valores das normas brasileiras, particularmente da ABNT NBR 6118 ou, caso necessário, os estabelecidos na ABNT NBR 15575-2. Caso esses valores não sejam atendidos, proceder à análise do projeto, cumprindo o estabelecido nos itens de cálculos ou ensaios, a seguir.

- a) Cálculos: a análise do projeto dos componentes estruturais do edifício deve ser feita com base nas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6120, ABNT NBR 6123 e ABNT NBR 8681. Devem ser consideradas as cargas permanentes, acidentais, devidas ao vento e a deformações específicas, conforme a ABNT NBR 8681. 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 1,0 e para  $\psi_q$  o valor 0,7.

$$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk}$$

Na avaliação dos deslocamentos devem ser levadas em conta as deformações imediatas e as diferidas no tempo.

- b) Ensaios: quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema estrutural não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se estabelecer uma modelagem matemática do comportamento conjunto para as deformações de serviço através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B da ABNT NBR 15.575-2. Os elementos estruturais devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando o gráfico: carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B da

ABNT NBR 15.575-2, de forma a serem caracterizados em cada ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelecer uma falha.

#### **4.2.1.4 Impactos de corpo mole e corpo duro**

Os ensaios descritos nos subitens a seguir devem ser realizados somente para os sistemas construtivos que não possuam as seguintes características: paredes de concreto armado, com emprego de concreto comum (caracterizada com massa específica da ordem de  $2300 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), ou com emprego de concreto com ar incorporado (caracterizada com massa específica da ordem de  $1900 \text{ kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 14\text{MPa}$ ), emprego de armadura mínima definida no item 3.1.1 desta Diretriz e espessura mínima de 10cm.

##### **4.2.1.4.1 Impactos de corpo-mole para paredes externas**

A verificação da resistência e do deslocamento das paredes deve ser feita por meio de ensaios de impacto de corpo mole a serem realizados em laboratório, em protótipo ou em obra. O corpo-de-prova deve incluir todos os componentes típicos do sistema. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo mole definido na ABNT NBR 11675 – Diretrizes Gerais, considerando-se um impacto de cada energia especificada nos respectivos critérios de desempenho.

##### **4.2.1.4.2 Impactos de corpo-mole para paredes internas**

A verificação da resistência e do deslocamento das paredes deve ser feita por meio de ensaios de impacto de corpo mole a serem realizados em laboratório, em protótipo ou em obra. O corpo-de-prova deve incluir todos os componentes típicos do sistema. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo mole definido na ABNT NBR 11675 – Diretrizes Gerais, considerando-se um impacto de cada energia especificada nos respectivos critérios de desempenho..

##### **4.2.1.4.3 Impactos de corpo-mole para lajes de piso**

As verificações da resistência e deslocamento dos elementos estruturais devem ser feitas por meio de ensaios de impacto de corpo mole, realizados em laboratório ou em protótipo ou obra, devendo, o corpo-de-prova, representar fielmente as condições executivas da obra, inclusive tipos de apoio / vinculações, conforme método de ensaio indicado no Anexo C da norma ABNT NBR 15575-2.

##### **4.2.1.4.4 Impactos de corpo-duro para paredes externas**

A verificação da resistência e indentação provocada pelo impacto de corpo duro deve ser feita por meio de ensaios em laboratório, protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio / vinculações. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo duro definido na ABNT NBR 11675 – Diretrizes Gerais, considerando-se um impacto de cada energia especificada nos respectivos critérios de desempenho ou no Anexo B da norma ABNT NBR 15575-4.

##### **4.2.1.4.5 Impactos de corpo-duro para paredes internas**

A verificação da resistência e indentação provocada pelo impacto de corpo duro deve ser feita por meio de ensaios em laboratório, protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio / vinculações. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo duro definido na ABNT NBR 11675 – Diretrizes Gerais, considerando-se um impacto de cada energia especificada nos respectivos critérios de desempenho, ou no Anexo B da norma ABNT NBR 15575-4.

#### **4.2.1.4.6 Impactos de corpo-duro para lajes de piso**

Verificação da resistência e depressão provocada pelo impacto de corpo duro, por meio de ensaios em laboratório executados em protótipos ou obra, devendo, o corpo-de-prova, representar fielmente as condições executivas da obra, inclusive tipos de apoio / vinculações, conforme método de ensaio indicado no Anexo D norma ABNT NBR 15575-2.

#### **4.2.1.5 Solicitações transmitidas por portas para as paredes**

O fechamento brusco da porta deve ser realizado segundo a ABNT NBR 8054, enquanto o impacto de corpo-mole deve ser aplicado conforme a ABNT NBR 8051. Na montagem da porta para o ensaio, as fechaduras devem ser instaladas de acordo com o que prescreve o Anexo O da ABNT NBR 14913.

Opcionalmente, esta avaliação poderá ser feita mediante análise de projeto.

#### **4.2.1.6 Cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes**

A determinação da resistência das paredes às solicitações de peças suspensas deve ser verificada conforme o método de ensaio especificado no Anexo A da ABNT NBR 15575-4.

### **4.2.2 Segurança contra incêndio**

Os requisitos e critérios de desempenho podem ser verificados por meio de análises dos projetos do sistema construtivo, por ensaios ou por inspeção em protótipos.

#### **4.2.2.1 Dificultar o princípio de incêndio**

A comprovação do atendimento aos requisitos de segurança quanto à ocorrência de princípio de incêndio deve ser feita pela análise de projeto ou por inspeção em protótipo, considerando as características de projeto e execução do sistema construtivo.

#### **4.2.2.2 Dificultar a inflamação generalizada**

A comprovação deve ser feita por inspeção em protótipo ou ensaios conforme Normas Brasileiras específicas, dependendo dos materiais de revestimento, acabamento e isolamento termoacústico.

#### **4.2.2.3 Dificultar a propagação do incêndio**

Deve ser feita análise de projeto ou inspeção em protótipo, verificando-se o atendimento à ABNT NBR 14432 para verificar os elementos de compartimentação que integram o edifício e à ABNT NBR 6479 para a determinação da resistência ao fogo de portas e selos corta-fogo. A resistência ao fogo das paredes estruturais deve ser verificada mediante ensaio, conforme a ABNT NBR 5628.

#### **4.2.2.4 Minimizar o risco de colapso estrutural**

Deve-se verificar a segurança estrutural, ou seja, a estabilidade da estrutura por um tempo requerido de resistência ao fogo.

No caso da avaliação das paredes estruturais de concreto deve ser realizado o ensaio de resistência ao fogo conforme a ABNT NBR 5628.

No caso das lajes de concreto, deve-se proceder à análise do projeto estrutural em situação de incêndio, a qual deve atender à ABNT NBR 15200.

### **4.2.3 Segurança no uso e operação**

Análise do projeto da edificação, que emprega o sistema construtivo alvo dessa Diretriz, visando verificar se a edificação atende aos requisitos dispostos no item 3.3.

### **4.2.4 Estanqueidade à água**

#### **4.2.4.1 Estanqueidade à água de chuva em paredes externas**

Em função do sistema de vedação vertical externa (fachadas), devem ser selecionados um dos seguintes ensaios:

- a) realização de ensaio-tipo, em laboratório, de acordo com o Anexo C na norma ABNT NBR 15575-4, para a verificação da estanqueidade à água de fachadas;
- b) realização de ensaio-tipo, em laboratório, de acordo com a ABNT NBR 6486, para a verificação da penetração de água de janelas, fachadas-cortina e portas externas;
- c) realização de ensaio-tipo, em protótipo ou em unidades concluídas de acordo com o método de ensaio descrito no Anexo D da ABNT NBR 15575-4;
- d) análise do projeto.

Os corpos-de-prova (paredes e janelas) a serem ensaiados devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e características construtivas dos sistemas de vedações verticais externas, janelas e esquadrias, com especial atenção às juntas entre os elementos ou componentes.

#### **4.2.4.2 Estanqueidade à água de paredes internas e externas decorrente da ocupação do imóvel**

##### **4.2.4.2.1 Paredes em contato com áreas molhadas**

Para avaliação da estanqueidade de paredes internas e externas com incidência direta de água (áreas molhadas) deve-se realizar o ensaio conforme método estabelecido no Anexo D da norma ABNT NBR 15575-4. Esta avaliação também pode ser efetuada mediante análise de projeto.

#### **4.2.4.3 Estanqueidade à água de lajes de pisos**

##### **4.2.4.3.1 Lajes de pisos em contato com umidade do solo**

Para avaliar os pisos em contato com o solo deve-se realizar análise de projeto, conforme as normas ABNT NBR 9575 e ABNT NBR 9574, ou inspeções in loco.

##### **4.2.4.3.2 Lajes de pisos em contato com áreas molhadas**

Os pisos de áreas molhadas devem ser ensaiados de acordo com a ABNT NBR 9574, observando-se que a superfície da face inferior e os encontros com as paredes, reproduzindo as respectivas condições de utilização, devem permanecer secos.

##### **4.2.4.3.3 Lajes de pisos em contato com áreas molháveis**

Os pisos de áreas molháveis devem ser submetidos a ensaio para a verificação da infiltração de água a partir da superfície do piso de acordo o método de ensaio descrito no Anexo B da ABNT NBR 15575-3.

#### **4.2.4.4 Premissas de projeto para o sistema construtivo**

Deve-se proceder a análise do projeto do sistema construtivo. O projeto deve indicar os detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes a fim de facilitar o

escoamento da água e evitar a sua penetração. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações que os componentes de vedação externa estejam sujeitos durante a vida útil de projeto do edifício. O projeto deve contemplar também obras de proteção no entorno da construção a fim de evitar o acúmulo de água nas bases da fachada do edifício.

#### **4.2.5 Desempenho térmico**

A avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo de paredes de concreto deve ser feita considerando as condições climáticas da região na qual será implantado o edifício e as respectivas características bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3.

Para a avaliação do desempenho térmico da edificação deve-se proceder de acordo com as seguintes etapas:

- a) caracterização das exigências de conforto térmico. Corresponde à determinação de valores aceitáveis para as variáveis: temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, temperatura radiante média do ambiente. Tais valores são fixados em função das características do ocupante, dadas pela sua taxa metabólica e pelo índice de resistência térmica de sua vestimenta, e devem representar condições satisfatórias de conforto térmico. Recomenda-se que, pelo menos, 80% dos ocupantes expressem satisfação com o ambiente térmico, conforme ANSI / ASHRAE 55/1981;
- b) caracterização das condições de exposição ao clima. Corresponde à determinação de “dias típicos de projeto” para os períodos de verão e de inverno. Estes dias são expressos em função de suas frequências de ocorrência, que representam níveis de exigência na avaliação, e são compostos por valores horários das variáveis: temperatura, umidade relativa do ar e radiação global incidente em superfície horizontal; é determinada também a velocidade média do vento predominante;
- c) caracterização do edifício e da sua ocupação, considerando o sistema construtivo alvo desta DIRETRIZ SINAT. Identificam-se os ambientes típicos e efetua-se, para cada ambiente, o levantamento das informações relativas a:
  - o condições de ocupação, dadas por: número de ocupantes, período de ocupação, atividades típicas dos ocupantes e taxas de liberação de energia térmica e vapor de água de equipamentos e processos no interior do recinto;
  - o materiais, componentes e elementos: capacidade térmica específica, densidade de massa e condutividade térmica dos materiais; transmitância, absortância e refletância à radiação solar, emissividade, resistência térmica dos espaços de ar, forma, dimensão e orientação dos elementos e componentes;
- d) caracterização do comportamento térmico do edifício, considerando o sistema construtivo alvo desta DIRETRIZ SINAT. Corresponde à determinação da resposta térmica do edifício frente às condições típicas de ocupação e de exposição ao clima. Isto pode ser feito através de medições “in loco” como por meio de cálculos. Os parâmetros medidos ou calculados são os valores horários das grandezas: temperatura, umidade relativa e velocidade do ar no interior dos recintos e temperaturas superficiais da face interna das vedações e/ou temperaturas radiantes do ambiente. Os cálculos são efetuados através de software que considera o caráter dinâmico dos fenômenos de troca de energia e massa entre a edificação e o ambiente externo;
- e) avaliação do desempenho térmico, considerando o sistema construtivo alvo desta DIRETRIZ SINAT. Corresponde à classificação do desempenho térmico do edifício ou do ambiente analisado, segundo níveis mínimo (M), intermediário (I) ou superior (S), em função do seu comportamento nos dias típicos de verão e de inverno, conforme os critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-1. O sistema construtivo de paredes de

concreto deve possibilitar que o edifício apresente desempenho térmico que se enquadre, pelo menos, no nível mínimo (M).

Podem ser adotados três procedimentos alternativos para avaliação da adequação do edifício às diferentes zonas bioclimáticas: Procedimento Simplificado, Procedimento de Simulação e Procedimento de Medição.

Em relação à avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo alvo dessa Diretriz, considerando-se que o desempenho térmico global do edifício depende do comportamento interativo das paredes externas e cobertura, um edifício que não atender aos requisitos quando avaliado pelo Procedimento Simplificado, deve ser avaliado por um dos outros dois métodos (Procedimento de Simulação ou Procedimento de Medição).

#### **4.2.5.1 Análise pelo Procedimento Simplificado**

##### **4.2.5.1.1 Avaliação das paredes externas da edificação**

Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para paredes externas e estabelecidos na ABNT NBR 15575-4; (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1).

- a) Transmitância térmica: a avaliação da transmitância térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2.
- b) Capacidade térmica: a avaliação da capacidade térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2. No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m<sup>2</sup>.K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

As aberturas para ventilação e o sombreamento das aberturas devem ser verificados no projeto arquitetônico da edificação.

##### **4.2.5.1.2 Avaliação da cobertura da edificação**

Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5; (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1).

A determinação da transmitância térmica deve ser feita por meio de cálculo, conforme procedimentos apresentados na ABNT NBR 15220-2.

#### **4.2.5.2 Análise pelo Procedimento de Simulação ou de Medição**

- a) Procedimento de Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício; (Procedimento informativo, conforme Anexo A da ABNT NBR 15575-1).
- b) Procedimento de Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios por meio da realização de medições em edifícios ou protótipos construídos; (Procedimento informativo, conforme Anexo A da ABNT NBR 15575-1).

#### **4.2.6 Desempenho acústico**

As medições do isolamento acústico podem ser realizadas em campo ou em laboratório, podendo-se optar por um dos três métodos a seguir:

- a) método de precisão: realizado em laboratório, conforme a norma ISO 10140-2. Determina a isolamento sonora de elementos construtivos (parede, laje, janela, porta e outros). O resultado é aplicável a diferentes projetos, mas, para avaliar um elemento (ex: parede com janela e parede com porta), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto;
- b) método de engenharia: realizado em campo, conforme as normas ISO 140-4 (paredes internas) e ISO 140-5 (fachadas). Determina, de forma rigorosa, a isolamento sonora global da vedação externa<sup>2</sup>, e a isolamento sonora global entre ambientes no caso de paredes internas, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O resultado obtido se restringe somente à condição de medição efetuada. Dentre as medições de campo, o método de engenharia é mais recomendável;
- c) método simplificado: realizado em campo, conforme a norma ISO 10052. Determina e permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa<sup>2</sup>, e a isolamento sonora global entre ambientes no caso de paredes internas, em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro.

#### **4.2.6.1 Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$**

Para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível,  $D_{2m,nT}$ , deve-se utilizar um dos seguintes métodos, conforme item 12.2.1.1 da ABNT NBR 15.575-4:

- a) método de campo descrito na norma ISO 140-5, obtendo-se valores em bandas de terço de oitava entre 100 e 3150 Hz ou em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz;
- b) método simplificado descrito na norma ISO 10052, obtendo-se valores em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz.

Devem ser avaliados os dormitórios e a sala de estar da unidade habitacional. No caso de edifícios multifamiliares, casas sobrepostas ou conjuntos habitacionais, devem ser selecionadas as unidades habitacionais representativas, e devem ser avaliados os dormitórios de cada unidade representativa. As medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas e quando a fachada for constituída de mais de um componente, deve ser ensaiado o sistema completo.

#### **4.2.6.2 Isolação sonora promovida por elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$**

Seguir os métodos de avaliação apresentados no item 12.2.2.1 da ABNT NBR 15.575-4. Para a determinação do índice de redução sonora ponderado da fachada,  $R_w$ , deve-se utilizar o método de laboratório, conforme a ISO 10140-2, para a determinação dos valores do índice de redução sonora,  $R$ , em bandas de terço de oitava entre 100 e 5000 Hz. Para a determinação do valor do  $R_w$  a partir do conjunto de valores do  $R$  de cada faixa de frequências, deve-se utilizar o procedimento especificado na norma ISO 717-1.

---

<sup>2</sup> Conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas, nos sobrados e casas sobrepostas e, somente fachada nos edifícios multipiso.

#### **4.2.6.3 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$**

Método de avaliação segundo item 12.2.3.1 da ABNT NBR 15.575-4. Para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível,  $D_{nT}$ , entre ambientes deve-se utilizar um dos seguintes métodos:

- a) método descrito na norma ISO 140-4, obtendo-se valores em bandas de terço de oitava entre 100 e 3150 Hz ou em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz;
- b) método simplificado descrito na norma ISO 10052/2001, obtendo-se valores em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz.

As medições devem ser executadas com portas e janelas dos ambientes fechadas. Utilizar o procedimento especificado na ISO 717-1 para a determinação do valor da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , entre os ambientes a partir do conjunto de valores de diferença padronizada de nível ( $D_{nT}$ ).

#### **4.2.6.4 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$**

Utiliza-se o método de avaliação segundo item 12.2.3.1 da ABNT NBR 15.575-4. Para a determinação do índice de redução sonora ponderado da fachada,  $R_w$ , deve-se utilizar o método de laboratório, conforme a ISO 10140-2, para a determinação dos valores do índice de redução sonora,  $R$ , em bandas de terço de oitava entre 100 e 5000 Hz. Para a determinação do valor do  $R_w$  a partir do conjunto de valores do  $R$  de cada faixa de frequências, deve-se utilizar o procedimento especificado na norma ISO 717-1.

#### **4.2.6.5 Isolação sonora de lajes de pisos entre unidades habitacionais**

Método de avaliação segundo item 12.3.1.1 da ABNT NBR 15.575-3 (avaliação no campo e avaliação em laboratório) e análise de projeto para verificar o atendimento às seguintes premissas de projeto:

- a) o nível de ruído externo à edificação e os valores limites estabelecidos para uso interno dos ambientes;
- b) a redução do ruído entre o lado externo e o lado interno de ambientes de uso específico, inclusive fachadas;
- c) as condições de geração, propagação e recepção dos sons na edificação;
- d) os ruídos contínuos, variáveis e de impactos, e das vibrações de equipamentos, como motores-bomba, elevadores, válvulas de descarga, motores geradores de energia, tubulações de água e esgoto, ventilação e ar condicionado.

#### **4.2.6.6 Conforto acústico quanto a ruídos de impacto em lajes de piso**

Quando ensaiados, conforme método de avaliação do item 12.2.1.1 da ABNT NBR 15575-3, as medições devem ser executadas em todos os entrespisos, estando fechadas as portas e janelas dos ambientes. Deve ser selecionado um dos seguintes métodos para a determinação dos valores de nível de pressão sonora de impacto padronizado,  $L_{nT}$ :

- a) método descrito na ISO 140-7, que prevê a obtenção de valores em bandas de terço de oitava entre 100 Hz e 3 150 Hz ou em bandas de oitava entre 125 Hz e 2 000 Hz;
- b) método simplificado descrito na ISO 10052, obtendo-se valores em bandas de oitava entre 125 Hz e 2 000 Hz;

- c) procedimento descrito na ISO 717-2, utilizado para a determinação do valor do nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L_{1nT,w}$ , entre os ambientes a partir do conjunto de valores de nível de pressão sonora de impacto padronizado,  $L_{1nT}$ .

#### **4.2.6.7 Conforto acústico quanto a ruídos por impactos e ruídos de equipamentos**

Análise do projeto e atendimento às ABNT NBR 10152 e ABNT NBR 10151, conforme métodos de ensaios especificados nas normas ABNT NBR 15575-3, ABNT NBR 15575-4, ABNT NBR 15575-5 e ABNT NBR 15575-6.

#### **4.2.7 Durabilidade e manutenibilidade**

A durabilidade do sistema construtivo tanto para concreto comum quanto concreto com ar incorporado deve ser avaliada mediante análise de projeto e das características dos materiais empregados, bem como de ensaios específicos, neste caso ação de calor e choque térmico e inspeções técnicas.

No caso do sistema construtivo que emprega concreto comum, acima de 20MPa de resistência característica, a análise deve ser feita com base na ABNT NBR 6118.

##### **4.2.7.1 Atendimento à vida útil de projeto**

Deve-se verificar se o projeto contempla a vida útil de projeto dos sistemas que compõe o edifício, atendendo aos prazos constantes da Tabela 25 desta Diretriz. O projeto deve mencionar as normas aplicáveis, as condições ambientais vigentes na época do projeto e a utilização prevista do edifício. Se não informado, pressupõe-se o atendimento aos prazos mínimos de VUP definidos nesta DIRETRIZ.

##### **4.2.7.2 Exposição à agressividade ambiental**

No caso do concreto comum, deve-se verificar se o projeto contempla a classe adequada de agressividade ambiental, conforme Tabela 26 e Tabela 27 desta Diretriz.

Para o concreto com ar incorporado deve-se verificar as condições necessárias para a proteção da armadura metálica.

##### **4.2.7.3 Deterioração do concreto e da armadura**

Deve-se verificar se o projeto considera os mecanismos preponderantes de envelhecimento e deterioração relativos ao concreto e à armadura.

##### **4.2.7.4 Resistência a choque térmico**

Realizar ensaio para averiguar a resistência a choque térmico dos painéis-parede, conforme Anexo E da ABNT NBR 15.575-4.

##### **4.2.7.5 Manutenção do sistema construtivo**

É fundamental que haja previsão em projeto de aspectos de manutenção, os quais devem ser explicitados no manual de uso, operação e manutenção do edifício, e que haja assistência técnica por parte da empresa proponente do sistema construtivo, explicitada no seu respectivo Documento de Avaliação Técnica (DATec).

Quanto à manutenibilidade da estrutura e dos seus componentes, o método de avaliação consiste na análise do manual de operação, uso e manutenção das edificações, atendendo as diretrizes das normas ABNT NBR 5674 e ABNT NBR 14037.

## 5. Análise global do desempenho do produto

Os relatórios específicos de análise são consolidados em um Relatório Técnico de Avaliação, no qual é apresentada uma síntese do desempenho global do produto, considerando a análise de todos os resultados obtidos no processo de avaliação técnica do sistema construtivo, realizado no âmbito do SINAT, incluindo os ensaios de caracterização e de desempenho do sistema construtivo, com base nas exigências especificadas nessa Diretriz.

## 6. Controle da qualidade

A Instituição Técnica Avaliadora, ITA, deve avaliar se a empresa detentora do DATec tem e mantém os controles necessários para a qualidade do processo de produção do seu sistema construtivo. Para tanto, deve-se realizar auditorias técnicas periódicas na unidade produtora do sistema construtivo e, se for o caso, em obras acabadas ou em execução.

A periodicidade das auditorias técnicas do sistema construtivo em paredes e lajes de concreto armado moldadas no local, a serem conduzidas pela ITA, deve ser de aproximadamente seis meses.

A empresa detentora do DATec deve realizar e manter controle tecnológico dos materiais e componentes, principalmente o concreto e o aço, bem como controle da execução do sistema construtivo alvo dessa Diretriz, os quais devem ser evidenciados no sistema da qualidade da empresa.

Nas auditorias técnicas, sempre que se julgar necessário, a ITA, além de verificar os controles da empresa, pode solicitar a realização de ensaios de caracterização do concreto para que se verifique se as condições analisadas se mantêm as mesmas de quando da emissão do DATec. Nesse caso, deve ser avaliada a resistência mínima à compressão e a massa específica do concreto.

Quanto à execução do sistema construtivo, a ITA deve verificar se a empresa realiza os seguintes ensaios de controle:

- a) **controle de recebimento:** feito com o concreto em estado “fresco”, assim que o caminhão betoneira chega à obra, e segue a norma de amostragem de concreto fresco ABNT NBR NM 33. Os ensaios necessários nesta etapa são:
  - *slump*: realizado antes de descarregar o caminhão betoneira e antes de adicionar o aditivo superplastificante (quando for usado), segundo a ABNT NBR NM 67;
  - *slump flow* ou espalhamento: realizado depois da medição do Slump, depois de adicionar o superplastificante e antes de descarregar o caminhão na bomba de concreto. Ensaio feito pelo método ASTM C 1611;
  - massa específica do concreto com ar incorporado, de acordo com a ABNT NBR 9833;
  - teor de ar incorporado ao concreto com ar incorporado, de acordo com a ABNT NBR 9833.
  - Caso necessário, realizar controle de recebimento dos agregados, conforme indicações apresentadas no item 2.2.1, “caracterização do concreto”
- b) **controle de aceitação do concreto:** feito por ensaios quando o concreto está endurecido e aplicado à estrutura. São eles:
  - transporte, desenforma, cura e rompimento dos corpos-de-prova seguindo a ABNT NBR 5739;
  - verificação da resistência à compressão do concreto, antes da desenforma da parede e da laje;

- cálculo da resistência característica do concreto, considerando a divisão da estrutura em lotes, conforme a ABNT NBR 12655, ou controle 100%;
  - determinação do módulo de elasticidade tangente inicial na idade de controle e com a carga determinada pelo projetista, segundo a ABNT NBR 8522 (este critério é eventual, não obrigatório).
- c) **controle de execução das paredes e lajes:** o processo de cura do concreto deve ser verificado, devendo-se seguir o que está estabelecido na ABNT NBR 14931. Verifica-se, também, a montagem das fôrmas conforme os detalhes de projeto, o uso de um desmoldante adequado (quando for o caso), e a retirada das fôrmas e do escoramento conforme especificação do projeto. Em relação à resistência do concreto, deve-se verificar as resistências citadas a seguir, realizando-se uma análise dos resultados históricos desses controles: resistência de desenforma ( $f_c$  conforme o ciclo); e resistência característica aos 28 dias ( $f_{ck}$ ). Em relação à armadura, deve-se verificar a armadura especificada em projeto, respeitando-se a taxa de armadura mínima, conforme estabelecido no item 3.1.1 dessa Diretriz, garantindo o cobrimento e o emprego de espaçadores, conforme projeto. São também itens de controle: locação das paredes / fôrmas; ligação das paredes com a fundação / piso (arranques); ligação entre as armaduras (telas), particularmente em cantos e singularidades; reforços de armaduras no entorno de aberturas; preparo das formas; posicionamento das armaduras nas paredes; posicionamento das armaduras de reforço; posicionamento dos espaçadores e cobrimento de concreto; posicionamento de gabaritos (janelas/portas); posicionamento de tubos e eletrodutos; posicionamento e amarração de arranques; montagem das fôrmas das lajes, escoramentos das lajes; mistura, lançamento e adensamento do concreto; alinhamento e prumo das paredes; irregularidades superficiais na parede; acabamento da parede; interfaces com esquadrias
- d) **controle de projetos:** disponibilidade de projeto executivo e detalhes; plano de concretagem; plano de remoção das fôrmas; plano de escoramento; manual de uso e manutenção