



TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

JORGE JOEL MAURER
WESLEY JUNIO ANGELONI
YAGO HENRIQUE PERES

CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS EM WOOD FRAME
Viabilidade Econômica
Programa MINHA CASA, MINHA VIDA

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – SP
JUNHO / 2023

**JORGE JOEL MAURER
WESLEY JUNIO ANGELONI
YAGO HENRIQUE PERES**

**CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS EM WOOD FRAME
Viabilidade Econômica
Programa MINHA CASA, MINHA VIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à ETEC de São José do Rio Preto, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para a obtenção da habilitação profissional de Técnico em Edificações, sob a orientação dos professores Marcelo Polles e Pedro Oswaldo Tonello.

**SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – SP
JUNHO / 2023**

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade e os benefícios das construções residenciais em Wood Frame para famílias de baixa renda. Para tanto, foram realizadas pesquisas teóricas e práticas, visando a compreensão das características técnicas desse sistema construtivo, bem como a investigação de experiências anteriores de habitações de baixo custo.

A metodologia adotada envolveu a revisão da literatura especializada, consulta a normas técnicas e políticas públicas relacionadas à habitação de baixa renda, além de estudos de casos e análise de dados quantitativos e qualitativos. Dados estatísticos foram utilizados para mostrar um panorama da situação atual do déficit de habitações em diferentes regiões do país.

Os resultados obtidos indicam que as construções residenciais em Wood Frame podem ser uma alternativa promissora para atender às necessidades habitacionais das famílias de baixa renda. As principais vantagens desse sistema incluem a rapidez na construção, redução de custos, eficiência energética, menor impacto ambiental e conforto térmico e acústico.

Também foram identificados desafios e limitações na implementação de construções em Wood Frame para famílias de baixa renda, tais como o acesso a financiamento, a capacitação da mão de obra e a resistência cultural em relação a novas tecnologias construtivas.

Diante dos resultados e das discussões apresentadas, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre as construções residenciais em Wood Frame voltadas para famílias de baixa renda, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas e o aprimoramento de programas habitacionais.

Palavras-chave: Construções residenciais. Wood Frame. Baixa renda. Habitação. Eficiência energética. Minha Casa, Minha Vida.

ABSTRACT:

The present work aims to analyze the viability and benefits of residential constructions in Wood Frame for low-income families. To this end, theoretical and practical research was carried out, aiming at understanding the technical characteristics of this construction system, as well as investigating previous experiences of low-cost housing.

The methodology adopted involved reviewing specialized literature, consulting technical standards and public policies related to low-income housing, as well as case studies and analysis of quantitative and qualitative data. Statistical data were used to show an overview of the current situation of the housing deficit in different regions of the country.

The results obtained indicate that residential buildings in Wood Frame can be a promising alternative to meet the housing needs of low-income families. The main advantages of this system include construction speed, cost reduction, energy efficiency, lower environmental impact and thermal and acoustic comfort.

Challenges and limitations were also identified in the implementation of Wood Frame constructions for low-income families, such as access to finance, workforce training and cultural resistance in relation to new construction technologies.

In view of the results and discussions presented, this study contributes to the advancement of knowledge about residential constructions in Wood Frame aimed at low-income families, providing subsidies for the formulation of public policies and the improvement of housing programs.

Keywords: Residential constructions. WoodFrame. Low income. Housing. Energy efficiency. Minha Casa, Minha Vida.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CASAS TÍPICAS USA.....	23
FIGURA 2 - FOLHA DE ROSTO PROJETO NBR 16936.....	27
FIGURA 3 - PROJETO NBR 16936 - ESCOPO E REFERENCIAS NORMATIVAS.....	28
FIGURA 4 - REFERENCIAS NORMATIVAS.....	30
FIGURA 5 - REFERENCIAS NORMATIVAS.....	31
FIGURA 6 - CONTRAVENTAMENTO PAINÉIS OSB.....	33
FIGURA 7 - ESQUEMA 3D EDIFICAÇÃO 2 PAVIMENTOS.....	34
FIGURA 8 - DETALHE DO ENTREPISO	35
FIGURA 9 - APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO TYVEK - DUPONT.....	36
FIGURA 10 - APLICAÇÃO DE LÃ DE ROCHA.....	37
FIGURA 11 - APLICAÇÃO DE LÃ DE FIBRA DE VIDRO	38
FIGURA 12 - APLICAÇÃO DE POLIURETANO	39
FIGURA 13 - APLICAÇÃO DE DRYWALL.....	39
FIGURA 14 - PERFURAÇÃO EM MONTANTES.....	40
FIGURA 15 - PERFURAÇÃO DE BARROTES HORIZONTAIS	41
FIGURA 16 - BARREIRA DE ISOLAMENTO E PROTEÇÃO DO QUADRO ESTRUTURAL.....	44
FIGURA 17 - PLACAS DE EIFIS	45
FIGURA 18 - IMPERMEABILIZAÇÃO DE ÁREAS MOLHADAS.....	46
FIGURA 19 - PAREDE CORTA-FOGO	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DÉFICIT HABITACIONAL TOTAL E COMPONENTES.....	10
TABELA 2 - CONDIÇÃO DE FINANCIAMENTO DE MORADIA EM ÁREA URBANA.....	13
TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA FLORESTAL PLANTADA NO BRASIL DE PINUS E EUCALIPTO.....	20
TABELA 4 - VANTAGENS DE DESVANTAGENS DA ALVENARIA	54
TABELA 5 - VANTAGENS DE DESVANTAGENS DO WOOD FRAME	56
TABELA 6 - LISTA BÁSICA DE MATERIAIS, ALVENARIA.....	57
TABELA 7 - LISTA BÁSICA MATERIAIS, WOOD FRAME	58
TABELA 8 - COMPARATIVO CUB MATERIAIS.....	60
TABELA 9 - COMPARATIVO DAS DESPESAS ADMINISTRATIVAS.....	60
TABELA 10 - CUB DE EQUIPAMENTOS	61
TABELA 11 - COMPARATIVO PONDERADO ALVENARIA X LWF	62
TABELA 12 - FATOR DE MULTIPLICAÇÃO GEE.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DÉFICIT HABITACIONAL POR REGIÃO	11
GRÁFICO 2 – VARIAÇÃO DO PIB DA CONSTRUÇÃO CIVIL X PIB DO BRASIL.....	15
GRÁFICO 3 - ÁREA PLANTADA PINUS X EUCALIPTO NO BRASIL	21

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABIMCI** - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- APRE** - Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal
- BNDES** - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CB** - Comissão Brasileira
- CBCS** - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
- CBCS** - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
- CEF** – Caixa Econômica Federal
- CMAP** - Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas
- CO₂** - Dióxido de Carbono
- COT** – Caderno de Orientações Técnicas
- CUB** - Custo Unitário Básico
- DATEC** – Documento de Avaliação Técnica
- EIFIS** - Exterior Insulation and Finish System
- FGTS** – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
- FGV** - Fundação Getúlio Vargas
- GEE** – Gás de Efeito Estufa
- ha** - Hectare
- IBÁ** - Indústria Brasileira de Árvores
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IFBQ** - Instituto Falcão Bauer da Qualidade
- IV** – Indústria Verde
- LWF** – Light Wood Frame
- MCMV** – Minha Casa, Minha Vida
- ME** - Ministério da Economia
- PIB** - Produto Interno Bruto
- RCE** - Redução Certificada de Emissões
- SINDUSCON** - Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	PROGRAMA HABITACIONAL – MINHA CASA MINHA VIDA.....	12
3	O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....	15
4	SUSTENTABILIDADE - MADEIRA DE REFLORESTAMENTO	18
5	CONSTRUÇÃO EM LIGHT WOOD FRAME - LWF	23
5.1	Light Wood Frame no Brasil.....	24
5.2	Desenvolvimento da Norma LWF.....	25
6	NBR 16936 – EDIFICAÇÕES EM LIGHT WOOD FRAME	27
6.1	Cuidados com a Estrutura.....	40
6.1.1	Perfurações e Cortes na Madeira	40
6.1.2	Instalações Hidráulicas, Elétricas e Sanitárias	41
6.1.2.1	Elétrica.....	41
6.1.2.2	Hidráulica	42
6.1.2.3	Sanitária.....	42
6.1.2.4	Gás e Ar Condicionado	42
6.1.3	Impermeabilização	42
6.1.3.1	Impermeabilização de Fachada	43
6.1.3.2	Áreas Molhadas e Molháveis	45
6.1.3.3	Proteção da Base do Quadro Estrutural.....	46
6.1.3.4	Proteção do Pannel do Entrepiso.....	46
6.1.3.5	Estanqueidade à Água	47
6.2	Prevenção e Combate a Incêndio	47
7	COMPARATIVO DE CUSTOS ALVENARIA E WOOD FRAME	49
7.1	Metodologia	50
7.2	Efeitos no PIB do País.	51
7.3	Custo Unitário Básico – CUB	52
7.4	Precificação	53
7.5	Materiais Empregados	54
7.6	Materiais Empregados na Alvenaria	57

7.7	 Materiais e Serviços Empregados no Wood Frame	58
7.8	 Despesas Administrativas	60
7.9	 Equipamentos.....	61
7.10	 Comparativo dos Métodos Construtivos	61
8	 QUANTO CUSTA POLUIR.....	63
8.1	 Brasil Gerando Créditos de Carbono	64
8.1.1	 Mercados de Carbono Regulado	65
8.1.2	 Mercado Voluntário.....	65
8.2	 Preço do Crédito de Carbono.....	65
9	 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	67
10	 CONCLUSÃO	71
11	 REFERÊNCIAS.....	72
12	 ANEXO A – 3º PROJETO ABNT NBR 16936 – FEV 2023.....	77

1 INTRODUÇÃO

A Habitação de interesse social ou também conhecida como habitação popular, é o tipo de construção que se destina a atender de maneira digna moradias para a população de baixa renda. Segundo Carvalho (2012 apud Pereira Filho, 2020) “uma característica marcante quanto a habitação de interesse social é o uso de grandes extensões de espaço urbano com projetos arquitetônicos padronizados, de forma a produzir unidades muito semelhantes mesmo em diferentes regiões do país”.

No Brasil, nos dados divulgados pelo Ministério da Economia em julho de 2021, estimou-se que o déficit habitacional quantitativo em 2011 era de 5,8 milhões de domicílios, elevando-se para 6,4 milhões em 2015 e chegando em 2019 com aproximadamente 6 milhões.

O déficit habitacional é o parâmetro adotado nacionalmente como referência para controle da política habitacional. Conforme o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2022) “O termo déficit habitacional, em geral, é utilizado para referir-se à necessidade física de novas moradias a um determinado número de famílias que vivem em condições de moradias precárias ou que não possuem moradias”.

Segundo a Fundação João Pinheiro (2022) “está relacionado diretamente às deficiências do estoque de moradias, além de englobar aquelas sem condições de serem habitadas em razão da precariedade das construções ou do desgaste da estrutura física”.

A Tabela 1 apresenta dados relacionados ao déficit habitacional por região do país.

Tabela 1 - Déficit Habitacional Total e Componentes.

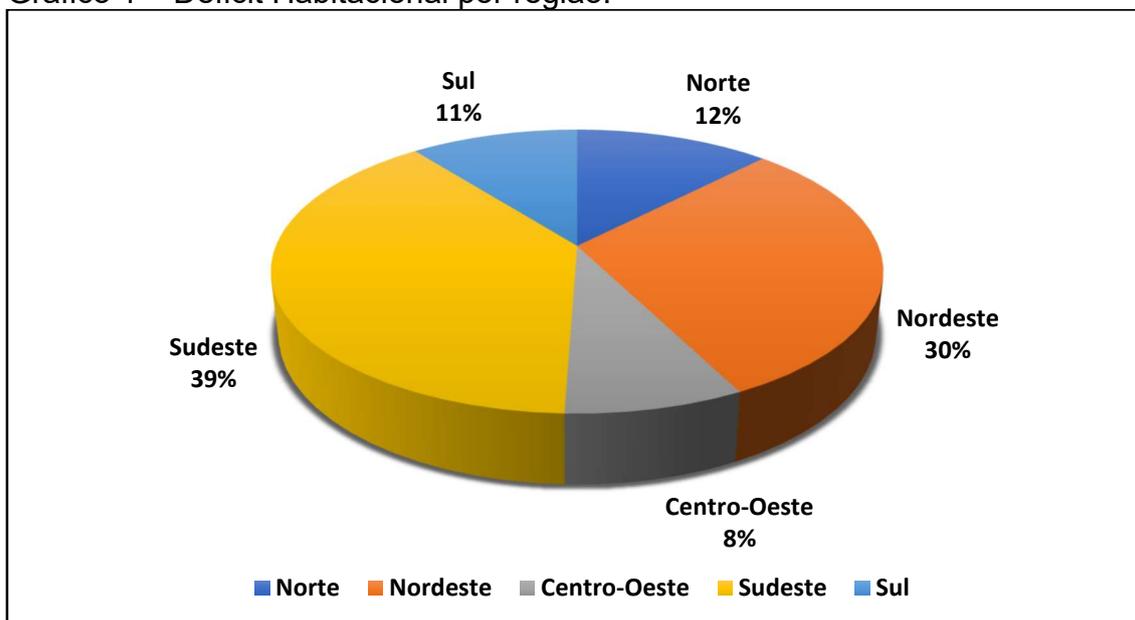
Regiões do Brasil	Total absoluto	Domicílios Rústicos	Domicílios Improvisados	Total Habit. Precárias
Norte	719.638	150.176	160.136	310.312
AC	23.285	3.832	3.780	7.612
AP	41.973	2.192	14.519	16.711
AM	168.603	26.806	37.929	64.735
PA	354.296	93.353	66.398	159.751
RO	60.347	7.753	26.748	34.501
RR	23.844	3.221	3.655	6.876
TO	47.290	13.019	7.107	20.126
Nordeste	1.778.964	304.874	329.196	634.070
AL	126.594	4.963	25.529	30.492
BA	414.109	58.367	99.560	157.927
CE	239.187	22.049	6.863	28.912
MA	329.495	146.533	64.464	210.997
PB	132.383	6.419	38.400	44.819
PE	246.898	18.200	14.051	32.251
PI	115.190	34.825	41.624	76.449
RN	93.788	8.675	19.291	27.966
SE	81.321	4.842	19.414	24.256
Centro-Oeste	472.102	42.893	54.621	97.514
DF	89.554	6.649	1.360	8.009
GO	209.424	16.140	25.856	41.966
MT	101.158	15.475	18.242	33.717
MS	71.966	4.629	9.163	13.792
Sudeste	2.287.121	82.453	197.814	280.267
ES	83.323	3.330	2.785	6.115
MG	496.484	12.062	101.118	113.180
RJ	481.243	4.537	65.897	70.434
SP	1.226.071	62.524	28.014	90.538
Região Sul	618.873	116.454	43.969	160.423
PR	247.153	38.616	17.301	55.917
RS	220.927	43.041	22.234	65.275
SC	150.793	34.797	4.434	39.231

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016-2019).

Elaboração: Fundação João Pinheiro (FJP).

O Gráfico 1 representa de forma ilustrativa a Tabela 1.

Gráfico 1 – Déficit Habitacional por região.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016-2019).

2 PROGRAMA HABITACIONAL – MINHA CASA MINHA VIDA

O Programa Social Habitacional **Minha Casa, Minha Vida** (MCMV) foi criado pela Medida Provisória nº 459, de 25 de março de 2009, regulamentado pelo Decreto nº 6.819, de 13 de abril de 2009 e transformado na Lei nº 11.977, de 07 de julho 2009. Atualmente com o novo Presidente da República assumindo o mandato em 01 de janeiro de 2023, o Programa (MCMV) foi relançado por meio da Medida Provisória nº 1.162, de 14 de fevereiro de 2023, que alterou as leis anteriores relacionadas ao Programa **Minha Casa, Minha Vida** (MCMV).

Com a nova Medida Provisória nº 1.162, o programa tem por finalidade promover o direito à moradia de famílias residentes em áreas urbanas e rurais, além de, associar o desenvolvimento urbano e econômico com a geração de trabalho e de renda, e elevar os padrões de habitabilidade e de qualidade de vida da população.

Objetivos do Programa segundo a Medida Provisória nº 1.162:

- I. Ampliar a oferta de moradias para atender às necessidades habitacionais sobretudo da população de baixa renda, nas suas diversas formas de atendimentos;
- II. Promover a melhoria de moradias existentes para reparar as inadequações habitacionais;
- III. Estimular a modernização do setor habitacional e a inovação tecnológica com vistas à redução dos custos, à sustentabilidade ambiental e climática e à melhoria da qualidade da produção habitacional, com a finalidade de ampliar o atendimento habitacional; e
- IV. Apoiar o desenvolvimento e o fortalecimento da atuação dos agentes públicos e privados responsáveis pela promoção do Programa.

Conforme o relatório de avaliação elaborado pelo Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas (2020), relata que durante 11 anos o Programa MCMV que destina em contribuir ao incremento de moradias para a redução do déficit habitacional quantitativo, foi a principal política de

atendimento relacionado às necessidades habitacionais voltado em especial para o público de menor renda, onde, houve um estímulo financeiro de mais de R\$223,1 bilhões de reais na área da construção civil.

O Programa MCMV é uma operação de financiamento que utiliza recursos do **Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS)**, destinada a famílias residentes em áreas urbanas com renda mensal bruta de até R\$8.000,00 reais.

O Programa MCMV tem como objetivo promover o direito à moradia da população de baixa renda, moradias subsidiadas pelo programa para aquisição da casa própria, priorizando as famílias em situação de risco e vulnerabilidade, as comandadas por mulheres e também as famílias que tem como integrantes pessoas com deficiência, idosos, crianças e adolescentes.

Para imóveis dentro do Programa MCMV que terão crédito imobiliário financiados pela Caixa Econômica Federal com recursos do FGTS, as taxas de juros variam de acordo com a faixa de renda e a localização do imóvel no país. Para as regiões do Norte e Nordeste e famílias com renda de até R\$2.400,00 reais mensais, a taxa de juros nominal a considerar será de 4,25% a.a.. Já, para as demais regiões do país e famílias que detêm a mesma renda bruta de até R\$2.400,00 reais, será incidido a taxa de juros nominal de 4,5% a.a..

O Programa MCMV abrange financiamento de imóvel com valor máximo de até R\$264.000,00 reais, com prazo de financiamento de até 35 anos (420 meses), além de oferecer subsídio (desconto) que pode chegar ao valor de R\$47.500,00 reais, dependendo das especificidades de cada região e do fator renda de cada pessoa ou família. A Tabela 2 demonstra as condições de financiamento do programa.

Tabela 2 - Condição de financiamento de moradia em área urbana.

Grupo	Renda bruta familiar mensal	Taxa de juros nominal
Faixa Urbano 1	até R\$2.640,00	de 4,25% até 4,75% a.a.
Faixa Urbano 2	R\$2.640,01 até R\$4.400,00	de 4,75% até 5,25% a.a.
Faixa Urbano 3	R\$4.400,01 até R\$8.000,00	de 5,50% até 6,00% a.a.

Fonte: Caixa (2023).

Conforme o Caderno de Orientações Técnicas (COT) da Caixa Econômica Federal (2021), para financiamentos com a utilização de sistemas construtivos inovadores, cujo ainda, não exista norma prescrita pela ABNT é exigido a apresentação de DATEc (Documento de Avaliação Técnica). O documento garante que os componentes, elementos ou sistemas construtivos inovadores, no caso específico do *Wood Frame*, passaram por um processo de avaliação técnica de conformidade, que consiste em avaliar o comportamento provável ou potencial dos produtos ou processos inovadores, que são realizados pelo SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais).

“No Brasil, ainda não há norma específica para o *Wood Frame*. A Norma Brasileira 7190/1997 (Projeto de Estrutura de Madeira) não foi elaborada especificamente para este sistema, apesar de poder ser utilizada nas verificações dos seus elementos estruturais independentes.” (COINASKI e SIQUEIRA, 2016 apud Pereira Filho, 2020).

Em 2011, o SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais) aprovou o primeiro documento técnico para construções em *Wood Frame* “Diretriz nº 005: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeiras maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas – *Sistemas leves tipo LWF - Light Wood Framing*”. Esta diretriz norteia tecnicamente este tipo de construção com critérios mínimos de desempenho e métodos de avaliação desse sistema no Brasil.

Após a Diretriz nº 005 que especifica o sistema construtivo *Light Wood Framing*, a empresa paranaense TECVERDE, foi a primeira empresa a obter em 2013, após vários ensaios realizados pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ), o Documento de Avaliação Técnica nº 020 (DATEc nº 020). Este documento permite que a empresa TECVERDE possa realizar construção de unidades habitacionais unifamiliares, sendo casas térreas e sobrados, isoladas e geminadas, e edifícios multifamiliares de até 4 pavimentos com o Sistema estruturado em peças leves de madeira serrada (tipo *Light Wood Framing*). A DATEc tem validade por 2 anos e após esse período precisa ser renovada.

3 O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

O setor da construção civil é um grande aliado do governo brasileiro no que diz respeito ao Produto Interno Bruto (PIB) do país. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou em 02 de março de 2023 os resultados relacionados ao PIB de 2022, que obteve o crescimento de 2,9%, onde esse crescimento só foi alcançado em função do bom desempenho do PIB da construção civil que alcançou o patamar de 6,9% no mesmo período, além de contribuir pela geração de 10% dos empregos formais criados no país em 2022. O Gráfico 2 demonstra como a construção civil influencia no PIB brasileiro.

Gráfico 2 – Variação do PIB da Construção Civil x PIB do Brasil.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023).

No Brasil, o sistema construtivo de grande predominância entre as construções é o de alvenaria convencional com blocos. Conforme Nascimento (2004) “Culturalmente a grande aplicabilidade deste sistema construtivo está na presunção de que a alvenaria tem maior durabilidade, embora essa vantagem seja questionada por diversos autores”.

Este tipo de construção além de demandar um maior tempo de execução e geração de grande quantidade de resíduos pelo elevado número de

construções, levanta a preocupação ambiental que está relacionada à questão de sustentabilidade destas construções.

O conceito da construção sustentável baseia-se no desenvolvimento de um modelo que enfrente e proponha soluções aos principais problemas ambientais de sua época, sem renunciar à moderna tecnologia e à criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários (BRAZILIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT, 2016).

Atualmente, existe grande preocupação na questão relacionada a sustentabilidade no ramo da construção civil. Por esse motivo, o setor procura cada vez mais alternativas que visam substituir materiais tradicionais por materiais tecnológicos que mantenham a qualidade técnica e redução na geração de resíduos, conseqüentemente reduzindo o impacto provocado ao meio ambiente.

Quando mencionamos um sistema construtivo inovador atrelado a um tipo de construção sustentável, podemos nos referir às construções executadas com madeira, que é um tipo de construção considerada limpa no ponto de vista ambiental. Conforme Zenide (2009 apud DOS PRAZERES, ALBERTI, ARAKAWA 2022) “A madeira é uma matéria-prima já utilizada na construção civil, nas mais diversas formas em usos temporários, como: andaimes e escoramentos, e em usos permanentes como estruturas de coberturas e esquadrias”.

“O sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF), por décadas, tem sido uma tecnologia relevante e popular em países desenvolvidos da Europa, Oceania e América do Norte.” (THALLON, 2008 apud SOTSEK, SANTOS 2018).

“Apesar de pouco difundido no Brasil, o sistema de construção *Wood Frame*, surgiu entre os séculos XVIII e XIX no território do Estados Unidos sob influência de colonos ingleses e franceses.” (ESPÍNDOLA, 2017 apud DOS PRAZERES, ALBERTI, ARAKAWA 2022). Segundo Alves (2015 apud DOS PRAZERES, ALBERTI, ARAKAWA 2022) “O sistema *Wood Frame* representa 90% das construções canadenses e suecas, mais de 75% das americanas e mais de 30% das alemãs”.

Para a realidade do tipo de construção predominante no Brasil, o sistema de construção *Light Wood Frame* (LWF) apresenta características de inovação, agilidade na execução e tempo de montagem reduzida.

No Brasil, a empresa paranaense TecVerde é a pioneira no tipo de construção eficiente que utiliza peças leves de madeira serrada.

O sistema consiste na construção de módulos individuais construídos industrialmente e com agilidade na execução do projeto. Estima-se, aproximadamente, uma agilidade 4 vezes maior em comparação a alvenaria convencional, possibilitando melhor gerenciamento dos resíduos, com redução de até 85% (TECVERDE, 2021).

4 SUSTENTABILIDADE - MADEIRA DE REFLORESTAMENTO

O setor da construção civil é um grande gerador de resíduos e por esse motivo, o setor busca soluções mais sustentáveis que possam reduzir a grande quantidade de resíduos gerados que degradam o meio ambiente.

Dentro das soluções mais sustentáveis entra o conceito de reflorestamento, que são áreas de florestas plantadas que serão consumidas pelo setor industrial de transformação da madeira, assim, evitando a exploração e degradação de florestas nativas.

“O termo sustentável vem do latim *sustentare*, que significa sustentar, defender, conservar e cuidar.” (ARMANI, 2002 apud OLIVEIRA 2021). De acordo com Manzini (2005 apud OLIVEIRA 2021), “Este conceito está relacionado às condições sistêmicas segundo as quais, em nível regional e planetário, as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta permite”.

Segundo Ferreira (2010 apud OLIVEIRA 2021), “A sustentabilidade seria uma qualidade ou condição de auto sustentar, defender, manter e conservar algo que será necessário não só para o momento atual, mas também para gerações futuras, garantido assim certo grau de qualidade do ecossistema como um todo”.

Segundo a visão do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), “Avançar a sustentabilidade no setor da construção civil implica em uma série de ações sistêmicas, a serem adotadas por todos os agentes constituintes da cadeia da construção, poder público e sociedade”.

Segundo IBGE (2017) “A Silvicultura é a atividade voltada para o estabelecimento, desenvolvimento e reprodução de florestas, promovendo múltiplas aplicações: produção de madeira, carvoejamento, produção de resinas e proteção ambiental”. A prática também proporciona o melhoramento da técnica de manejo associado a locais com condições *edafoclimáticas* – solo e clima favoráveis ao desenvolvimento de florestas plantadas.

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) lançou em 2019, um estudo setorial relacionado ao

ano de 2018 sobre a cobertura florestal do Brasil. Em seu estudo a ABIMCI relata que o Brasil contempla uma área florestal com cerca de 98,40% composta por florestas nativas que somam 485,80 milhões de hectares, onde, grande parte desta área florestal é voltada para a proteção e preservação da flora nativa. Já a área florestal de árvores plantadas é de 1,60% que correspondem a 8,10 milhões de hectares destinados a plantações de espécies como pinus, eucalipto e outras espécies. A Tabela 3 demonstra a estimativa de distribuição da área florestal da espécie pinus e eucalipto no Brasil.

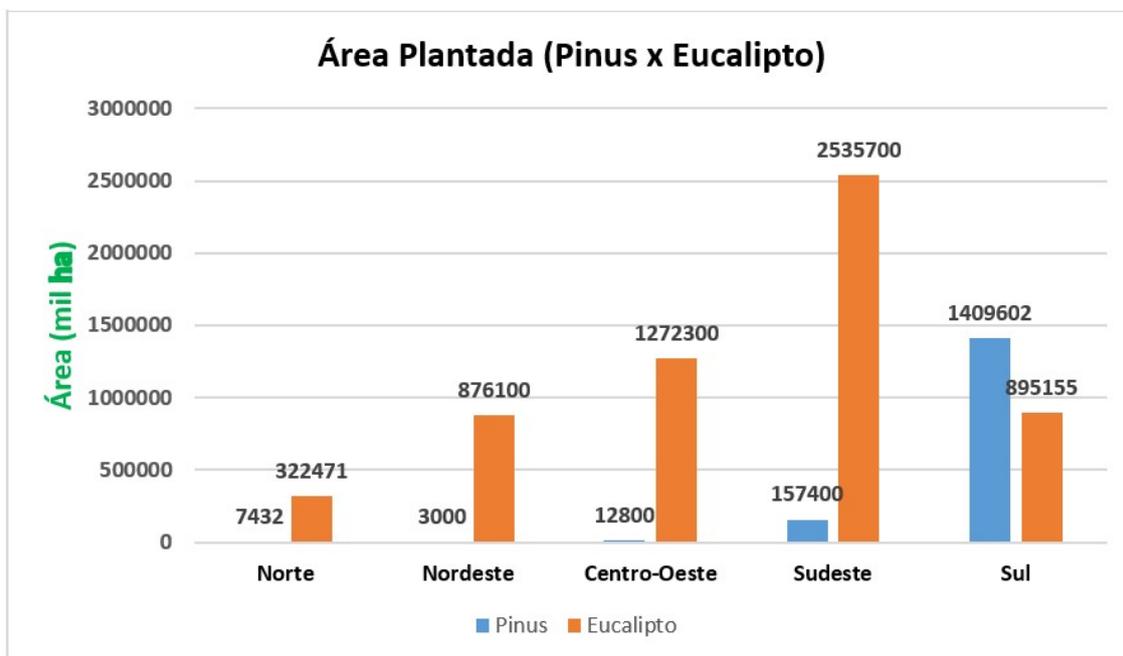
Tabela 3 - Área Florestal Plantada de Pinus e Eucalipto no Brasil.

Regiões do Brasil	Espécie Pinus (ha)	Espécie Eucalipto (ha)
Região Norte		
Amapá		69.200
Pará		129.400
Rondônia	7.232	5.871
Tocantins	200	118.000
Região Nordeste		
Bahia	3.000	620.000
Maranhão		232.900
Piauí		23.200
Região Centro-Oeste		
Goiás	8.000	130.200
Mato Grosso		183.400
Mato Grosso do Sul	4.800	958.700
Região Sudeste		
Espírito Santo	2.300	238.800
Minas Gerais	30.700	1.379.900
São Paulo	124.400	917.000
Região Sul		
Paraná	671.400	312.700
Rio Grande do Sul	184.600	307.200
Santa Catarina	553.602	275.255

Fonte: Estudo Setorial – ABIMCI (2018).

O Gráfico 3 representa de forma ilustrativa a Tabela 3.

Gráfico 3 - Área plantada Pinus X Eucalipto no Brasil.



Fonte: Estudo Setorial – ABIMCI (2018).

Dentro do estudo setorial da ABIMCI é relatado que os Estados que mais praticam e investem na plantação da espécie *pinus* são o Paraná e Santa Catarina totalizando 77% dos 1,59 milhão de hectares plantados no Brasil. Essa concentração de plantio é proveniente das condições *edafoclimáticas*, onde o solo e o clima são favoráveis para adaptação e desenvolvimento da espécie e pela indústria consumidora da região deste insumo de madeira em tora.

A Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE) em seu estudo setorial (2017/2018) destaca que o setor florestal brasileiro vem expandindo nos últimos anos em área com florestas plantadas e na produção e consumo de produtos florestais, esta expansão é proveniente da crescente demanda mundial por produtos florestais.

O Estado do Paraná destaca-se no setor da Silvicultura por ser o mais completo na reprodução de florestas plantadas ou renováveis com espécies de pinus e eucalipto. Essa extração vegetal servirá de matéria-prima para os segmentos de celulose, papel, energia, compensados, madeira serrada,

biomassa e produtos de maior valor agregado (piso de madeira, portas e janelas, molduras, entre outros).

Além das funções produtivas de desenvolvimento econômico e social, o reflorestamento também desempenha um papel importante para o meio ambiente, tais como: recuperando áreas anteriormente degradadas, evitando a degradação de florestas naturais, preservando o solo e nascentes de rios, conservando a biodiversidade, contribuindo com a redução da emissão do gás carbono que causa o efeito estufa por serem estoques naturais de carbono.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) a indústria de reflorestamento está investindo para alcançar a sustentabilidade em todo o ciclo de produção, buscando um ciclo de produção limpa, melhorando seus processos e adotando as melhores práticas socioambientais.

O conceito de sustentabilidade com o plantio de árvores também está relacionado com a indústria do cimento que é uma grande geradora de CO₂ (gás carbônico). O cimento é o principal insumo na cadeia produtiva da construção e em seu processo químico de fabricação é liberado o dióxido de carbono que é um dos principais causadores de emissões de gases de efeito estufa (GEE), que é o grande causador do aquecimento global. Estima-se que para produzir uma tonelada de cimento é liberado quase uma tonelada de CO₂.

O site Indústria Verde (2021) relata que “Globalmente, a indústria cimenteira responde por cerca de 7% de todo o gás carbônico emitido pelo homem”.

O plantio de árvores de reflorestamento ajuda na redução de carbono que é emitido na atmosfera. O processo de neutralização de carbono ocorre através do sequestro do gás da atmosfera fixando o gás na biomassa da planta. A captura do gás é realizada somente durante a fase de crescimento das árvores, após esse período a compensação de CO₂ é zero. Para se ter uma ideia, para cada 7 árvores plantadas é possível sequestrar da atmosfera 1 (uma) tonelada de carbono nos seus primeiros 20 (vinte) anos.

5 CONSTRUÇÃO EM LIGHT WOOD FRAME - LWF

Como relato histórico, podemos considerar a madeira como componente construtivo usado a séculos pelo homem. A madeira era abundante, florestas nativas forneciam um estoque aparentemente infinito, possibilitando ao homem a sua extração e uso sem preocupação com a sua reposição através do reflorestamento. Muitas florestas foram drasticamente reduzidas, em especial no continente Europeu, Estados Unidos, Japão e Austrália, onde as construções em Wood Frame são largamente difundidas. Madeira em abundância, somada ao conhecimento de carpintaria, rapidez no atendimento da alta demanda, especialmente na colonização dos Estados Unidos, fizeram com que o Wood Frame fosse a principal escolha, o que moldou a cultura americana em ter residências feitas de madeira. Houve naturalmente um aprimoramento nas técnicas construtivas ao longo do tempo, até chegarmos no modelo LWF que conhecemos hoje.

Figura 1 - Casas Típicas USA.



Fonte: Google Imagens, Internet.

Construídas a partir de frames de madeira, placas de fechamento, tesouras nos telhados e alvenaria nas fundações, apresentam um excelente índice de isolamento térmico e acústico, condição necessária dadas as grandes diferenças climáticas existentes nos Estados Unidos. A indústria da construção civil é altamente regulamentada e fiscalizada e padronizada, o que fez com que o setor se profissionalizasse e industrializasse, a fim de atender as normativas e exigências com consumidor americano.

5.1 Light Wood Frame no Brasil

Deste o ano de 2016 a ABIMCI (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente) tem trabalhado em parceria com os diversos setores representativos da indústria madeireira para normatizar as construções em Wood Frame, para intensificar o uso da madeira cultivada como matéria prima nas construções residenciais. Do esforço empreendido, a referida proposta teve a sua terceira rodada de consulta pública na ABNT, apresentada em fevereiro de 2023, elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos Light Wood Frame (CE-002:126.011). Finalizado o prazo da consulta pública, a proposta retornou para complementação de itens discordantes e aguarda nova data para apreciação. Os trabalhos continuam e espera-se que em breve a mesma seja aprovada, tal qual foi a norma ABNT 16970-1 Light Steel Framing de 23/05/2022.

A aprovação da norma ABNT 16936 representará efetivamente o passo necessário para que o mercado considere este modelo como viável economicamente para a construção civil, uma vez que as restrições de crédito governamentais seriam eliminadas. As DATECs, embora permitam o financiamento pelo SFH, são restritivas do ponto de vista que apenas os CNPJ detentores da DATEC podem usufruir dos financiamentos e o alto custo para a obtenção desta certificação necessária a torna inviável para a maioria dos pequenos e médios construtores.

Paulo Pupo (2023), superintendente da ABIMCI, destaca que

“A aprovação do texto da norma e a sua conseqüente publicação será essencial para o avanço e consolidação deste sistema construtivo industrializado no país. Com a norma será possível uma atuação mais

focada e coordenada para estimular o desenvolvimento de políticas públicas para o uso do sistema no Brasil, bem como a união de esforços para a inclusão nas linhas de financiamentos oficiais para empreendimentos e obras em wood frame.”

5.2 Desenvolvimento da Norma LWF

Não temos no Brasil o LWF como tipo de construção padrão, sendo a alvenaria estrutural o modelo preferido, o que culturalmente impõe desconfianças sobre outros métodos entrantes. Nos últimos 20 anos, temos ações isoladas na tentativa de divulgar este tipo de construção, com alguns locais obtendo um pouco de sucesso em especial na região Sul do Brasil, onde a madeira já era empregada nas construções devido aos imigrantes que lá se estabeleceram e trouxeram esta cultura da Europa, em especial os imigrantes Alemães e Italianos. Esse é um facilitador na região, pois encontra menos resistência devido aos consumidores terem em algum momento de sua história vivenciado experiências em casas de madeira.

Buscando oportunidades de mercado, grupos estão surgindo timidamente e se organizando para que esta tecnologia venha a ser adotada. Pessoas que moraram e trabalharam com Wood Frame no exterior estão retornando ao Brasil, e tem se movimentado no sentido de tornar o Wood Frame uma opção viável e dando suporte a este movimento, sendo que várias dessas pessoas são hoje a melhor referência no Brasil para expandir a tecnologia. A partir dessas pessoas empreendedoras, em 2023 foi criada a Associação Brasileira de Wood Frame, que visa agrupar os interessados neste meio construtivo e fortalecer as empresas que fornecem materiais e equipamentos para esta atividade construtiva.

Antes disso, desde 2016 a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), como gestora do Comitê Brasileiro de Madeira da ABNT (CB-031), lidera o desenvolvimento da norma NBR 16936 – Edificações em Light Wood Frame em conjunto com empresas do setor madeireiro, com a Universidade Federal do Paraná. Esta norma teve a sua terceira consulta pública no mês de fevereiro de 2023, de onde retornou para ajustes das questões técnicas, correções e ajustes em resposta aos questionamentos públicos feitos durante o período de análise. Em breve o texto

será remetido novamente para análise. Sendo aprovado, teremos em definitivo uma norma que abrirá boas oportunidades para empreender, com a segurança de que as construções seguirão padrões reconhecimentos internacionalmente, abrindo caminho para que o sistema financeiro suporte este tipo de construção em seu portfólio de crédito, bem como possibilitará a muitas empresas oferecerem para o mercado casas de qualidade com custo menor, participando dos programas governamentais de incentivo, em especial o programa Minha Casa, Minha Vida, que atende famílias de baixa renda.

6 NBR 16936 – EDIFICAÇÕES EM LIGHT WOOD FRAME

Apresentamos a seguir partes do 3º Projeto da Norma (versão 3), conforme foi apresentada à NBR. O texto completo do 3º projeto está descrito no Anexo 1.

Figura 2 - Folha de Rosto Projeto NBR 16936.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

Edificações em *light wood frame*

APRESENTAÇÃO

1) Este 3º Projeto foi elaborado pela Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos *Wood Frame* (CE-002:126.011) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), com número de Texto-Base 002:126.011-001, nas reuniões de:

14.06.2016	18.04.2017	28.02.2018
08.05.2018	13.06.2018	22.08.2018
18.09.2018	08.11.2018	27.03.2019
24.04.2019	25.10.2019	17.06.2021

a) não tem valor normativo.

a Nacional

Fonte: Projeto ABNT 16936.

Podemos observar na Figura 2 - Folha de Rosto Projeto NBR 16936 as datas que representam os momentos que aconteceram oficialmente encontros do comitê para a elaboração da NBR 16936, que nos dá a dimensão do tempo e do trabalho que deve ser feito para a criação de uma norma desta envergadura.

Figura 3 - Projeto NBR 16936 - Escopo e Referencias Normativas.

Projeto em Consulta Nacional



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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 em chapas 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 6232, *Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão*

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 9574, *Execução da impermeabilização*

ABNT NBR 9575, *Impermeabilização – Seleção e projeto*

NÃO TEM VALOR NORMATIVO

1/51

Fonte: Projeto ABNT 16936.

Na Figura 3 é apresentado o escopo desta norma, e a seguir a relação das normas já existentes que devem ser utilizadas em conjunto para a execução de uma construção em Light Wood Frame (LWF). Várias atividades já estão normatizadas e são de conhecimento dos trabalhadores da construção civil, o que facilita a contratação destes serviços. Podemos relacionar como exemplo, etapas de impermeabilização, elétrica, hidráulica, fundações, esgoto, etc., que são semelhantes aos das construções em alvenaria.

Figura 4 - Referencias Normativas.

	ABNT/CB-002 3º PROJETO ABNT NBR 16936 FEV 2023
Projeto em Consulta Nacional	ABNT NBR 10844, <i>Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento</i>
	ABNT NBR 13277, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água</i>
	ABNT NBR 13278, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado</i>
	ABNT NBR 13279, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão</i>
	ABNT NBR 13280, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido</i>
	ABNT NBR 14037, <i>Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operações e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos</i>
	ABNT NBR 14715-1, <i>Chapas de gesso para drywall – Parte 1: Requisitos</i>
	ABNT NBR 14715-2, <i>Chapas de gesso para drywall – Parte 2: Métodos de ensaio</i>
	ABNT NBR 15258, <i>Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração</i>
	ABNT NBR 15259, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade</i>
	ABNT NBR 15261, <i>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear)</i>
	ABNT NBR 15498, <i>Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas – Requisitos e métodos de ensaio</i>
	ABNT NBR 15526, <i>Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução</i>
	ABNT NBR 15575-1, <i>Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais</i>
	ABNT NBR 15575-2, <i>Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais</i>
	ABNT NBR 15575-3, <i>Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos</i>
ABNT NBR 15575-4, <i>Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE</i>	
ABNT NBR 15575-5, <i>Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas</i>	
ABNT NBR 15758-1, <i>Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projetos e procedimentos executivos para montagem – Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes</i>	
ABNT NBR 15848, <i>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)</i>	
2/51	NÃO TEM VALOR NORMATIVO

Fonte: Projeto ABNT 16936.

Figura 5 - Referencias Normativas.

Projeto em Consulta Nacional



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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

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*

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 D3723, *Test method for pigment content of water-emulsion paints by low-temperature ashing*

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

PS1, *Structural plywood*

CSA 0325, *Construction sheathing*

AWPA P23, *Standard for chromated copper arsenate type C (CCA-C)*

AATCC 127, *Water Resistance – Hydrostatic Pressure Test*

NÃO TEM VALOR NORMATIVO

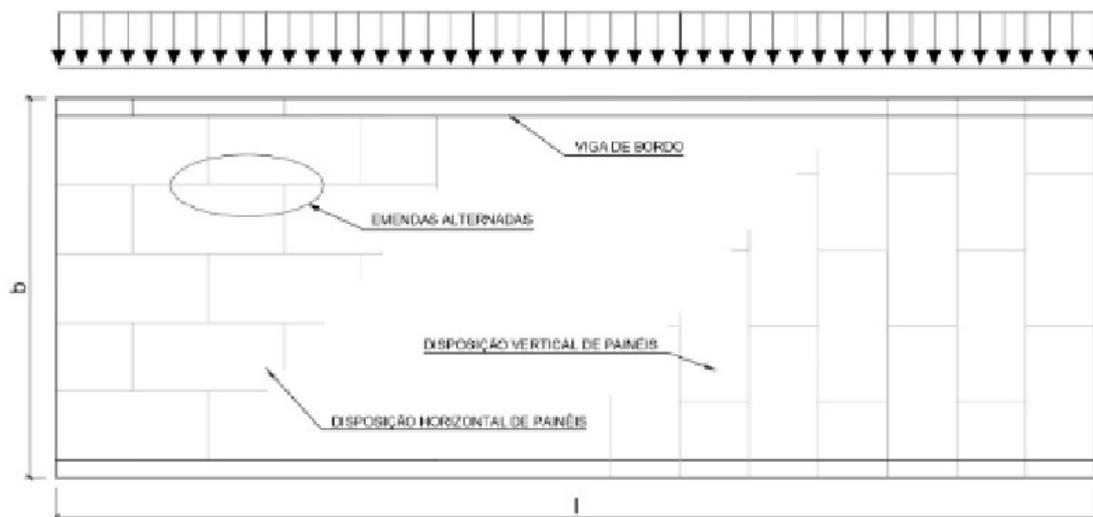
3/51

Fonte: Projeto ABNT 16936.

Uma construção em Light Wood Frame está dividida basicamente em quatro subsistemas: fundação, piso, paredes e cobertura.

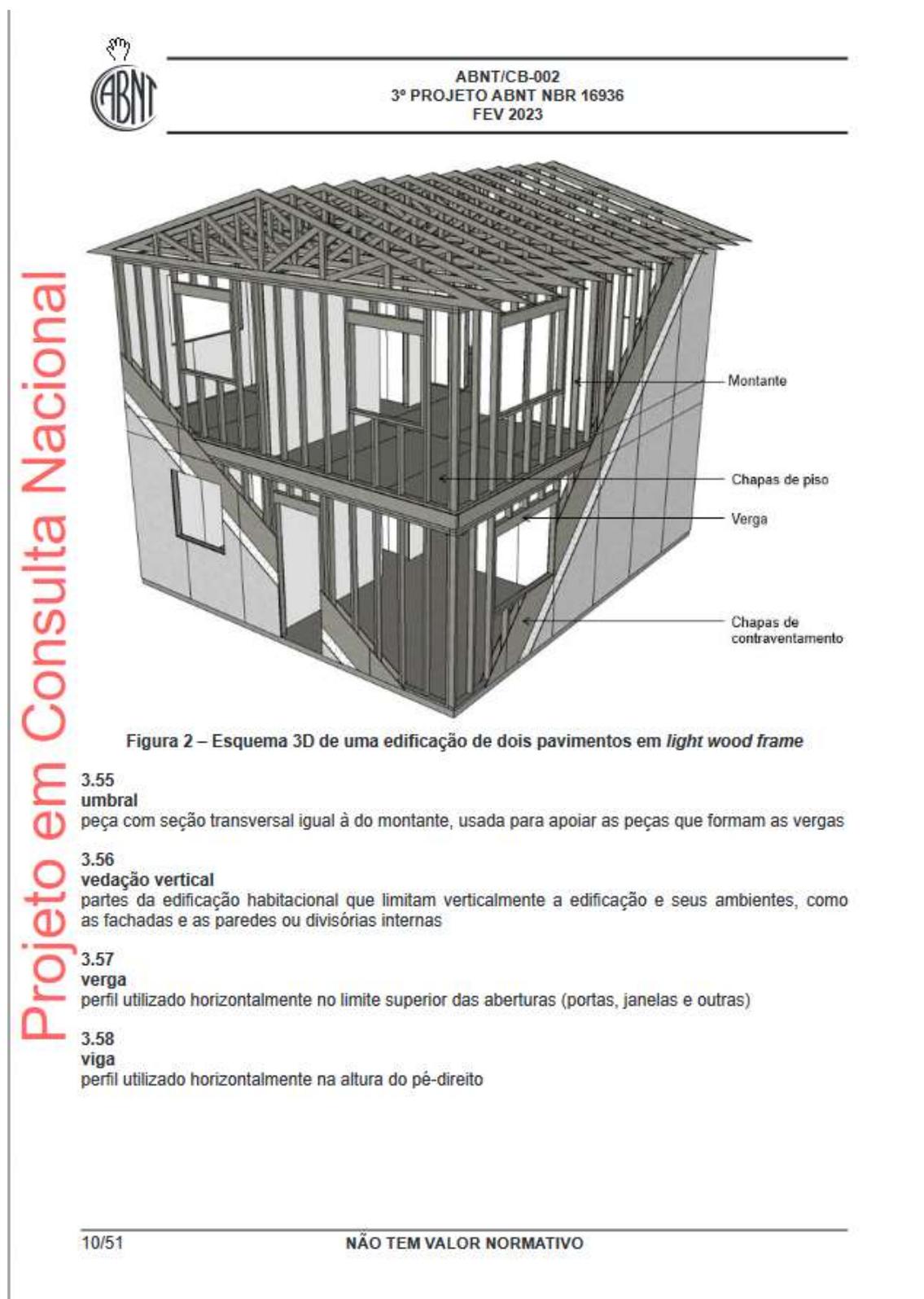
Por se tratar de uma construção bem mais leve que a de alvenaria, é muito comum realizar fundações do tipo radier quando o solo permite, onde podemos ter um custo menor devido a sua simplicidade. Contudo, esse tipo de fundação pede um preparo do terreno adequado para evitar problemas com umidade. Quando utilizada a viga baldrame, o piso poderá ser uma laje, ou um sistema de vigas e barrotes de madeira com fechamento de placas OSB próprias para piso, coladas e pregadas. Esta é uma parte da construção importante em que é necessário observar a norma para que a execução seja eficiente, seguindo o detalhamento descrito na Figura 8. Sobre o radier ou o piso de madeira, serão erguidas as paredes, que são frames (partes) constituídas de montantes, que dão a sustentação estrutural, com fechamentos em chapas OSB ou Plywood, com a finalidade de efetuar o contraventamento para a rigidez da estrutura. Na Figura 7 podemos observar um recorte com os elementos que compõe a estrutura básica de uma construção LWF: Montantes, chapas de contraventamento, chapas de piso, vergas e contra vergas, tesouras do telhado. Entre os montantes serão colocadas peças de madeira com dupla finalidade: para o travamento e combate a propagação de incêndio. Na estrutura do LWF esta peça é muito importante e não podemos negligenciar a sua utilização apropriada. As chapas OSB devem ter as emendas distribuídas de forma intervalada conforme Figura 6, para que a estrutura fique mais estável.

Figura 6 - Contraventamento Painéis OSB.



Fonte: Projeto ABNT 16936, p.25.

Figura 7 - Esquema 3D Edificação 2 pavimentos.

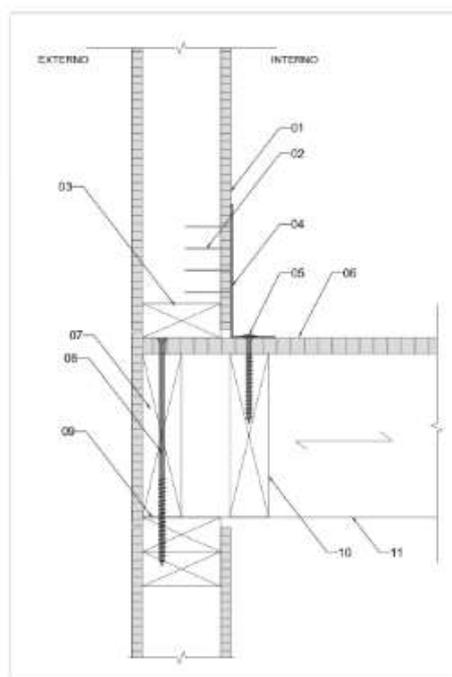


Fonte: Projeto ABNT 16936.

Figura 8 - Detalhe do entrepiso.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023



Legenda

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

Figura 11 – Detalhe de entrepiso

Externamente, sobre as placas OSB ou Playwood pregadas, deve-se aplicar obrigatoriamente uma membrana plástica hidrófuga, conhecida como Tyvek (nome comercial da Dupont), com a finalidade de proteger a madeira da umidade, mas com a propriedade de expulsar a umidade que venha a se instalar na parte interna na parede – em suma, deixar que a parede da casa respire. Podemos observar na Figura 9 a aplicação desta proteção sobre placas Playwood.

Figura 9 - Aplicação de proteção Tyvek – Dupont.



Fonte: Google Imagens, internet.

Na parte interna das paredes, nos espaços vazios entre os montantes, haverá o preenchimento com produtos isolantes térmicos e acústicos conforme a necessidade e localização geográfica da construção, sendo disponível produtos de diferentes custos e eficiência que podem ser aplicados. Mais comuns são lã de rocha (Figura 10), lã de vidro (Figura 11), isopor, espuma de poliuretano (Figura 12). Posteriormente há o fechamento com placas de gesso acartonado (Drywall) (Figura 13).

Figura 10 - Aplicação de Lã de Rocha.



Fonte: Google imagens, internet.

Um dos mais eficientes isolantes térmicos, a lã de rocha é composta por fibras minerais com alta resistência ao calor, reduzem a transferência térmica e são excelentes na proteção contra incêndios.

Figura 11 - Aplicação de Lã de Fibra de Vidro.



Fonte: Google imagens, internet.

Resistente ao fogo, grande capacidade de redução da transferência de calor, boa absorção acústica. Ideal para locais onde passam conduítes elétricos ou hidráulicos por ser facilmente moldável. A característica de ser moldável pode ser um inconveniente se não for bem aplicado, podendo ceder o que ocasionará falhas na proteção.

Figura 12 - Aplicação de Poliuretano.



Fonte: Google imagens, internet.

Composto químico resultante da reação entre isocianato e polioli, a espuma de poliuretano exige uma aplicação técnica e cuidados apropriados durante o manuseio. Altamente eficiente como isolante termoacústico, garante eficiência energética e conforto acústico. Seu custo é um dos mais elevados.

Figura 13 - Aplicação de Drywall.



Fonte: Google imagens, internet.

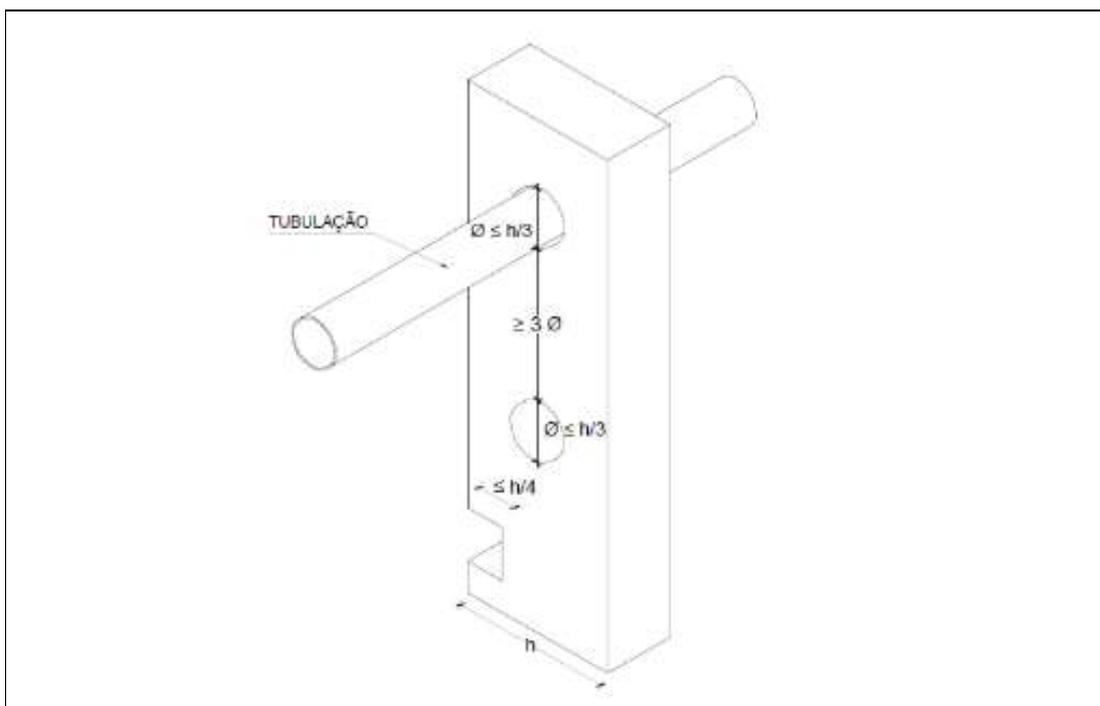
6.1 Cuidados com a Estrutura

As estruturas de uma construção são as partes mais resistentes e suportam os esforços a elas transmitidos sendo os seus elementos combinados de tal forma a dar solidez e segurança a uma edificação, transmitindo ao solo os efeitos das ações sofridas e garantindo integridade à construção.

6.1.1 Perfurações e Cortes na Madeira

É natural que as tubulações utilizadas para a instalação elétrica, hidráulica, ar condicionado, gás e dados sejam embutidos na parede. Para que os montantes de madeira mantenham a sua higidez estrutural, é importante seguir as normativas quanto a furação ou cortes na madeira (Figura 14). Pelo projeto da norma, toda a furação deverá ser circular e ter o seu centro na linha neutra do montante, com diâmetro máximo de $h/3$ onde h é a maior dimensão do montante. Para cortes retangulares na face, não poderá exceder $h/4$. Caso ocorram mais de 3 furos, a distância entre eles deverá ser de no mínimo 3 vezes o diâmetro do furo. Furos e entalhes (cortes) são proibidos na mesma seção de um montante. A altura dos furos em montantes subsequentes deve ser distribuída. No projeto estrutural, os furos devem ser considerados como redução de seção.

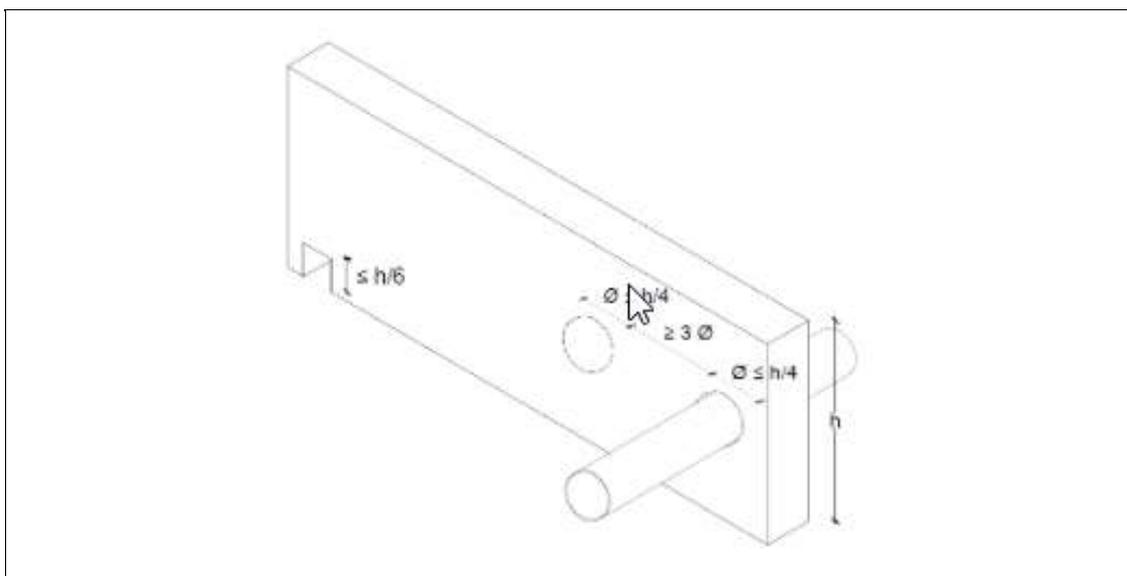
Figura 14 - Perfuração em Montantes.



Fonte: Projeto ABNT 16936.

Em barrotes e painéis horizontais de entrepiso (Figura 15 - Perfuração de Barrotes horizontais) são permitidos menores ou iguais a $h/6$, na linha neutra, em qualquer posição, onde h é a maior dimensão da seção horizontal do barroto. Para furos maiores que $h/6$ a furação deve ocorrer nos terços próximos aos apoios, não sendo permitida a furação no terço central do barroto. Cortes retangulares são permitidos desde que sua profundidade seja igual ou menor que $h/6$. Furos subseqüentes devem ser espaçados 3 vezes o seu diâmetro. Os furos serão considerados redução de seção para o cálculo estrutural. Vigas principais devem ter atenção redobrada no cálculo estrutural, independentemente da posição do furo ou corte.

Figura 15 - Perfuração de Barrotes horizontais.



Fonte: Projeto ABNT 16936.

6.1.2 Instalações Hidráulicas, Elétricas e Sanitárias

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

6.1.2.1 Elétrica

Deverá atender a norma NBR 5410.

As caixas e quadros elétricos devem ser fixados de forma a suportarem a resistência mecânica inerente ao uso. Caixas de passagem de dois ambientes adjacentes, separadas por um único painel de parede não podem ser colocadas em posições opostas coincidentes devendo as caixas serem posicionadas a pelo menos 10 cm de afastamento entre si.

6.1.2.2 *Hidráulica*

As instalações poderão utilizar tubulação rígida de PVC, cobre, aço ou flexível PEX. Conjuntos hidráulicos para chuveiro devem atender a norma ABNT NBR 15758-1:2009, anexo B. Pontos não passíveis de manuseio podem ser fixos diretamente nas chapas de gesso obrigatoriamente com flanges específicas para Drywall. As extremidades das conexões nos pontos terminais deverão avançar além do revestimento o suficiente para que seja executada a fixação dos terminais.

6.1.2.3 *Sanitária*

Se houver necessidade de usar tubulações com diâmetros maiores que o das paredes, o projeto deverá prever shafts. Os pontos de saída podem ser fixados nas paredes diretamente nos montantes ou por meio de travessas horizontais ou ainda diretamente nas chapas de gesso, desde que se use componentes específicos para Drywall.

6.1.2.4 *Gás e Ar Condicionado*

Instalações de gás somente poderão ser colocadas no interior das paredes se estiverem embainhadas e com respiros em ambas as extremidades, conforme norma ABNT NBR 15526. Para a passagem de dutos de ar condicionado não podem ser feitos furos em vigas ou barrotes com diâmetro superior a $\frac{1}{4}$ da sua altura e sempre na linha neutra. Nas tubulações de gás refrigerado e água fria, estas devem estar isoladas termicamente de forma a não provocar condensação dentro dos vazios de piso, parede ou sótão. Tubos com dimensões acima do permitido deverão utilizar shafts verticais ou horizontais.

6.1.3 Impermeabilização

A impermeabilização de uma edificação é extremamente importante, pois é a responsável por impedir que diversas patologias relacionadas com a umidade

se estabeleçam, deteriorando o patrimônio que foi construído para durar muitos anos. Frequentemente negligenciada, a impermeabilização representa cerca de 3% do custo total de uma obra, ao passo que a sua falta ou inadequada realização pode causar enormes prejuízos ao longo do tempo. Nas construções LWF especialmente, a etapa da impermeabilização deve ser realizada com extremo cuidado, para evitar que a umidade deteriore a madeira, seu principal componente construtivo.

6.1.3.1 Impermeabilização de Fachada

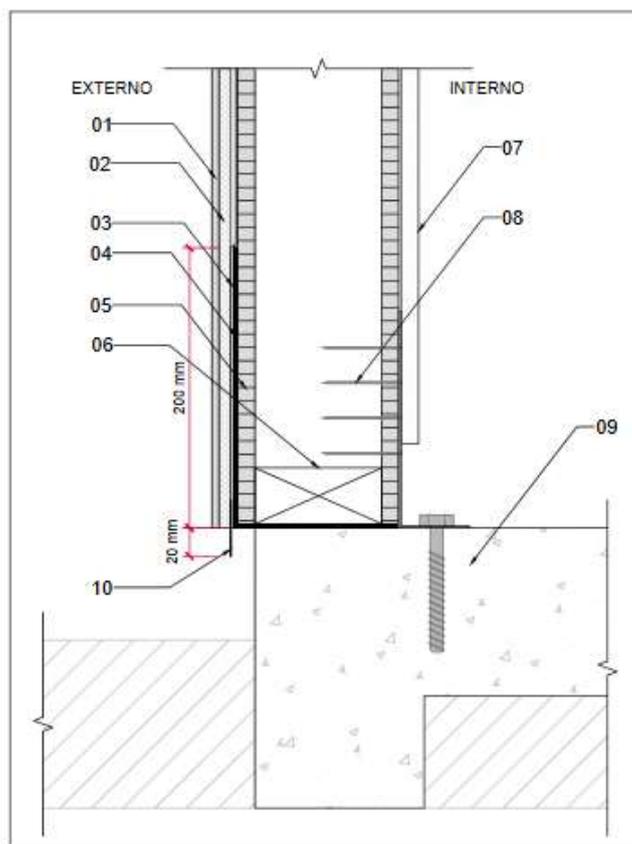
Deve atender a norma ABNT NBR 15575-4. Esta impermeabilização consiste em um conjunto formado pela manta de impermeabilização de base da parede, pingadeira e barreira de vapor e umidade. A Figura 16 apresenta um exemplo de barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural. Na base das paredes externas, na face externa, devem ser adotadas pingadeiras ou impermeabilização que assegurem que a água não percole entre a base da parede e o piso. Uma barreira de manta não tecido ou membrana líquida deve ser instalada entre o revestimento externo da fachada e o elemento de fechamento externo do quadro estrutural de modo que impeça a entrada da água na forma líquida entre o plano de apoio da fundação e a base da parede de LWF. As membranas de impermeabilização e de vapor e umidade devem receber revestimento apropriado para proteger a membrana dos agentes que aceleram a sua degradação. Este revestimento pode ser elementos de madeira tipo siding, chapas cimentícias, EIFIS (Exterior Insulation and Finish System) (Figura 17).

Figura 16 - Barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural.

Projeto em Consulta Nacional



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023



Legenda

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

Figura 12 – Barreira de isolamento e proteção do quadro estrutural

Figura 17 - Placas de EIFIS.



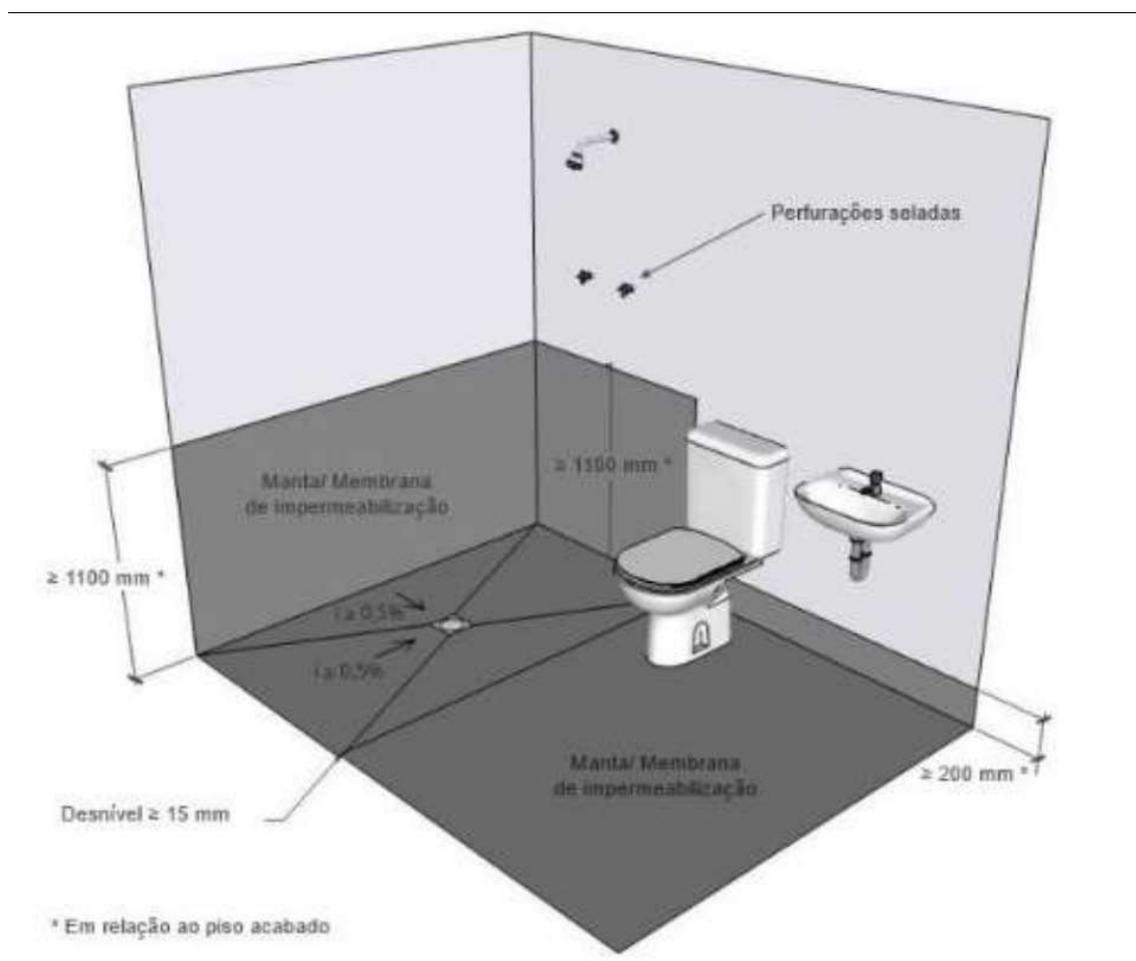
Fonte: Youtube, captura de tela.

6.1.3.2 Áreas Molhadas e Molháveis

As áreas molhadas e molháveis devem receber impermeabilização adequada na interface entre o piso e a base da parede com mantas ou membranas para impermeabilização com altura mínima de 200 mm sobre a parede, acima do piso acabado nos ambientes de área molhada (banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas). Todo o piso do ambiente deve ser impermeabilizado, e as paredes até a altura mínima de 1100 mm no box e 200 mm acima do piso. O desnível mínimo entre o piso acabado do banheiro e do box deve ser de 15mm, ou deve-se utilizar de um elemento de separação entre os pisos com altura de 15mm. No ralo devem ser empregadas mantas ou membranas para impermeabilização. A inclinação para o ralo deverá ser no mínimo de 0,5% em direção ao ralo nas áreas internas e 1% nas áreas externas.

No caso de uso de chapas de Drywall em áreas molhadas e molháveis, deve-se empregar as resistentes à umidade conforme ABNT NR 15758-1.

Figura 18 - Impermeabilização de Áreas Molhadas.



Fonte: Projeto ABNT 16936.

6.1.3.3 *Proteção da Base do Quadro Estrutural*

A proteção da base do quadro estrutural (Figura 16) deve utilizar mantas ou membranas de material impermeável contornando a base da parede no contato com a fundação e subir 200mm a partir da base, criando uma barreira que preserve os elementos estruturais, sendo fixada por adesivos ou mecanicamente na sua face lateral, assegurando o posicionamento da manta sem comprometer a estanqueidade do sistema. Os fixadores mecânicos devem ser instalados a alturas superiores a 100mm da base do quadro estrutural.

6.1.3.4 *Proteção do Painel do Entrepiso*

Contrapisos de base cimentícia moldado "in loco" deverão ter espessura mínima de 40mm, devendo-se utilizar na sua confecção filme de polietileno (lona plástica), mantas ou membranas para impermeabilização.

6.1.3.5 *Estanqueidade à Água*

As duas fontes de umidade consideradas são as externas, ocasionadas pela ascensão de umidade do solo através das fundações e infiltração da água da chuva ou lavagem pelas fachadas, lajes expostas e coberturas e as internas, que são decorrentes de processos de uso e lavagem dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapores e vazamentos de instalações.

A análise de estanqueidade à água do sistema deve avaliar em relação às fontes de umidade externas a estanqueidade de vedações de fachada e da cobertura, das juntas entre elementos de fachada e de pisos em contato com o solo. Em relação às fontes internas deve-se analisar a estanqueidade de bases de paredes em relação a água de uso e lavagens.

O sistema de vedação externa deverá atender à norma ABNT NBR 15575-e:2021, seção 10, considerando-se a ação dos ventos, além de atender os requisitos do projeto.

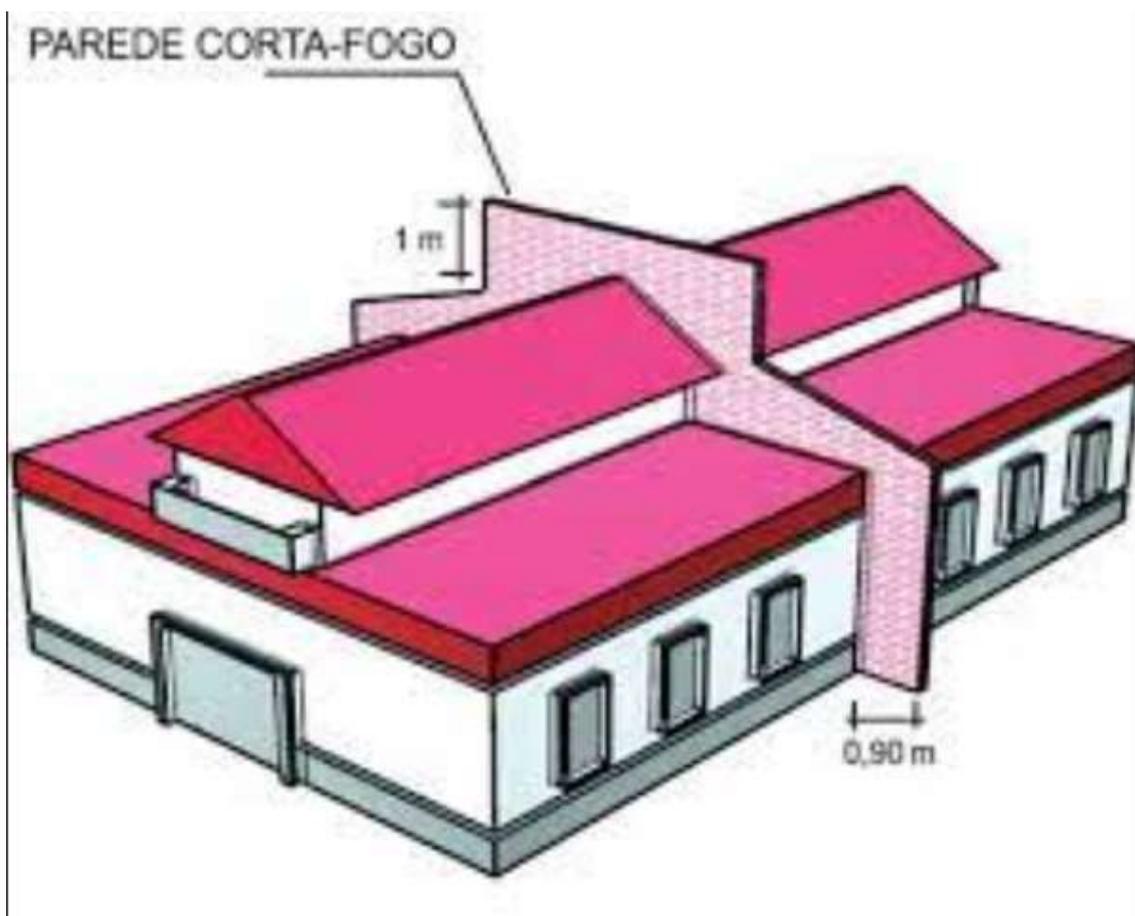
6.2 Prevenção e Combate a Incêndio

Os sistemas ou elementos de vedação entre pavimentos devem atender aos critérios de resistência ao fogo visando controlar os riscos de propagação do incêndio e de fumaça, de comprometimento da estabilidade estrutural no todo ou em parte, conforme legislação vigente. Os painéis de parede e entrepisos devem atender ao critério de propagação superficial de chamas especificado na ABNT NBR 15575-1. Os materiais de revestimento, acabamento, isolamento térmico e acústico devem ter características de propagação de chamas controlada, atendendo aos requisitos para paredes, pisos e forros dos beirais da cobertura no ensaio SBI conforme as EM 13823 e ISSO 11925-2. A superfície do forro dos beirais deve ser classificada em relação ao fogo como I, IIA ou IIB, conforme a ABNT NBR 16626.

Paredes geminadas cujo sistema de cobertura não atenda a resistência ao fogo de 30 minutos, deve ser previsto um septo vertical (Figura 19) entre as unidades habitacionais, que deve prolongar-se até a face interior do telhado, com resistência ao fogo de 30 minutos. As perfurações para a passagem de

tubulações em paredes de compartimentação, paredes estruturais e entrepisos devem ser seladas, com resistência ao fogo igual ou superior à requerida para paredes de compartimentação, a fim de evitar que as chamas se propagem para o interior destes elementos por meio das juntas entre o tubo e a parede ou pelos tubos.

Figura 19 - Parede corta-fogo.



Fonte: NT 07/2014 SSP Bombeiros GO, 2014.

7 COMPARATIVO DE CUSTOS ALVENARIA E WOOD FRAME

Um dos grandes desafios na construção civil é relacionar todos os custos da atividade fim, de tal modo que representem fidedignamente o quanto se gastou e a apuração do lucro obtido com a obra. Controlar os custos diretos, indiretos, fixos e variáveis demanda uma organização exemplar. Somente as empresas que estão estruturadas com seus departamentos administrativos atuando diuturnamente, são capazes de fazê-lo com a eficiência necessária.

O levantamento dos dados para realizar este comparativo na literatura disponível é extremamente difícil pois as informações na maioria das vezes são superficiais, incompletas e escassas, razão pela qual baseamos este capítulo a partir dos dados apresentados em um trabalho de contabilidade obtido nas pesquisas feitas na internet, que representam de forma mais fidedigna uma análise de custos com critérios mais rigorosos, fornecendo uma visão mais precisa da realidade atual.

Este estudo compara o Custo Unitário Básico (CUB) das construções em alvenaria tradicional e Light Wood Frame (LWF), na produção de casas Padrão Baixo R-1, unifamiliar, térrea, de 42,8m² com cozinha, sala, banheiro e dois quartos. Foram coletados dados dos custos, dos processos, dos materiais utilizados por uma empresa especializada em construção em LWF. Como resultado final do comparativo, temos que os custos do LWF são maiores devido ao uso de mão de obra qualificada, equipamentos especiais diversos, materiais importados não disponíveis no Brasil à época da construção. Mesmo diante desse fator é importante notar que o LWF concentra características desejáveis no tocante à sustentabilidade, emissão de CO₂ negativa, maior velocidade no tempo de obra com maior volume de produtividade.

Na contrapartida temos a construção em Alvenaria, cujas características de produção estão arraigadas em nossa cultura e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) perfazem 97,8% dos domicílios do país. Segundo Ramis (2012), as características da alvenaria estão associadas pelos consumidores ao baixo custo de manutenção, solidez e durabilidade aliados à

simplicidade, tornando um processo de construção fácil, cujo aprendizado é rápido, sendo seu método repassado de pessoa a pessoa por séculos.

O sistema Wood Frame, surgiu no início do século XIX e é utilizado em larga escala nos países de primeiro mundo, sendo nos Estados Unidos o maior usuário deste sistema, seguido por Canadá, Europa. No continente Sul Americano, o Chile é o principal consumidor do sistema.

No Brasil, estima-se que o LWF seja recente, cerca de 15 a 20 anos, e mais popular nos estados do sul do país, já que historicamente as construções utilizando madeira remontam ao século passado, a partir dos colonizadores vindos da Europa, em especial Alemães e Italianos que trouxeram o conhecimento necessário para este tipo de construção. Para Molina e Calil (2010, p.143 apud Lima et al, 2020) o sistema de Wood Frame é “[...] muito interessante, pois é um sistema leve, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, [...]”.

O uso consciente dos recursos naturais já escassos no planeta, faz com que o LWF seja uma solução sustentável, ecológica e renovável.

Segundo Arcari (2010 apud Lima et al, 2020), o alto déficit habitacional brasileiro desafia o setor da construção civil a desenvolver novas técnicas e métodos para produção que unam qualidade e garantia passíveis de serem utilizados em larga escala, visando a redução de custos, além de aumentar a necessidade de sistemas que não agridam o meio ambiente.

Para Souza (2012 apud Lima et al, 2020), a melhor opção de sistemas construtivos a ser adotada no Brasil é o sistema Wood Frame, devido as suas vantagens de custos.

7.1 Metodologia

Utilizando métodos da Contabilidade de Custos, cujo foco principal é a produção industrial, temos uma verificação dos valores mais detalhada, que é capaz de mostrar pontualmente onde as despesas são mais significativas, apontando onde devemos concentrar a nossa atenção para a redução dos

custos de forma pontual e quantitativamente eficiente. Temos uma visão ampla entendendo a diferença entre gastos, custos, despesas e perdas.

Conceitualmente, o sacrifício financeiro na aquisição de bens e serviços é tido como **gasto** ou desembolso. Ocorre antes, durante ou após a entrada do bem adquirido. O **custo** se assemelha com o gasto, porém seu reconhecimento é feito no momento da utilização do bem ou serviço para a obtenção de um produto ou execução de algum trabalho. As **despesas** são recursos (bens e serviços) utilizados para obtenção de receita. Aí se classificam equipamentos utilizados na produção, que podem ser considerados investimento na sua compra, custo durante sua utilização (desgaste/depreciação) e na conclusão do seu trabalho, pode ser visto como uma despesa. **Perdas** são os bens e serviços consumidos de forma anormal pois não tratam de desembolsos intencionais com o fim de gerar receita. Podemos citar como exemplo roubo/furto, incêndios, desperdício, estoques vencidos ou obsoletos, mau uso.

7.2 Efeitos no PIB do País.

A construção civil é uma grande produtora de serviços, bens, renda e tributos, fazendo que outros setores da economia se beneficiem largamente. Segundo Bufon e Anschau (2016 apud Lima et al, 2020), a construção civil é um dos maiores ramos de serviço no Brasil e o que mais absorve mão de obra nacional. Representando uma grande importância para a economia brasileira, gera muitos empregos, influenciando fortemente no Produto Interno Bruto (PIB). Os gastos mensais com mão de obra representam mais de 63% dos custos mensais, maior que os gastos com matéria prima, pouco maior que 35% e 3% de custos administrativos. O setor emprega mão de obra com ensino fundamental ou que não sabe ler e escrever. Levantamento recente do Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil (SINDUSCON) apontou que somente 13% possuem ensino médio completo, 3,4% são técnicos formados e 2,4% possuem ensino superior finalizado. Conforme Marder (2001 apud Lima et al, 2020) a remuneração desta indústria é baixa quando comparada a outros setores industriais. Cerca de 50% dos trabalhadores recebem até dois salários mínimos e 42% estão na faixa de dois a cinco salários mínimos.

Vasques e Pizzo (2014 apud Lima et al, 2020) enfatizam que o uso do sistema convencional de alvenaria tradicional predomina devido ao pouco conhecimento em outros sistemas construtivos mais eficientes, que demandam mão de obra melhor treinada e preparada.

Esse conjunto de características, baixa escolaridade, baixa renda, construções com menos tecnologia e desperdícios causam um efeito final negativo no crescimento do PIB, pois seria mais interessante que se ganhasse em volume na construção civil, atendendo a demanda reprimida de unidades habitacionais e remunerando melhor a mão de obra deste setor. A escolaridade baixa é um fator primordial e estes índices precisam ser melhorados para que tenhamos um crescimento efetivo de renda.

7.3 Custo Unitário Básico – CUB

Desde que foi criado, em 1964 através da Lei 4.591, o Custo Unitário Básico (CUB/m²) sofreu várias alterações para se adaptar aos novos métodos de construção que surgiram. A norma ABNT 12721:2006, encontra-se em sua versão 3, com alterações ocorridas em 2021. Atualmente o CUB é considerado um índice para reajuste de preços em contratos de compras de imóveis em construção e como métrica para obtermos parâmetros comparativos para custos da obra por refletir os custos das obras de forma confiável. Os sindicatos da construção civil são os responsáveis pelo cálculo do CUB, separados por estado e é divulgado todo dia 5, mensalmente. Conforme a ABNT (2006, p. 7), o conceito do CUB é:

Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações.

Importante indicar que o CUB/m² não é global, não sendo considerado nele os custos de fundações, muramentos, piscinas, equipamentos, remuneração do construtor, indicando tão somente o custo parcial básico da

obra. Conforme ABNT (2006, p.3) leva-se em conta o projeto padrão, definido como:

Projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações, definidos por suas características principais:

- a) número de pavimentos;*
- b) número de dependências por unidade;*
- c) áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas;*
- d) padrão de acabamento da construção;*
- e) número total de unidades.*

7.4 Precificação

Por ser um modelo de construção com poucos dados disponíveis academicamente falando, a tecnologia LWF não possui estudos robustos que representem o mercado brasileiro. Por este motivo, foram utilizados dados de uma empresa de construção civil que está empreendendo na construção a seco industrializada, com tecnologia Wood Frame importada da Alemanha. Atuante no mercado nacional desde 2019, a empresa está implantada no estado do Paraná, região sul do Brasil, sendo a mesma detentora de uma DATEC para construção de casas, condomínios e prédios de até cinco andares, tendo construído várias edificações e no momento, representa a empresa de maior expertise neste tipo de metodologia.

Dados da empresa mostram que um dos maiores desafios está em vencer o preconceito cultural, que considera esse tipo de construção frágil em comparação às construções em alvenaria. Para análise, serão comparados os dois modelos escolhidos através de tabelas, tendo como base o CUB do estado do Paraná.

Ambas construções correspondem a uma edificação de 42,8m², casa de baixo padrão R-1 B, possuindo sala, dois quartos, banheiro e cozinha. O quadro

funcional utilizado foi o padrão da empresa de Wood Frame, cuja alocação é de um engenheiro para coordenação, um mestre de obras, quatro montadores, dois estagiários e um técnico em segurança do trabalho. Os encargos sociais estão calculados nos dois tipos de construção. O valor da alvenaria está demonstrado conforme CUB/m² do SINDUSCON.

Tabela 4 - CUB de Mão de Obra direta.

Habitação TIPO	Mão de Obra R\$	
	Comum	Wood Frame
R1-B	847,21	857,93

Fonte: CUB e TecVerde.

Lopes (2013), aponta como desvantagem para o Wood Frame a necessidade de mão de obra especializada, o que aumenta os custos em relação à mão de obra usada na alvenaria. Destacamos que conforme visto no item sobre o PIB, a baixa remuneração da alvenaria se deve a principalmente a baixa escolaridade, o que nos leva a crer, que sob o aspecto de ganho geral, seja um indicador negativo para a economia nacional persistir nesta visão de que o barato é mais vantajoso.

7.5 Materiais Empregados

A construção em alvenaria emprega grandes quantidades de materiais, onde podemos destacar o uso massivo de argamassas, concreto, blocos cerâmicos ou de concreto, aço, areia e brita. Esses materiais, devido as suas características de uso, são os maiores geradores de desperdício nas obras e o cimento em especial, está intimamente relacionado com uma grande emissão de CO₂ na atmosfera em seu processo de produção, bem como a produção de blocos cerâmicos. A indústria do cimento tem investido na redução de suas emissões tendo metas bastante ambiciosas para um futuro próximo.

Lopes (2013) constatou em seu estudo que a alvenaria tem as seguintes vantagens e desvantagens em sua utilização:

Tabela 5 - Vantagens de desvantagens da alvenaria.

Problema	Vantagens	Desvantagens
----------	-----------	--------------

Custo	Alguns materiais tem preço menor que os perfis de madeira Wood Frame e são usados da mesma forma.	Maior quantidade de material, mão de obra não especializada, desperdícios.
Comprometimento da estrutura	Método já consolidado utilizado, tem-se domínio na execução, garantia de funcionalidade, controle técnico especializado	-o-
Desempenho térmico e acústico	Atende o padrão, de acordo com a NBR 15.575 – Desempenho térmico e acústico em edifícios habitacionais até 5 pavimentos	
Emissão de CO ₂	-o-	Cerca de 80% maior que o Wood Frame
Versatilidade e Peculiaridade do Material	Materiais facilmente encontráveis, grande variedade de tipos e métodos para executar a obra	Apresenta muito retrabalho, podendo causar atrasos na obra. Maior quantidade de entulho e limpeza
Instalações Elétricas e Hidráulica	-o-	Instalação mais trabalhosa que no Wood Frame

Fonte: Lopes (2013, p. 21).

Notadamente, nos países tidos como primeiro mundo, especialmente nos Estados Unidos, os sistemas convencionais em alvenaria são pouco empregados para a construção residencial. Este fato está ligado ao nível de

industrialização que o Wood Frame atingiu, o que ocasionou redução de custos e prazos.

Para Molina e Calil (2010, p. 144) o Wood Frame é um sistema construtivo industrializado, durável, que utiliza madeira reflorestada, tratada e certificada, que combinada com outros materiais aumentam o conforto térmico e acústico. As árvores utilizadas são preferencialmente Pinus, pela facilidade na obtenção e no manejo.

Por se tratar de um sistema construtivo a seco, os materiais são industrializados e o consumo de água é muito baixo, sendo desnecessário para montagem das estruturas.

Conforme Cardoso (2015), a industrialização do processo é possível devido a montagem das paredes ser feita em fábrica e encaminhadas para a obra em caminhões e instaladas com o auxílio de guindastes e gruas, através de um processo de encaixe e fixação.

Lopes (2013) apresentou estudo que aponta as vantagens e desvantagens do Wood Frame:

Tabela 6 - Vantagens de desvantagens do Wood Frame.

Problema	Vantagens	Desvantagens
Diferença de custo	Como utiliza perfis de madeira, o custo de material por metro é menor juntamente com o tempo menor para montagem, usando menos mão de obra	Mão de Obra precisa ser especializada.
Comprometimento da estrutura	Para o caso de como a estrutura irá reagir, os métodos de Fundação e Estrutura ao longo da Construção utilizando Wood frame, são feitos do jeito convencional, fazendo com que não haja mudanças nas reações das mesmas. Mesmo considerando por ser madeira, a dilatação,	

	umidade, flexão, compressão, inchamento das bordas, e principalmente resistência a ataque de cupins, são todos analisados ao longo do andamento de uma obra de até 5 Pavimentos.
Desempenho térmico e acústico	Apresenta um espaço de 15 cm a 20 cm entre a parede externa e a interna de uma parede convencional de Wood Frame, pode ser aplicado um preenchimento de isolante térmico/acústico nesse espaço, garantindo uma amenização da influência acústica e térmica que o cômodo pode oferecer, somados as placas OSB externas e gesso acartonado internamente.
Emissão de CO ₂	As árvores reflorestadas permitem uma redução de até 85% na emissão de CO ₂ , quando comparadas com o concreto e o aço, causadores de grande impacto ambiental.

Fonte: Lopes (2013, p. 21).

7.6 Materiais Empregados na Alvenaria

Listamos de maneira resumida alguns os materiais comuns encontrados nas construções em alvenaria, a saber:

Tabela 7 - Lista básica de materiais, alvenaria.

ALVENARIA TRADICIONAL
Chapa compensado plastificado 18 mm 2,20 x 1,10 m
Aço CA-50 \varnothing 10 mm
Concreto fck=25 MPa abatimento 5 \pm 1 cm, .br. 1 e 2 pré-dosado
Cimento CP-32 II
Areia média
Brita n° 02
Bloco cerâmico para alvenaria de vedação 9 cm x 19 cm x 19 cm
Bloco de concreto sem função estrutural 19 x 19 x 39 cm
Telha fibrocimento ondulada 6 mm 2,44 x 1,10 m

Porta interna semiocca para pintura 0,60 x 2,10 m
Esquadria de correr tamanho 2,00 x 1,40 m, em 04 folhas (2 de correr), sem básculas, em alumínio anodizado cor Natural, perfis da linha 25
Janela de correr tamanho 1,20 m x 1,20 m em 2 folhas, em perfil de chapa de ferro dobrada n 20, com tratamento em fundo anticorrosivo
Fechadura para porta interna, tráfego moderado, tipo IV (55 mm), em ferro, acabamento cromado
Placa cerâmica (azulejo) de dimensão 30 cm x 40 cm, PEI II, cor clara, imitando pedras naturais
Bancada de pia de mármore branco 2,00 m x 0,60 x 0,02 m
Placa de gesso liso 0,60 x 0,60 m
Vidro liso transparente 4 mm colocado com massa
Tinta látex PVA
Emulsão asfáltica impermeabilizante
Fio de cobre antichama, isolamento 750 V, # 2,5 mm ²
Disjuntor tripolar 70 A
Bacia sanitária branca com caixa acoplada
Registro de pressão cromado \varnothing 1/2"
Tubo de ferro galvanizado com costura \varnothing 2 1/2"
Tubo de PVC-R rígido reforçado para esgoto \varnothing 150 mm

Fonte: SINDUSCON MG.

7.7 Materiais e Serviços Empregados no Wood Frame

Listamos de maneira resumida os materiais comuns encontrados nas construes em alvenaria, a saber:

Tabela 8 - Lista básica materiais, Wood Frame.

WOOD FRAME
Cantoneiras - Diversos Tamanhos
Chapa Cimentícia
Chapa prego para soleiras e telhados
Contramarco de Alumínio

Energia elétrica
Ensaio, fretes, gestão de resíduos e outros
Fita Adesiva
Fretes diversos
Fundação
Gessos Diversos
Grampo OSB
Impermeabilizantes
Instalação elétrica (tubulação e caixas)
Instalação hidráulica interna paredes
Janelas – diversos tamanhos
Madeira para treliças
Massa cimentícia para canto e parafusos
Membrana Hidrófuga
OSB - Diversos Tamanhos
Pregos lisos, grampos normais
Parafuso para Gesso
Parafusos para Entrepiso
Parafusos para Placa Cimentícia
Parafusos Rosca Soberba TBS
Pingadeira de Fundação e de dilatação
Pingadeiras em alumínio
Pinus - Diversos Tamanhos
Plástico Rígido
Portas – Diversos tamanhos
Pregos Framing
Ripas
Tabeiras
Tratamento de Juntas - Interno
Tratamento de Juntas Externas

Fonte: SINDUSCON MG.

Os custos determinados para o sistema construtivo LWF foram determinados em duas categorias, sendo a primeira referente aos materiais da Tabela 9 - Comparativo CUB materiais, representados no quadro a seguir. Nele o custo representa a matéria prima principal: madeira, fitas, parafusos, chapas cimentícias e de gesso acartonado, placas OSB.

Tabela 9 - Comparativo CUB materiais.

Habitação TIPO	Materiais R\$	
	Comum	Wood Frame
R1-B	554.43	610,09

Fonte: CUB e TecVerde.

Garcia *et al.* (2013) afirma que o Wood Frame por ser industrializado, gera uma redução de custos. Considerando ser uma tecnologia recente no Brasil, e o acesso aos materiais necessários para este tipo de construção terem alguns componentes importador, podemos considerar que devido a esses fatores, seu custo ainda é maior, pois o volume utilizado ainda não foi suficiente para alcançar o barateamento visto em outros países. Grande parte da diferença aproximada de 10% a maior para o LWF se deve aos custos de importação, com destaque às peças metálicas padronizadas. Algo que certamente será melhorado com o aumento da demanda e consequente produção interna.

7.8 Despesas Administrativas

As despesas incorridas no canteiro de obras não serão atribuídas ao custo do produto, porém, as despesas incorridas no chão de fábrica fazem parte do custo do produto, e devem ser consideradas. A base das despesas consideradas pelo CUB engloba luz, água, telefone, combustíveis para ambos os métodos, que podemos definir como segue na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparativo das Despesas Administrativas.

Habitação TIPO	Despesas Administrativas R\$	
	Alvenaria	Wood Frame
R1-B	154.14	212.55

Fonte: CUB e TecVerde.

7.9 Equipamentos

Na construção industrializada em Wood Frame, alguns equipamentos são necessários no transporte, na montagem e encaixe das estruturas. Na construção em alvenaria equipamentos como betoneiras também fazem parte do custo, porém, este tipo de investimento é diluído em várias obras, ao contrario dos equipamentos necessários ao Wood Frame, frequentemente alugados, o que ocasiona reiteradamente uma nova despesa para cada nova construção. Os custos destes equipamentos podem ser observados na Tabela 11:

Tabela 11 - CUB de Equipamentos.

Habitação TIPO	Equipamentos R\$	
R1-B	Alvenaria	Wood Frame
	2,73	38,63

Fonte: CUB e TecVerde.

Os equipamentos necessários para o LWF são caros para aquisição e o seu aluguel e complexidade de operação superior fazem com que a diferença entre os dois métodos seja cerca de doze vezes superior, em média, aos custos da construção em alvenaria.

7.10 Comparativo dos Métodos Construtivos

Quando comparamos os dois métodos construtivos, notamos em análise direta que todos os índices indicam um custo maior para a construção em LWF.

Porém quando estes índices são ponderados, descobrimos que percentuais elevados podem não significar efetivamente um valor final maior, devido ao peso que cada categoria tenha no custo total final da construção. Os ganhos de tempo na construção LWF reduzem o montante de mão de obra utilizada; A quantidade de desperdício nem sempre é medida de forma precisa e como vimos, neste quesito a construção LWF é muito mais eficiente que a de alvenaria; O uso de recursos cada vez mais escasso como a água, embora não seja um componente de custo direto, também é algo que deva ser levado em consideração. As economias de médio e longo prazo com sistemas de refrigeração ou aquecimento embora não façam parte do custo direto da obra,

são importantes pois reduzem o custo efetivo total durante a vida útil da habitação.

Verificando-se diretamente a diferença entre os índices encontrados tem-se: equipamentos – 1315,02%; despesas administrativas – 37,89%; materiais – 35,49%; mão de obra direta – 1,26%.

Porém, considerando-se o peso de cada parte dentro da composição do custo por metro quadrado, podemos considerar que os custos chegam a um patamar bastante próximo, conforme Tabela 12:

Tabela 12 - Comparativo Ponderado ALVENARIA x LWF.

Comparativo dos custos Alvenaria X LWF					
Índice	Alvenaria (A) R\$	Total (%)	LWF (B) R\$	Total (%)	Variação A x B (%)
Mão de obra	847,21	54,36	857,92	49,90	1,26
Materiais	554,43	35,57	610,09	35,49	10,04
Disp. Adm.	154,14	9,89	212,55	12,36	37,89
Equipamentos	2,73	0,18	38,63	2,25	1315,02
Total	1.558,51	100,00%	1.719,19	100,00%	10,31%

Fonte: CUB e TecVerde.

Observamos na Tabela 12 que a mão de obra tem um peso importante em ambos os tipos construtivos. Se levarmos em conta que o treinamento e aprimoramento constante da mão de obra, aliados a ferramentas específicas e métodos construtivos bem planejados em conjunto com uma construção com menos falhas, atrasos e imprevistos poderemos ter uma obra melhor acabada, em menor tempo e com menor custo, a partir do momento que haja aumento em escala do uso do LWF como método construtivo.

8 QUANTO CUSTA POLUIR

À medida que o consumidor se torna mais exigente e passa a fazer escolhas ecologicamente corretas, a percepção da quantidade de poluentes que uma construção pode influenciar o tipo de construção que ele procura, optando por construções que contemplem a redução de suas emissões de carbono.

Os Créditos de Carbono (CO₂), também chamado de Redução Certificada de Emissões (RCE) são certificados emitidos para uma pessoa ou empresa que reduziu suas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Por convenção uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) correspondem a um crédito de carbono.

Basicamente este mercado funciona como uma autorização para o agente poluidor continuar poluindo, porém, compensando as suas emissões comprando certificados de pessoas que são produtores antagônicos à geração de CO₂, como empresas de reflorestamento, que plantam árvores que captam e retiram do ar o CO₂. Essas compensações das emissões autorizadas de gases do efeito estufa (GEE) possuem um preço que deve ser necessariamente inferior ao da multa que o emissor poluente teria que pagar ao poder público, que cria leis restringindo a quantidade de GEE que uma nação ou indústria pode lançar na atmosfera durante as suas atividades. Acordos internacionais como o Protocolo de Kioto determinam essas cotas para os países que assinam o tratado, assumindo desta forma a responsabilidade pela redução desses índices. Esses protocolos são revistos periodicamente, a fim de se adaptar as novas realidades.

Uma tonelada de CO₂ equivalente corresponde a um crédito de carbono, e é o resultado das toneladas emitidas do GEE multiplicadas pelo seu potencial de aquecimento global:

Tabela 13 - Fator de multiplicação GEE.

GEE	Fator de Multiplicação
CO ₂ – Dióxido de Carbono	1
CH ₄ – Metano	21
N ₂ O – Óxido Nitroso	310

HFCs – Hidrofluorcarbonetos	140 ~ 11700
PFCs – Perfluorcarbonetos	6500 ~9200
SF ₆ – Hexafluoreto de Enxofre	23900

fonte: Wikipedia, internet.

8.1 Brasil Gerando Créditos de Carbono

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) anunciou o lançamento do programa BNDES Créditos de Carbono, que tem como objetivo fomentar o desenvolvimento de um mercado voluntário para a compra e venda desses créditos, ao mesmo tempo em que estabelece padrões de qualidade para projetos de descarbonização da economia. O programa foi divulgado em novembro de 2022 durante a COP27, um evento sobre mudanças climáticas realizado no Egito. No evento o BNDES revelou as 15 propostas selecionadas para a próxima etapa de análise na chamada piloto para aquisição de créditos de carbono. Iniciativa pioneira no Brasil, busca incentivar projetos que gerem redução de emissões ou captura de carbono através de Chamadas Públicas, o investindo recursos na comercialização de instrumentos de compensação de carbono no mercado voluntário, estabelecendo padrões de qualidade para promover a descarbonização da economia brasileira.

A precificação do carbono, por meio dos créditos de carbono, oferece uma alternativa importante para reduzir, capturar e compensar as emissões de gases de efeito estufa. Cerca de 20% das grandes empresas de capital aberto já buscam a neutralidade climática, percebendo que a responsabilidade socioambiental agrega valor à reputação institucional e traz oportunidades ao setor privado.

Os créditos de carbono podem ser gerados a partir de diversas atividades, como eficiência energética, substituição de combustíveis, gestão de resíduos, práticas industriais, transporte, redução do desmatamento e plantio de árvores para renovar e armazenar o dióxido de carbono, incentivando investimentos em inovação para redução de custos das tecnologias climáticas e implementação de

soluções em grande escala. O mercado de carbono é dividido em regulado e voluntário.

8.1.1 Mercados de Carbono Regulado

O mercado regulado possui mecanismos que estabelecem limites de emissões por setor, e as empresas desse setor negociam seus limites por meio de um mercado secundário.

8.1.2 Mercado Voluntário

O mercado voluntário de carbono se concentra em transações espontâneas de créditos, realizadas por meio de contratos bilaterais ou em mercados organizados. A negociação de créditos de carbono envolve interesses corporativos estratégicos, como reputação institucional e demanda do público. Adota padrões de certificação para os créditos de carbono, a fim de reduzir riscos para os compradores e garantir que os objetivos de responsabilidade socioambiental sejam alcançados. Estima-se que o mercado voluntário precise crescer mais de 15 vezes até 2030 para cumprir as metas do Acordo de Paris, que busca o equilíbrio entre emissões e remoções de gases de efeito estufa até 2050. A negociação de créditos de carbono é uma forma para empresas e países alcançarem suas metas de descarbonização.

De acordo com o Ecosystem Marketplace, as transações voluntárias de créditos de carbono mais que dobraram entre 2017 e 2018, e em 2021 a demanda no mercado voluntário ultrapassou US\$ 1 bilhão pela primeira vez.

8.2 Preço do Crédito de Carbono

Cada tonelada de emissão de dióxido de carbono evitada corresponde a um crédito de carbono, cujo valor é de aproximadamente US\$ 5 ou R\$ 26 no Brasil. No entanto, o preço global do crédito de carbono pode variar de US\$ 1,20 a US\$ 40 por tonelada, dependendo do mercado em que está sendo negociado. O preço médio mundial é de US\$ 37, de acordo com o Observatório de Bioeconomia da Fundação Getúlio Vargas (FGV), que acompanha a precificação do carbono.

O BNDES desempenha um papel importante no apoio ao Brasil na transição justa para uma economia neutra em emissões de gases de efeito estufa, por meio da mobilização de recursos financeiros e do estabelecimento de parcerias implementando várias ações, como o matchfunding Floresta Viva, programas para aquisição de créditos de carbono e o FG Energia, que juntos evitam a emissão de 77 milhões de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera, equivalente a 29 anos de emissões da frota de veículos da cidade de São Paulo. Atualmente, 41% da carteira de crédito do BNDES está relacionada à economia verde, e desde 2015, foram investidos US\$ 24 bilhões nesse segmento. Considerando também os investimentos sociais, o valor total chega a US\$ 50 bilhões. A participação do BNDES na COP 27 destaca seu compromisso em mobilizar recursos e desenvolver soluções inovadoras para apoiar a transição para uma economia neutra em carbono e uma matriz energética mais limpa.

9 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O conceito de impacto ambiental de acordo com Vasconcellos e Ahdeve (1993 apud Lima et al, 2020) é a colisão de substancias sólidas, liquidas ou gasosas que a partir de obras ou atividades, causa alteração danosa do ambiente natural, artificial, cultural ou social.

O setor de construção civil é um dos grandes utilizadores de recursos naturais no mundo e sua atividade é responsável por diversos impactos no meio-ambiente com alguns números elevados. Por exemplo, a construção civil mundial demanda 40% de energia e um terço dos recursos naturais; emite um terço dos gases de efeito estufa; consome 12% da água potável e produz 40% dos resíduos sólidos urbanos (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável [CBCS], 2014).

Muitos fatores contam para os impactos ambientais principalmente o consumo energético, as emissões atmosféricas, o consumo de recursos hídricos, a geração de resíduos e os ruídos emitidos na construção civil.

Há ocorrência de consumo energético nas duas tecnologias de construção estudadas, que ocorrem em diversos momentos da produção, por exemplo: na exploração e industrialização da matéria prima; na produção de tijolos e argamassa; no transporte de materiais. A queima de combustíveis fósseis e o consumo de energia elétrica ocorrem em todo o processo produtivo de alvenaria tradicional e Wood frame (Santos, 2013 apud Lima et al, 2020).

A emissão de dióxido de carbono (CO₂) é inerente ao processo construtivo de alvenaria tradicional, e a maior ocorrência de emissão atmosférica se dá durante a mineração e transporte da matéria prima, e nas atividades que envolvem o tratamento materiais residuais.

O consumo de recursos hídricos ocorre em grande parte do processo produtivo da construção civil. Os veículos que transportam a matéria prima precisam ser lavados sempre em que é deixado o parque de extração e a mesma necessidade de lavagem ocorre no transporte do produto para as obras. No

sistema construtivo de alvenaria tradicional os recursos hídricos também são utilizados em abundância para dar o traço entre areia, cimento e cal.

A geração de resíduos se dá principalmente pelo desperdício de matérias que ocorre devido às perdas no processo de produção e aos retrabalhos. O material não utilizado passa a ser tratado como resíduos oriundos da construção. O maior problema ocorre no depósito dos entulhos, que por muitas vezes é realizado em locais inapropriados. Os resíduos oriundos do Wood frame acontecem principalmente no chão de fábrica por motivos de erro onde são necessários retrabalhos (Santos, 2013 apud Lima et al, 2020), quanto ao canteiro de obras, a maioria das peças está pronta e corretamente dimensionada para a produção, o que acarreta em poucos ajustes no local da edificação, sendo a maior parte durante a fase de acabamento. De acordo com Torquato (2010) o setor de construção civil produz cerca de 30% a 40% do total de resíduos produzidos no Brasil, se considerado os resíduos de demolição os números se igualam, podendo até ser superiores, a massa de lixo urbano, com aproximadamente 400,00 kg por habitação ao ano. Conforme o SINDUSCON (2015) os resíduos gerados pela construção civil representam entre 50% e 70% das principais cidades do estado de São Paulo.

Em relação aos ruídos, ou poluição sonora, são gerados por ambos os sistemas construtivos significativamente em todo o processo de extração, fabricação, transporte e no canteiro de obras. Após o processo de construção não há grandes impactos na poluição sonora.

O Wood frame apresenta diversas vantagens em relação aos impactos ambientais causados pela alvenaria. Por exemplo, no consumo de energia o Wood frame faz uso do diesel na extração e no seu processo de produção, porém de acordo com Santos (2013 apud Lima et al, 2020), a sua principal fonte de energia, utilizada em seus maquinários e pneumáticos, é a energia elétrica, fonte renovável e de menor impacto ambiental em relação aos combustíveis fósseis. Além de sua principal matéria prima, o Pinus, utilizar como fonte de energia, a energia solar. A construção em LWF possui um bom aproveitamento térmico, o que acarreta em um consumo menor de energia no ambiente durante sua vida útil.

Um ponto negativo a se ressaltar é que para uso no sistema construtivo em Wood frame, é necessário tratar o Pinus para a prevenção de infestações de cupins e comprometimento das construções, (Torquato, 2010, p. 24). Os restos do Pinus não podem ser reutilizados ou reciclados e conforme as normas brasileiras devemos queimar o material com tratamento dos efluentes atmosféricos (Ramos, 2012 apud Lima et al, 2020).

Nas emissões atmosféricas o Wood frame se destaca, pois durante a silvicultura do Pinus há o sequestro de carbono mantendo a emissão atmosférica negativa. Sob a perspectiva ambiental, o Pinus pode ser considerado como uma fonte renovável e de importante papel para equilibrar climas locais, e devido ao seu rápido crescimento, absorve altas taxas de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera (BRACELPA, 2012). O Wood frame possui emissão atmosférica mais significativa no transporte, que ocorre em todo o processo produtivo, e no futuro descarte da madeira Pinus, que precisa ser queimada devido à liberação de substâncias perigosas que contém, porém possui tratamentos previstos em lei para ser menos agressivo ao meio ambiente.

Em uma edificação de 40m² construída com tecnologia LWF, a redução de emissões de dióxido de carbono ocorre em até 73%, se comparado com a alvenaria tradicional. (Santos, 2013 apud Lima et al, 2020).

Torquato (2010 apud Lima et al, 2020) explica que o LWF é considerado um sistema de construção a seco, conhecido por não utilizar água no processo de execução da obra. Utiliza-se de materiais com menor necessidade de consumo de água para limpeza e manutenção. Portanto, apesar de também utilizar água na lavagem dos veículos, os recursos utilizados são menos significativos do que na alvenaria tradicional.

As obras feitas a partir do sistema construtivo em Wood Frame possui alto potencial sustentável capaz de causar efeitos significativos no atual cenário de impactos ambientais causados pela indústria de construção civil no Brasil.

É necessária a atenção com a construção de habitações mais sustentáveis as quais minimizam os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade

de vida dos seus ocupantes. Uma obra sustentável leva em consideração todo o projeto da obra: os procedimentos anteriores a construção, o qual deve ser analisado o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais que serão usados; cuidados com a geração de resíduos; minimização do uso de matérias-primas com o reaproveitamento de materiais durante a execução da obra até o tempo de vida útil da obra e a sustentabilidade da sua manutenção (BRASIL, 2014)

10 CONCLUSÃO

Existe uma necessidade de transformação no Brasil, sem a qual será difícil transpor o enorme déficit habitacional ocasionado pela baixa capacidade produtiva das empresas, que aliado a métodos morosos e ineficientes nos empurram para uma situação caótica, principalmente para as camadas mais baixas de renda, que mais necessitam de moradias.

A industrialização na construção civil se mostra como uma alternativa viável, mas isso requer que a sociedade como um todo abrace novos paradigmas. Um dos problemas, senão o maior, é cultural. Os envolvidos neste processo – meio acadêmico, governo, indústria – precisam focar em informar o seu público consumidor das qualidades e vantagens que podem ser alcançadas com o emprego de métodos mais modernos.

Temos um grave problema em relação à qualidade da mão de obra, grande parte com baixo nível de escolaridade e conseqüentemente mal remunerada. Investir na formação destes profissionais aumentaria as possibilidades do sistema de construção LWF ser aceito. Maior produtividade da mão de obra levaria a um aumento de renda e o aumento de renda propiciaria acesso a novos patamares de qualidade de vida para a nação, pois isso alteraria positivamente o PIB.

A sustentabilidade é outro fator que seria amplamente beneficiada com a redução de carbono, que como vimos, está se tornando um produto de alto valor agregado e que o Brasil tem plenas condições de explorar. Uma reversão em 5% das moradias construídas hoje em alvenaria, para construções em LWF exigiria um crescimento na produção de madeira reflorestada e como consequência imediata teríamos menor emissão de CO₂ pelas indústrias de cimento e aço e um aumento significativo na captação de CO₂ pelas florestas, com títulos que podem ser vendidos no mercado mundial.

Em poucos anos podemos estar em um círculo virtuoso de crescimento. Construções melhores, mais rápidas e mais acessíveis às pessoas de baixa renda. O que nos cabe é ver o futuro com outros olhos. E agir.

11 REFERÊNCIAS

XVII CONGRESSO USP DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTABILIDADE, XVII., 2020, São Paulo. **Comparativo de Custos Unitário Básico Entre os sistemas Construção Wood Frame e Alvenaria Tradicional [...]**. [S. l.: s. n.], [2020]. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/20UspInternational/ArtigosDownload/2555.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2023.

ABINCI: Estudo Setorial 2019 ano base 2018. Curitiba-PR: ABINCI, 2019. Disponível em: <https://abimci.com.br/wp-content/uploads/2022/09/Estudo-Setorial-2019.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2023.

ABIMCI: Norma para construção de casas de madeira em wood frame é enviada para consulta nacional. Paraná-PR, 3 fev. 2023. Disponível em: <https://abimci.com.br/norma-wood-frame-consulta-nacional-2/>. Acesso em: 1 jun. 2023.

ABNT Consulta Nacional: ABNT/CB-002 Construção Civil. 3. 3. ed. [S. l.], 1 mar. 2023. Acesso exclusivo com usuário/senha. Disponível em: <https://www.abntonline.com.br/consultanacional/>. Acesso em: 1 mar. 2023.

AGENCIA CBIC: MCMV terá foco na Faixa 1 e novo programa para cidades menores. [S. l.], 19 abr. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/mcmv-tera-foco-na-faixa-1-e-novo-programa-para-cidades-menores/>. Acesso em: 1 jun. 2023.

BANCO de Dados CBIC: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. [S. l.], 1 mar. 2021. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em: 1 jun. 2023.

BNDES anuncia programa para aquisição de créditos de carbono regulares. [S. l.], 10 nov. 2022. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-anuncia-programa-para-aquisicao-de-creditos-de-carbono-regulares>. Acesso em: 1 jun. 2023.

CBCS: Aspectos da Construção Sustentável no Brasil. [S. l.], [2014]. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=DAE7FB57-D662-4F48-9CA6-1B3047C09318>. Acesso em: 1 jun. 2023.

COPROCESSAMENTO uma solução definitiva para o resíduo: Indústria brasileira faz a sua parte na redução de emissões. [S. l.], 21 abr. 2021. Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/industria-brasileira-faz-a-sua-parte-na-reducao-de-emissoes/>. Acesso em: 1 jun. 2023.

CRÉDITOS de carbono. [S. l.], [2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cr%C3%A9ditos_de_carbono. Acesso em: 1 jun. 2023.

DOS PRAZERES, F. da S.; ALBERTI, E. G.; ARAKAWA, F. S. Sistema construtivo em wood frame como alternativa inovadora para o desenvolvimento sustentável no Brasil / El sistema de construcción con estructura de madera como alternativa innovadora para el desarrollo sostenible en Brasil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 20360–20380, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n3-306. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/45488>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ESPÍNOLA, Luciana da Rosa. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil**. Orientador: Akemi Ino. 2017. 331 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, USP, 24/03/2017. DOI: 10.11606/T.102.2017.tde-04092017-113504. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-113504/pt-br.php>. Acesso em: 1 jun. 2023.

FLORESTAS Sustentáveis: Fonte de matérias-primas renováveis e recicláveis, as árvores plantadas recuperam áreas previamente degradadas com técnicas como o plantio em mosaicos e corredores ecológicos. [S. l.], 01 jun. 2023. Disponível em: <https://iba.org/florestas-sustentaveis>. Acesso em: 1 jun. 2023.

INDÚSTRIA Verde: Setor de cimento brasileiro é o que emite a menor quantidade de CO₂ por tonelada de cimento produzida no mundo. [S. l.], 14 out. 2021.

Disponível em: <https://industriaverde.com.br/cases/brasil-e-o-pais-que-emite-a-menor-quantidade-de-co2-por-tonelada-de-cimento-produzida-no-mundo/>.

Acesso em: 1 jun. 2023.

FUNDAÇÃO João Pinheiro: Déficit Habitacional no Brasil. Belo Horizonte-MG: Fundação João Pinheiro, 2021. Disponível em: https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf. Acesso em: 1 jun. 2023.

INSTITUTO Brasileiro de Florestas: Compensação de CO2 com Plantio de Florestas. [S. l.], [2022]. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/compensacao-de-co2>. Acesso em: 1 jun. 2023.

ISTO É Dinheiro: O concreto: terceiro maior emissor mundial de gases de efeito estufa. [S. l.], 19 out. 2021. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/o-concreto-terceiro-maior-emissor-mundial-de-gases-de-efeito-estufa/>. Acesso em: 1 jun. 2023.

LOPES, Eduardo Caetano Alves. **Tecnologias sustentáveis em obras de pequeno e médio porte – custos, vantagens e desvantagens no uso de wood frame**. Orientador: Robson Donizeth G da Costa. 2013. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado de Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília-DF, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/handle/10869/4629>. Acesso em: 1 jun. 2023.

MINISTÉRIO da Economia: Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). [S. l.], 29 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/area/habitacao-e-saneamento/subsidios/pmcmv>. Acesso em: 1 jun. 2023.

MINISTÉRIO da Integração e do Desenvolvimento Regional: SINAT- Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais. [S. l.], 14 mar. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h/sinat-sistema-nacional-de-avaliacoes-tecnicas-de-produtos-inovadores-e-sistemas-convencionais>. Acesso em: 16 jun. 2023.

MOLINA, Julio Cesar e CALIL JUNIOR, Carlito. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina : ciências exatas e tecnológicas, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010. Tradução . . Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/4017/6906>. Acesso em: 06 jun. 2023.

OLIVEIRA, Thiago Ribeiro. **PRODUTOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO ENQUANTO ALTERNATIVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Orientador: Prof. Dr. Marcio Coutinho de Souza. 2021. 78 p. Relatório Técnico Científico (Mestrado em Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2021. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em: 1 maio 2023.

PEREIRA FILHO, Luiz Gustavo Nunes. **Viabilidade técnica-econômica para construção de habitações de interesse social em wood frame**. Orientador: Daniel Tregnato Pagnussat. 2020. 173 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/218060>. Acesso em: 1 jun. 2023.

PIB da Construção tem alta de 6,9% em 2022 e puxa crescimento da economia. [S. l.], 2 mar. 2023. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/construcao-civil/2023/03/02/pib-da-construcao-tem-alta-de-69-em-2022-e-puxa-crescimento-da-economia#:~:text=O%20Instituto%20Brasileiro%20de%20Geografia,%2C9%25%20no%20mesmo%20per%C3%ADodo>. Acesso em: 1 jun. 2023.

PRESIDENCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL. MEDIDA PROVISÓRIA nº 1142, de 14 de fevereiro de 2023. O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 62 da Constituição, adota a seguinte Medida Provisória, com força de lei: Art. 1º O Programa Minha Casa, Minha Vida tem por finalidade promover o direito à cidade e à moradia de famílias residentes em áreas urbanas e rurais, associado ao desenvolvimento urbano e econômico, à geração de trabalho e de renda e à elevação dos padrões de habitabilidade e de

qualidade de vida da população. **MEDIDA PROVISÓRIA Nº 1.162, DE 14 DE FEVEREIRO DE 2023**, Brasília/DF: DOU, 15 fev. 2023.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 309–326, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/75222>. Acesso em: 17 jun. 2023.

12 ANEXO A – 3º PROJETO ABNT NBR 16936 – FEV 2023

O 3º Projeto ABNT NBR 16936, apresentado em consulta pública para a ABNT em fevereiro de 2023 não foi aprovado, estando no momento em discussão alterações e melhorias solicitadas nesta consulta. É um processo normal e seus idealizadores esperam poder retornar à nova consulta pública ainda em 2023 ou meados de 2024. Anexamos aqui este 3º projeto pois não existem cópias disponíveis na internet, por ser vedada expressamente pela ABNT a sua publicação em meio eletrônico sem prévia permissão da ABNT. O conteúdo deste anexo deve ser usado exclusivamente como fonte de consulta para melhor compreensão deste Trabalho de Conclusão de Curso – TCC.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

Edificações em *light wood frame*

APRESENTAÇÃO

1) Este 3º Projeto foi elaborado pela Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos *Wood Frame* (CE-002:126.011) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), com número de Texto-Base 002:126.011-001, nas reuniões de:

14.06.2016	18.04.2017	28.02.2018
08.05.2018	13.06.2018	22.08.2018
18.09.2018	08.11.2018	27.03.2019
24.04.2019	25.10.2019	17.06.2021

a) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Michelly Oliveira e Wemerson Silva.

Projeto em Consulta Nacional

© ABNT 2023

Todos os direitos reservados. Salvo disposição em contrário, nenhuma parte desta publicação pode ser modificada ou utilizada de outra forma que altere seu conteúdo. Esta publicação não é um documento normativo e tem apenas a incumbência de permitir uma consulta prévia ao assunto tratado. Não é autorizado postar na internet ou intranet sem prévia permissão por escrito. A permissão pode ser solicitada aos meios de comunicação da ABNT.

NÃO TEM VALOR NORMATIVO



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

Edificações em *light wood frame*

Light wood frame construction

Projeto em Consulta Nacional

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.

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). 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 XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR 16936:2022 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 guidelines for light wood frame construction systems covering design and building conditions (fabrication, transportation, assembly and storage on site).

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.

NÃO TEM VALOR NORMATIVO



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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.*

Projeto em Consulta Nacional

NÃO TEM VALOR NORMATIVO



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 em chapas 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 6232, *Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão*

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 9574, *Execução da impermeabilização*

ABNT NBR 9575, *Impermeabilização – Seleção e projeto*



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

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 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 16655-1, *Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto – Parte 1: Projeto e instalação*
- 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*
- 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 D3723, *Test method for pigment content of water-emulsion paints by low-temperature ashing*
- 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 13859-1, *Flexible sheets for waterproofing – Definitions and characteristics of underlays – Part 1: underlays for discontinuous roofing*
- PS1, *Structural plywood*
- CSA 0325, *Construction sheathing*
- AWPA P23, *Standard for chromated copper arsenate type C (CCA-C)*
- 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

barreira de vapor e umidade

manta impermeável à água no estado líquido e permeável ao vapor da água

3.7

barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor

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

3.8

basecoat

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

3.9

cerne

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



3.10

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

3.11

chapas de dente estampado

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

3.12

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

3.13

componente nivelador

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

3.14

componentes da face superior do entepiso com função estrutural

painéis ou chapas fixadas nos barotes e vigas estruturais

3.15

componentes de contraventamento

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

3.16

componentes de fechamento internos e externos

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

3.17

componentes de madeira maciça serrada

peças de madeira maciça serrada

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

3.18

componentes de revestimento

componentes de acabamento

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

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

3.19

contrapiso

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

3.20

contraverga

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



3.21

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

3.22

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 albúmeno de todas as espécies de madeira é considerado não durável ou perecível.

3.23

edificação assobradada

edificação residencial que apresenta dois pavimentos

3.24

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).

3.25

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

3.26

entrepiso

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

3.27

forro

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

3.28

fungos

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

3.29

isolante térmico

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

3.30

junta

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

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



3.31

madeira beneficiada

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

EXEMPLO Assoalhos, forros e batentes.

3.32

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*).

3.33

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

3.34

madeira maciça

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

3.35

manta para impermeabilização

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

3.36

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

3.37

membrana hidrófuga

membrana impermeável à água no estado líquido e permeável ao vapor da água

3.38

montante

elemento vertical com função estrutural que compõe o esqueleto das paredes

3.39

organismo xilófago

insetos ou fungos que se alimentam de madeira

3.40

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



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

3.41

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.

3.42

parede curta

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

3.43

parede longa

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

3.44

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

3.45

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

3.46

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

3.47

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

3.48

produto impermeável

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

3.49

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.



3.50

quadro estrutural de parede

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

3.51

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.

3.52

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)

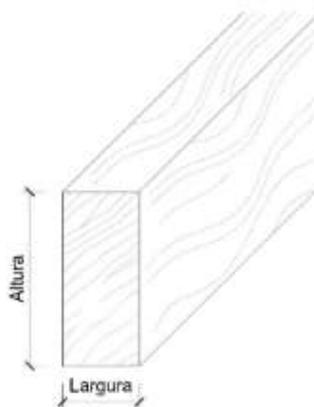


Figura 1 – Seção nominal da peça de madeira

3.53

siding

componentes aplicados parcialmente sobrepostos e utilizados para revestimento

3.54

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)



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

Projeto em Consulta Nacional

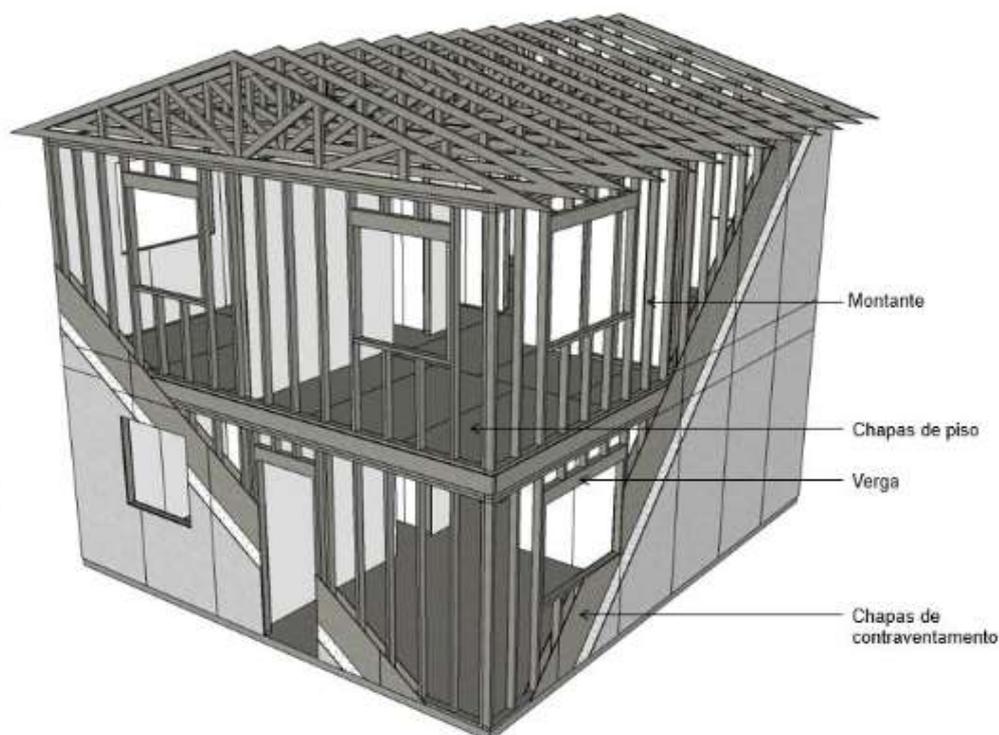


Figura 2 – Esquema 3D de uma edificação de dois pavimentos em *light wood frame*

3.55

umbral

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

3.56

vedação vertical

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

3.57

verga

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

3.58

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 e do revestimento externo;
- 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 ou 100 mm acima do nível máximo que a lâmina de água possa atingir (banheiro sem chuveiro ou lavabo, cozinha e sacada coberta), antes da aplicação da camada de acabamento (ver Figura 13), e emprego de rodapés de material resistente à água de 70 mm de altura 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) utilização de mantas ou membranas de impermeabilização em paredes que contenham cubas, lavatórios, pontos para torneira ou chuveiro conforme apresentado na Figura 13;
- k) 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;
- l) 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.



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

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 à compressão paralela às fibras 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
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 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 A.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 Madeira engenheirada e outros produtos

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.



5.2.5 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



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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				ASTM D 3345
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.			
Varição dimensional por imersão e secagem	<p>Varição 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, o fabricante deve informar a forma de instalação dos parafusos e do material da junta.</p>			ABNT NBR 15575-4
<p>NOTA As chapas categoria A são indicadas para aplicações externas, sujeitas à ação 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 exposta 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.</p>				



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.

Projeto em Consulta Nacional



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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	
Permeabilidade 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.

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;



- 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.

87



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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 metálicos 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, entrepisos, portas, janelas, coberturas e entrepisos 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.

- paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) devem ser dimensionadas para resistirem tanto aos esforços horizontais quanto aos esforços verticais impostos a elas;
- a parede deve ser adequadamente ancorada para evitar o tombamento e o deslizamento;
- 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;
- 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;
- um método simplificado de cálculo é dado em 6.2.2;
- o dimensionamento de parede portante de resistência ao cisalhamento (*shear wall*) deve considerar tanto os materiais quanto a composição geométrica da parede em questão;
- 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.

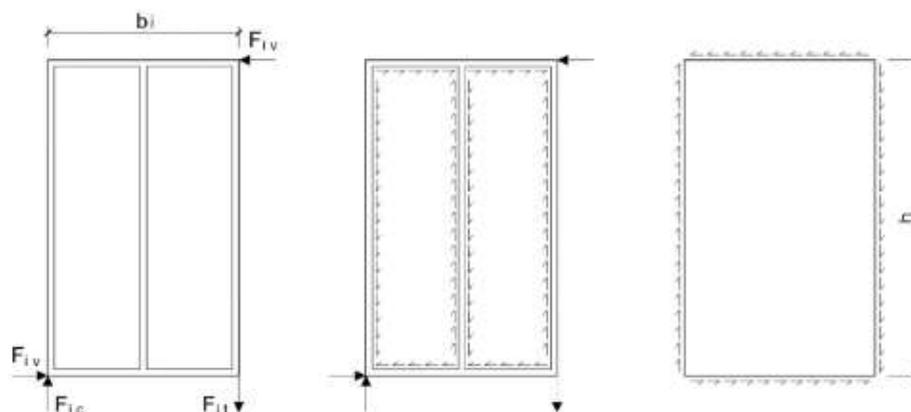


Figura 3 – Forças atuantes nas paredes portantes de resistência ao cisalhamento (*shear wall*), no quadro estrutural e no painel de contraventamento

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.

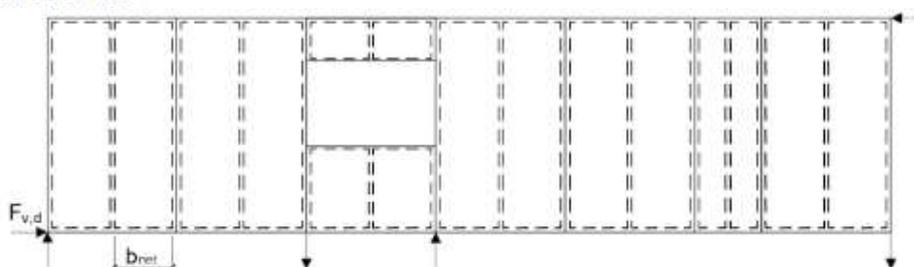


Figura 4 – Arranjo de painel contendo abertura e módulo de menor dimensão

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 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 descontínuo deve ser multiplicado pelo fator 1,5 (até um máximo de 150 mm) sem redução da capacidade de carga.

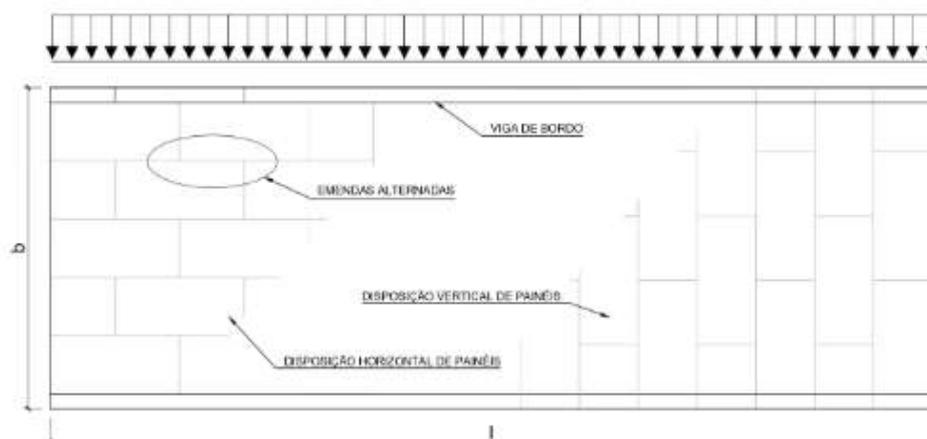


Figura 5 – Carregamento de painel de diafragma e disposição dos painéis de contraventamento



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 painéis verticais

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

- 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;
- cortes retangulares nas faces são permitidos desde que sua profundidade não ultrapasse $h/4$;
- se ocorrer mais de um furo no mesmo montante, esses furos devem estar distantes no mínimo 3 vezes o diâmetro do furo;
- nunca executar furo e entalhe na mesma seção de um montante;
- os furos não podem ocorrer na mesma altura em montantes subsequentes;
- os furos permitidos devem ser considerados como redução de seção para fins de projeto estrutural.

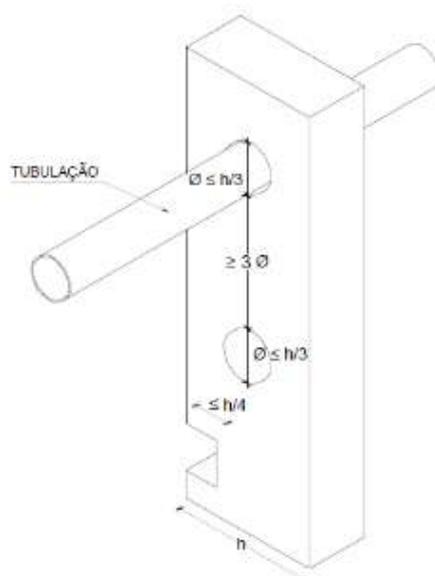


Figura 6 – Perfuração em montantes

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.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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*.

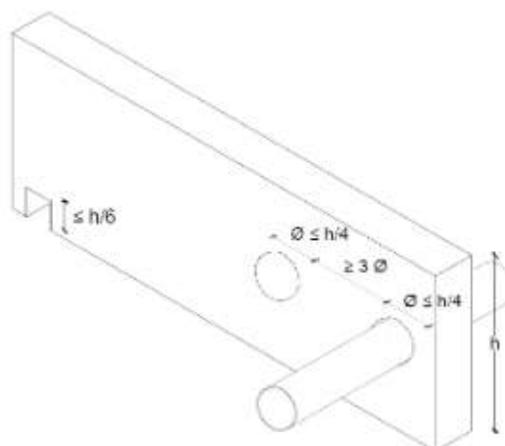


Figura 7 – Perfuração em barrotes

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 ($R_{v,1,d}$) 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.

Projeto em Consulta Nacional

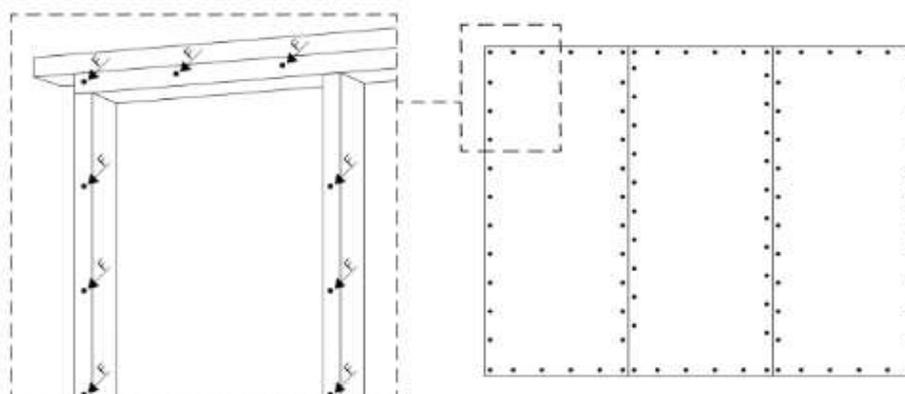


Figura 8 – Fixação dos painéis de contraventamento em montantes

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.

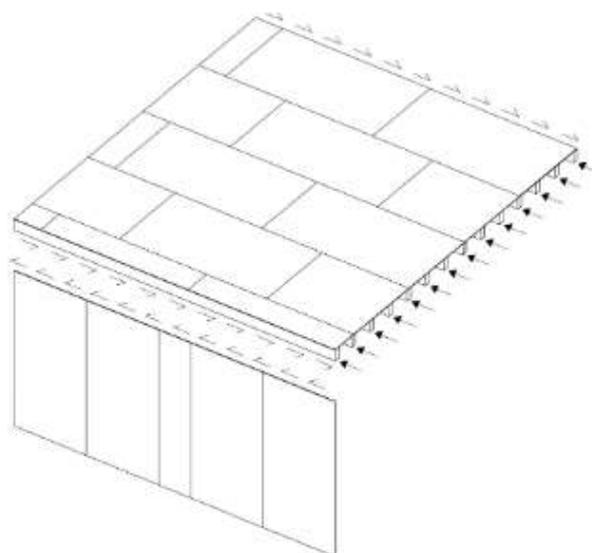


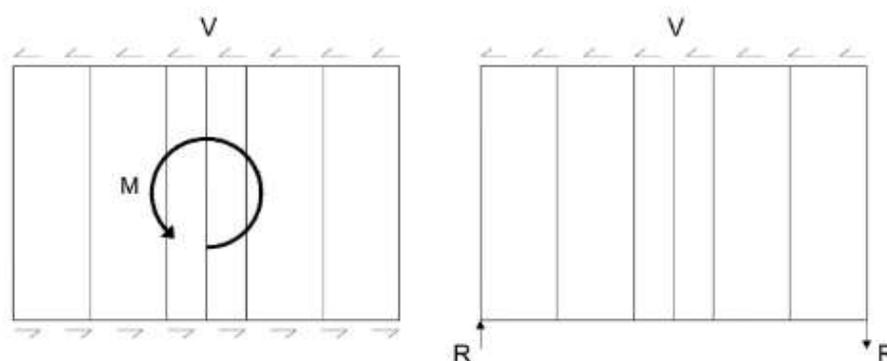
Figura 9 – Ligação do painel vertical e horizontal

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 aplicadas com maçarico 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.

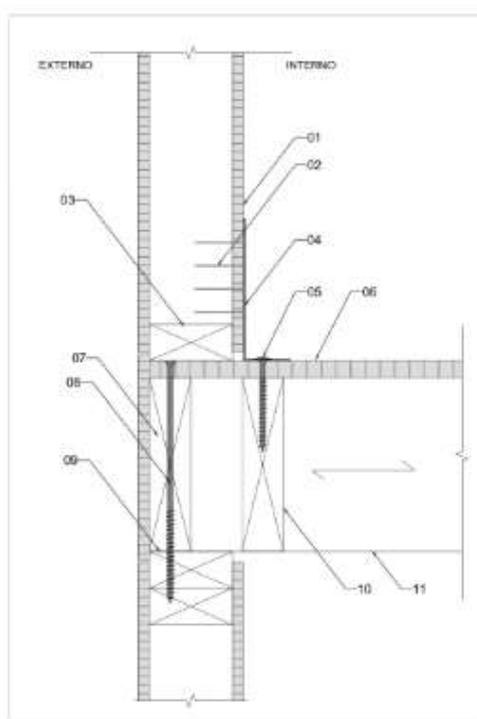
Após essas aplicações, o painel pode ser fechado na segunda face pelos componentes de acabamento interno conforme paginação especificada em projeto executivo e de produção. Os acabamentos como tratamentos de juntas e emassamento de cabeças de parafusos podem também ser aplicados nesta fase.

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 entrepiso 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 OSB ou compensado estrutural
- 2 prego anelado
- 3 soleira
- 4 cantoneira de ancoragem
- 5 parafuso de ancoragem
- 6 chapa OSB ou compensado 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 Pannel 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 barroteis com diâmetro superior a 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.

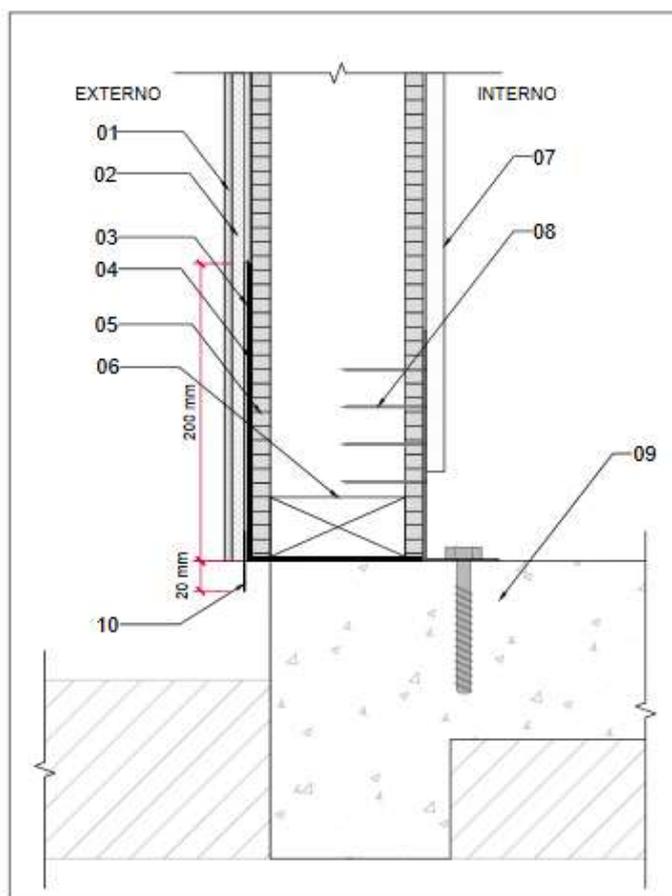
Para passagem de dutos de ar com dimensões acima do permitido em 6.2.6.1 e 6.2.6.2, o projeto deve prever vãos ou *shafts* verticais e/ou horizontais para este fim. Cada um dos subsistemas de instalações nesta subseção deve atender, conforme o subsistema, às ABNT NBR 5410, ABNT NBR 5626, ABNT NBR 8160, 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 I – barreira de isolamento e proteção
- 5 chapa de OSB ou compensado estrutural
- 6 soleira
- 7 vedação interna
- 8 prego anelado
- 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

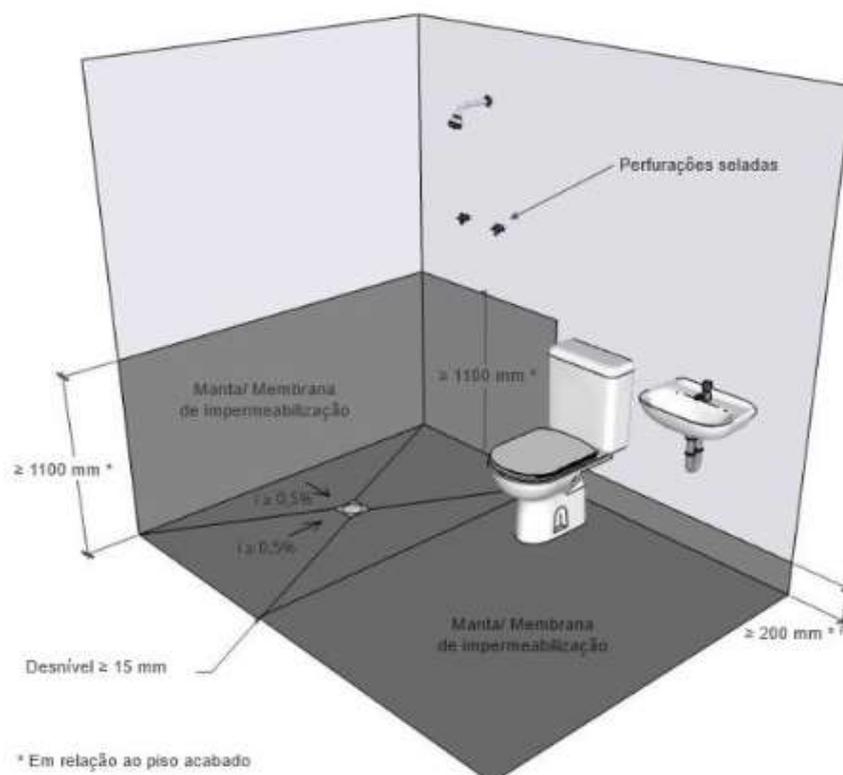
As áreas molhadas e molháveis devem receber impermeabilização adequada, com cobrimentos, inclinação e desnível mínimos conforme os itens a seguir (ver Figura 13):

- 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);
- 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);
- 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;
- 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.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023



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. Quando utilizados fixadores mecânicos, estes devem ser instalados a alturas superiores a 100 mm da base do quadro estrutural.

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, empoamentos, 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 Prevenção e combate ao incêndio

7.1 Generalidades

Os sistemas ou elementos de vedação entre pavimentos, compostos por entrepisos e elementos estruturais associados, que integram as edificações, devem atender aos critérios de resistência ao fogo visando 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.

A composição dos painéis de parede e entrepiso em *light wood frame* deve atender ao critério de propagação superficial de chamas especificado na ABNT NBR 15575-1. Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento térmico e absorventes acústicos empregados nos sistemas ou elementos que compõem as unidades habitacionais devem ter as características de propagação de chamas controladas, de forma a atender aos requisitos para paredes, pisos e forros dos beirais da cobertura, no ensaio SBI conforme as EN 13823 e ISO 11925-2.

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.

Se nos demais ambientes o sistema de cobertura não atender à resistência ao fogo de 30 min, deve ser previsto um septo vertical entre as unidades habitacionais (parede de geminação), que deve prolongar-se até a face inferior do telhado, com resistência ao fogo de 30 min.

7.2 Selagem de juntas/frestas para passagem de tubulações em paredes de compartimentação, paredes estruturais e pisos

Perfurações para passagem de tubulações em paredes de compartimentação, paredes estruturais e entrepisos devem ser seladas (com selantes, massas, colarinhos/anéis corta fogo etc.), com resistência



ao fogo igual ou superior à requerida para as paredes de compartimentação, evitando que chamas se propaguem para o interior desses elementos, por meio das juntas entre tubo e parede ou pelos tubos.

7.3 Proteção de frestas/vãos na região de posicionamento de caixas de passagem elétrica e de pontos de iluminação posicionados nos elementos de paredes e pisos

Proteções/soluções devem ser projetadas para a região dos vãos onde são posicionadas as caixas de passagem elétricas e os pontos de iluminação nos elementos de compartimentação entre unidades autônomas (paredes e pisos), 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 avaliadas 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.

Nas paredes, as posições previstas das caixas devem assegurar 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 estanqueidade a gases quentes e fogo e integridade por um período de 30 min (RF30). 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):

- a) 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*;
- b) 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
- c) montantes de madeira de pinus seção 38 mm × 89 mm, tratados com CCA, classe C25, espaçados a cada 60 cm;
- d) 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;
- e) 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/m³ 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).



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

Projeto em Consulta Nacional

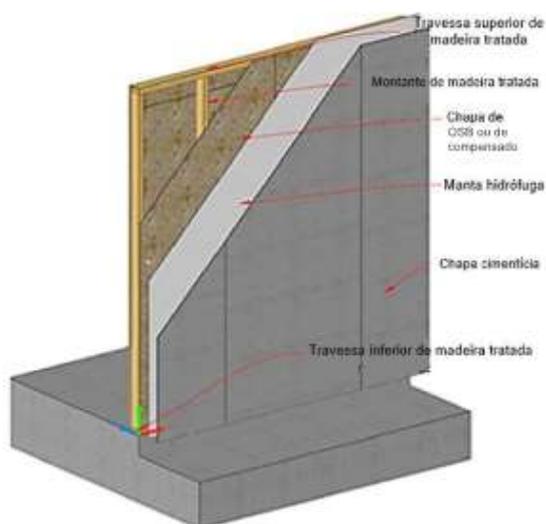


Figura 14 – Detalhe da face externa da parede

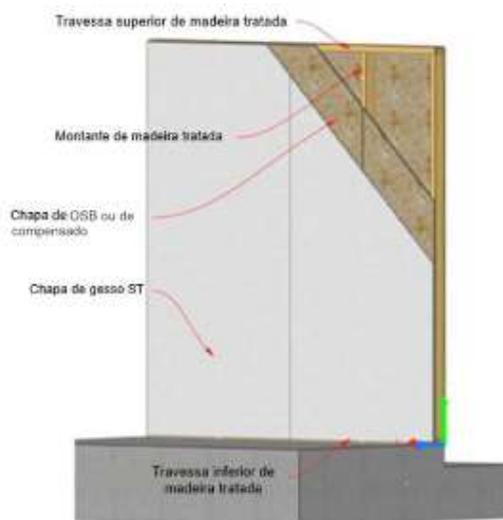
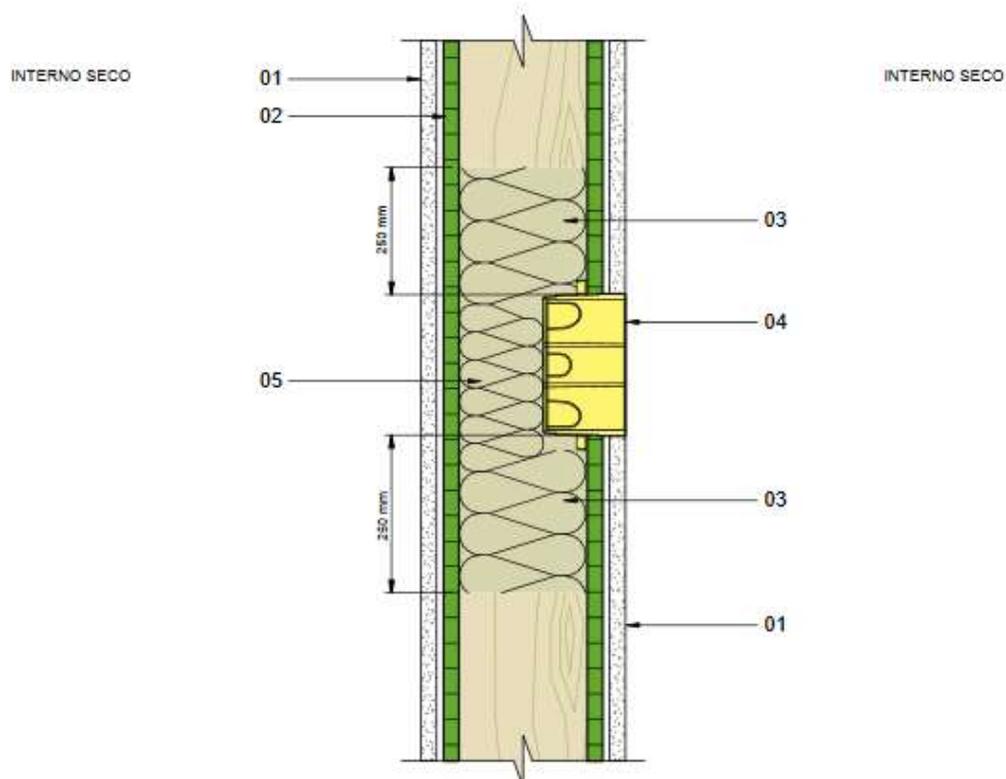


Figura 15 – Detalhe da face interna da parede



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023



Legenda

- 01 chapa de gesso *drywall* ST – 12,5 mm
- 02 chapa de OSB (9,5 mm) ou chapa de compensado (12 mm)
- 03 lâ de rocha – 100 mm
- 04 caixa elétrica de embutir
- 05 lâ 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_{mod3}

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 $f_{c0k,lote} \geq f_{c0k,classe}$.

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_{mod1}), ao teor de umidade de equilíbrio (k_{mod2}) e à qualidade da madeira (k_{mod3}), conforme 6.2. Este Anexo apresenta a correlação entre os defeitos naturais encontrados em peças de madeira e o coeficiente de modificação K_{mod3} 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 ($\rho_{aparente}$), 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.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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			
Medula – Barrotes de entrepiso	Não se admite	Não se admite	Não se admite	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 o 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.



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

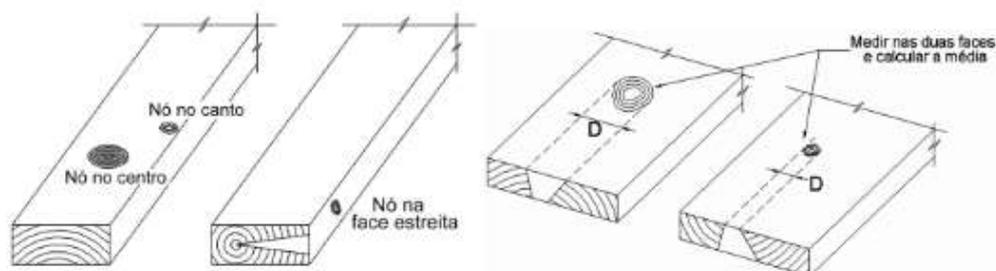


Figura A.1 – Medição de um nó

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).

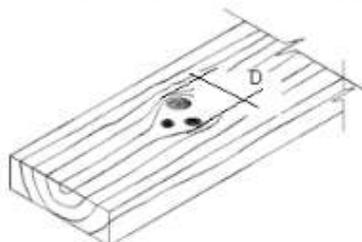


Figura A.2 – Conjunto de nós

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).

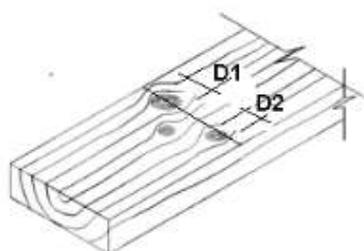


Figura A.3 – Nós individuais próximos, com ocorrência de dois deles na mesma seção transversal



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.

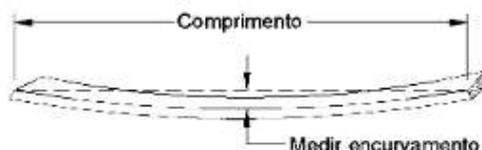


Figura A.6 – Medição do encurvamento

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.

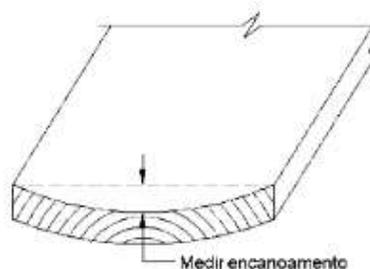


Figura A.7 – Medição do encanoamento

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.

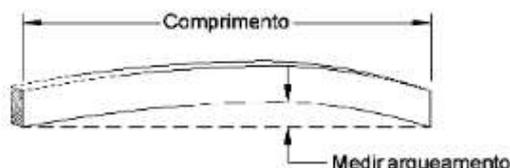


Figura A.8 – Medição do arqueamento



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.

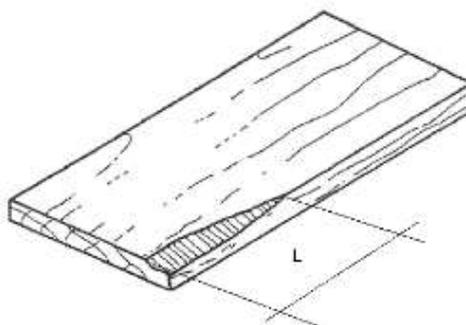


Figura A.10 – Medição do comprimento do esmoado



ABNT/CB-002
3º PROJETO ABNT NBR 16936
FEV 2023

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.