
Edificações em *light wood frame*

Light wood frame construction



ICS 79.060.10; 91.080.20

ISBN 978-85-07-09697-9



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 16936:2023
51 páginas



© ABNT 2023

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

ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio	vi
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	4
4 Requisitos gerais	11
5 Materiais	12
5.1 Generalidades	12
5.2 Madeira	12
5.2.1 Generalidades	12
5.2.2 Madeira serrada	12
5.2.3 Madeira engenheirada e outros produtos	13
5.2.4 Painéis estruturais de contraventamento	14
5.3 Sistema <i>drywall</i> e chapas cimentícias	15
5.4 Camada de base para acabamento externo	17
5.4.1 Generalidades	17
5.4.2 Revestimento tipo <i>basecoat</i>	17
5.4.3 Tratamentos de juntas de chapas cimentícias	17
5.5 Elementos de fixação	18
5.6 Barreira de vapor e umidade	18
5.7 Impermeabilização	19
5.8 <i>Siding</i>	19
6 Projetos e execução de edificações em <i>light wood frame</i>	19
6.1 Projeto estrutural	21
6.2 Critérios de dimensionamento	21
6.2.1 Dimensionamento dos sistemas de vedação vertical	22
6.2.2 Análise simplificada das paredes portantes de resistência ao cisalhamento (<i>shear wall</i>)	23
6.2.3 Dimensionamento dos painéis horizontais	25
6.2.4 Análise simplificada de painéis de diafragmas de piso e telhado	25
6.2.5 Cargas atuantes	26
6.2.6 Comportamento estrutural e distribuição dos esforços	26
6.2.7 Ligações	28
6.3 Fundação	31
6.4 Cobertura	31
6.5 Contraventamentos, instalações e fechamentos nos painéis	32
6.6 Painéis horizontais de entrepisos	32
6.7 Projeto de painéis	34
6.8 Painel horizontal de arranque	34
6.9 Instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias	34
6.9.1 Generalidades	34
6.9.2 Instalações elétricas	34

6.9.3	Instalações hidráulicas	35
6.9.4	Instalações sanitárias	35
6.9.5	Instalação de gás	35
6.10	Impermeabilização	35
6.10.1	Impermeabilização de fachada	35
6.10.2	Áreas molhadas e molháveis	37
6.11	Proteção da base do quadro estrutural	38
6.12	Proteção do painel do entrepiso.....	38
6.13	Estanqueidade à água	39
6.13.1	Estanqueidade à água de chuva, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	39
6.13.2	Especificações de projeto.....	39
6.13.3	Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água em áreas molhadas	39
6.13.4	Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis	39
6.13.5	Estanqueidade de juntas (encontros) entre sistemas de vedação vertical interna e externa e entre esses sistemas e o piso.....	39
6.13.6	Estanqueidade à água – Sistema de piso.....	39
6.13.7	Estanqueidade de sistema de pisos de áreas molhadas e molháveis.....	40
7	Proteção contra incêndio	40
7.1	Generalidades.....	40
7.2	Selagem de aberturas de passagem de tubulações em paredes e pisos.....	41
7.3	Proteção de aberturas para posicionamento de caixas de passagem elétrica, de pontos de iluminação e de outros componentes das instalações nas paredes e pisos	41
7.4	Composição proposta para TRRF de 30 min.....	41
7.4.1	Generalidades.....	41
7.4.2	Composição de parede de <i>wood frame</i> de referência para atendimento a TRRF de 30 min	41
Anexo A (normativo)	Classificação visual e respectivos K_{mod3}	44
A.1	Generalidades.....	44
A.2	Classificação visual	44
A.3	Classificação mecânica	46
A.4	Classificação visual – Defeitos e medição de nós.....	46
A.5	Encurvamento	48
A.6	Encanoamento.....	48
A.7	Arqueamento	48
A.8	Torcimento	49
A.9	Esmoadado	49
Bibliografia.....		50

Figuras

Figura 1 – Seção nominal da peça de madeira.....	9
Figura 2 – Esquema 3D de uma edificação de dois pavimentos em <i>light wood frame</i>	10
Figura 3 – Forças atuantes nas paredes portantes de resistência ao cisalhamento (<i>shear wall</i>), no quadro estrutural e no painel de contraventamento	23
Figura 4 – Arranjo de painel contendo abertura e módulo de menor dimensão.....	24
Figura 5 – Carregamento de painel de diafragma e disposição dos painéis de contraventamento	25
Figura 6 – Perfuração em montantes	27
Figura 7 – Perfuração em barrotes	28
Figura 8 – Fixação dos painéis de contraventamento em montantes.....	29
Figura 9 – Ligação do painel vertical e horizontal	30
Figura 10 – Esforços atuantes no painel.....	31
Figura 11 – Detalhe de entrepiso	33
Figura 12 – Barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural	36
Figura 13 – Detalhe de impermeabilização de áreas molhadas e molháveis	38
Figura 14 – Detalhe da face externa da parede	42
Figura 15 – Detalhe da face interna da parede	42
Figura 16 – Interface da parede de geminação com uso da caixa elétrica em áreas secas	43
Figura A.1 – Medição de um nó.....	47
Figura A.2 – Conjunto de nós.....	47
Figura A.3 – Nós individuais próximos, com ocorrência de dois deles na mesma seção transversal	47
Figura A.6 – Medição do encurvamento.....	48
Figura A.7 – Medição do encanoamento.....	48
Figura A.8 – Medição do arqueamento.....	48
Figura A.9 – Medição do torcimento.....	49
Figura A.10 – Medição do comprimento do esmoado	49

Tabelas

Tabela 1 – Requisitos para caracterização dos materiais e componentes.....	12
Tabela 2 – Requisitos mínimos para chapa de compensado estrutural	14
Tabela 3 – Requisitos mínimo para chapas de OSB	15
Tabela 4 – Requisitos mínimos para chapas cimentícias.....	16
Tabela 5 – Requisitos para caracterização do <i>basecoat</i>	17
Tabela 6 – Requisitos mínimos para barreiras de vapor e umidade	19
Tabela A.1 – Redução máxima da dimensão da face com o aplainamento	45
Tabela A.2 – Requisitos para a classificação visual	45
Tabela A.3 – Classes de resistência para coníferas.....	46
Tabela A.4 – Classes de resistência para dicotiledôneas.....	46

Prefácio

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

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

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

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 16936 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos *Light Wood Frame* (CE-002:126.011) em conjunto com o Comitê Brasileiro de Madeira (ABNT/CB-031). O 1º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 01, de 26.01.2021 a 24.02.2021. O 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 03, de 30.03.2022 a 28.04.2022. O 3º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 02, de 02.02.2023 a 06.03.2023.

A ABNT NBR 16936:2023 não se aplica aos projetos de construção que tenham sido protocolados para aprovação no órgão competente pelo licenciamento anteriormente à data de sua publicação como Norma Brasileira, nem àqueles que venham a ser protocolados no prazo de até 180 dias após esta data.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 16936 é o seguinte:

Scope

This Standard provides the design and execution guidelines and conditions for a light construction system wood frame, consisting of structural elements in floor, wall and roof panels, composed of light pieces of wood (bone structure) and closures with the function of bracing, sealing and cladding function.

This Standard establishes the method of evaluating and the performance conditions of the light wood frame construction systems and the appropriate conditions for receipt by the end customer, and maintenance in such a way as to guarantee the performance required by the system.

This Standard applies to single or twin-storey buildings, isolated or twinned up to two floors (ground floor + 01 floors), and does not apply to multifamily buildings with overlapping autonomous units.

NOTE *This Standard does not define the degree of industrialization of the process.*

Edificações em *light wood frame*

1 Escopo

Esta Norma fornece as diretrizes e condições de projeto e execução para sistema construtivo *light wood frame*, constituído por elementos estruturais em painéis de pisos, de paredes e de coberturas, compostos por peças leves de madeira (ossatura) e fechamentos com função de contraventamento, função de vedação e revestimento.

Esta Norma estabelece um método de avaliação e as condições de desempenho dos sistemas construtivos *light wood frame*, bem como as condições de aceitação e manutenção pelos usuários, necessárias para assegurar a performance esperada da edificação.

Esta Norma se aplica a edificações térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas de até dois pavimentos (térreo + 01 pavimento), não se aplicando a edificações com unidades autônomas sobrepostas.

NOTA Esta Norma não define o grau de industrialização do processo.

2 Referências normativas

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

ABNT NBR 5410, *Instalações elétricas de baixa tensão*

ABNT NBR 5626, *Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção*

ABNT NBR 5628, *Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo*

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

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações*

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

ABNT NBR 6211, *Corrosão atmosférica – Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida*

ABNT NBR 7190 (todas as partes), *Projeto de estruturas de madeira*

ABNT NBR 8094, *Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina – Método de ensaio*

ABNT NBR 8160, *Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução*

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

ABNT NBR 9442, *Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante*

ABNT NBR 16936:2023

ABNT NBR 9574, *Execução da impermeabilização*

ABNT NBR 9575, *Impermeabilização – Seleção e projeto*

ABNT NBR 10636, *Componentes construtivos não estruturais – Ensaio de resistência ao fogo*

ABNT NBR 10844, *Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento*

ABNT NBR 13277, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água*

ABNT NBR 13278, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado*

ABNT NBR 13279, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão*

ABNT NBR 13280, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido*

ABNT NBR 14037, *Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operações e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos*

ABNT NBR 14715-1, *Chapas de gesso para drywall – Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 14715-2, *Chapas de gesso para drywall – Parte 2: Métodos de ensaio*

ABNT NBR 15258, *Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração*

ABNT NBR 15259, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade*

ABNT NBR 15261, *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear)*

ABNT NBR 15498, *Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas – Requisitos e métodos de ensaio*

ABNT NBR 15526, *Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução*

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

ABNT NBR 15575-3, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos*

ABNT NBR 15575-4, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE*

ABNT NBR 15575-5, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas*

ABNT NBR 15575-6, *Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários*

ABNT NBR 15758-1, *Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projetos e procedimentos executivos para montagem – Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes*

ABNT NBR 15848, *Sistemas de ar condicionado e ventilação – Procedimentos e requisitos relativos às atividades de construção, reformas, operação e manutenção das instalações que afetam a qualidade do ar interior (QAI)*

ABNT NBR 16143, *Preservação de madeiras – Sistema de categorias de uso*

ABNT NBR 16401-3, *Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do ar interior*

ABNT NBR 16626, *Classificação da reação ao fogo de produtos de construção*

ABNT NBR 16655-1, *Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto – Parte 1: Projeto e instalação*

ABNT NBR 16841, *Comportamento ao fogo de telhados e revestimentos de cobertura submetidos a uma fonte de ignição externa*

ABNT NBR 16944-1, *Selagens resistentes ao fogo em elementos de compartimentação – Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 16970-1, *Light steel framing – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas – Parte 1: Desempenho*

ABNT NBR 17002, *Compensado: Requisitos e métodos de ensaios*

ABNT NBR ISO 12466-1, *Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 1: Métodos de ensaio*

ISO 11925-2, *Reaction to fire tests – Ignitability of products subjected to direct impingement of flame – Part 2: Single-flame source test*

ISO 12572, *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties – Cup method*

ASTM B117, *Practice for operating salt spray (fog) apparatus*

ASTM D5034, *Test Method for breaking strength and elongation of textile fabrics (grab test)*

ASTM D3345, *Test method for laboratory evaluation of solid wood for resistance to termites*

ASTM 2017, *Test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods*

ASTM E96, *Test Methods for water vapor transmission of materials*

ASTM E1677, *Specification for air barrier (AB) material or assemblies for low-rise framed building walls*

ASTM E2556/E2256M, *Specification for vapor permeable flexible sheet water-resistive barriers intended for mechanical attachment*

EN 300, *Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications*

EN 1931, *Flexible sheets for waterproofing – Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing – Determination of water vapour transmission properties*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for building*

EN 13496, *Thermal insulation products for building applications – Determination of the mechanical properties of glass fibre meshes as reinforcement for external thermal insulation composite systems with renders (ETICS)*

EN 13823, *Reaction to fire tests for building products. Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item*

EN 13859-1, *Flexible sheets for waterproofing – Definitions and characteristics of underlays – Part 1: underlays for discontinuous roofing*

PS1, *Structural plywood*

AATCC 127, *Water Resistance – Hydrostatic Pressure Test*

3 Termos e definições

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

3.1

absorventes acústicos

materiais capazes de absorver o som

NOTA Em geral, são materiais porosos (por exemplo, lã de vidro, lã de rocha, entre outros).

3.2

alburno

branco

brancal

borne

porção situada entre a casca e o cerne do caule de uma árvore composta por elementos celulares ativos (na árvore viva).

NOTA Alburno é a região permeável do caule, geralmente de coloração mais clara.

3.3

áreas molhadas

áreas da edificação cuja condição de uso e exposição pode resultar na formação de lâmina de água

EXEMPLOS Banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas.

3.4

áreas molháveis

áreas da edificação que recebem respingos de água decorrente da sua condição de uso e exposição, e que não resulte na formação de lâmina de água

EXEMPLO Banheiro sem chuveiro, cozinhas e sacadas cobertas.

3.5

argamassa de tratamento de juntas dissimuladas

argamassa flexível utilizada para vedação das juntas das chapas cimentícias

3.6

barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor

mantas ou membranas impermeáveis à água e permeáveis ao vapor d'água

3.7

basecoat

camada de revestimento de argamassa reforçada com tela ou fibras aplicada sobre chapa de fechamento externo

3.8

cerne

conjunto de células centrais do caule, formado a partir da perda de atividade fisiológica do albarno geralmente caracterizado por possuir coloração mais escura que o albarno e baixa permeabilidade

3.9

chapa cimentícia

produto resultante da mistura de cimento Portland, agregados, adições ou aditivos com reforço de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto

3.10

chapas de dente estampado

chapas dentadas metálicas utilizadas para conectar os perfis de uma treliça ou elementos estruturais formados por peças de madeira

3.11

chapas de gesso para *drywall*

chapas fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, no qual uma chapa é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra

3.12

componente nivelador

componente com a função de regularizar a base para apoio da travessa inferior do quadro estrutural

3.13

componentes da face superior do entrepiso com função estrutural

painéis ou chapas fixadas nos barotes e vigas estruturais

3.14

componentes de contraventamento

peças (horizontais ou diagonais) ou painéis estruturais de travamento, utilizados para contraventar a estrutura principal

3.15

componentes de fechamento internos e externos

painéis ou chapas fixadas nos quadros estruturais, constituindo as faces das paredes

3.16

componentes de madeira maciça serrada

peças de madeira maciça serrada

componentes provenientes do processo de serra (desdobro) de toras de madeira

3.17

componentes de revestimento

materiais sem função estrutural, com função estética, determinantes para a durabilidade do sistema construtivo

EXEMPLO Argamassas, pastas, pinturas, *sidings*, cerâmicas e outros.

3.18

contrapiso

camada utilizada para nivelar a superfície de um piso, sobre a qual se aplica o acabamento ou revestimento

3.19

contraverga

perfil utilizado horizontalmente no limite inferior das aberturas (janelas e outras)

3.20

cupins

insetos sociais da ordem *Blattodea*, que podem atacar a madeira sadia ou apodrecida, formando colônias compostas por diferentes categorias de indivíduos: reprodutores, soldados e operários

3.21

durabilidade natural

característica intrínseca de cada espécie botânica de madeira de resistir ao ataque de organismos xilófagos

NOTA De modo geral, o conceito de durabilidade natural está sempre associado ao cerne da espécie de madeira, na medida em que, na prática, o alburno de todas as espécies de madeira é considerado não durável ou perecível.

3.22

edificação assobradada

edificação que apresenta dois pavimentos

3.23

elementos de fixação

elementos ou dispositivos que fazem a ligação entre duas peças de madeira ou entre madeira e chapas, transferindo esforços de tração, compressão, cisalhamento ou momento fletor

EXEMPLO Mecanismos de encaixe, cavilhas, parafusos, pregos anelados ou tipo ardox, grampos, ganchos de ancoragem, chumbadores, conectores, pinos, chapas com dente estampado e/ou colas. São diversos os tipos de fixação: fixação entre componentes de madeira de cada sistema (chapas, quadros estruturais, contraventamentos, revestimentos, barreiras, isolantes e esquadrias do fechamento); fixação entre subsistemas (parede-piso, parede-cobertura, piso-fundação, parede-fundação, isolantes).

3.24

emendas denteadas (*finger joint*)

união longitudinal de peças de madeira serrada, com extremos em forma de dentes, de igual passo e igual perfil, aderidos um ao outro através de colagem e pressão

3.25

entrepiso

sistema de piso de unidades autônomas assobradadas (isoladas e/ou geminadas)

3.26

forro

revestimento inferior de cobertura ou de entrepisos, aderido, suspenso ou com estrutura independente

3.27

fungos

micro-organismos capazes de se desenvolverem na madeira, causando manchas e/ou a deterioração dos tecidos lenhosos

3.28

isolante térmico

materiais isolantes que dificultam a propagação de calor, caracterizados por sua resistência térmica

3.29

junta

abertura ou descontinuidade projetada entre componentes das áreas ou partes da estrutura

NOTA As juntas podem ser do tipo visível (aparente) ou dissimulada.

3.30

madeira beneficiada

madeira serrada após algum processo que altera suas dimensões ou sua superfície, por exemplo, aparelhamento ou aplainamento

3.31

madeira engenheirada

composto de madeira formado pela adição de adesivos a uma capa e múltiplas camadas de madeira ou de painel de madeira reconstituída formando um material composto de melhor desempenho ou oriundo de algum outro processo que utilize a madeira como principal matéria-prima na produção de um novo produto com propriedades adequadas a necessidades específicas

EXEMPLO Madeira lamelada colada, LVL (*Laminated Veneer Lumber*), PSL (*Parallel Strand Lumber*), OSL (*Oriented Strand Lumber*).

3.32

madeira lamelada colada (MLC)

peças de madeira engenheirada em processo industrializado de fabricação, composta de lamelas coladas umas às outras e dispostas com as fibras paralelas ao eixo longitudinal da peça final, para fins estruturais

3.33

madeira maciça

elementos estruturais ou não, obtidos diretamente do desdobro de toras de madeira, recebendo ou não algum beneficiamento de superfície

3.34

manta para impermeabilização

produto impermeável, pré-fabricado, obtido por processos industriais, como por exemplo, calandragem ou extensão

3.35

membrana para impermeabilização

camada de impermeabilização moldada no local, com espessura superior a 1,0 mm ou compatível para suportar as movimentações do substrato, podendo ser estruturada ou não

3.36

montante

elemento vertical com função estrutural que compõe o esqueleto das paredes

3.37

organismo xilófago

insetos ou fungos que se alimentam de madeira

3.38

painel de OSB (*oriented strand board*)

painel estrutural constituído por tiras ou lascas de madeira, unidas com resinas resistentes à água, orientadas em camadas perpendiculares entre si e prensadas sob alta pressão e temperatura

3.39

painel reconstituído

painel em que a madeira bruta é triturada, transformando-se em cavacos ou fibras impregnadas de resinas sintéticas

EXEMPLO MDP, MDF, HDF e OSB.

3.40

parede curta

parede interrompida para a passagem da parede longa em uma junção entre duas paredes

3.41

parede longa

parede que avança no ângulo de ligação em uma junção entre duas paredes

3.42

parede portante de resistência ao cisalhamento (*shear wall*)

parede dimensionada para ter capacidade portante para as cargas verticais e horizontais, com resistência e rigidez suficiente para receber os esforços horizontais no plano do painel

3.43

peças estruturais de madeira maciça serrada

componentes de madeira maciça serrada que cumprem função estrutural

EXEMPLO Montantes, travessas, barrotes, bloqueadores, vigas, caibros e sarrafos, tratados quimicamente sob pressão

3.44

peças leves de madeira serrada da estrutura do telhado

peças de madeira que compõem a estrutura do telhado e dão suporte às telhas

EXEMPLO Viga de cumeeira, terça, caibro, ripa e sarrafo, com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos ou tratados quimicamente sob pressão.

3.45

preservação da madeira

conjunto de medidas preventivas e curativas para controle de agentes biológicos (fungos e insetos xilófagos e perfuradores marinhos), físicos e químicos que afetam as propriedades da madeira, adotadas no desenvolvimento e na manutenção dos componentes de madeira no ambiente construído

3.46

produto impermeável

produto impenetrável por fluidos (água, vapor etc.), podendo ser manta ou membrana para impermeabilização, conforme a ABNT NBR 9575

3.47

produto preservativo

formulação química de composição e características definidas, que apresenta as seguintes propriedades: toxicidade aos organismos xilófagos, penetrabilidade através dos tecidos lenhosos permeáveis, fixação nos tecidos lenhosos, estabilidade química, baixa corrosividade aos metais, e sem afetar as características físicas e mecânicas da madeira

NOTA Os produtos preservativos permitidos são regulamentados pela ANVISA e registrados no IBAMA.

3.48

quadro estrutural de parede

quadro formado por peças estruturais de madeira maciça serrada, denominadas montantes, travessas ou bloqueadores, tratadas quimicamente sob pressão

3.49

revestimento

camada de material aplicada sobre o substrato com a função de protegê-lo, permitindo que o componente construtivo tenha desempenho e durabilidade satisfatórios

EXEMPLO Acabamento vertical, revestimentos, acabamento de piso, pinturas e texturas.

3.50

seção nominal

t_n
dimensões das peças de madeira segundo a nomenclatura comercial, representada pelas medidas de largura (b) e altura (h) da seção transversal da peça (ver Figura 1)

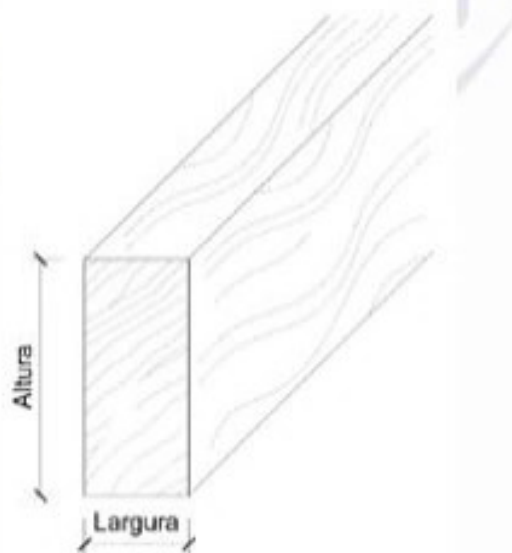


Figura 1 – Seção nominal da peça de madeira

3.51

siding

componentes aplicados parcialmente sobrepostos e utilizados para revestimento

3.52
sistema *light wood frame*
sistemas construtivos estruturados por peças leves de madeira maciça serrada, ou produto derivado de madeira, com fechamentos em chapas unidas às peças de madeira, formando painéis com resistência e rigidez aplicadas tanto no plano do painel quanto perpendicular a ele (ver Figura 2)

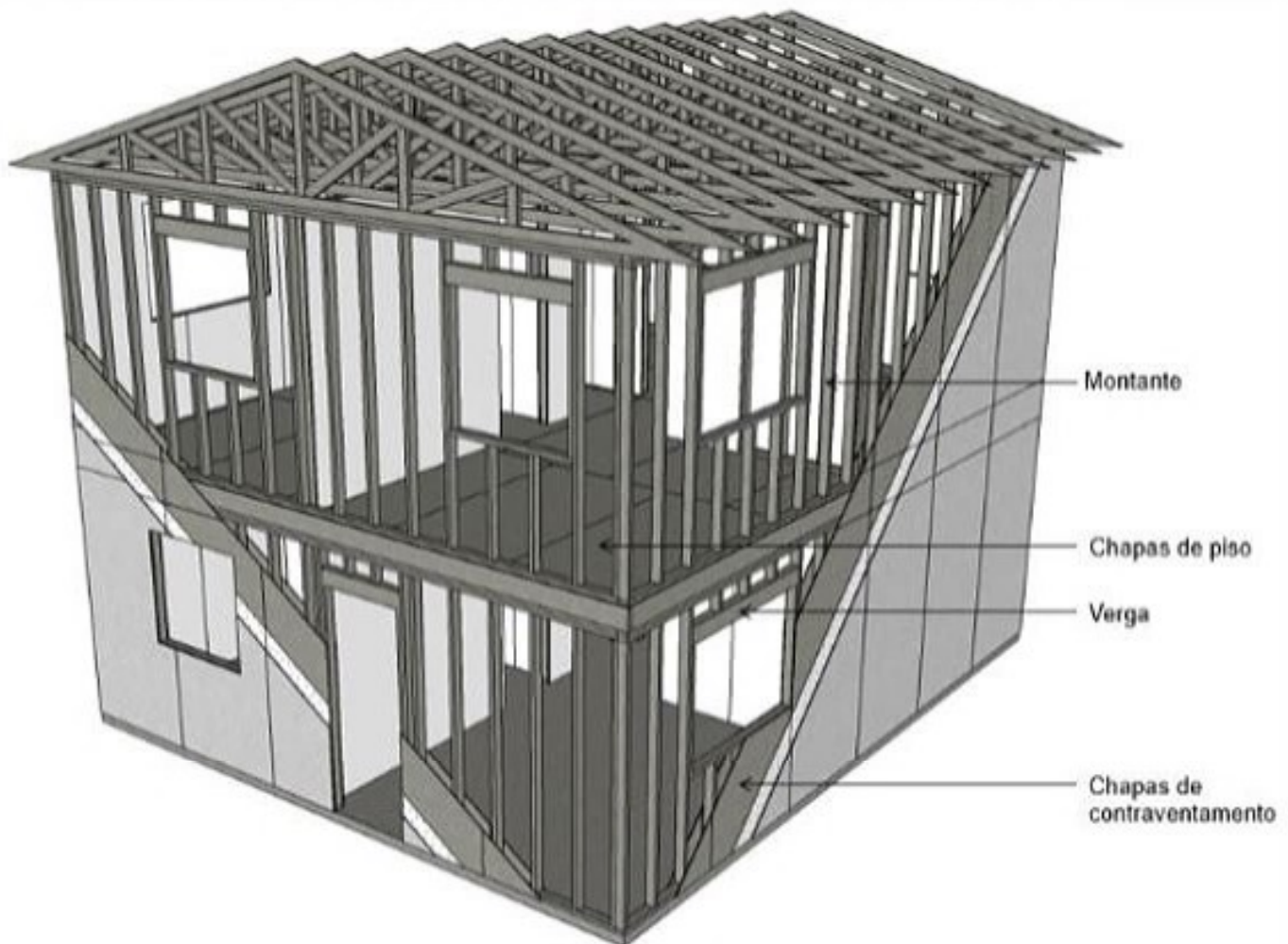


Figura 2 – Esquema 3D de uma edificação de dois pavimentos em *light wood frame*

3.53
umbral
peça com seção transversal igual à do montante, usada para apoiar as peças que formam as vergas

3.54
vedação vertical
partes da edificação que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas

3.55
verga
perfil utilizado horizontalmente no limite superior das aberturas (portas, janelas e outras)

3.56
viga
perfil utilizado horizontalmente na altura do pé-direito

4 Requisitos gerais

Nas edificações em *light wood frame*, o seguinte conjunto de detalhes de projeto deve ser adotado, visando evitar o contato e a permanência dos componentes de madeira com a umidade:

- a) prever a proteção da fachada para que esta apresente desempenho mínimo de estanqueidade conforme a ABNT NBR 15575-4;
- b) prever a proteção da base da parede;
- c) adoção de desnível entre o apoio da parede de *wood frame* e a calçada externa de 150 mm ou caso não haja calçada externa, adoção de desnível mínimo de 200 mm entre o apoio da parede de *wood frame* e a cota do terreno, desde que seja assegurada a drenagem no perímetro da fundação;
- d) adoção de piso acabado do *box* em cota inferior ou igual a 5 mm em relação à cota do piso acabado do banheiro; opcionalmente, pode ser adotado componente de separação entre o piso acabado do *box* e o piso acabado do banheiro com altura mínima de 15 mm;
- e) emprego de mantas ou membranas de impermeabilização, de modo a proteger a base do quadro estrutural e sua lateral em relação ao elemento de fundação, no pavimento térreo, até a altura mínima de 200 mm do piso acabado (ver 6.10);
- f) adoção de mantas ou membranas de impermeabilização na interface entre o piso e a parede de áreas molháveis, até a altura de 200 mm do piso acabado (banheiro sem chuveiro ou lavabo, cozinha e sacada coberta), antes da aplicação da camada de acabamento (ver Figura 13). Recomenda-se o emprego de rodapés de material resistente à água sobre as chapas de fechamento;
- g) emprego de mantas ou membranas de impermeabilização em toda a superfície do contrapiso de áreas molhadas (banheiro com chuveiro, incluindo piso do *box*, área de serviço e áreas descobertas, e nas paredes, com altura mínima de 200 mm do piso acabado, se elevando a no mínimo 1 100 mm nas paredes do *box* (ver Figura 13);
- h) emprego de mantas ou membranas hidrófugas posicionadas sobre os painéis de fechamento do quadro estrutural e sob os componentes de acabamento, da face externa das paredes de fachada (ver Figura 14);
- i) emprego de mantas ou membranas de impermeabilização na interface entre o piso e o ralo. Adicionalmente, o piso que contempla o ralo deve possuir inclinação de no mínimo 0,5 % em sentido ao ralo para áreas internas e 1 % para áreas externas (ver Figura 13);
- j) no caso de uso de chapas de gesso para *drywall* em áreas molhadas e molháveis, deve-se empregar aquelas resistentes à umidade, conforme a ABNT NBR 14715-1, com adoção dos tratamentos impermeabilizantes previstos na ABNT NBR 15758-1;
- k) quando da utilização de contrapiso moldado no local sobre entrepiso de *wood frame*, deve ser utilizada lona de polietileno entre a chapa de entrepiso e a base cimentícia.

Outras soluções ou materiais não citados nesta Norma podem ser aplicados, desde que seus requisitos mínimos estejam claramente especificados e atendidos, bem como o desempenho do sistema construtivo utilizando este material atenda à ABNT NBR 15575.

5 Materiais

5.1 Generalidades

Os materiais comumente utilizados nas construções em *wood frame* e disponíveis no Brasil, assim como suas características e requisitos mínimos de qualidade e desempenho são apresentados em 5.2 a 5.8.

5.2 Madeira

5.2.1 Generalidades

A madeira empregada deve ser de origem legal, sendo, portanto, proveniente de florestas plantadas ou florestas nativas, conforme legislação vigente.

5.2.2 Madeira serrada

As peças de madeira serrada utilizadas em paredes, pisos e painéis de cobertura no sistema construtivo *light wood frame* devem atender aos requisitos da Tabela 1.

Peças de madeira serrada para montantes, travessas, vergas etc. podem ser contínuas ou resultado da união de várias peças alinhadas com ligação entre as extremidades realizada por meio da colagem estrutural de peças usinadas por emendas denteadas (ou *finger joint*) e devem ser produzidas sob controle de qualidade industrial e atender aos requisitos do fabricante do adesivo e com a mesma qualidade de colagem aferida para lamelas de madeira lamelada colada conforme a ABNT NBR 7190-6.

Tabela 1 – Requisitos para caracterização dos materiais e componentes

Sistemas estruturais de parede externa e interna		
Item	Requisito	Indicador de conformidade
A	Peças estruturais de madeira serrada dos quadros estruturais	
A.1	Densidade aparente a 12 % de teor de umidade	Conforme projeto
A.2	Valor mínimo de resistência característica da madeira a 12 % de umidade	Valor característico de resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$) mínimo de 20 MPa para corpos de prova de compressão isentos de defeitos, conforme o Anexo A ou adoção dos critérios da ABNT NBR 7190
A.3	Seção transversal nominal mínima das peças de madeira estruturais – Montantes e travessas	Seção transversal nominal mínima de 38 mm × 89 mm (tolerância de 1,5 mm)
A.4	Resistência a organismos xilófagos/retenção e penetração mínima de produto preservativo	Peças estruturais de madeira submetidas ao tratamento químico sob pressão, conforme categorias de uso 2, 3 e 4 da ABNT NBR 16143
A.5	Peças com emendas denteadas (<i>finger joint</i>)	Ver ABNT NBR 7190-6

5.2.3 Madeira engenheirada e outros produtos

5.2.3.1 Generalidade

As peças de madeira engenheirada utilizadas em paredes, pisos e painéis de cobertura no sistema construtivo *light wood frame* devem atender aos requisitos da Tabela 1.

Deve ser caracterizado o desempenho desta peça, desde que aplicável, em termos de resistência à flexão, resistência ao cisalhamento da linha de colagem, resistência à compressão, teor de umidade, durabilidade dos componentes, concentração de ingredientes ativos de preservação, densidade de massa e caracterização dimensional.

A madeira engenheirada deve ser submetida à avaliação de desempenho inserido no painel do sistema construtivo *light wood frame* quanto à resistência ao fogo, compressão excêntrica e resistência de arrancamento dos dispositivos de fixação.

5.2.3.2 Madeira lamelada colada

Entende-se por madeira lamelada colada (MLC) para fins estruturais, peças de madeira, reconstituída em processo industrializado de fabricação, composta de tábuas de dimensões relativamente reduzidas se comparadas às dimensões da peça final, coladas umas às outras e dispostas com as fibras paralelas ao eixo longitudinal da peça final.

As peças de madeira lamelada colada utilizadas em paredes, pisos e painéis de cobertura no sistema construtivo *light wood frame* devem atender aos requisitos da Tabela 2.

A caracterização das propriedades da madeira lamelada colada para projeto de estruturas deve ser feita a partir de corpos de prova extraídos de peças estruturais fabricadas de acordo com o procedimento-padrão da indústria fornecedora. Para as peças de grande porte, são permitidos os resultados fornecidos pelo controle de qualidade do produtor, desde que atendam à legislação vigente.

Para emprego da madeira lamelada colada, as propriedades físicas e mecânicas características podem ser fornecidas pelo produtor, obtidas por controle de amostragem e ensaios realizados por instituição idônea, sob sua responsabilidade e conforme a legislação vigente. Como alternativa, podem ser admitidas as mesmas propriedades da madeira das lamelas, devendo ser realizados os seguintes ensaios conforme a ABNT NBR 7190-6:

- a) delaminação;
- b) resistência ao cisalhamento na lâmina de cola;
- c) resistência das emendas denteadas.

Deve ser caracterizado o desempenho da peça, desde que aplicável, em termos de resistência à flexão, resistência ao cisalhamento da linha de colagem, resistência à compressão, teor de umidade, durabilidade dos componentes, concentração de ingredientes ativos de preservação, densidade de massa e caracterização dimensional.

A qualidade do produto final depende de várias etapas do processo de fabricação, devendo as características de resistência e rigidez dos elementos de MLC serem asseguradas pelos fabricantes por meio do controle de qualidade de cada componente do processo.

5.2.4 Painéis estruturais de contraventamento

Os painéis estruturais de contraventamento utilizados em paredes e pisos no sistema construtivo *light wood frame* são dos tipos chapa de compensado estrutural conforme à Tabela 2 ou painel reconstituído tipo OSB conforme à Tabela 3.

As chapas de compensado estrutural devem atender às especificações de durabilidade da ABNT NBR 16143, para as categorias de uso 2, 3 ou 4 de acordo com o seu uso.

O painel reconstituído tipo OSB utilizado em sistema *light wood frame* deve ser do tipo 2 (estrutural para uso do OSB em condições secas) ou do tipo 3 (estrutural para uso do OSB em condições úmidas), conforme EN 300. Esses painéis devem atender à Tabela 3.

Para dimensionamento do sistema de contraventamento, deve-se atender a 6.2.

Tabela 2 – Requisitos mínimos para chapa de compensado estrutural

Especificação	Valor característico do compensado		Critério/ Método de ensaio
	9 mm a 12 mm	18 mm a 25 mm	
Índices de umidade	< 18 %		PS1 ABNT NBR 17002
Resistência à flexão no sentido longitudinal	>18 N/mm ²	>15 N/mm ²	ABNT NBR 17002
Resistência à flexão no sentido transversal	>10 N/mm ²	>10 N/mm ²	ABNT NBR 17002
Inchamento da chapa (espessura)	< 10 %		ABNT NBR 17002
Qualidade da colagem	Classe 3		ABNT NBR ISO 12466-1
Massa específica aparente			ABNT NBR 17002
Resistência ao ataque de cupins	Painel de compensado estrutural com tratamento preservativo adequado		ABNT NBR 16143

Tabela 3 – Requisitos mínimo para chapas de OSB

Especificação	Requisitos mínimos			Método de ensaio
	(6 a 10) mm	(10 < t < 18) mm	(18 a 25) mm	
Índices de umidade	(2 a 12) %			EN 300 CSA O325-16
Adesão interna	0,21 N/mm ²			
Módulo de Elasticidade na Flexão, Direção Longitudinal (MOE longit.)	≥ 4 000 N/mm ²	≥ 3 500 N/mm ²	≥ 4 000 N/mm ²	
Módulo de Elasticidade na Flexão, Direção transversal (MOE transv.)	≥ 1 100 N/mm ²	≥ 800 N/mm ²	≥ 1 500 N/mm ²	
Módulo de Resistência à Flexão, Direção Longitudinal (MOR longit.)	22 N/mm ²	20 N/mm ²	18 N/mm ²	
Módulo de Resistência à Flexão, Direção transversal (MOR transv.)	11 N/mm ²	10 N/mm ²	9 N/mm ²	
Inchamento da chapa (espessura)	≤ 20 %			
Carga concentrada	≥ 1 780 N	≥ 1 780 N	≥ 1 780 N	
Deflexão para 890 N	≤ 11,1 mm	≤ 12,7 mm	≤ 12,7 mm	
Impacto	≥ 1 330 N	≥ 1 330 N	≥ 1 330 N	
D4	≥ 310 N-mm/mm	≥ 350 N-mm/mm	≥ 600 N-mm/mm	
Expansão linear longitudinal	0,50 %			
Expansão linear transversal	0,50 %			
Resistência ao ataque de cupins de madeira seca	Grau ≤ 1			
Resistência ataque de cupins subterrâneo	Grau ≥ 7			ASTM D 3345
Fungos emboloradores e apodrecedores	Perda de massa ≤ 24 %			ASTM 2017
Fungos emboloradores e apodrecedores devem ser prevenidos de acordo com a ABNT NBR 16143.				
NOTA As placas OSB podem ser usadas de acordo com seu grau de graduação e exposição estrutural, como especificado CSA O325-16 e EN 300.				

5.3 Sistema *drywall* e chapas cimentícias

As chapas de *drywall* compõem as vedações verticais internas do sistema construtivo e devem atender às ABNT NBR 14715-1 e ABNT NBR 14715-2.

As chapas cimentícias, quando utilizadas nas vedações verticais internas e externas do sistema construtivo, devem atender à ABNT NBR 15498.

As chapas categoria A são indicadas para aplicações externas, sujeitas à ação direta das intempéries, como sol, chuva, congelamento ou neve. As chapas categoria B são indicadas para aplicações externas, não expostas à ação direta de intempéries, podendo ficar expostas à umidade, calor e eventual congelamento. As chapas categoria C são indicadas para aplicações internas, como paredes internas, pisos, forros e substratos, podendo ficar exposta ao calor e à umidade, mas não a congelamento, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Requisitos mínimos para chapas cimentícias

Especificação	Requisito			Método de ensaio
	Categoria	Classe A e B (condição saturada)	Classe C (condição ambiente)	
Resistência mecânica mínima (Resistência à tração na flexão em MPa)	1	–	4	ABNT NBR 15498
	2	4	7	
	3	7	10	
	4	13	18	
	5	18	24	
Permeabilidade à água	Podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, mas não pode haver formação de gotas de água nessa face. Isto não se aplica às placas com acabamento ou revestidas.			ABNT NBR 15498
Resistência mecânica após envelhecimento acelerado por imersão e secagem	O limite L_i do resultado médio indicado deve ser superior a 0,70.			
Resistência mecânica após envelhecimento acelerado por água quente	O limite L_i do resultado médio indicado deve ser superior a 0,70.			
Variação dimensional por imersão e secagem	<p>Variação dimensional por imersão e secagem (considerando corpos de prova de $2,40 \pm 0,20$ m), seu respectivo requisito para juntas invisíveis em revestimentos aderidos, os valores de variação dimensional devem ser no máximo 3,0 mm/m.</p> <p>Para placas com variação entre 3,1 mm e 5,0 mm, o fabricante deve comprovar o desempenho da parede com relação à resistência ao calor e choque térmico. Para junta visível em revestimentos não aderidos, os valores de variação dimensional devem ser informados pelo fabricante nas especificações do produto, bem como a forma de instalação. Em ambas as situações, juntas visíveis ou invisíveis. Recomenda-se que o fabricante informe a forma de instalação dos fixadores e do material da junta.</p>			ABNT NBR 15575-4

5.4 Camada de base para acabamento externo

5.4.1 Generalidades

O revestimento externo aplicado sobre chapas cimentícias que tenha como finalidade dissimular as juntas entre chapas deve ser do tipo *basecoat*.

5.4.2 Revestimento tipo *basecoat*

O revestimento tipo *basecoat* é uma camada de base para acabamento externo de base cimentícia ou polimérica, reforçada com aplicação de tela estruturante. Os requisitos mínimos para o *basecoat* são apresentados na Tabela 5.

5.4.3 Tratamentos de juntas de chapas cimentícias

As juntas das chapas cimentícias podem ser visíveis ou invisíveis e devem assegurar a qualidade das vedações verticais atendendo aos requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4. As juntas invisíveis das chapas cimentícias devem ser compostas por produto de base cimentícia ou poliméricas em conjunto com malhas de fibra de vidro.

Tabela 5 – Requisitos para caracterização do *basecoat*

Requisitos	Critério	Método de ensaio
Densidade de massa no estado fresco (kg/m ³)	Conforme especificação do fabricante	ABNT NBR 13278
Retração (%)	até 10	ABNT NBR 15261
Resistência à tração na flexão (MPa)	≥ 2,0	ABNT NBR 13279
Resistência à compressão (MPa)	≥ 5,5	ABNT NBR 13279
Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	≥ 0,3	ABNT NBR 15258
Absorção de água por capilaridade (C24h) (g/(dm ² .min ^{0,5}))	Conforme especificação do fabricante	ABNT NBR 15259
Retenção de água (%)	> 95 %	ABNT NBR 13277
Densidade de massa no estado endurecido (kg/m ³)	Conforme especificação do fabricante	ABNT NBR 13280

A camada de revestimento de argamassa reforçada com tela ou fibras aplicadas sobre chapa de fechamento externo utilizada no sistema *basecoat* deve apresentar resistência mínima à tração após imersão de 24 h em solução alcalina de 20 N/mm² após envelhecimento, conforme a EN 13496, considerando que R após envelhecimento ≥ 0,50 R inicial.

5.5 Elementos de fixação

Considera-se como não indicados, os materiais que, após submetidos ao ensaio de *salt spray* pelo período determinado para o uso específico, apresentem corrosão vermelha. O critério (número de horas de exposição em névoa salina) para cada tipo de elemento é listado a seguir:

- a) dispositivos para a fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas secas: 96 h;
- b) dispositivos de fixação para conexão madeira-madeira desde que em áreas não molhadas ou molháveis: 96 h;
- c) para madeiras tratadas com preservativos químicos considerados como corrosivos, as fixações devem atender: 240 h;
- d) dispositivos para a fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas molhadas ou molháveis: 240 h;
- e) dispositivos para a fixação entre montantes dos quadros estruturais: 240 h;
- f) dispositivos para a fixação dos quadros estruturais ao elemento de fundação: 360 h;
- g) dispositivos para a fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes rurais: 240 h;
- h) dispositivos para a fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes urbanos, industriais leves, ou a mais que 2 000 m da orla marítima: 480 h;
- i) dispositivos para a fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes marinhos: 720 h.

São considerados ambientes marinhos (classe de agressividade III) aqueles distantes da orla marinha até 2 000 m ou com qualquer concentração de cloreto (Cl⁻). Assim, aqueles ambientes distantes mais do que 2 000 m da orla marinha e sem concentração de cloreto (Cl⁻), segundo avaliação pelo método da vela úmida, conforme a ABNT NBR 6211, podem ser considerados classe I ou II (ambientes rurais e urbanos, respectivamente).

Os pregos, parafusos e chumbadores devem ser colocados em câmara de exposição de névoa salina, segundo a ASTM B117 ou a ABNT NBR 8094.

5.6 Barreira de vapor e umidade

Trata-se de um conjunto de produtos específicos para serem utilizados em paredes portantes ou divisórias de madeira compostas por elementos transpirantes para melhor gerir a regulação do vapor. As barreiras de vapor e umidade devem ser utilizadas para impedir a entrada de água na forma líquida para o interior dos painéis verticais e assegurar a saída da umidade do interior das paredes em forma de vapor d'água.

As barreiras de vapor e umidade podem ser aplicadas em mantas sólidas ou na forma líquida conforme a ASTM E1677.

As barreiras de vapor e umidade que compõem o sistema devem atender à Tabela 6.

Tabela 6 – Requisitos mínimos para barreiras de vapor e umidade

Propriedade		Requisito	Método de ensaio
Resistência à tração	Longitudinal	Mínimo 178 N	ASTM E2556 ASTM D5034
	Transversal	Mínimo 156 N	
Permeância ao vapor d'água ^a		Mínimo $2,9 \times 10^{-10}$ Kg/Pa.s.m ² ou 5 US perms	ASTM E2556 ou ASTM E96
Transmissão do vapor d'água (Sd) ^a		≤ 0,35	EN 1931 ou ISO 12572
Impermeabilidade à água		Mínimo W1	EN 13859-1
		Não pode haver formação de gotas de água na face oposta à face exposta à coluna de água de 55 cm de altura por um período de 5 h.	AATCC 127
^a Não há necessidade das duas informações (permeabilidade e transmissão de vapor de água), pois uma das duas grandezas é suficiente para analisar a qualidade do material, ou seja, se o fabricante disponibilizar a informação de permeabilidade não há necessidade de apresentar a informação de transmissão de vapor da água, e o inverso também é válido.			

5.7 Impermeabilização

Recomenda-se que a escolha do sistema de impermeabilização e seus materiais seja feita de acordo com a ABNT NBR 9575 considerando 6.10.1 e 6.10.2.

5.8 Siding

Os *sidings* podem ser utilizados nos elementos de vedações verticais internas e externas e devem assegurar a qualidade das vedações verticais e contribuir para o atendimento aos requisitos de desempenho conforme a ABNT NBR 15575. Os requisitos para os *siding* cimentícios, de PVC ou de OSB estão apresentados na ABNT NBR 16970-1.

6 Projetos e execução de edificações em *light wood frame*

O projeto de uma edificação em *light wood frame* deve ser elaborado por profissional habilitado com registro no respectivo conselho de classe.

NOTA Exemplos de órgãos de conselho de classe são o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) e o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU).

Os projetos de *light wood frame* devem apresentar o seguinte:

- memória de cálculo: devem ser apresentadas as considerações de cargas atuantes, esquemas estáticos dos carregamentos, combinações das ações, propriedades mecânicas dos materiais, verificação da resistência dos elementos estruturais e ligações, análise local e global das deformações da estrutura;
- especificação de materiais: devem ser apresentadas as classes de resistência das madeiras adotadas; a classificação visual; o tratamento preservativo; as dimensões das peças de madeira;

ABNT NBR 16936:2023

- a espessura e os tipos de painéis de contraventamento; os tipos, diâmetros, comprimentos e acabamentos de elementos metálicos de ligação; as mantas de impermeabilização; os isolamentos térmicos e acústicos; as barreiras de vapor; os materiais de fechamento e de acabamento final;
- c) plantas com locação das peças: devem ser apresentadas de forma clara para a leitura do elemento e das cotas que indiquem a locação. Deve-se utilizar cotas e demais medidas em milímetros para as plantas de locação;
 - d) todos os tipos de ligações devem ser apresentados detalhadamente no projeto, indicando em detalhes construtivos qual o tipo de ligação e os locais possíveis de aplicação;
 - e) instalações elétricas: deve ser elaborado o projeto de instalações elétricas conforme a ABNT NBR 5410;
 - f) instalações hidráulicas: projeto de instalações de água e esgoto deve ser elaborado conforme as ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 8160;
 - g) impermeabilização: um projeto de impermeabilização deve ser apresentado conforme a ABNT NBR 9575;
 - h) planta de cargas nas fundações: devem ser apresentadas as cargas aplicadas nas fundações ou elementos de apoio da estrutura de *light wood frame*, em todos os tipos, sentidos e direções resultantes das possíveis combinações de cargas aplicadas na estrutura;
 - i) detalhamento das peças e componentes: as peças e os componentes devem ser apresentados detalhadamente. O projeto deve apresentar os detalhes das camadas das paredes, incluindo as especificações técnicas de cada elemento constituinte da parede;
 - j) memorial descritivo e manual de uso e operação: devem ser elaborados para cada edificação, considerando a ABNT NBR 14037 e, para a durabilidade e vida útil de projeto de cada sistema, a ABNT NBR 15575 (todas as partes).

A apresentação de projetos de *light wood frame* deve ser definida em função do nível de pré-fabricação dos painéis, devendo ser elaboradas folhas de produção de painéis e folhas de montagem em obra.

Todo projeto do sistema em pauta prevê a execução da obra após a conclusão da fundação com os apoios prontos para o recebimento da estrutura. Esta estrutura é composta tipicamente por painéis horizontais e verticais, que são montados sobre a fundação. Estes painéis podem ser fabricados *in loco* ou em ambiente fabril externo e podem ser estruturais ou não. Em ambos os casos, os painéis podem ser compostos apenas dos montantes e guias estruturais de madeira com seu respectivo contraventamento quando solicitado, ou serem mais completos, com acabamentos internos, isolamento termoacústica, instalações elétricas e hidráulicas embutidas, esquadrias e revestimentos externos totais ou parciais.

Uma vez fabricados, os painéis são montados sucessivamente conforme a locação especificada em projeto. Excepcionalmente, caso o projeto assim demande, é possível fabricar painéis verticalmente ou horizontalmente no local. Assim como excepcionalmente é possível que um projeto contemple algum componente de carga concentrada, como pilar e viga, de forma combinada ou não com os painéis. Neste caso, esses componentes devem estar detalhados em projeto. No conceito de fabricação externa, é possível a pré-fabricação de elementos em módulos tridimensionalmente acabados e transportados até o canteiro.

6.1 Projeto estrutural

O projeto estrutural de *light wood frame* deve ser elaborado considerando as cargas atuantes segundo as ABNT NBR 6120, ABNT NBR 6123 e ABNT NBR 8681. Para situações em que sejam utilizados elementos estruturais feitos de outros materiais junto à estrutura de *light wood frame*, esses devem ser dimensionados de acordo com norma pertinente ao material utilizado.

As paredes devem ser definidas em "paredes longas" e "paredes curtas" por meio do padrão de canto de parede escolhido. Os cortes devem ter as indicações, cotas de todas as alturas dos elementos como paredes, entrelpisos, portas, janelas, coberturas e entrelpisos da caixa d'água ou área técnica. Todos os pontos críticos devem ser detalhados em escala adequada para interpretação clara de acordo com esta Norma.

O projeto deve apresentar especificação dos materiais utilizados em relação às suas classes de resistência, classe visual, tratamento preservativo, dimensões das peças de madeira, espessura e tipo de painéis de contraventamento, tipos, diâmetros, comprimentos e acabamentos de elementos metálicos de ligação, mantas de impermeabilização, isolamento térmico e acústico, barreira impermeável à água e permeável ao vapor, materiais de fechamento e de acabamento final.

6.2 Critérios de dimensionamento

Para o cálculo dos esforços em cada elemento estrutural, recomenda-se atender aos critérios de avaliação simplificada apresentados a seguir ou utilizar meios computacionais desde que assegurem a segurança e a confiabilidade da verificação estrutural.

A partir dos esforços encontrados, a verificação dos elementos estruturais deve ser realizada de acordo com o processo a seguir. Para essa verificação, devem ser seguidas as considerações de propriedades de resistência e rigidez de cálculo da madeira, conforme a ABNT NBR 7190 ou o método simplificado apresentado a seguir, utilizando o coeficiente de modificação referente à qualidade da madeira, K_{mod3} , conforme a classe visual de coníferas, apresentado no Anexo A. Nesse caso, deve-se acrescentar o K_{mod3} para cálculo de resistência e rigidez, conforme apresentado a seguir.

O valor de cálculo X_d de uma propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico X_k , obtido por ensaios em corpos de prova isentos de defeitos, conforme a ABNT NBR 7190-3:

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_w}$$

onde

- X_k é o valor característico da propriedade da madeira, conforme o Anexo A, obtido por ensaios em corpos de prova isentos de defeitos, conforme a ABNT NBR 7190-3;
- γ_w é o coeficiente de minoração das propriedades da madeira, adotando-se o valor 1,4 para propriedades de compressão e 1,8 para propriedades de tração e cisalhamento;
- k_{mod} é o coeficiente de modificação, que atende às influências não consideradas por γ_w (conforme apresentado a seguir).

Os coeficientes de modificação k_{mod} alteram os valores característicos das propriedades de resistência da madeira em função da classe de carregamento da estrutura e da classe de umidade admitida e a qualidade da madeira. k_{mod} é o coeficiente de modificação, que atende às influências não consideradas por γ_w , conforme a seguinte equação:

$$k_{mod} = k_{mod1} \cdot k_{mod2} \cdot k_{mod3}$$

onde

k_{mod1} é o coeficiente de modificação referente à duração do carregamento (conforme a ABNT NBR 7190);

k_{mod2} é o coeficiente de modificação referente ao teor de umidade de equilíbrio da madeira (conforme a ABNT NBR 7190);

k_{mod3} é o coeficiente de modificação referente à qualidade da madeira, apresentada no Anexo A, que correlaciona os defeitos naturais da madeira com seu desempenho estrutural.

6.2.1 Dimensionamento dos sistemas de vedação vertical

Para o sistema *wood frame*, as vedações verticais são compostas pelas peças estruturais de madeira, pelos componentes de fechamento e revestimento, membranas impermeáveis à água e pelas fixações. A seguir são apresentados os critérios para análise estrutural simplificada de sistemas de vedação vertical, onde são consideradas paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) as paredes que recebem tanto os carregamentos verticais provenientes de esforços de gravidade quanto esforços horizontais, provenientes de ações de vento ou sismos.

- a) paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) devem ser dimensionadas para resistirem tanto aos esforços horizontais quanto aos esforços verticais impostos a elas;
- b) a parede deve ser adequadamente ancorada para evitar o tombamento e o deslizamento;
- c) paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) determinadas a proporcionar resistência para cargas horizontais devem ser reforçadas em seu plano por chapas, travamentos diagonais ou ligações de momento;
- d) a resistência às cargas horizontais de uma parede deve ser determinada com ensaios conforme a EN 594 ou por cálculos, empregando métodos analíticos apropriados ou modelos de cálculo;
- e) um método simplificado de cálculo é dado em 6.2.2;
- f) o dimensionamento de parede portante de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) deve considerar tanto os materiais quanto a composição geométrica da parede em questão;
- g) a reação das paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) às ações solicitantes deve ser tal que assegure que a construção se mantenha ainda em níveis aceitáveis do estado-limite de serviço.

6.2.2 Análise simplificada das paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*)

A capacidade de carga R_k (resistência a esforços horizontais) sob a ação de uma força F_k no topo de uma parede engastada, impedida de tombar (por cargas verticais ou por ancoragem da base), deve ser determinada utilizando a seguinte análise simplificada para paredes constituídas de um ou mais painéis, em que cada painel consiste em chapas fixadas em pelo menos um lado do quadro estrutural de madeira, desde que:

- o espaçamento das fixações (pregos, grampos, entre outros) seja constante ao longo do perímetro de todas as chapas;
- a largura de cada painel seja pelo menos $h/4$.

Para paredes compostas por diversos painéis, a resistência de cálculo total da parede para as cargas horizontais ($R_{v,d}$) deve ser calculada conforme a seguinte equação:

$$R_{v,d} = \sum_{i=1}^n R_{iv,d}$$

onde

$R_{iv,d}$ é a resistência de cálculo de um painel que compõe a parede, de acordo com a Figura 3.

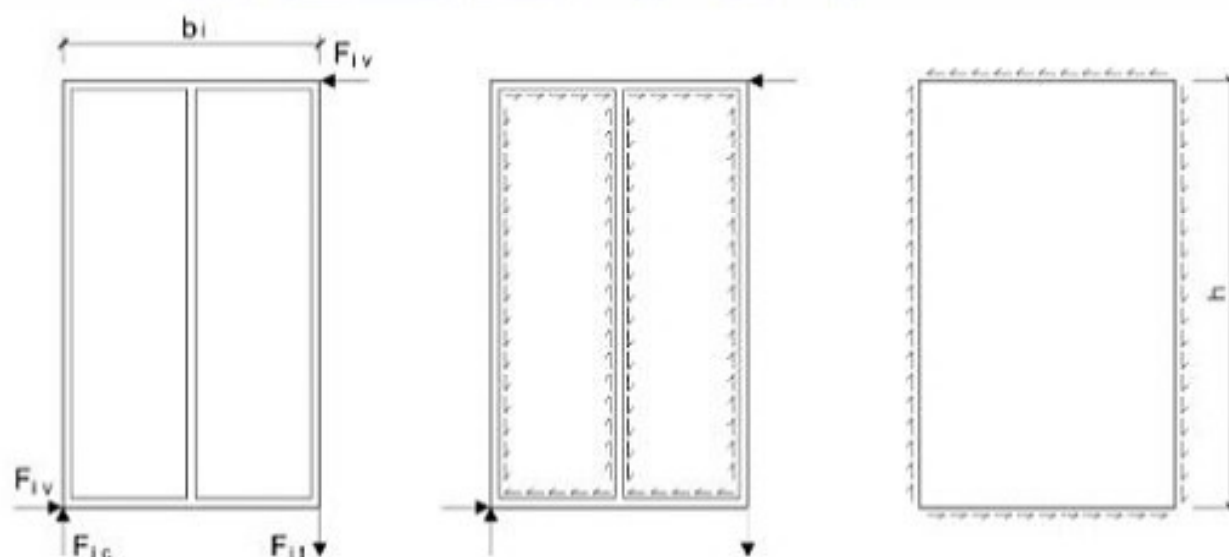


Figura 3 – Forças atuantes nas paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*), no quadro estrutural e no painel de contraventamento

A menos que seja comprovado de outra forma, o trecho de parede que contém aberturas, como portas ou janelas, não pode ser considerado como contribuinte para a resistência aos esforços horizontais totais.

Para painéis de parede com chapas em ambos os lados, as seguintes regras se aplicam:

- se as chapas e os conectores forem de mesmo tipo e dimensões, a resistência total aos esforços horizontais da parede deve ser tomada como a soma da resistência de cada um dos lados;
- se chapas diferentes forem usadas em cada lado, 75 % da resistência ao esforço horizontal do lado menos resistente devem ser considerados, a menos que outro valor válido seja apresentado,

considerando que o módulo de deslizamento dos conectores em ambos os lados é igual. Em outros casos, no máximo 50 % da contribuição do lado menos resistente deve ser considerado.

As forças externas $F_{ic,d}$ e $F_{it,d}$ de acordo com a Figura 4 devem ser determinadas pela seguinte equação

$$F_{ic,d} = F_{it,d} = \frac{F_{iv,d} h}{b_i}$$

onde

$F_{ic,d}$ é a reação de compressão na extremidade comprimida da base do painel de diafragma vertical i ;

$F_{it,d}$ é a reação de tração na extremidade tracionada da base do painel de diafragma vertical i ;

$F_{iv,d}$ é a resultante horizontal no topo dessa painel de diafragma vertical i , oriunda das forças de vento;

h é a altura do painel de diafragma vertical i ;

b_i é a largura do painel de diafragma vertical i ;

Essas forças podem tanto ser transmitidas às chapas do painel da parede adjacente ou transmitidas à construção situada sobre ou sob essa parede. Quando tensões de tração forem transmitidas à construção situada abaixo, o painel deve ser ancorado por conectores rígidos. A instabilidade de montantes das paredes deve ser verificada de acordo com a ABNT NBR 7190, porém considerando os valores das propriedades de resistência e rigidez conforme 6.2.

As forças externas que atuam em painéis contendo aberturas de portas ou janelas ou em painéis de parede de pequenas larguras (ver Figura 4), podem igualmente ser transmitidas à construção situada acima ou abaixo.

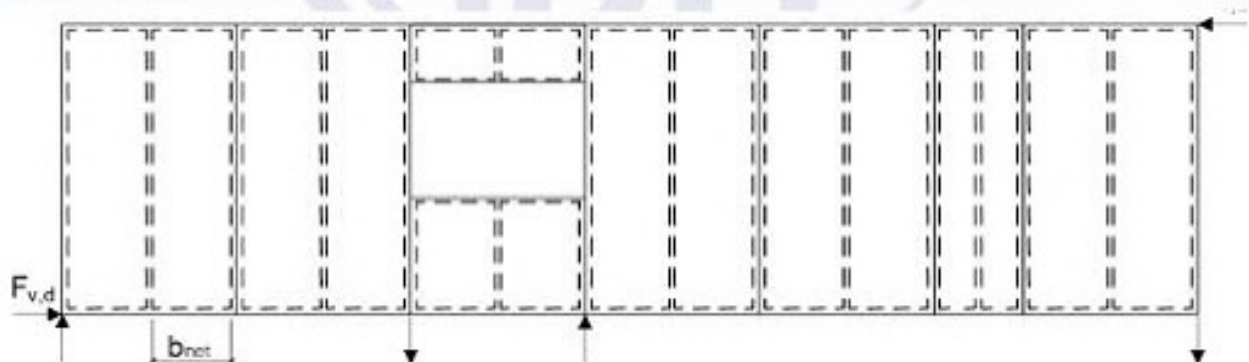


Figura 4 – Arranjo de painel contendo abertura e módulo de menor dimensão

A instabilidade local das chapas deve ser desconsiderada, desde que seja assegurado que $\frac{b_{net}}{t} \leq 100$

onde

b_{net} é o vão livre entre os montantes;

t é a espessura da chapa.

Painéis de diafragma verticais podem conter aberturas, como portas, janelas, entre outros. As peças que estruturam essas aberturas, como vergas e umbrais, devem ser dimensionadas caso a caso conforme a ABNT NBR 7190, porém considerando os valores das propriedades de resistência e rigidez

conforme 6.2 e considerando a combinação dos esforços de tração, compressão, cisalhamento e flexão, causados pelas cargas de gravidade e cargas acidentais de vento. O projeto estrutural deve indicar a composição de cada umbral e verga da estrutura.

6.2.3 Dimensionamento dos painéis horizontais

O dimensionamento dos painéis horizontais se refere a diafragmas simplesmente apoiados, como pisos e telhados, compostos por painéis que podem ser de OSB ou compensado estrutural, fixados mecanicamente a barrotes de madeira.

A capacidade de carga dos conectores metálicos (pregos, grampos, parafusos) de fixação dos painéis pode ser acrescida pelo fator 1,2 sobre os valores calculados, conforme a EN 1995-1-1:2005, Seção 8.

6.2.4 Análise simplificada de painéis de diafragmas de piso e telhado

A análise simplificada, para painéis de diafragma com carga uniformemente distribuída (ver Figura 5) deve ser feita conforme indicado a seguir assegurando que:

- o vão l se encontra no intervalo entre $2b$ e $6b$, em que b é a largura;
- o modo de ruptura crítico no cálculo para os esforços horizontais é nas ligações (e não nos painéis) e;
- os painéis são fixados de acordo com as regras de detalhamento do dimensionamento especificado para cálculo de ligações em estruturas de madeira da ABNT NBR 7190.

A menos que uma análise mais detalhada seja feita, as vigas de borda devem ser dimensionadas para resistirem aos esforços de tração e compressão resultantes do momento máximo no diafragma.

As forças de cisalhamento no diafragma devem ser assumidas como uniformemente distribuídas ao longo da largura do diafragma.

Quando as chapas estiverem com emendas alternadas (ver Figura 5), o espaçamento entre conectores ao longo das bordas do painel descontinuo deve ser multiplicado pelo fator 1,5 (até um máximo de 150 mm) sem redução da capacidade de carga.

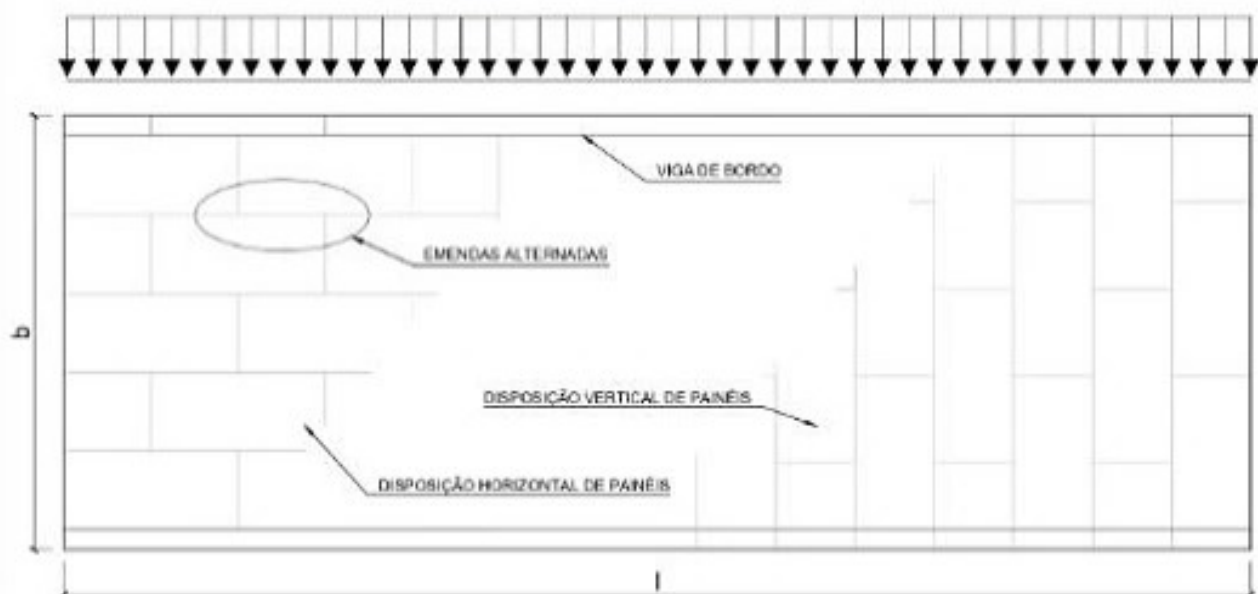


Figura 5 – Carregamento de painel de diafragma e disposição dos painéis de contraventamento

6.2.5 Cargas atuantes

Para o dimensionamento das estruturas de *light wood frame*, devem ser consideradas as ações atuantes conforme as ABNT NBR 6120, ABNT NBR 6123, ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-5. As combinações das ações devem seguir os critérios estabelecidos na ABNT NBR 8681.

6.2.6 Comportamento estrutural e distribuição dos esforços

Edificações em *light wood frame* devem ser avaliadas considerando as paredes estruturais e os painéis de piso de forma a receberem cargas tanto nos seus planos quanto perpendicular a esses, dependendo da natureza das cargas. O comportamento dessas estruturas deve ser considerado como de painéis, com cargas distribuídas ao longo de sua área, no caso dos pisos, e de seu comprimento, no caso das paredes. Cargas concentradas são permitidas, e devem ser avaliadas pontualmente, verificando-se a necessidade de reforços além dos componentes já dimensionados para as cargas distribuídas.

As cargas atuantes e suas combinações devem atender a 6.2.5, sendo que cada elemento estrutural deve ser verificado a partir da soma combinada dos efeitos das diversas cargas aplicadas a ele.

Para o dimensionamento, devem ser considerados os pesos dos elementos constantes da estrutura e do acabamento. Os materiais utilizados como acabamento, como chapas cimentícias, contrapiso, chapas de *drywall*, entre outros, não podem ter contribuição estrutural considerada no dimensionamento da estrutura de *light wood frame*, a não ser que haja comprovação teórica ou experimental indicando essa contribuição.

A ocorrência de furos nos montantes, barrotes ou travessas para a passagem de instalações hidráulicas, elétricas, de sistemas de ventilação ou içamento é permitida, desde que seja verificada a segurança do elemento estrutural considerando esse furo. Caso seja necessário devem ser previstos reforços nos elementos furados, seja com duplicação de seção ou por outro meio, desde que assegure a segurança estrutural.

6.2.6.1 Montantes e travessas de madeira de painéis verticais

Alguns limites para furos ou cortes em montantes e travessas de madeira de painéis de paredes (ver Figura 6) são apresentados a seguir:

- a) toda furação passando pela linha neutra somente é permitida em corte circular, com diâmetro de no máximo $h/3$, em que h é a maior dimensão da seção do montante;
- b) cortes retangulares nas faces são permitidos desde que sua profundidade não ultrapasse $h/4$;
- c) se ocorrer mais de um furo no mesmo montante, esses furos devem estar distantes no mínimo 3 vezes o diâmetro do furo;
- d) nunca executar furo e entalhe na mesma seção de um montante;
- e) os furos permitidos devem ser considerados como redução de seção para fins de projeto estrutural.

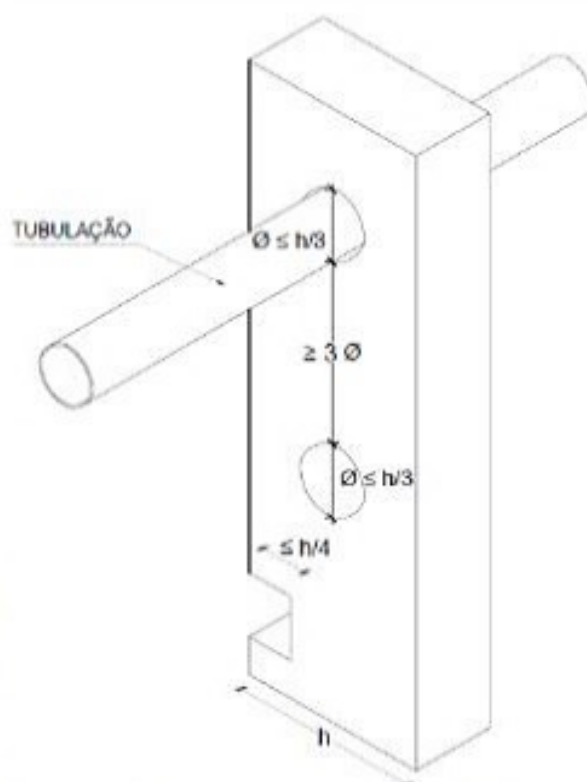


Figura 6 – Perfuração em montantes

6.2.6.2 Barrotes em painéis horizontais

Para os barrotes horizontais de entrepiso, são permitidos furos menores ou iguais a $h/6$, na região da linha neutra, em qualquer posição, em que h é a maior dimensão da seção retangular do barrote. Se forem furos consecutivos, são permitidos desde que espaçados no mínimo 3 vezes o diâmetro do maior furo. Para furos maiores que $h/6$, aplica-se o seguinte (ver Figura 7):

- toda furação deve ocorrer nos terços próximos aos apoios, não sendo permitida furação no terço central do barrote. Deve-se preservar também a distância do apoio igual a duas vezes a espessura da travessa superior de qualquer painel vertical de apoio ao longo do barrote;
- os furos de seção circular só devem ocorrer com centro passando pela linha neutra. Esses podem ter diâmetro máximo de $h/4$ em barrotes de seção retangular;
- são permitidos cortes retangulares nas faces superior ou inferior das vigas, desde que esses não tenham profundidade maior que $h/6$;
- pode haver furos subsequentes, desde que estejam distantes no mínimo 3 vezes o diâmetro do maior desses furos;
- os furos permitidos devem ser considerados como redução de seção para fins de projeto estrutural.

As vigas principais, que recebem barrotes de piso, que apresentem necessidade de furações, devem ter sua segurança estrutural verificada considerando as dimensões desses furos, independentemente da posição ou geometria do furo.

O cálculo dos esforços em cada componente pode ser realizado utilizando *softwares* específicos para cálculo de esforços em estruturas, em que devem ser considerados todos os elementos que compõem a estrutura, ou modelos consagrados por normas internacionais elaborados para *light wood frame*.

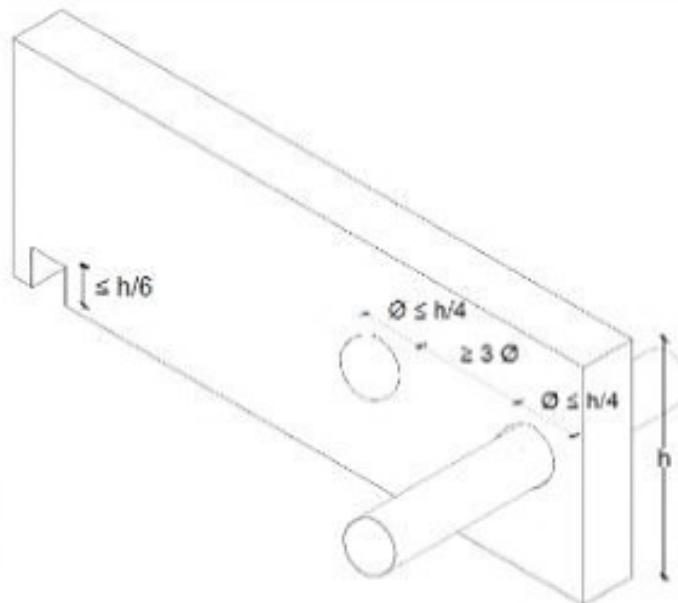


Figura 7 – Perfuração em barrotes

6.2.7 Ligações

6.2.7.1 Ligações montantes-soleira

As ligações montantes-soleira não são consideradas no cálculo estrutural, sendo importantes apenas durante a fase de montagem dos painéis, pois a montagem do quadro utiliza fixações para manter a posição dos montantes até que sejam fixados aos elementos de contraventamento.

Esta ligação pode ser feita com pregos ou conectores com quantidade, comprimento e diâmetro suficientes para que os montantes não saiam da posição durante transporte e fixação dos painéis de contraventamento.

6.2.7.2 Ligações painel-montante

A fixação dos elementos de contraventamento nos montantes pode ser realizada por pregos, parafusos ou grampos. Essa fixação é a responsável pela resistência da parede às forças horizontais causadas pelo vento, e deve ser calculada em função das forças de cisalhamento que atuam na parede (ver a Figura 8). A resistência de cada elemento de fixação é dada pela resistência de uma seção de corte ($R_{v1,d}$) do pino que faz a fixação. O roteiro de cálculo de esforços a ser atendido é apresentado em 6.2.1 a 6.2.4.

A resistência de cada elemento de fixação deve ser calculada conforme a ABNT NBR 7190 ou a EN 1995-1-1.

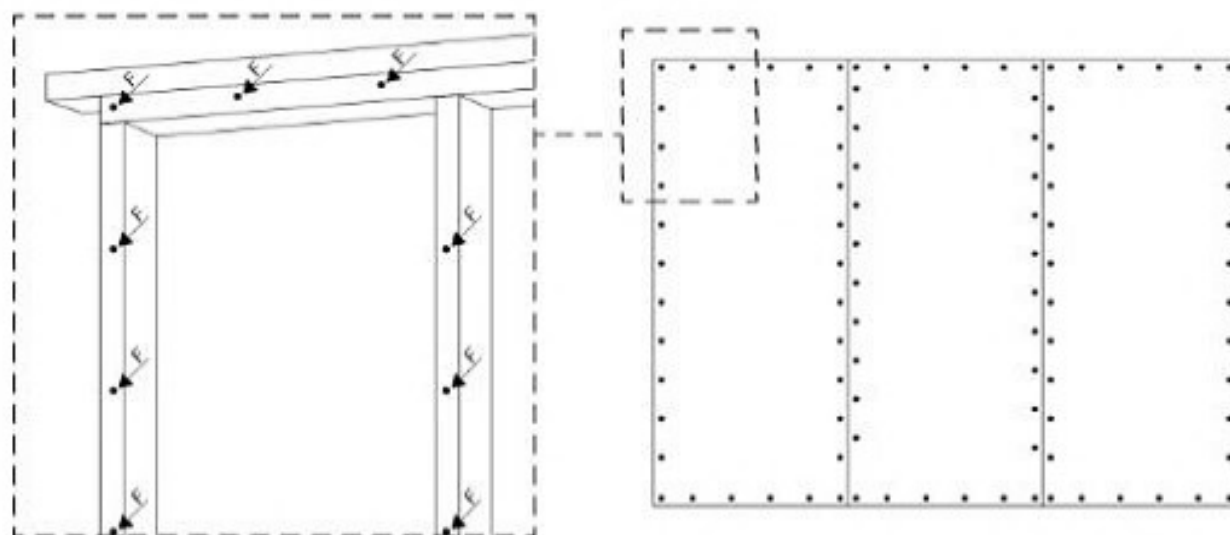


Figura 8 – Fixação dos painéis de contraventamento em montantes

6.2.7.3 Ligação entre painéis de parede

A ligação entre os painéis de parede deve ser dimensionada para que os esforços verticais de um painel sejam compartilhados com o outro painel, unindo as duas arestas com elementos que transfiram os esforços de um painel para outro. Essa união permite que os dois painéis compartilhem o conjunto de montantes na verificação das cargas axiais e momentos fletores, bem como transfiram a soma de suas reações de tração no mesmo elemento de ancoragem. O esforço de corte vertical a que está submetida essa ligação deve ser calculado em função do comportamento de paredes portantes de resistência ao cisalhamento conforme 6.2.2.

6.2.7.4 Ligações entre painéis verticais e horizontais (pisos e coberturas)

Os painéis horizontais de piso têm a função de transferir os esforços horizontais causados pelo vento para as paredes de resistência ao cisalhamento (*shear walls*). Para que essa transferência de esforços seja eficiente, é necessário o dimensionamento da fixação entre o painel de piso (por exemplo, compensado estrutural ou OSB) e os barrotes de piso, bem como a fixação dos barrotes de piso na travessa superior da parede (ver a Figura 9).

Os painéis horizontais ou inclinados de cobertura, além da função já descrita para painéis de piso, também devem ter suas ligações às paredes dimensionadas para resistirem aos possíveis esforços de arrancamento devido às forças de sucção causadas pela ação do vento.

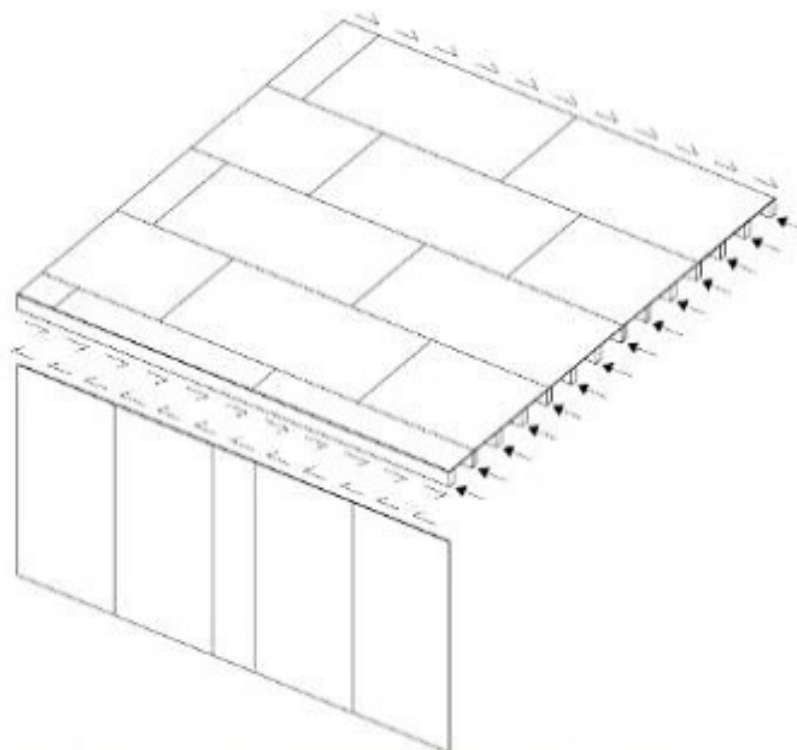


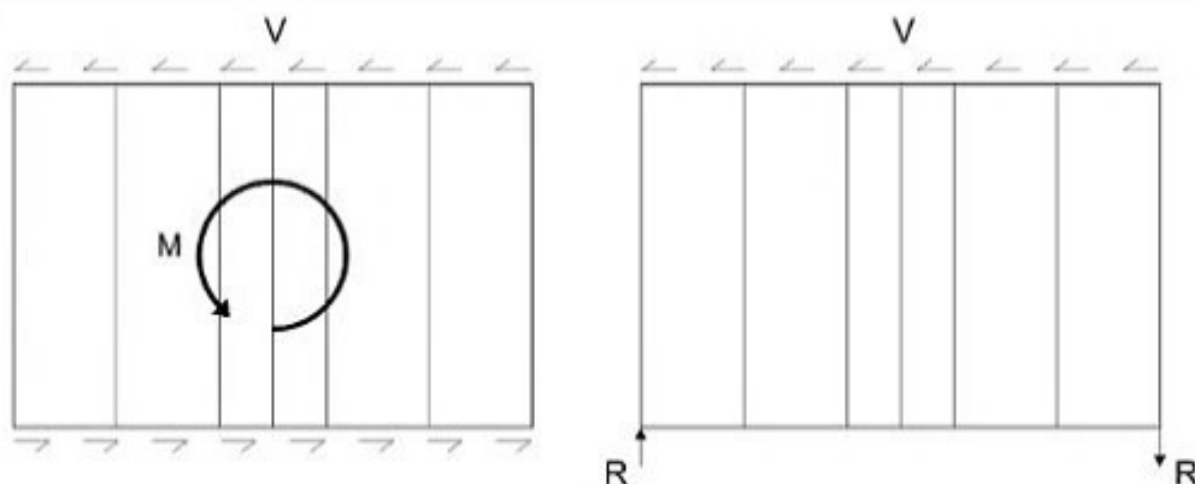
Figura 9 – Ligação do painel vertical e horizontal

6.2.7.5 Ancoragem de fundação ou entre pavimentos

As cargas de tração resultantes das ações de vento em estruturas de *light wood frame* devem ser transferidas por dispositivos de ancoragem dimensionados apropriadamente para cada esforço e tipo de ligação, (ver Figura 10) cujos valores podem ser obtidos seguindo o método apresentado em 6.2 ou utilizando modelos numéricos para isso.

Para o dimensionamento dos dispositivos de ancoragem, deve-se atentar ao seguinte:

- a) a ligação deve assegurar a continuidade dos esforços de tração de um andar ao outro ou à fundação, sempre priorizando a ligação no montante tracionado, ou com elementos de tração paralelo aos montantes tracionados que percorram toda a altura do painel vertical;
- b) quando utilizados pregos ou parafusos para fixar chapas de ancoragem, deve-se dimensionar e especificar o tipo, o diâmetro, o comprimento, a quantidade e a geometria dessas fixações;
- c) a transferência das cargas das chapas de ancoragem para a fundação ou a parede de andar inferior deve ser feita da forma mais direta possível, dimensionando todas as transferências das cargas pertinentes para garantir a segurança dessa ancoragem;
- d) quando forem usados pregos para a fixação de dispositivos de ancoragem na madeira, deve-se utilizar aqueles com alguma característica que previna o arrancamento, tipo anelados ou ardox, com a proteção contra corrosão, conforme 5.4.



Legenda

- V fluxo de cisalhamento causado pelos esforços de vento,
- M momento de rotação da parede causado pelo fluxo de cisalhamento no topo e sua reação na base
- R forças de reação de compressão e tração para resistirem ao momento M.

Figura 10 – Esforços atuantes no painel

Além dos esforços de tração, as ancoragens devem ser dimensionadas para transferir esforços de cisalhamento, principalmente decorrentes do arrasto do vento. Para o dimensionamento dessas ancoragens, não se pode considerar os efeitos positivos do atrito entre as paredes e a fundação.

6.3 Fundação

O projeto de fundação deve atender às solicitações de cargas positivas e negativas estabelecidas pelo projeto estrutural do edifício e atender à ABNT NBR 6122.

As fundações para a edificação devem ser executadas considerando que a precisão milimétrica das dimensões é uma demanda do sistema, de forma que os painéis sejam montados de acordo com o projetado.

Com relação às instalações em geral, que demandem posicionamento de tubulações na concretagem da fundação, recomenda-se a utilização de gabarito, especialmente onde estas tubulações tiverem conexão sob alinhamento de paredes (painéis verticais).

Para fixação dos pontos de ancoragem das estruturas de madeira com a fundação, é necessário seguir o projeto estrutural já que são consideradas as cargas negativas decorrentes da ação do vento e baixo peso próprio da estrutura, demandando para isso especial atenção.

Os painéis estruturais devem ser ancorados conforme especificado em projeto e as cargas de tração devem ser transferidas diretamente para os montantes verticais e não simplesmente para as guias horizontais inferiores. Nesse sentido, a execução deve prestar especial atenção às demarcações de projeto, uma vez que nem sempre o montante está visível no momento da fixação da ancoragem.

6.4 Cobertura

As coberturas de edificações em *light wood frame* podem ser em painéis de diafragma horizontais ou em estrutura treliçada. No primeiro caso, a análise deve ser feita conforme 6.2.4. No segundo caso, o

dimensionamento da estrutura pode ser feito conforme a ABNT NBR 7190, para estruturas treliçadas de madeira, porém, deve-se assegurar a rigidez do conjunto da estrutura de cobertura suficiente para transferir os esforços horizontais de vento das paredes barlavento e sotavento para as paredes resistentes ao cisalhamento. Essa rigidez pode ser conseguida por meio de chapas de compensado estrutural ou OSB, ou por meio de contraventamento apropriado. Também deve-se atentar, nesses casos, para o travamento da guia superior da parede que fornece suporte ao telhado, evitando-se grandes distâncias entre pontos de fixação que permitam o deslocamento horizontal dessa guia quando receber pressão de vento.

O painel de cobertura atende aos critérios aplicados ao painel horizontal de entre pisos, diferindo no projeto em relação a uma inclinação estabelecida para escoamento das águas em telhados planos.

Sobre a chapa de OSB ou compensado estrutural, é aplicada manta de cobertura, que atenda às ABNT NBR 9574 e ABNT NBR 9575, que são tipicamente mantas asfálticas ou mantas flutuantes de material sintético. Painéis de cobertura também podem ser cobertos com telhas de acordo com o projeto estrutural. Nesses casos, deve-se aplicar manta de subcobertura convencional sobre o *deck*.

Deve-se atender ao projeto de produção e estrutural em relação aos detalhes de interface entre a camada de impermeabilização superior e os elementos arquitetônicos de cobertura, bem como as recomendações do fabricante dos elementos utilizados na cobertura.

6.5 Contraventamentos, instalações e fechamentos nos painéis

Após a verificação da geometria e precisão dimensional, ainda na posição horizontal, é aplicado o contraventamento do painel, conforme projetado, tipicamente chapa de OSB ou compensado estrutural, de acordo com as informações dos elementos de fixação presentes no projeto estrutural e de produção, bem como o complemento das informações no projeto executivo.

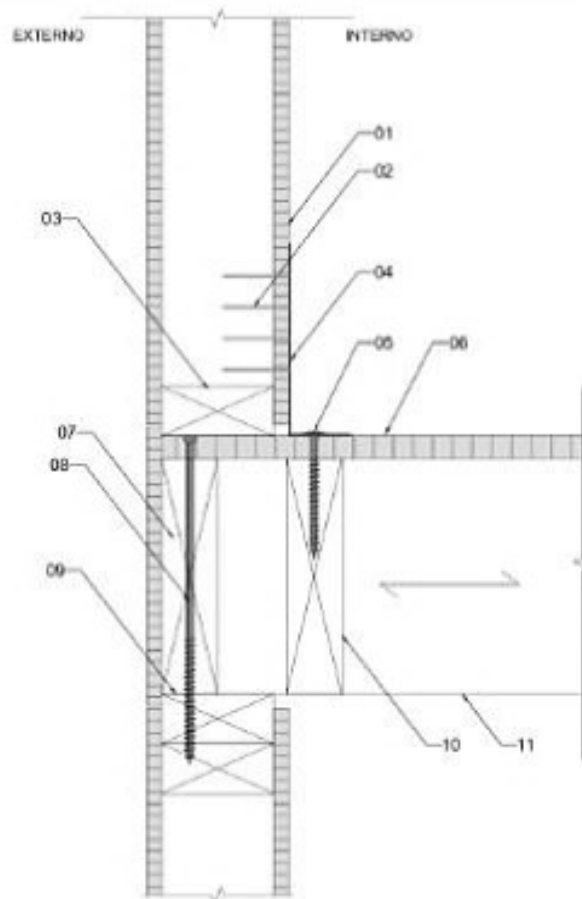
Após essas aplicações, o painel pode ser fechado na segunda face pelos componentes de acabamento interno conforme paginação especificada em projeto executivo e de produção. Os acabamentos como tratamentos de juntas e emassamento de cabeças de parafusos podem também ser aplicados nesta fase.

Para a instalação do painel na sua posição definitiva, o projetista, conhecendo antecipadamente o grau de industrialização do painel e, portanto, conhecendo sua massa, deve indicar os pontos de içamento do painel (considerando o centro de gravidade), bem como a correta ancoragem dos elementos de içamento, assim como sua especificação de carga. Para projeto estrutural, ver 6.2.1.

6.6 Painéis horizontais de entrepisos

Os painéis horizontais de entrepisos são geralmente compostos por vigas da mesma seção, podendo incluir elementos transversais às vigas, com a função de evitar a perda de estabilidade lateral, ou para servirem de ancoragem com elementos de parede (*blocking* de ancoragem).

São partes estruturais do painel horizontal, as chapas de OSB ou compensado estrutural, com a espessura especificada no projeto estrutural, que são fixados sobre as vigas com a utilização de pregos, grampos, parafusos ou cola, ou ainda uma combinação de um ou mais desses elementos, de acordo com o especificado em projeto (ver a Figura 11). Para projeto estrutural, ver 6.2.1.



Legenda

- 1 chapa de contraventamento
- 2 prego anelado
- 3 soleira
- 4 cantoneira de ancoragem
- 5 parafuso de ancoragem
- 6 chapa de piso estrutural
- 7 barrote
- 8 parafuso do entrepiso
- 9 travessa superior
- 10 *blocking* de ancoragem
- 11 barrote

Figura 11 – Detalhe de entrepiso

6.7 Projeto de painéis

A elaboração do projeto de painéis de *light wood frame* deve servir para uma produção *in loco* ou fabril, de acordo com a necessidade da obra. O projeto de painéis deve iniciar no momento em que todos os projetos complementares estiverem compatibilizados, revisados e com as seguintes definições:

- a) forma de transporte dos painéis em pé ou deitados;
- b) nível de acabamento dos painéis;
- c) avaliação do acesso no trajeto dos painéis até o local da instalação.

6.8 Painel horizontal de arranque

O painel horizontal de arranque é aquele que forma o piso térreo elevado de uma obra, ou onde a fundação não é composta de radier, onde não exista contrapiso de concreto, ou sobreporão. Para apoio destes painéis de arranque, a fundação deve estar projetada de tal forma que existam apoios horizontais sob toda a extensão dos apoios dos painéis.

Diferentemente dos painéis de entrepiso, este painel tem que ter um tratamento especial na sua face inferior. Em geral, o índice de retenção do tratamento da madeira deve ser maior do que o das peças internas (verificar projeto e atendimento às categorias de uso conforme a ABNT NBR 16143) e não pode ser utilizado o OSB como recobrimento superior se sua face inferior ficar exposta ao ambiente externo (sob a edificação), sendo considerada categoria de uso 4 na aplicação da ABNT NBR 16143. Nestes casos, recomenda-se a utilização de compensado estrutural, ou aplicação inicial de chapa cimentícia, com tratamento de juntas e impermeabilização que impeça (ou interrompa) a umidade ascendente, antes da aplicação de OSB.

6.9 Instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias

6.9.1 Generalidades

O projeto das instalações elétricas, hidrossanitárias, de gás, aspiração e ar-condicionado deve atender à ABNT NBR 15575-6 e à legislação vigente.

6.9.2 Instalações elétricas

O projeto de instalações elétricas deve atender à ABNT NBR 5410

As caixas e quadros elétricos devem ser fixadas de forma a suportarem resistência mecânica referente ao uso comum da instalação

As caixas de passagem de dois ambientes adjacentes, separados por um único painel de parede, não podem ser colocadas em posições opostas coincidentes, ou seja, as faces posteriores das caixas não podem entrar em contato, devendo as caixas serem posicionadas com pelo menos 10 cm de afastamento entre si. Nesses casos, devem ser previstas soluções que assegurem o desempenho térmico e acústico da parede.

Quando forem necessários furos em elementos estruturais para a passagem dessas instalações, estes devem estar de acordo com os limites estabelecidos em 6.2.6.1 e 6.2.6.2.

6.9.3 Instalações hidráulicas

6.9.3.1 Instalações de água fria e quente

As instalações hidráulicas para água fria ou quente podem ser executadas com tubulação rígida de PVC, cobre, aço, ou ainda com tubulação flexível tipo pex, desde que atendam à legislação vigente.

Podem ser usados conjuntos hidráulicos para as instalações de chuveiro desde que atendam à ABNT NBR 15758-1:2009, Anexo B.

Os pontos não passíveis de manuseio e operação podem ser fixados diretamente nas chapas de gesso desde que empregadas flanges específicas para *drywall*. Em outros acabamentos, verificar as especificações dos fabricantes.

As extremidades das conexões nos pontos terminais devem avançar além do revestimento o suficiente para que seja executada a fixação dos dispositivos terminais.

Quando forem necessários furos em elementos estruturais para a passagem dessas tubulações, estes devem estar de acordo com os limites estabelecidos em 6.2.6.1 e 6.2.6.2

6.9.4 Instalações sanitárias

Se houver necessidade de adotar tubulações com diâmetros maiores do que a largura das paredes, o projeto deve prever *shaft* e atender aos requisitos do projeto de produção e projeto estrutural.

Os pontos de saída destas instalações podem ser fixados na estrutura da parede, diretamente nos montantes ou por meio de travessas horizontais ou ainda diretamente nas chapas de gesso, utilizando-se componentes especificamente desenvolvidos para os sistemas *drywall*.

Quando forem necessários furos em elementos estruturais para a passagem dessas tubulações, estes devem estar de acordo com os limites estabelecidos em 6.2.6.1 e 6.2.6.2 ou devem ser definidas outras soluções de projeto que evitem esses furos, como *shafts* horizontais ou verticais.

6.9.5 Instalação de gás

Instalações de gás não podem ser colocadas no interior das paredes, salvo se forem embainhadas, com respiros em ambas as extremidades, de acordo com a ABNT NBR 15526.

Para a passagem de dutos de ar-condicionado, é importante verificar que não podem ser feitas aberturas (furos) em vigas ou barrotes com diâmetro superior a $\frac{1}{4}$ da sua altura e sempre em posição central (linha neutra) e distante do apoio 2 vezes a altura da viga. Caso a tubulação seja de gás refrigerado ou água fria, estas tubulações devem ser isoladas termicamente de forma a não propiciar condensação dentro dos vazios de piso, parede e sótão.

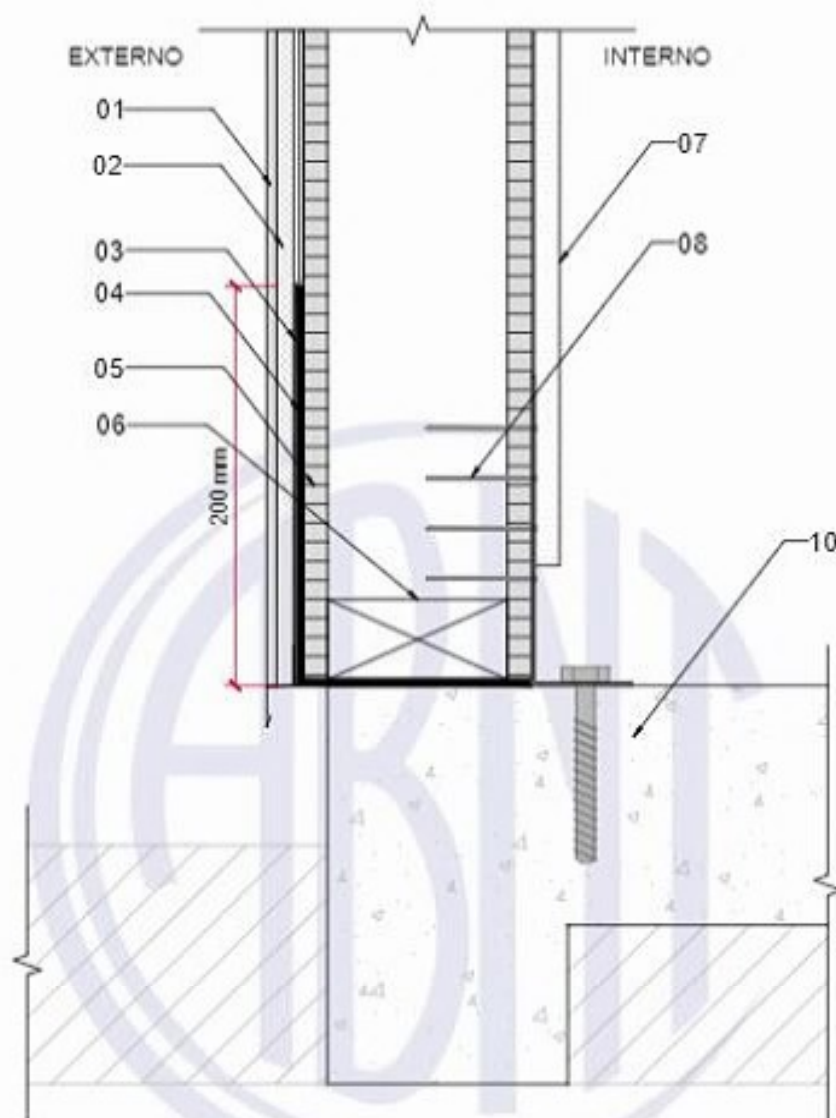
Para passagem de dutos de ar com dimensões acima do permitido em 6.2.6.1 e 6.2.6.2, o projeto deve prever vãos ou *shafts* verticais e/ou horizontais para este fim. Cada um dos subsistemas de instalações nesta subseção deve atender, conforme o subsistema, às ABNT NBR 5410, ABNT NBR 5626, ABNT NBR 8160, ABNT NBR 10844, ABNT NBR 15526, ABNT NBR 16401-3 (ou ABNT NBR 15848) e ABNT NBR 16655-1.

6.10 Impermeabilização

6.10.1 Impermeabilização de fachada

As soluções e especificações técnicas de materiais aplicadas na fachada para atender à ABNT NBR 15575-4 devem ser apresentadas no projeto.

A impermeabilização das fachadas se dá pelo conjunto formado pela manta de impermeabilização de base da parede, pingadeira e barreira de vapor e umidade. A Figura 12 apresenta um exemplo de barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural.



Legenda

- 1 acabamento de vedação externa
- 2 vedação externa
- 3 barreira de vapor e umidade
- 4 envelopamento em L – barreira de isolamento e proteção
- 5 chapa de OSB ou compensado estrutural
- 6 soleira
- 7 vedação interna
- 8 elemento de ligação
- 9 concreto
- 10 pingadeira

Figura 12 – Barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural

Na base das paredes externas, na face externa, devem ser adotadas pingadeiras ou detalhe de impermeabilização que assegurem que a água não percole entre a base da parede e o piso. Finalmente, a barreira de vapor e umidade, de manta de não tecido ou membrana líquida, deve ser instalada entre o revestimento externo da fachada e o elemento de fechamento externo do quadro estrutural, com detalhamento na base que impeça a entrada de água na forma líquida entre o plano de apoio da fundação e a base da parede de *light wood frame*.

A membrana de vapor e umidade deve impedir a passagem da água da face externa para a interna dos painéis, mas permitir a passagem de vapor.

As junções entre painéis de parede, entre painéis de parede e fundações, e entre painéis de parede e entrepiso devem ter detalhamento específico para que as membranas de vapor e umidade impeçam a entrada de água na forma líquida. Detalhamento específico com essa finalidade também deve ser previsto nas interseções com esquadrias ou aberturas nos painéis.

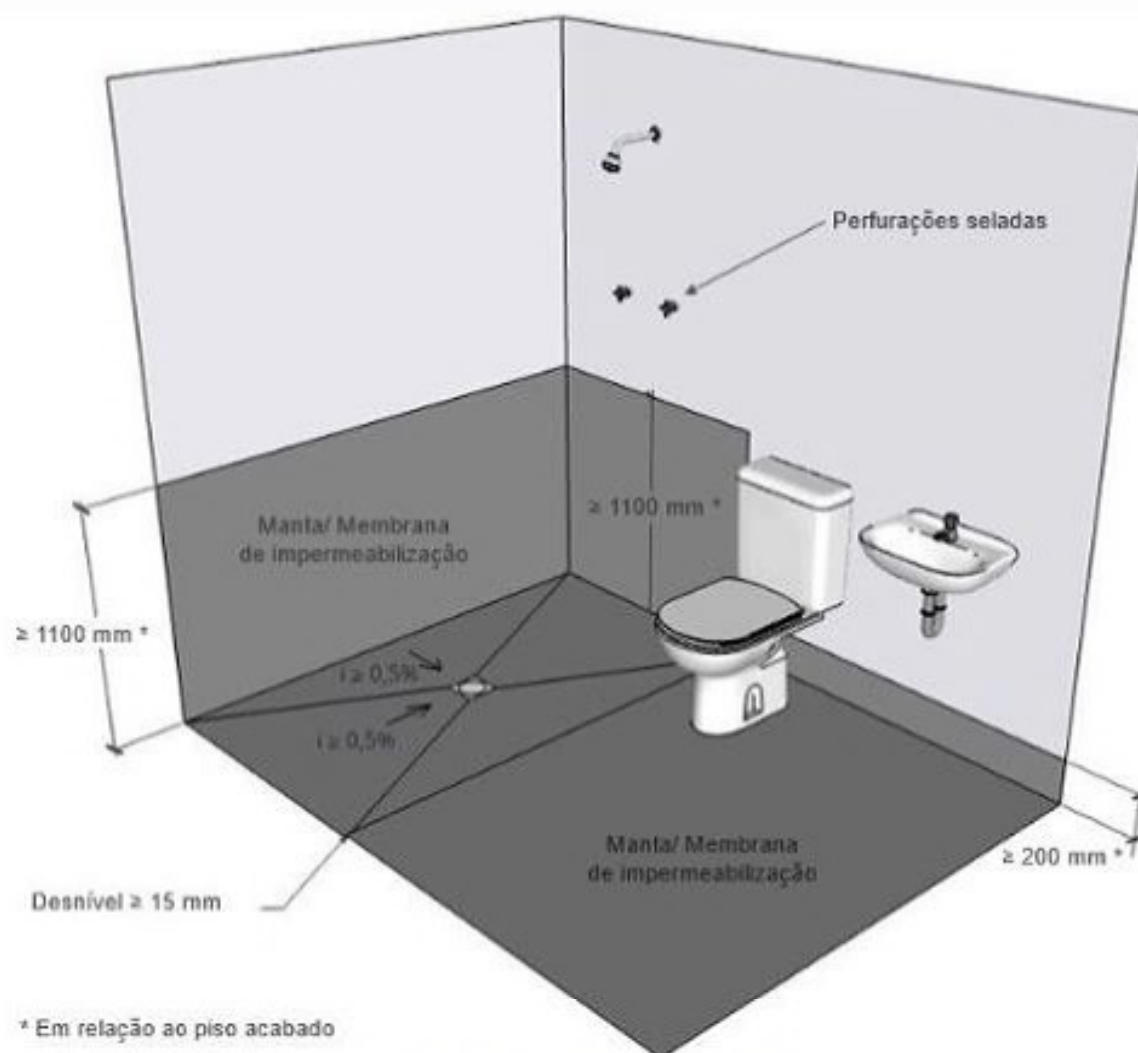
As membranas de impermeabilização e as membranas de vapor e umidade devem receber revestimento apropriado para proteger a membrana dos agentes que aceleram sua degradação, como raios UV, abrasão etc. Esse revestimento pode ser com elementos de madeira tipo *siding*, chapas cimentícias, *EIFS (Exterior Insulation and Finish System)* ou outro que exerça essa função e apresente características próprias para sua utilização como revestimento exterior.

6.10.2 Áreas molhadas e molháveis

As áreas molhadas e molháveis devem receber impermeabilização adequada, com cobrimentos, inclinação e desnível mínimos conforme os itens a seguir (ver Figura 13):

- a) deve-se utilizar impermeabilização na interface entre o piso e a base da parede empregando mantas ou membranas para impermeabilização com altura mínima sobre a parede de 200 mm, acima do piso acabado, para ambientes de áreas molhadas (banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas);
- b) deve-se utilizar impermeabilização em todo o piso do ambiente e nas paredes até a altura mínima de 1100 mm na região do box e de 200 mm acima do piso (ver Figura 13);
- c) deve ser respeitado o desnível mínimo de 15 mm entre o piso acabado do banheiro e o piso acabado do box, ou utilização de elemento de separação entre o piso acabado do banheiro e o piso acabado do box com altura de 15 mm;
- d) deve-se utilizar impermeabilização na interface entre o piso e o ralo empregando mantas ou membranas para impermeabilização. Adicionalmente, o piso que contempla o ralo deve possuir inclinação de no mínimo 0,5 % em direção ao ralo para áreas internas e 1 % para áreas externas.

Além dessas recomendações no caso de uso de chapas de gesso para *drywall* em áreas molhadas e molháveis, deve-se empregar aquelas resistentes à umidade, conforme a ABNT NBR 14715-1, sendo utilizados tratamentos impermeabilizantes, conforme a ABNT NBR 15758-1.



Legenda

- i inclinação do piso em direção ao ralo

Figura 13 – Detalhe de impermeabilização de áreas molhadas e molháveis

6.11 Proteção da base do quadro estrutural

A proteção da base do quadro estrutural deve utilizar mantas ou membranas de modo a proteger a base do quadro estrutural. A manta ou membrana de impermeabilização de base de parede deve ser de material impermeável e deve contornar a base da parede no contato com a fundação e subir 200 mm a partir da base criando uma barreira que preserve os elementos estruturais (ver a Figura 12), devendo ser fixada por adesivo ou fixação mecânica na face lateral, de forma a assegurar o posicionamento da manta sem comprometer a estanqueidade do sistema.

6.12 Proteção do painel do entrepiso

Quando da utilização de contrapiso de base cimentícias moldado "in loco", este deve possuir espessura mínima de 40 mm. Para sua concepção, deve ser previsto filme de polietileno (lona plástica), mantas ou membranas para impermeabilização.

6.13 Estanqueidade à água

No caso da estanqueidade à água de edificação, são consideradas duas fontes de umidade:

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

Portanto, a análise de estanqueidade à água do sistema deve avaliar, em relação às fontes de umidade externa: estanqueidade à água de vedações de fachada e da cobertura; estanqueidade à água das juntas entre elementos de fachada e estanqueidade de pisos em contato com o solo. Em relação às fontes de umidade interna: estanqueidade de bases de paredes à água de uso e lavagem.

6.13.1 Estanqueidade à água de chuva, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)

O sistema de vedação vertical externa deve atender à ABNT NBR 15575-4:2021, Seção 10, considerando-se a ação dos ventos, além de atender aos requisitos de projeto conforme a Seção 6.

6.13.2 Especificações de projeto

O projeto deve especificar detalhes que favoreçam a estanqueidade à água das fachadas, como pingadeiras, ressalto, detalhes no encontro com a calçada externa, beirais de telhado, avanços de estruturas para varandas e barras impermeáveis na base das paredes. É necessária a apresentação de projetos que mostrem as soluções dadas às interfaces entre base de parede e piso externo (calçada ou varanda), e que especifiquem a existência, ou não, de barreiras impermeáveis sobre ou sob as chapas delgadas de madeira.

6.13.3 Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água em áreas molhadas

O projeto deve especificar detalhes construtivos que minimizem o contato da base da parede (peças de madeira e chapas de vedação) com a água ocasionalmente acumulada no piso.

6.13.4 Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis

Não pode ocorrer a presença de umidade perceptível nos ambientes contíguos, desde que de acordo com as condições de ocupação e manutenção previstas em projeto e descritas no manual de uso, operação e manutenção.

6.13.5 Estanqueidade de juntas (encontros) entre sistemas de vedação vertical interna e externa e entre esses sistemas e o piso

O projeto de impermeabilização não pode permitir infiltração de água pelas juntas entre sistemas de vedações verticais internas e externas e entre sistemas de vedações verticais internas e externas e entrepisos.

6.13.6 Estanqueidade à água – Sistema de piso

Os pisos em contato com o solo devem ser estanques à água, considerando-se a máxima altura do lençol freático no local da obra. Não são admissíveis manchas de umidade e empoçamentos.

As premissas de projeto incluem tomar medidas para evitar ascensão por capilaridade de umidade da fundação para as paredes, como a adoção de sistema de impermeabilização. O projeto deve prever as medidas de proteção passiva relacionadas à interface entre base de parede e elemento de fundação.

6.13.7 Estanqueidade de sistema de pisos de áreas molhadas e molháveis

Os sistemas de pisos de áreas molhadas não podem permitir o surgimento de umidade nas superfícies inferiores e os encontros com as paredes e os pisos adjacentes que os delimitam, quando submetidas à condição de uma lâmina d'água de no mínimo 10 mm em seu ponto mais alto, durante 72 h.

Os sistemas de pisos de áreas molhadas e molháveis, seguindo corretamente as orientações de instalação e recomendações dos fabricantes, expostos a uma lâmina d'água de 10 mm na cota mais alta, por período de 72 h, não pode apresentar, após 24 h da retirada da água, danos como bolhas, fissuras, empolamentos, destacamentos, delaminações e florescências e desagregação superficial. A alteração de tonalidade, visível a olho nu, frente à umidade, é permitida, desde que informada previamente pelo fabricante e, neste caso, deve constar no manual de uso, operação e manutenção do usuário.

A superfície na qual é aplicada a impermeabilização deve estar limpa e livre de sujeira, óleos e graxa, de forma a não comprometer a aderência e trabalhabilidade da impermeabilização. A superfície onde aplicar a impermeabilização não pode ter saliências que danifiquem a impermeabilização. Devem ser observadas as condições de aplicação conforme o projeto de impermeabilização e o manual de aplicação do fabricante.

7 Proteção contra incêndio

7.1 Generalidades

Os sistemas ou elementos de vedação entre pavimentos, compostos por entrepisos e elementos estruturais associados, bem como a estrutura vertical definida pelas paredes, que integram os sistemas construtivos, devem apresentar resistência ao fogo exigida pela ABNT NBR 15575, ou quando não residencial, conforme legislação vigente, devidamente comprovados por meio de ensaios de resistência ao fogo realizados de acordo com a ABNT NBR 5628, cujos propósitos principais são controlar os riscos de propagação do incêndio e de fumaça, de comprometimento da estabilidade estrutural da edificação como um todo ou de parte dela em situação de incêndio.

Os entrepisos de unidades assobradadas, isoladas ou geminadas devem atender aos critérios de resistência ao fogo com TRRF especificados conforme legislação vigente de onde a obra é edificada, considerando os critérios de avaliação de capacidade portante, integridade e isolamento térmica.

As características de reação ao fogo dos painéis de parede e entrepiso em *light wood frame* devem atender ao critério de propagação superficial de chamas especificado na ABNT NBR 15575-1. A avaliação das características de reação ao fogo deve ser feita considerando a composição completa dos painéis, com os materiais de revestimento, acabamento e isolamento térmico e absorventes acústicos empregados nos sistemas ou elementos que compõem as unidades. Os procedimentos adotados para caracterização dos painéis de parede, de entrepiso, de fachada e de forro de beirais são apresentados na ABNT NBR 16626 e devem se basear nos métodos de ensaios da EN 13823 e ISO 11925-2 ou ABNT NBR 9442. Para caracterização da cobertura devem ser adotados os procedimentos considerados na ANBT NBR 16841.

A superfície do forro dos beirais deve ser classificado em relação à reação ao fogo como I, IIA ou IIB, conforme a ABNT NBR 16626.

A superfície externa do sistema de cobertura, dos beirais e das fachadas também deve atender aos critérios de resistência ao fogo igual ou superior a 30 min, conforme a exigência para a edificação. Deve ser previsto um septo vertical entre as unidades (parede de geminação), que deve prolongar-se até a face inferior do telhado, com resistência ao fogo de 30 min.

7.2 Selagem de aberturas de passagem de tubulações em paredes e pisos

Perfurações para passagem de tubulações em paredes de compartimentação, paredes estruturais e entrepisos e forros devem ser seladas atendendo as condições requeridas na ABNT NBR 16944-1 com resistência ao fogo igual ou superior à requerida para o elemento construtivo objeto da perfuração, evitando que chamas se propaguem para o interior desses elementos. Não se admite painéis de paredes que vençam os dois pavimentos sem que haja septos horizontais internos no nível do piso superior.

7.3 Proteção de aberturas para posicionamento de caixas de passagem elétrica, de pontos de iluminação e de outros componentes das instalações nas paredes e pisos

As aberturas promovidas nos elementos construtivos para inserção de componentes das instalações em quaisquer elementos construtivos devem ser protegidas para preservar a resistência ao fogo dos mesmos e, em qualquer caso, para evitar a penetração do fogo em seu interior.

As proteções devem ser promovidas na região dos vãos onde são posicionadas as caixas de passagem elétricas nas paredes internas, de fachada e de geminação, pisos e forros, visando não comprometer a resistência ao fogo desses elementos. Essas soluções devem ser detalhadas em projeto e, quando o seu comportamento não for conhecido, as soluções, integradas às paredes ou pisos, devem ser comprovadas por meio de ensaios de resistência ao fogo, simulando as reais condições de aplicação (tipo de parede ou piso + solução), de acordo com a ABNT NBR 5628 ou a ABNT NBR 10636, de acordo com a situação avaliada.

Recomenda-se que nas paredes, as posições previstas das caixas assegurem o posicionamento não coincidente em faces distintas, ou apresentar solução que garanta o TRRF requerido para a parede.

7.4 Composição proposta para TRRF de 30 min

7.4.1 Generalidades

Em 7.4.2, é apresentada composição básica de uma parede estrutural, para carga de 1 730 kgf/m, submetida ao ensaio de resistência ao fogo (ver ABNT NBR 5628) providenciando atendimento aos requisitos de isolamento térmico, capacidade portante e integridade por um período de 30 min (REI30). Outras configurações de painéis são possíveis, desde que tenham seu TRRF devidamente comprovado.

7.4.2 Composição de parede de *wood frame* de referência para atendimento a TRRF de 30 min

O painel de parede estrutural é composto pelos seguintes materiais (ver Figuras 14 e 15):

- em suas faces internas à edificação, por camadas simples de *drywall Standard*, com 12,5 mm de espessura, fixados com parafusos ou grampos metálicos, com tratamento de juntas com fita celulósica e massa para *drywall*;
- face interna com chapas de OSB, com espessura mínima de 9,5 mm, ou de compensado estrutural com espessura mínima de 12 mm, fixados com pregos ou grampos metálicos;
- montantes de madeira de pinus seção 38 mm × 89 mm, tratados com CCA, classe C25, espaçados a cada 60 cm;
- face externa da edificação com chapas de OSB, com espessura mínima de 9,5 mm, ou de compensado estrutural com espessura mínima de 12 mm, fixados com pregos ou grampos metálicos;
- face externa da edificação com chapas cimentícias com 8 mm de espessura, fixadas com parafusos ou grampos metálicos, com tratamento de juntas e acabamento tipo *basecoat* de 3 mm a 5 mm de espessura;

- f) as caixas elétricas recebem camada de lã de rocha com densidade de 32 kg/m^3 e espessura de 100 mm, prolongando-se lateralmente pelo vão entre montantes em ao menos 250 mm acima e abaixo da caixa. Em sua parte posterior, as caixas elétricas recebem lã de rocha de espessura 50 mm (ver a Figura 16).

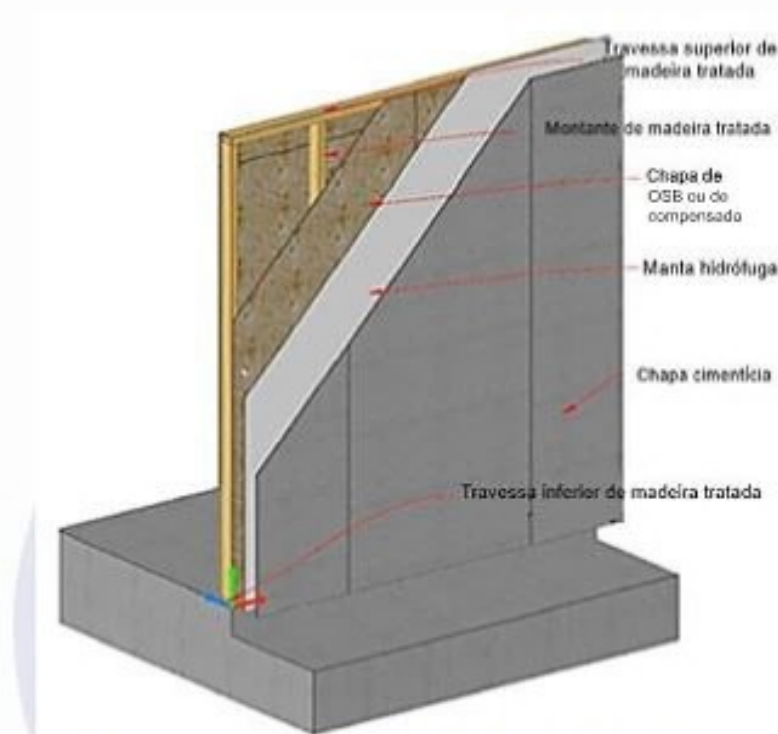


Figura 14 – Detalhe da face externa da parede

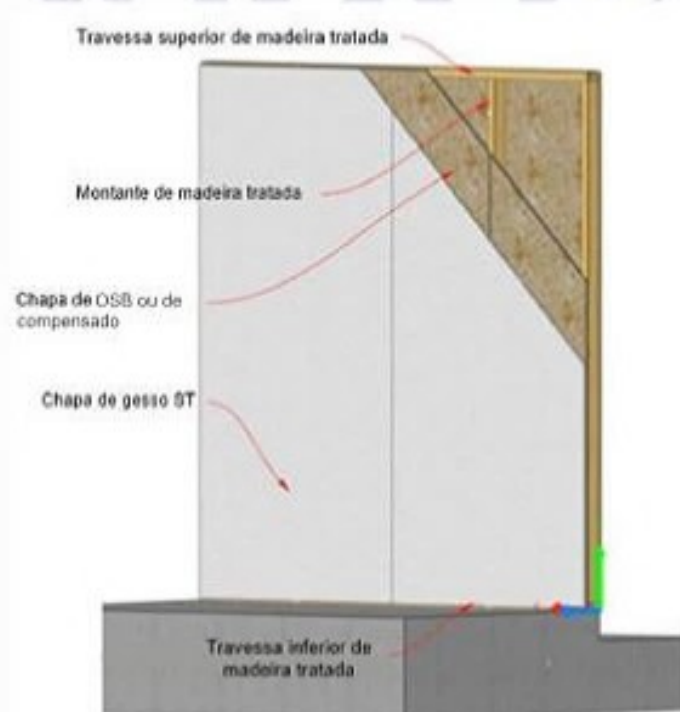
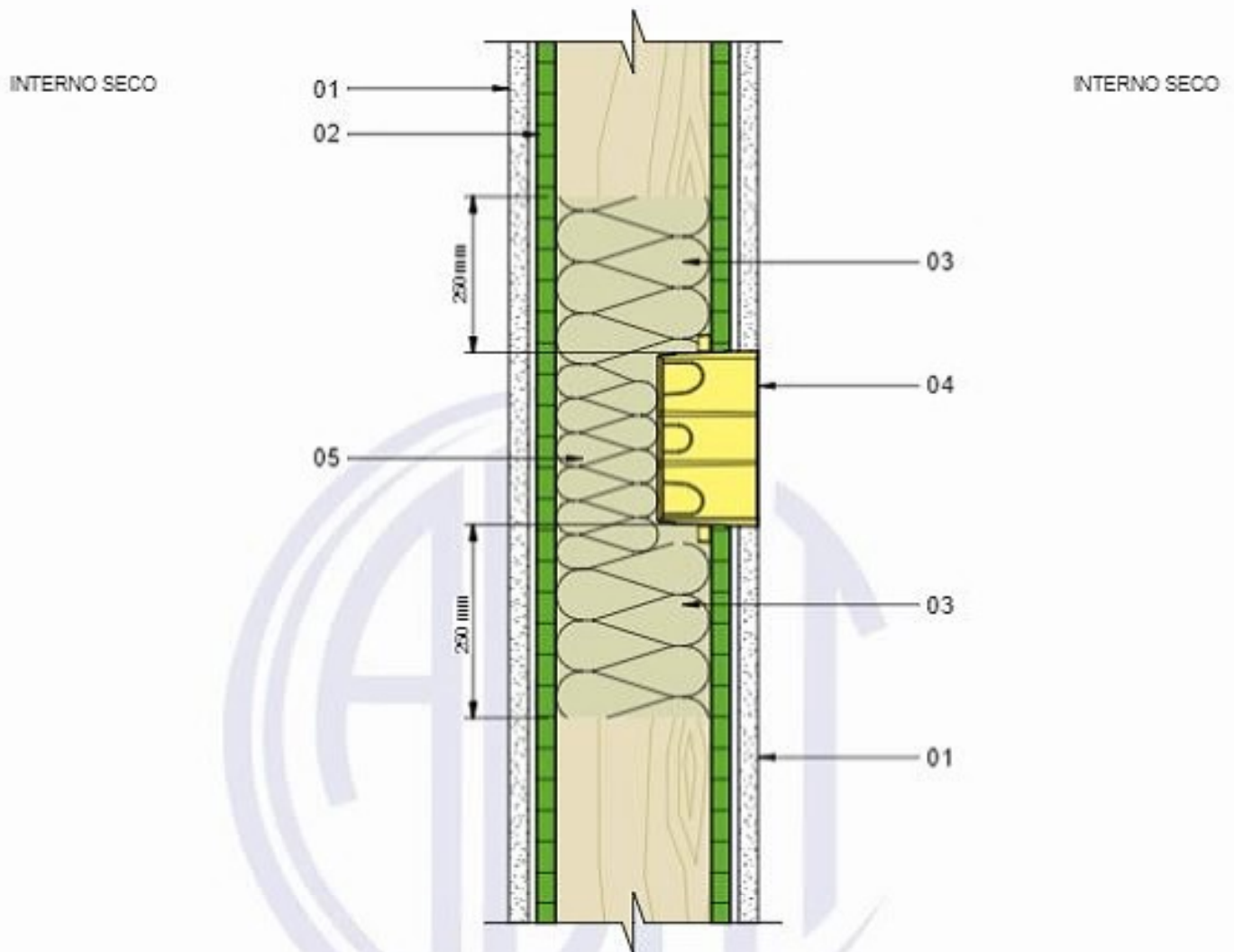


Figura 15 – Detalhe da face interna da parede



Legenda

- 01 chapa de gesso *drywall* ST – 12,5 mm
- 02 chapa de OSB (9,5 mm) ou chapa de compensado (12 mm)
- 03 lã de rocha – 100 mm
- 04 caixa elétrica de embutir
- 05 lã de rocha – 50 mm

Figura 16 – Interface da parede de geminação com uso da caixa elétrica em áreas secas

Anexo A (normativo)

Classificação visual e respectivos $K_{\text{mod}3}$

A.1 Generalidades

A.1.1 A atribuição de uma classe de resistência de um lote de madeira a ser empregado é realizada a partir de ensaios de compressão paralela às fibras em corpos de prova isentos de defeitos, quando em espécies de madeira com propriedades conhecidas, e com amostragem mínima de 6 corpos de prova retirados aleatoriamente de lotes de no máximo 12 m³. O valor característico de resistência deve ser estimado pela expressão:

$$x_{wk} = \left(2 \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{\frac{n}{2}-1}}{\frac{n}{2}-1} - x_{\frac{n}{2}} \right) 1,1$$

Os resultados devem ser colocados em ordem crescente $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ desprezando-se o valor mais alto se o número de corpos de prova for ímpar, não se tomando para x_{wk} valor inferior a x_1 , nem a 0,7 do valor médio da amostra completa (x_m), nem superior a x_m . A aceitação de um lote de madeira como pertencente a uma das classes de resistência especificadas em A.3 é feita sob a condição $f_{c0k, \text{lote}} \geq f_{c0k, \text{classe}}$.

A.1.2 Para se obter a resistência de cálculo, deve-se aplicar os coeficientes de modificação que estejam relacionados à duração do carregamento ($k_{\text{mod}1}$), ao teor de umidade de equilíbrio ($k_{\text{mod}2}$) e à qualidade da madeira ($k_{\text{mod}3}$), conforme 6.2. Este Anexo apresenta a correlação entre os defeitos naturais encontrados em peças de madeira e o coeficiente de modificação $K_{\text{mod}3}$ utilizado para o cálculo da resistência de cálculo.

A.1.3 A classificação visual é conduzida com a inspeção visual das duas faces e das duas bordas de cada peça. É realizada por profissional habilitado ou por equipamentos, que qualificam e quantificam os defeitos presentes em todo o comprimento da peça. Com base nos defeitos presentes e sua severidade, é atribuída uma classe visual para cada peça.

A.1.4 Cada classe de resistência apresenta valores de referência para densidade aparente média (ρ_{aparente}), valor médio do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras (E_{c0m}) e valor característico de resistência ao cisalhamento (f_{v0k}).

A.2 Classificação visual

A.2.1 A classificação visual é realizada a partir da inspeção visual das duas faces e das duas bordas de cada peça em relação à presença de defeitos, desconsiderando-se aqueles com ocorrência exclusiva nos topos e bordas.

Se a classificação visual for realizada antes do aplainamento das peças de madeira, para propósitos de classificação visual, devem ser consideradas as dimensões da peça após o aplainamento. As reduções máximas na dimensão da face de peças aplainadas são as apresentadas na Tabela A.1.

Tabela A.1 – Redução máxima da dimensão da face com o aplainamento

Dimensão da face	Até 49 mm	De 50 mm até 150 mm	Acima de 150 mm
Redução máxima	4 mm	5 mm	6 mm

A.2.2 Se a madeira já classificada sofrer posterior mudança de seção, estas partes devem ser objeto de nova classificação visual.

A.2.3 Os defeitos, para efeitos desta Norma, considerados na classificação visual de peças de madeira serrada são: presença de medula, nós, inclinação excessiva das fibras, fissuras passantes e não passantes, distorções dimensionais (encurvamento, arqueamento, encanoamento, torcimento, esmoado), ataques biológicos, presença de madeira de reação, danos mecânicos ou bolsas de resina.

Em função dos defeitos presentes e de suas severidades, atribui-se uma classe visual à peça serrada de madeira de florestas plantadas: SS, S1, S2 ou S3.

A.2.4 A Tabela A.2 apresenta os requisitos para cada uma das classes visuais bem como os valores de k_{mod3} associados a cada uma das classificações.

Tabela A.2 – Requisitos para a classificação visual

Defeito	Classificação visual			
	SS	S1	S2	S3
k_{mod3}	0,7	0,6	0,5	Não estrutural
Medula – Montantes	Não se admite	Não se admite	É permitida	É permitida
Medula – Barrotes de entrepiso	Não se admite	Não se admite	É permitida	É permitida
Nós em face estreita	20 %	25 %	33 %	50 %
Nós em face larga	25 %	33 %	50 %	75 %
Encurvamento mm	Menor que 8 mm para cada 3 m de comprimento			
Arqueamento mm	Menor que 3 mm para cada 2 m de comprimento			
Torcimento mm/m	Menor que 5 mm para cada 1 m de comprimento			
Encanoamento mm	Sem restrições			
Esmoado mm/mm	Transversalmente menor que ¼ da espessura ou largura da peça			
	Sem restrições para o comprimento			
Ataques biológicos	Não se admitem zonas atacadas por fungos causadores de podridão			
	Admitem-se zonas atacadas por fungos cromógenos			
	Admitem-se orifícios causados por insetos com diâmetro inferior a 2 mm			
Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia a alguma característica similar			
NOTA O uso de madeira com medula só é permitido mediante a comprovação de que o tratamento preservativo está atendendo à ABNT NBR 16143.				

A.3 Classificação mecânica

A classificação mecânica dos lotes de madeira deve ser realizada de acordo com apresentado em A.1.1. As propriedades mínimas das classes de resistência são apresentadas nas Tabelas A.3 e A.4, para coníferas e dicotiledôneas, respectivamente.

Tabela A.3 – Classes de resistência para coníferas

Classes	f_{c0k} MPa	f_{v0k} MPa	E_{c0m} MPa	$\rho_{aparente}$ kg/m ³
WFC20	20	4	3 500	500
WFC25	25	5	8 500	550
WFC30	30	6	14 500	600

NOTA Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %.

Tabela A.4 – Classes de resistência para dicotiledôneas

Classes	f_{c0k} MPa	f_{v0k} MPa	E_{c0m} MPa	$\rho_{aparente}$ kg/m ³
WFD20	20	4	9 500	650
WFD30	30	5	14 500	800
WFD40	40	6	19 500	950
WFD50	50	7	22 000	970
WFD60	60	8	24 500	1 000

NOTA Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %.

A.4 Classificação visual – Defeitos e medição de nós

A.4.1 Para os efeitos desta Norma, são avaliados apenas os nós firmes. A ocorrência de nós cariados, soltos ou vazados em uma peça é motivo de seu descarte para uso estrutural.

A.4.2 Os nós são diferenciados segundo sua posição, nós no centro da face e nós no canto da face ou no lado.

A.4.3 Os nós devem ser avaliados em termos de proporção de área que ocupam na seção transversal da peça, conforme a Figura A.1 e a Tabela A.2.

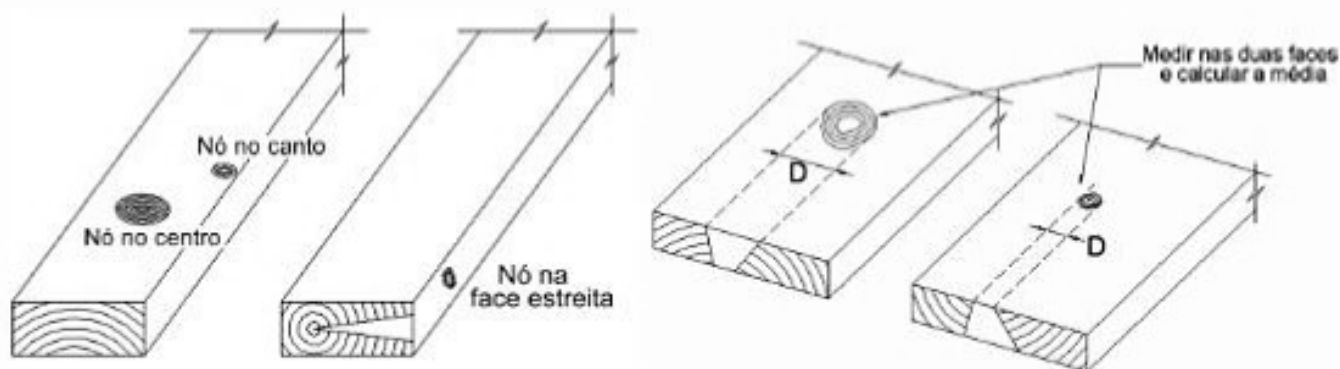


Figura A.1 – Medição de um nó

A.4.4 Os nós são avaliados exclusivamente nas duas faces e nas duas bordas da peça, excluindo-se o topo. É mensurado somente o nó mais crítico, aquele cujo diâmetro (D), avaliado na direção perpendicular ao eixo principal da peça ocupa a maior porcentagem da largura (L) da face da peça.

A.4.5 Um conjunto de nós é medido como um nó individual. Adota-se como o diâmetro de um conjunto de nós aquele definido por limites mais extremos do conjunto (ver Figura A.2).

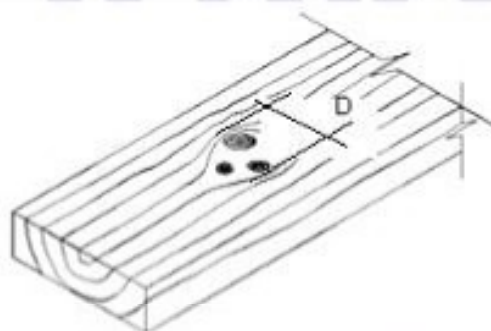


Figura A.2 – Conjunto de nós

A.4.6 Dois ou mais nós próximos, mas com fibras inclinadas em torno de cada nó, devem ser considerados isoladamente (ver Figura A.3).

A.4.7 Quando a ocorrência de nós próximos se der em uma mesma seção transversal, o diâmetro é obtido pela soma dos diâmetros individuais ($D = D1 + D2$), (ver Figura A.3).

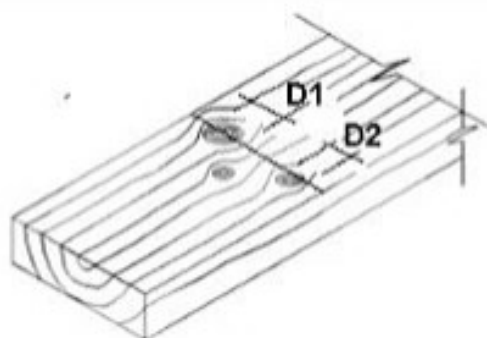


Figura A.3 – Nós individuais próximos, com ocorrência de dois deles na mesma seção transversal

A.5 Encurvamento

O encurvamento é um empenamento da peça em relação ao seu eixo de menor inércia (ver Figura A.6). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça.

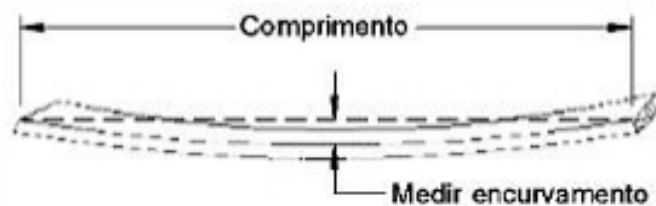


Figura A.6 – Medição do encurvamento

A.6 Encanoamento

O encanoamento é um empenamento da peça de madeira, configurando uma face côncava e outra convexa (ver Figura A.7). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas bordas da peça.

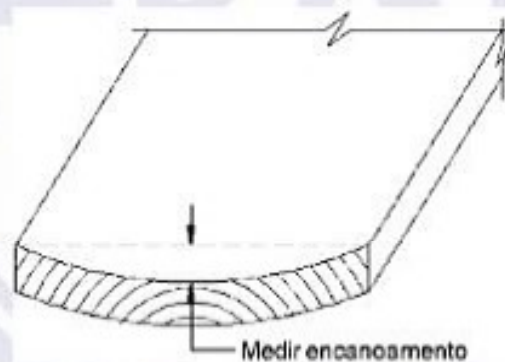


Figura A.7 – Medição do encanoamento

A.7 Arqueamento

O arqueamento é um empenamento em relação ao eixo de maior inércia de uma peça de madeira (ver Figura A.8). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça.

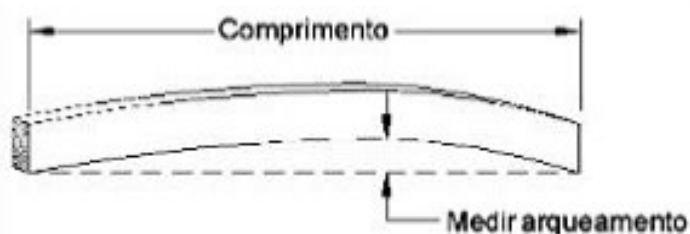


Figura A.8 – Medição do arqueamento

A.8 Torcimento

O torcimento é uma combinação de empenamentos em relação aos eixos de maior e de menor inércia, fazendo com que a peça de madeira fique com forma espiralada (ver Figura A.9).

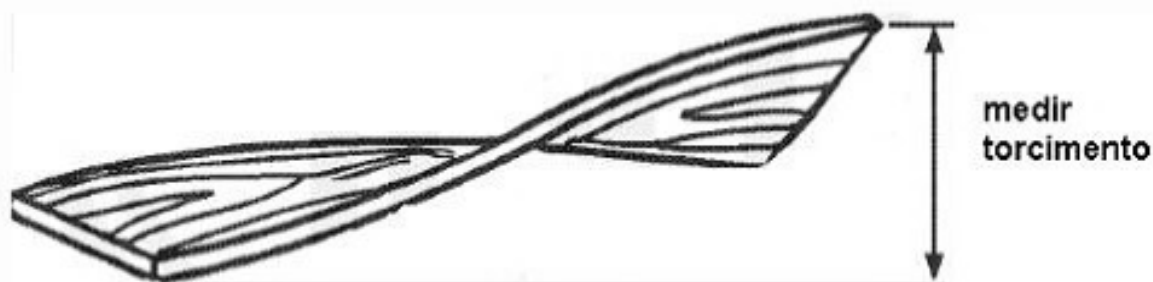


Figura A.9 – Medição do torcimento

A.9 Esmoadado

O esmoado é a ausência de madeira, causada por qualquer motivo, na quina de uma peça de madeira serrada. Seu comprimento (L) é mensurado paralelamente ao comprimento da peça (ver Figura A.10). Suas dimensões transversais são mensuradas ao longo da largura e espessura da seção transversal.

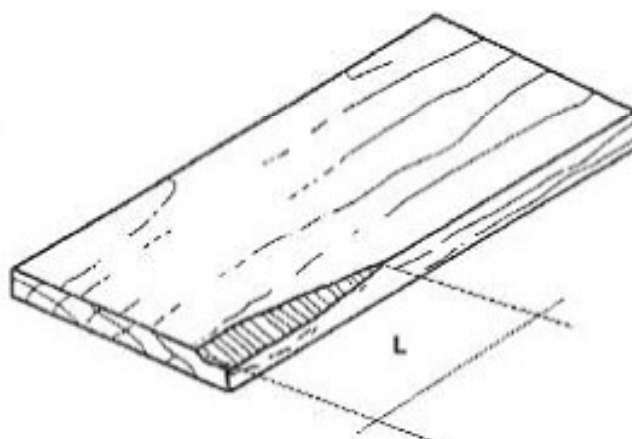


Figura A.10 – Medição do comprimento do esmoado

Bibliografia

- [1] ABNT NBR 7511, *Dormentes de madeira – Requisitos e métodos de ensaio*
- [2] ABNT NBR 14432, *Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento*
- [3] ABNT NBR ISO 12466-2, *Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 2: Requisitos*
- [4] ISO 354, *Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms*
- [5] ISO 2081, *Metallic and other inorganic coatings – Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel*
- [6] ISO 4892-3, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV Lamp*
- [7] ISO 12354-1, *Building acoustics – Estimation of acoustic performance*
- [8] ISO 29864, *Self adhesive tapes – Measurement of breaking strength and elongation at break*
- [9] EN 1939, *Self adhesive tapes – Determination of peel adhesion properties*
- [10] [10] EN 1942, *Self adhesive tapes – Measurement of thickness*
- [11] ASTM C1177/C1177M, *Specification for glass mat gypsum substrate for use as sheathing*
- [12] ASTM B172, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*
- [13] ASTM E2098/E2098M, *Standard test method for determining tensile breaking strength of glass fiber reinforcing mesh for use in class PB exterior insulation and finish systems (EIFS), after exposure to a sodium hydroxide solution*
- [14] AWPA – AMERICAN WOOD PRESERVERS' ASSOCIATION – Standard A11-93 – Standard Methods for Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by Atomic Absorption Spectroscopy
- [15] Código de Segurança contra incêndio.
- [16] CORPO DE BOMBEIROS: 2001- Instrução Técnica – IT nº 10/11, Controle de materiais de acabamento e revestimento.
- [17] Diretriz Sinat 005, Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas (Sistema leves tipos “Light Wood Frame”).
- [18] AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS. AATCC 127: Water Resistance: Hydrostatic Pressure Test.

- [19] Bravery, A.F., Barry, S. and Coleman, L.J. (1978), Collaborative experiments on testing The mould resistance of paint films. Int. Biod. Bull. 14(1). 1-10
- [20] ICC EVALUATION SERVICE. ICC AC38 -Acceptance Criteria for Water- Resistive Barriers.
- [21] Método D2 Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de Madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (fam. Kalotermitidae). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.
- [22] NI, C.; POPOVSKI, M; WANG, J. Chapter 3: Structural design. In: NI, C.; POPOVSKI, M. Mid-rise Wood-Frame Construction Handbook. First edition. FPINNOVATIONS, 2015. Special Publication SP-57-E.
- [23] Publicação IPT 1157:1980, Métodos de ensaio e análises em Preservação de Madeiras – Método D2 Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de Madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (fam. Kalotermitidae). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.
- [24] Publicação IPT 3010:2009, Madeira: uso sustentável na construção civil. 2ª edição. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.
- [25] PUBLICAÇÃO IPT 4371: 2013. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.