

Candida Pasini Pizzoni

**VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DO SISTEMA
PLATAFORMA EM MADEIRA: MEDIDAS PARA
MANUTENÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ângela do Valle.

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pizzoni, Candida

Vedações Verticais Externas do sistema Plataforma
em Madeira : Medidas para Manutenção / Candida
Pizzoni ; orientadora, Ângela do Valle, 2017.
169 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis,
2017.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Sistema
plataforma de madeira. 3. Vedações verticais
externas. 4. Manutenção preventiva. 5. Desempenho.
I. do Valle, Ângela. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Candida Pasini Pizzoni

**VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DO SISTEMA
PLATAFORMA EM MADEIRA: MEDIDAS PARA
MANUTENÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Arquitetura e Urbanismo” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Florianópolis, 11 de dezembro de 2017.

Prof. Renato T. de Saboya, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Ângela do Valle, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Lisiane Ilha Librelotto, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Dias Silva, Dr.
Universidade Estadual de Maringá (videoconferência)

A Deus, meu fiel protetor, e à minha
família, minha base, pelo amor e apoio
imensuráveis.

AGRADECIMENTOS

À professora Ângela do Valle, por todo o carinho, dedicação e atenção com que me orientou nessa dissertação de mestrado, estimulando e incentivando cada vez mais a pesquisa das construções em madeira.

À empresa TECVERDE S/A., pelo incentivo da pesquisa dos sistemas construtivos inovadores e pelo fornecimento do material necessário para a análise nessa dissertação.

À Afina Arquitetura, pela compreensão da importância dos estudos e pesquisas relacionadas à prática da Arquitetura e Urbanismo, em especial a minha sócia e parceira Luana.

À minha família, pelo incansável incentivo e estímulo à continuar os estudos e por todas as renúncias ao longo destes anos.

Aos professores do programa, pela contribuição para a formação acadêmica como mestre.

Às amigas formadas ao longo do trabalho, em especial aos colegas do PósARQ e do GIEM.

A Deus e a Nossa Senhora de Fátima.

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa tem o intuito de contribuir para a orientação apropriada das ações de manutenção preventiva para as vedações externas do sistema plataforma de madeira. Para isso, foi realizado um trabalho de levantamento bibliográfico relacionado às características do sistema plataforma, mapeando-se os métodos e critérios relacionados à especificação dos materiais utilizados em países de maior tradição de uso da madeira na construção civil do que o Brasil. Além de manuais, normas e códigos internacionais, a norma brasileira de desempenho ABNT NBR 15575 (2013) e a norma americana ISO 19208-(2016) foram analisadas com relação aos requisitos relacionados aos critérios de durabilidade e desempenho. A fim de cumprir com o objetivo geral, as medidas de manutenção preventiva nas vedações verticais externas do sistema plataforma em madeira foram sistematizadas. Tendo em vista se tratar de um sistema construtivo inovador no Brasil, as questões relativas ao desempenho, a vida útil e a durabilidade dos elementos constituintes do sistema plataforma precisam ser pensadas na fase projetual para que receba a manutenção adequada na fase de uso e operação da edificação. A utilização dos sistemas construtivos considerados inovadores estimulam o processo de inovação tecnológica, promovendo segurança, integridade e a melhoria do desempenho da habitação por meio da normatização das características de cada elemento, sistema ou subsistema. Como resultados, apresentam-se ações de manutenção preventiva em painéis parede que orientam os usuários na execução das medidas preventivas, devendo tais informações estarem corretamente documentadas em um Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Palavras-chave: Arquitetura. Sistema plataforma de madeira. Vedações verticais externas. Manutenção preventiva. Desempenho.

ABSTRACT

The present study intends to contribute to appropriate guidance of preventive maintenance actions for the external panel walls of the wooden platform system. For this, a bibliographic survey was carried out related to the characteristics of platform system mapping the methods and criteria related to the specification of the materials used in countries with a greater tradition of wood use in civil construction than Brazil. In addition to manuals, norms and international codes, the Brazilian performance standard ABNT NBR 15575 (2013) and ISO 19208 (2016) were analyzed with regard to requirements related the criteria of durability and performance. In order to comply with the general objective, the preventive maintenance measures in the external vertical panels of the wooden platform system were systematized. Considering that it is an innovative construction system in Brazil, the issues related to the performance, the life span and the durability of the constituent elements the platform system need to be thought in the design phase so that it receives the proper maintenance in the phase of use and operation of edification. The use of innovative construction systems stimulate the process of technological innovation, promoting safety, integrity and improvement of housing performance by means of standardization of characteristics of each element, system or subsystem. As results, preventive maintenance actions were presented on wall panels that guide users in the execution of preventive measures, and such information must be properly documented in Instructions, Operation and Maintenance Manuals.

Keywords: Architecture. Wood platform system. External panels walls. Preventive maintenance. Performance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Disposição da madeira em frames e montagem da edificação
- Figura 2 - Junção dos elementos para a formação do sistema *Light Wood Frame*
- Figura 3 - Painéis do sistema construtivo TECVERDE sendo içados em obra
- Figura 4 - Variações dos sistemas pilar-viga
- Figura 5 - Sistema Balão
- Figura 6 - Sistema Plataforma
- Figura 7 - Componentes que formam o painel pré-fabricado
- Figura 8 - Exemplo composição de painel aberto com instalações hidráulicas
- Figura 9 - Exemplo de ossatura de painéis de pequenas dimensões sem fechamento.
- Figura 10 - Exemplo de ossatura de painéis de grandes dimensões sem fechamento.
- Figura 11 - Içamento de módulos tridimensionais pré-fabricados
- Figura 12 - Projeto Stella-UFSC na fase construtiva e depois de pronto
- Figura 13 - Montagem do primeiro prédio em *wood frame* do Brasil
- Figura 14 - Fluxograma esquemático para a concessão de um DATec no SiNAT
- Figura 15 - Composição das paredes externas de áreas secas conforme DATec nº 20-A (2015).
- Figura 16 - Denominação das seções nominais dos montantes
- Figura 17 - Face tangencial e face radial do *Pinus Elliotti*
- Figura 18 - Detalhe da formação de filme e dos produtos penetrantes
- Figura 19 - Sistema de impregnação em autoclave
- Figura 20 - Espaçamento entre os materiais a base de madeira do solo
- Figura 21 - Fechamento do painel com chapas OSB
- Figura 22 - Disposição horizontal ou vertical do OSB para fechamento
- Figura 23 - Exemplos de perfis, que quando encaixados, formam o revestimento externo
- Figura 24 - Revestimento externo feito com *siding* de madeira
- Figura 25 - Estrutura de uma parede *rainscreen*.
- Figura 26 - Habitação construída no sistema plataforma de madeira e revestida com placas cimentícias
- Figura 27 - Colocação do isolamento de fibra de vidro entre os montantes
- Figura 28 - Composição dos painéis parede avaliados

Figura 29 - Pregos do tipo anelado e espiralado
Figura 30 - Pregos cravados em topo ou em ângulo
Figura 31 - Conector de chapa de aço galvanizado e madeira com pregos
Figura 32 - Detalhe da fixação da parede na fundação
Figura 33 - Ganchos de ancoragem no painel
Figura 34 - Parafusos de aço galvanizado à frio embutidos em três espécies de madeira aos 30 dias de ensaio. Angelim, Eucalipto e Pinus.
Figura 35 - Tipos de suportes metálicos para ligação entre vigas de madeira
Figura 36 - Desempenho ao longo do tempo com e sem ações de manutenção
Figura 37 - Níveis de avaliação do desempenho
Figura 38 - Esquematização da estruturação da norma de desempenho
Figura 39 - Composição do painel parede do Manual utilizado
Figura 40 - Opções de posicionamento dos *sidings* externos
Figura 41: Identificação da presença de detritos de organismos xilófagos dentro do protótipo Stella-UFSC
Figura 42: Identificação da presença de detritos em calhas e sujeira proveniente de árvores no protótipo Stella-UFSC
Figura 43: Formação de micro-organismos em função do aumento de umidade nos *sidings* do protótipo Stella-UFSC.
Figura 44: Fundação em concreto para distanciar a construção do solo e protege-lo da umidade no protótipo Stella-UFSC
Figura 45: Presença de detritos no protótipo Stella-UFSC que favorecem a degradação do material
Figura 46: Escurecimento e aspereza da madeira com pregos expostos a maior incidência de chuvas no protótipo Stella-UFSC
Figura 47: Deformação das juntas e exposição do painel à umidade no protótipo Stella-UFSC
Figura 48: Deformação do *siding* e exposição da composição interna no protótipo Stella-UFSC

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Tipologia e classificação dos painéis pré-fabricados
- Quadro 2 - Normativas relacionadas à construção e aos subsistemas em madeira
- Quadro 3 - Tipos e usos para a chapa de OSB
- Quadro 4 - Resistência à flexão mínima do OSB segundo EN 300 (2006)
- Quadro 5 - Tempo mínimo para o aparecimento da corrosão vermelha nos dispositivos metálicos
- Quadro 6 - Categorias de Vida útil de serviço dos edifícios
- Quadro 7 - Vida Útil de projeto (VUP) dos sistemas
- Quadro 8 - Níveis de vida útil
- Quadro 9 - Exemplos de requisitos aplicáveis aos painéis de vedação vertical externa
- Quadro 10 - Pré-requisitos e requisitos do usuário conforme ABNT NBR 15575:1
- Quadro 11 - Atendimento ao critério de manutenibilidade ao longo do processo de projeto
- Quadro 12 - Valores referentes à classificação estrutural C20.
- Quadro 13 - Exemplo de Classificação das prioridades para as ações de manutenção
- Quadro 14 - Descrição e requisitos relacionados às estruturas
- Quadro 15 - Descrição e requisitos relacionados à segurança contra incêndio
- Quadro 16 - Descrição e requisitos relacionados ao uso e operação
- Quadro 17 - Descrição e requisitos relacionados ao acabamento
- Quadro 18 - Descrição e requisitos relacionados ao desempenho térmico, acústico e lumínico
- Quadro 19 - Síntese das ações de manutenção preventiva propostas

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AWC - *American Wood Council*
ASTM - *American Society for Testing and Materials*
AWPA - *American Wood Protection Association*
ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACR - Associação Catarinense de Empresas Florestais
ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído
APVMA - *Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority*
AECWEB - Portal Da Arquitetura, Engenharia E Construção.
ACQ - Quaternário de Amônio
AS - *Standards Australia*
APA - *The Engineered Wood Association*
BNH - Banco Nacional de Habitação
BCA - *Building Code of Australia*
BS - *British Standard*
CMHC - *Canada Mortgage and Housing Corporation*
CWFHC - *Canada Wood Frame House Construction*
CCV - Custo do Ciclo de Vida
CA-B - Cobre e Azóis do tipo B
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CSA - *Canadian Standards Association*
CTBA - *Centre Technique Du Bois Et De L'ameublement*
CSTB - *Centre Scintifique et Technique du Bâtiment*
CB - Comitê Brasileiro
CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CCA - Cromo-Cobre-Arsênio
CCB - Cromo-Cobre-Boro
CO₂ - Dióxido de Carbono
DATEC - Documento de Avaliação Técnica
EWP - *Engeneering Wood Products*
EN - *European Standard*
EUA - Estados Unidos da América
EPS - Poliestireno Expandido
FLD - Fator de luz diurna

FIEP - Federação das Indústrias do Estado do Paraná
FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
FWPA - *Forest and Wood Products Australia*
FSC - *Forest Stewardship Council*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
ITA’S - Instituições Técnicas Avaliadoras
ISO - *International Organization for Standardization*
IRC – *International Residential Code*
Mpa – Megapascal
NCC - *National Code Construction*
NIST - *National Institute of Standards and Technology*
NBR - Norma Brasileira
NZS - *Standards New Zealand*
OSB - *Oriented Strand Board*
PIR - Espumas Rígidas de Polisocianurato
PUR - Espumas Rígidas de Poliuretano
PVC - Policloreto de Polivinila
PH - Potencial Hidrogeniônico
PS - *Voluntary Product Standard*
PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PDP - Projeto de Desenvolvimento do Produto
RTI – Reserva Técnica de Incêndio
RU - Resistente à Umidade
SBX - Butil Xantato de Sódio
ST – *Standard*
SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil
SECOVI - Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais
SENAI - Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná
SINAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica
SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais
S/A – Sociedade Anônima
UEATC - *Union Européenne Pour l’Agrément Technique dans la Construction*
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UV – Radiação Ultravioleta
VUP - Vida Útil de Projeto
XPS - Poliestireno Extrudido

WFCM - Wood Frame Construction Manual for One and Two Family Dwellings

WWF - World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	25
1.2 OBJETIVOS	27
1.2.1 Objetivo Geral	27
1.2.2 Objetivos Específicos.....	27
1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	27
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
1.4.1 Sistemas construtivos em madeira.....	29
1.4.2 Os sistemas inovadores	29
1.4.3 Desempenho das edificações.....	31
1.4.4 Durabilidade e vida útil	32
1.4.5 Formulação das ações de manutenção preventivas	33
2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES EM MADEIRA	34
2.1 SISTEMA PILAR E VIGA	37
2.2 SISTEMA ENTRAMADO DE MADEIRA	38
2.3 PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS	39
2.3.1 Painéis pré-fabricados de pequenas e grandes dimensões	42
2.3.2 Sistema tridimensional pré-fabricado.....	44
3 APLICAÇÃO DO SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA	46
3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR	51
3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS COMPONENTES DO <i>SISTEMA LIGHT WOOD FRAMING</i>	55
3.2.1 Peças de madeira dos quadros estruturais	56
3.2.2 Componentes de fechamento e contraventamento - chapas de OSB estrutural.....	67
3.2.3 Componentes de fechamento e/ou acabamento externos – Siding de madeira	71
3.2.4 Produtos Isolantes	77
3.2.5 Dispositivos de fixação metálicos	81
4 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES	90
4.1 VIDA ÚTIL DE PROJETO	93

4.2 NORMA DE DESEMPENHO ISO 19208 (2016).....	98
4.3 NORMA DE DESEMPENHO ABNT NBR 15575 (2013)	103
4.3.1 Segurança	106
4.3.2 Habitabilidade	108
4.3.3 Sustentabilidade	111
5 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS	113
5.1 A QUESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	115
5.2 MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	119
5.3 PRÉ-REQUISITOS PARA A ELABORAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL.....	125
5.3.1 Elementos de madeira e à base de madeira	126
5.3.2 Elementos não orgânicos	130
6 A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA	132
6.1 FORMULAÇÃO DE AÇÕES DE MANUTENÇÃO	135
6.1.1 Segurança Estrutural	135
6.1.2 Segurança contra incêndio	139
6.1.3 Uso e operação da edificação	141
6.1.4 Acabamento	142
6.1.5 Desempenho térmico, acústico e lumínico	150
6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	152
7 CONCLUSÃO	155
8 BIBLIOGRAFIA	157

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo Plataforma de madeira ou *Light Wood Frame* caracteriza-se pela utilização de painéis pré-fabricados, responsáveis tanto pela função estrutural da edificação, absorvendo as cargas e encaminhando-as à fundação, quanto pela vedação vertical do sistema.

Os sistemas de vedação são comumente formados por montantes de madeira serrada, que em conjunto com as chapas de *Oriented Strand Board* (OSB), associados aos materiais de acabamento internos e externos, aos materiais isolantes térmicos e de fixação metálicos formam o painel parede.

A fim de garantir edificações habitacionais com maior qualidade construtiva, a prática de se projetar com enfoque no desempenho da edificação deve ser incorporada já no processo de projeto, principalmente considerando os requisitos de durabilidade e sustentabilidade das construções. Já na fase de projeto deve-se fazer a correlação entre o desempenho do sistema e a sustentabilidade da construção diante de medidas relacionadas principalmente à correta especificação dos materiais, elementos, sistemas e subsistemas utilizados no processo construtivo.

O desempenho das edificações é pensado internacionalmente a fim de definir requisitos, critérios e métodos que permitam avaliar e mensurar o atendimento dos valores considerados mínimos para que a edificação proporcione o conforto aos usuários. Publicada em 2013, a normativa ABNT NBR 15575 (2013) - Edificações habitacionais – Desempenho é a responsável pelo atendimento às exigências dos usuários quanto ao comportamento em uso independente do sistema construtivo utilizado.

A partir da utilização simultânea de outras normatizações e diretrizes, como a Diretriz SiNAT nº 005 (2017), responsável pela avaliação do sistema *Light Wood Frame* no Brasil, a norma de desempenho visa atender às condições definidas como soluções tecnicamente adequadas para a eficiência técnica e econômica do sistema construtivo.

Sabe-se que a degradação prematura das edificações como um todo e de seus elementos, sistemas ou subsistemas, principalmente das vedações verticais externas expostas ao intemperismo, e a consequente redução dos níveis de desempenho da edificação é um dos problemas enfrentados em todo o mundo.

A degradação pode ser desencadeada por fatores relacionados à baixa qualidade dos materiais de construção empregados, a falta de um

programa de manutenção adequado aos elementos construtivos, a falta de especificação em projetos das características do sistema como um todo e das partes que o compõem, além de possíveis falhas na execução das obras (POSSAN, DEMOLINER, 2013).

O processo construtivo é constituído por diversas etapas, sendo elas a fase de planejamento, projeto, especificação de materiais, execução e manutenção. As etapas posteriores à construção, como a operação, uso e manutenção da edificação, são relacionadas diretamente aos objetivos do processo produtivo e à qualidade deste processo.

Por se enquadrar na categoria de inovações tecnológicas construtivas e, por consequência, ainda possuir poucos dados relacionados ao desempenho do sistema a longo prazo, os sistemas inovadores na construção civil precisam considerar os serviços que irão suportá-las não só na fase de projeto e execução, mas também durante o uso e operação da edificação.

Para evitar a degradação prematura do painel parede e garantir a vida útil estipulada para os elementos da edificação, as ações preventivas de manutenção são de extrema importância. O plano de manutenção é obrigatório, devendo estar no Manual de Uso, Operação e Manutenção e deve considerar as características dos componentes do sistema construtivo, os elementos industrializados, as condições de uso e além dos requisitos de garantia, devendo estes serem fornecidos pela empresa responsável. As ações de manutenção representam um incremento de desempenho a cada intervenção realizada, resultando em mais tempo até que os elementos atinjam os níveis adequados e evitem assim a substituição e descarte do material utilizado na edificação.

Desta forma, ao se conceber um sistema construtivo inovador é necessário que se organize e sistematize como serão realizados os serviços durante a fase de uso e a disponibilidade de mão de obra capacitada para executá-los. Além disso, a manutenção não deve ser atribuída somente ao usuário, tendo em vista a necessidade de mão de obra especializada em alguns casos.

A fase de manutenção deve proporcionar, sobretudo, benefícios para a etapa de uso da edificação atendendo as necessidades dos usuários. O Manual de Uso, Operação e Manutenção é responsável por importantes informações e orientações para a realização das ações de manutenção e também para a contribuição no desempenho da edificação, na segurança estrutural e nos outros sistemas que compreendem o edifício como um todo.

De acordo com a norma ABNT NBR 14037 (2014), responsável pelo conteúdo e as recomendações para elaboração e apresentação do

Manual do Usuário, deve existir a integração entre as etapas posteriores à fase de construção com técnicas de avaliação pós-ocupação, por exemplo.

A retomada às etapas de projeto e execução das informações sobre as condições reais de apropriação dos usuários da habitação, identificadas a partir de observações das etapas de operação, uso e manutenção, favorecem a formação das ações de manutenção.

Do ponto de vista do proprietário, a manutenção adequada – preventiva – em seu imóvel traz inúmeros benefícios. Além de promover a valorização do bem no mercado imobiliário, a manutenção preventiva vai acarretar em um aumento da vida útil da edificação, melhoria no desempenho de equipamentos e instalações em geral, além de garantir a segurança, o conforto e a economia para o proprietário e para todos os indivíduos que utilizam o edifício (VILLANUEVA, 2015, p.15).

Desta forma, como foco deste trabalho de pesquisa, para que a manutenção preventiva obtenha os resultados esperados e crie condições para que a vida útil de projeto seja atingida, o sistema de gestão da manutenção que contemple o planejamento de atividades e recursos torna-se essencial, bem como a definição de incumbência da execução de cada um deles.

De modo geral, a melhoria da qualidade das habitações produzidas deve ser feita diante da necessidade de construir edificações com maior vida útil, com manutenções programadas e considerando o custo do ciclo de vida (CCV) dos materiais empregados. A utilização da madeira como um material construtivo agrega vantagens em todas as etapas do ciclo de vida, e especificamente quando empregada na construção, mostra-se um material leve, de fácil trabalhabilidade, proporciona uma construção seca com um canteiro de obras limpo, além da agilidade na execução.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

O sistema plataforma de madeira, considerado um sistema construtivo inovador no Brasil, ainda não possui normatização no país por parte da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para a especificação das características técnicas e parâmetros para a uniformidade e segurança do sistema.

Desta forma, a Diretriz SiNAT nº 005 (2017) é o único documento com função normativa e responsável por suprir a lacuna da falta de

normatização e estimular o processo de inovação tecnológica através de testes que comprovem a segurança estrutural, integridade e desempenho do sistema. Possibilita, assim, a construção de unidades habitacionais isoladas, geminadas e edifícios multifamiliares de até 4 pavimentos difundindo o sistema, principalmente, através dos programas habitacionais passíveis de financiamento bancário.

No cenário atual, onde o crescimento do setor da construção civil é incentivado a partir de diversos programas habitacionais voltados à aquisição de novas moradias, a questão da manutenção das construções existentes torna-se, segundo Sanches et. al. (2015), algo delicado. Há a necessidade de controle das novas edificações desde a fase projetual, para que estas obtenham níveis de desempenho aceitáveis e tornem-se duráveis através das ações de manutenção ao longo da vida útil da construção.

A manutenção preventiva caracteriza-se por ser a junção e sistematização de ações cuja realização nos elementos construtivos seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários sem gravidade, urgência ou altos custos associados, através de verificações periódicas da integridade dos elementos e componentes em uso. As ações de prevenção e manutenção periódicas realizadas pelos usuários, e orientadas pelos construtores, influenciam diretamente no prolongamento da vida útil e na durabilidade da edificação.

Não só a degradação dos materiais construtivos contribui para o decaimento do desempenho e da vida útil do sistema de vedação vertical, mas as falhas existentes desde a concepção do projeto, como a falta de cuidado na especificidade do material, a falta de observação quanto à agressividade do local de implantação, a falta de manutenção preventiva e a falta de gestão das ações de manutenção.

As vedações verticais externas da edificação plataforma em madeira estão mais suscetíveis à exposição ao intemperismo, como a variação de temperatura, insolação, exposição à chuva e às condições de umidade, e por consequência à degradação mais acelerada do material de acabamento e revestimento externo.

Dentre os principais agentes que afetam a vida útil dos componentes da edificação plataforma de madeira na fase de uso e operação estão os agentes mecânicos, como a força da gravidade; os agentes eletromagnéticos, como a radiação; os agentes químicos, como água, solventes e ácidos; e os agentes biológicos, como os organismos xilófagos, micróbios e espécies vegetais (ISO 15686, 2016).

Desta forma, as condições especificadas através de normativas e documentos técnicos funcionam não só como pré-requisitos para a integridade e qualidade da construção habitacional, mas também

fornecem as informações pertinentes à manutenção, visto que as ações preventivas estão diretamente relacionadas às características dos elementos, sistemas ou subsistemas na condição de uso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Sistematizar as medidas de manutenção preventiva nas vedações verticais externas do sistema plataforma em madeira a fim de proporcionar o prolongamento da vida útil e o desempenho adequado do sistema.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar as técnicas e detalhes construtivos que são prescritos por normas, códigos e manuais internacionais relacionados às vedações externas do sistema plataforma de madeira ao descrito na Diretriz SiNAT- nº005 (2017);
2. Relacionar os critérios de desempenho utilizados pela Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013) e pela norma internacional ISO 19208 (2016) com as medidas preventivas que colaboram nas ações de manutenção das edificações construídas com o sistema plataforma.
3. Analisar um Manual de Uso, Operação e Manutenção de um empreendimento construído com o sistema plataforma de madeira de forma a identificar como as orientações relativas a manutenção são repassadas ao usuário.
4. Colaborar para que seja utilizada a técnica e os detalhes construtivos adequados ao sistema plataforma em madeira no Brasil para que ocorra a manutenção preventiva necessária e, por consequência, se atinja o desempenho e a durabilidade do sistema.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A implantação do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT) no ano de 2007, com o intuito de definir processos de construção até então não normatizados, e a publicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 no ano de 2013, resultaram na criação de um novo cenário tecnológico para o setor da produção de edificações na construção

civil brasileira (BONIN, 2015). Especialmente na Europa, a prática da avaliação técnica para produtos inovadores existe desde os anos 1980.

Ao mesmo tempo em que as diretrizes técnicas estabelecem critérios para a análise dos produtos e sistemas de construção inovadores a fim de atingir os níveis mínimos de desempenho, o estabelecimento de critérios para as condições de utilização favorecem a introdução das inovações no mercado da construção civil.

Cabe ao projetista o papel de especificar os materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo com base nas informações disponibilizadas pelos fabricantes e pelas normas prescritivas, assim como cabe ao construtor e incorporador disponibilizar as informações necessárias para utilizar, operar e manter adequadamente o sistema construtivo inovador.

Tendo em vista que as questões relacionadas à manutenibilidade e durabilidade das edificações habitacionais possuem uma abordagem superficial nas normas relacionadas ao desempenho publicadas até então e citadas neste trabalho, sem uma delimitação clara dos procedimentos a serem realizados para prolongar a vida útil, a pesquisa concentrou-se no levantamento de pré-requisitos para a especificação de materiais e técnicas construtivas de forma a atingir o desempenho necessário e para, posteriormente, propor ações de manutenção preventiva.

Destaca-se que, segundo a norma ABNT NBR 15575 (2013), cabe ao usuário o pressuposto de realizar a manutenção da sua habitação de acordo com o que é estabelecido no Manual de Uso, Operação e Manutenção e entregue ao proprietário.

A falta de um saber-fazer relacionado à manutenção de sistemas inovadores é um entrave muito grande à durabilidade das edificações (ANTAC 2015). Desta forma, aborda-se a manutenção preventiva identificando as características dos elementos utilizados na construção habitacional para que seja possível a realização das ações anteriores à possível degradação e consequente geração de resíduos com a substituição de elementos, proporcionando assim um incremento constante do nível de desempenho e durabilidade do sistema.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de alcançar os objetivos propostos para a dissertação, os procedimentos metodológicos foram baseados, principalmente, em uma revisão sistemática da bibliografia utilizada, tendo como objeto de estudo o sistema plataforma de madeira e suas características técnicas e a análise

de desempenho para a construção de ações e estratégias de manutenção preventiva para o sistema de vedação vertical externa.

Desta forma, o trabalho de dissertação foi organizado em 5 partes a fim de levantar os aspectos relevantes do tema e cumprir com o objetivo geral.

1.4.1 Sistemas construtivos em madeira

A primeira parte do trabalho consistiu em realizar um levantamento de bibliografia, tendo a evolução das construções em madeira como tema central.

A revisão inicia com o desenvolvimento das construções em madeira a partir do ano de 1833 quando os sistemas até então utilizados nas construções enxaimel evoluem para os chamados entramados. Desta forma, analisam-se os chamados sistemas construtivos contemporâneos leves de madeira, como o sistema pilar e viga, sistemas entramados (balão e plataforma, objeto desta pesquisa) e os sistemas com painéis pré-fabricados.

O sistema *Light Wood Frame* surge da necessidade de otimizar o tempo de construção, utilizar peças de menores dimensões provenientes de floresta plantada, deixar as construções mais leves e diminuir os custos de produção e execução. Além disso, proporcionar maior desempenho da habitação quando comparado às técnicas que utilizam paredes homogêneas. Desta forma, faz-se um levantamento das características dos painéis pré-fabricados que compõem o sistema de vedação vertical externa, como a composição, sistema aberto ou fechado, painéis de grandes ou pequenas dimensões e módulos tridimensionais.

1.4.2 Os sistemas inovadores

Tendo em vista que o sistema construtivo plataforma de madeira é considerado uma inovação tecnológica e, por consequência, não normatizado, após o levantamento da técnica construtiva em madeira fez-se uma análise das características construtivas do sistema e das técnicas utilizadas a partir de manuais, códigos e normas internacionais dos países com tradição de uso do sistema em estudo.

A partir do levantamento bibliográfico verificou-se que o Brasil possui 23 normas relacionadas à construção em madeira, porém nenhuma específica para a construção plataforma. Desta forma, adotou-se a Diretriz SiNAT nº 005 (2017) como objeto de comparação a fim de observar a

influência dos requisitos mínimos de desempenho estipulados pela norma ABNT NBR 15575 (2013) e compará-los às referências internacionais.

O Documento de Avaliação Técnica (DATEc) nº 020 - "Sistema construtivo TECVERDE: sistema leve em madeira" também é utilizado como referência para o sistema construtivo utilizado no Brasil. Nesta etapa, analisou-se como as empresas podem possuir os Documentos de Avaliação Técnica, tendo em vista a característica inovadora dos produtos e processos avaliados.

O levantamento das características técnicas dos componentes do sistema construtivo foram enquadradas em cinco categorias: peças de madeira dos quadros estruturais, componentes de fechamento e contraventamento - chapas de OSB estrutural, componentes de fechamento e/ou acabamento externos – *Siding* de madeira, produtos isolantes e dispositivos de fixação metálicos.

Dentre as normas, manuais e códigos internacionais utilizados, estão o *Wood Frame Construction Manual for One and two Family Dwellings* (2015), da AWC (*American Wood Council*), o *Canadian Wood Frame House Construction* (1997), da CMHC (*Canada Mortgage and Housing Corporation*), *International Residential Code* (IRC, 2012), as normas Australianas AS 1684-2 (1999) - *Residencial timber construction - Non-cyclonic áreas e* AS 1604 (2005) - *Specification for preservative treatments*, a EN 1995 (2004) – *Eurocode 5: Design of timber structures*, a *The engineered wood association* (APA, 2014), a norma Americana PS-20 (2015) - *American Softwood Lumber Standard*, da NIST (*Nacional Institute of Standards and Technology*), a norma Europeia EN 338 (2009) – *Structural timber: Strength classes*, a P23-14 - *Standard for Chromated Copper Arsenate Type C (CCA-C)*, da *American Wood Protection Association* (APWA), o *Canadian Standard O80 Series: Wood Preservation* (2010), a norma ISO 21887 (2007) – *Durability of wood and wood-based products: use classes*, a Diretriz 2003/2/CE, da Comissão das Comunidades Europeias e o *Guide to the specification, installation and use of preservative treated engineered wood products*, da *Forest & Wood Products Australia* (FWPA).

Com relação às peças de madeira utilizadas nos quadros estruturais, levantaram-se características relacionadas ao teor de umidade, a resistência mínima à compressão, à seção transversal mínima e à resistência aos organismos xilófagos, enquanto que nos componentes de fechamento e contraventamento – chapas de OSB estrutural, levantaram-se as características de classificação quanto ao uso, índices de umidade, resistência à flexão, inchamento da chapa e resistência aos organismos xilófagos.

Os fechamentos e/ou acabamentos externos foram analisados a partir do tipo de fechamento utilizado, enfocando os *sidings* de madeira e as placas cimentícias devido à frequência de utilização. Além do levantamento do material, observou-se o uso, a resistência mecânica, a reação ao fogo, a permeabilidade e absorção à água, a durabilidade, a variação dimensional em função dos gradientes higrótérmicos e a densidade aparente.

Nos painéis que possuem materiais isolantes, analisou-se a influência da espessura do montante de madeira com relação ao isolamento, bem como a condutibilidade térmica e resistência térmica dos materiais isolantes térmicos.

Por fim, fez-se o levantamento dos dispositivos metálicos usualmente utilizados e mais apropriados, bem como as definições de uso e tamanho no painel de vedação vertical, forma de fixação e os materiais mais apropriados para serem utilizados na madeira.

1.4.3 Desempenho das edificações

Para a definição dos requisitos e critérios que se enquadram no desempenho mínimo para o sistema de vedação vertical externo, a contextualização dos itens relacionados à chamada VUP, ou vida útil de projeto, foram levantados tendo em vista que caracteriza-se por ser o tempo compreendido entre o início da operação e uso da edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário.

Nesta etapa, verificou-se que as etapas posteriores à construção, como a operação, uso e manutenção assumem uma crescente importância quando objetiva-se o prolongamento da vida útil de projeto. Desta forma, verificou-se a importância de que exista um documento que reúna apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação, o chamado Manual de Uso, Operação e Manutenção.

De forma geral, a terceira parte da revisão bibliográfica consiste no levantamento de dados referentes à implantação das normas de desempenho, com enfoque na norma Americana ISO 19208 (2016) - *Framework for specifying performance in buildings* e na norma Brasileira ABNT NBR 15575 (2013) - Edificações habitacionais – Desempenho.

Desta forma, fez-se o levantamento dos princípios da norma ISO 19208 (2016) para a especificação do desempenho, identificando os principais fatores a serem considerados e, verificando que o desempenho do edifício como um todo pode variar de acordo com a influência dos

subsistemas, espaços, elementos, montagens, componentes, produtos e materiais.

De acordo com a norma Brasileira ABNT NBR 15575 (2013), os requisitos de desempenho derivados de todas as exigências dos usuários resultam em uma lista extensa, sendo conveniente limitar o número de requisitos a serem considerados em um contexto de uso definido.

Por fim, o levantamento de requisitos e critérios teve como foco a utilização da parte 4 da norma ABNT NBR 15575 (2013), que trata dos sistemas de vedações verticais internos e externos, sendo descritos na revisão, resumidamente, os requisitos exigidos para que os critérios relativos à segurança, à habitabilidade e à sustentabilidade sejam atendidos pelas edificações habitacionais.

1.4.4 Durabilidade e vida útil

A quarta parte da revisão bibliográfica consiste no levantamento de dados referente à durabilidade e à vida útil das construções sob o ponto de vista da manutenção preventiva, e sua realização pelo usuário para a preservação das vedações verticais externas.

Define-se a evolução dos processos de manutenção a partir das mudanças do setor produtivo e as diretrizes para que os requisitos de manutenibilidade sejam atendidos ao longo das etapas de projeto, execução e operação da edificação. Assim, verificou-se que o atendimento ao requisito de manutenibilidade supõe a elaboração de um conjunto de procedimentos organizados para execução dos serviços de manutenção adequados às operações, ao uso da edificação e a transmissão correta de informação ao usuário através do Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Para que os manuais sejam padronizados e tenham todas as informações necessárias para a correta orientação ao usuário, a normativa ABNT NBR 14037 (2014) - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação é a responsável pelo teor das instruções dadas aos proprietários e usuários do sistema construtivo. Já a ABNT NBR-5674 (2012) – Manutenção de edificações – Procedimento é responsável pela fixação dos procedimentos de orientação para organizar o sistema de manutenção das edificações.

Para a verificação da adequação do Manual de Uso, Operação e Manutenção às normas pertinentes, utilizou-se como instrumento de comparação um Manual cedido pela empresa TECVERDE S/A referente à um conjunto habitacional construído com o sistema plataforma de madeira.

Analisaram-se também os pré-requisitos que devem ser observados para a sistematização das ações de manutenção a partir dos requisitos estipulados na Diretriz SiNAT nº 005 (2017), tais como as características dos elementos construtivos utilizados, o uso efetivo da edificação, o tamanho e a complexidade de seus sistemas constituintes, a localização e as implicações no entorno.

1.4.5 Formulação das ações de manutenção preventivas

A quinta e última parte deste trabalho de pesquisa trata sobre a importância de toda edificação realizar a gestão do programa de manutenção a fim de organizar a forma na qual as ações serão implementadas ao longo da vida útil do sistema construtivo, podendo ser realizada a partir de diferentes tipos de manutenção, como a manutenção rotineira, manutenção corretiva e a manutenção preventiva.

A partir das informações colhidas com o levantamento bibliográfico realizado ao longo do trabalho, foi realizada a sistematização das ações que influenciam no tempo de vida útil de projeto e no desempenho da edificação, postergando a degradação e a eventual substituição do material construtivo.

Para organização das medidas de manutenção a serem realizadas, as ações foram divididas a partir dos requisitos descritos na norma de desempenho ABNR NBR 15575 (2013), parte 4. Os temas foram: segurança estrutural, segurança contra incêndio, uso e operação da edificação, acabamentos e desempenho térmico, acústico e lumínico.

Além da indicação das ações que influenciam na manutenção preventiva do painel parede, a incumbência pela realização das mesmas foram estipuladas, bem como a descrição de como realizá-las.

Desta forma, inicia-se na sequência a revisão bibliográfica a fim de cumprir os objetivos específicos selecionados para este trabalho de dissertação.

2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES EM MADEIRA

Um sistema construtivo é definido como um conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações de uma edificação (SABBATTINI, 1989).

Segundo Pfeil (2003), devido a sua disponibilidade e facilidade de manuseio, a madeira foi um dos materiais construtivos mais antigos já utilizados. O período compreendido entre a época medieval até o final do século XVIII, na Europa central e norte, a madeira foi abundantemente aplicada como material construtivo. Neste período, destacava-se a utilização de peças de grandes seções e quadradas, amplamente utilizadas nas construções denominadas enxaimel (HARRIS 2013 apud ESPÍNDOLA 2017).

O desenvolvimento das serrarias e o surgimento dos elementos metálicos, a partir da revolução industrial, fez com que a técnica do enxaimel evoluísse para os chamados sistemas entramados (CTBA, 1995 apud VELLOSO 2010). A construção em madeira na América do Norte teve seu grande salto em 1833, com a criação do sistema balão. Aos poucos, o antigo método de construção, importado da Europa, que utilizava peças de madeira de grandes dimensões, deu lugar à construção um modo rápido e fácil devido ao emprego de peças de dimensões menores e bem mais leves do que as utilizadas até então.

No Brasil, de acordo TOMAZZI et al. (1999), a madeira esteve relacionada com o processo de colonização devido à produção de pigmentos e toras que eram exportados e extraídos do Pau-Brasil. Na arquitetura, a madeira surge a partir da miscigenação das técnicas indígenas com as formas europeias.

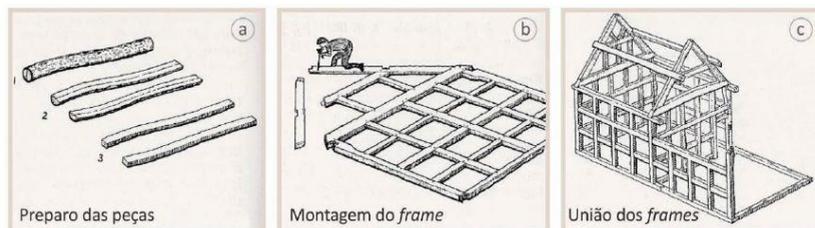
A partir do século XIX, a chegada de maquinários à vapor para as serrarias permitiu a mecanização e a industrialização da madeira, podendo assim ser beneficiada para a construção civil (BERRIEL, 2011).

Os edifícios com tábuas na horizontal, mais raros e frequentemente relacionados aos proprietários das serrarias, eram construídos com uma técnica mais elaborada. Com a utilização de fresas, as tábuas ganhavam um encaixe macho-e-fêmea entre elas. As casas dos trabalhadores, os galpões e os edifícios comerciais era construídos com as tábuas na vertical, com as fresas vedadas pela mata-juntas. Ambas as técnicas compartilhavam uma origem comum: o processo industrial de desdobramentos e

beneficiamento da madeira feito em serrarias (BERRIEL, 2011, p. 22).

O termo *wood frame* surge a partir da preparação de montantes de madeira serrada antes de serem levados ao canteiro de obras, dispostos em *frames*, ou entramados estruturais. Os conjuntos estruturais em forma de *frames* compunham os sistemas de pisos, paredes e cobertura, conforme figura 1 (HARRIS 2013 apud ESPÍNDOLA 2017).

Figura 1: Disposição da madeira em frames e montagem da edificação



Fonte: HARRIS (2013 apud ESPÍNDOLA 2017).

De maneira geral, um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada que formam painéis de pisos, paredes e telhados, combinados e/ou revestidos por diferentes materiais caracteriza-se por ser o chamado sistema *Light Wood Frame*. A madeira proporciona uma estrutura leve e de rápida execução, visto que os subsistemas são industrializados e transportados prontos, sendo somente montados em obra de forma independente, conforme mostra a figura 2 (MOLINA; CALIL JÚNIOR, 2010).

O sistema *Light wood frame*, ou sistema construtivo leve em madeira, possui algumas características gerais comuns, como a racionalização na fabricação e na montagem, a rapidez da execução, redução das perdas de material e desperdício, e a redução do impacto ambiental (WEINSCHENCK 2012). A figura 3 apresenta a montagem dos painéis pré-fabricados em no local de implantação.

Uma das grandes vantagens no uso da madeira é a versatilidade. Na construção civil a madeira pode ser encontrada em coberturas, pontes, passarelas, esquadrias, paredes divisórias, forros, pisos, estruturas, dentre outros usos. Do ponto de vista ambiental, é considerado um dos materiais mais sustentáveis quando levadas em consideração práticas de manejo florestal e reflorestamento adequado (CARDOSO, 2015).

Figura 2: Junção dos elementos para a formação do sistema *Light Wood Frame*



Fonte: Revista Construção, Editora PINI.¹

Nos últimos dez anos, segundo Molina; Júnior (2010), impulsionados pelo setor da habitação popular, as casas pré-fabricadas incorporaram novos materiais e novas tecnologias aos projetos até então desenvolvidos, passando para o canteiro de obras o que antes estava presente somente no papel. Porém, poucos obtiveram êxito. Isso porque, para o setor de habitação popular é necessário não só o baixo custo, mas qualidade e que se adequem aos sistemas de financiamento existentes no Brasil. Já em outros países, como nos Estados Unidos, 95% das casas construídas utilizam o sistema *wood frame*.

Figura 3: Painéis do sistema construtivo TECVERDE sendo içados em obra



Fonte: TECVERDE ENGENHARIA S/A (2016).

¹ Disponível em <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/146/artigo299692-1.aspx>> Acesso em: 02 de novembro de 2017.

Silva; Ino (2008) reforçam a ideia de que diversos sistemas construtivos em madeira são aplicados na habitação desde as primeiras construções implantadas por colonizadores até os sistemas pré-fabricados contemporâneos. Dentre os sistemas contemporâneos leves em madeira, é possível enquadrá-los em três grandes grupos: Sistema pilar e viga, sistema entramado de madeira e sistema construtivo com painéis pré-fabricados.

2.1 SISTEMA PILAR E VIGA

O sistema pilar e viga consiste na construção dos elementos estruturais independentes da vedação, levando as cargas da cobertura para os pilares através das vigas. Este sistema utiliza componentes com maior seção transversal e subdivide-se em peças simples com subsistemas de vedação independente da estrutura. A vedação é composta de tábuas, pranchas de madeira ou painéis encaixados na horizontal com união macho e fêmea, sendo fixada nos pilares, conforme figura 4 (SILVA; INO, 2008).

Figura 4: Variações dos sistemas pilar-viga



Fonte: KRAMBECK (2006)

De acordo com Valle (2011 apud Kokubun, 2014) este sistema foi amplamente utilizado no Brasil devido principalmente à simplicidade construtiva. Usualmente, as peças eram superdimensionadas devido à inexistência de um padrão para a definição dos tamanhos mais indicados. O superdimensionamento proporcionava, conseqüentemente, maior proteção das peças estruturais aos ataques de fungos e insetos.

2.2 SISTEMA ENTRAMADO DE MADEIRA

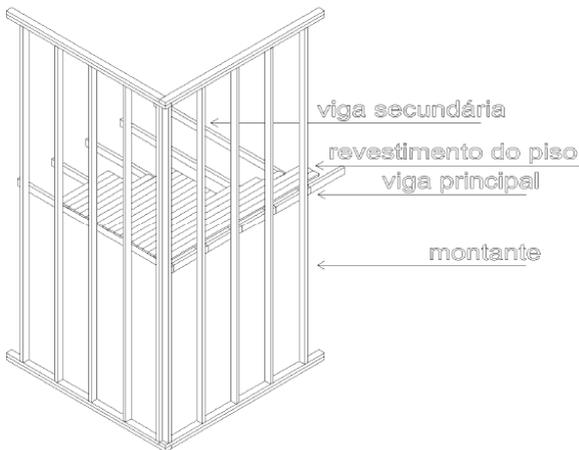
Os sistemas entramados de madeira ou nervurados, de acordo com Szücs (1991 apud Krambeck, 2006) são caracterizados por um conjunto estrutural integrado, constituído de numerosos elementos de pequena seção que juntos formam as paredes, o pisos e o telhado. O contraventamento da edificação se dá através da união de tais elementos construtivos.

O sistema entramado é amplamente difundido e utilizado na América do Norte. Neste grupo, encontram-se o sistema balão (*balloon frame*) e o sistema plataforma (*platform system*), que utilizam peças serradas de seção padronizada.

O sistema Balão é composto de montantes alongados com comprimento equivalente a dois pavimentos, nos quais são fixadas vigas que servem de apoio para o piso, conforme figura 5.

De acordo com Espíndola (2010), o sistema Balão evoluiu para o sistema construtivo Plataforma, o qual se constituiu no padrão da maioria das construções pré-fabricadas da América do Norte. Segundo Espíndola-(2010), a transformação ocorreu porque o sistema balão limitava a altura da edificação em dois pavimentos, enquanto no sistema plataforma os montantes que formam o entramado são da mesma altura do pavimento, como representado na figura 6.

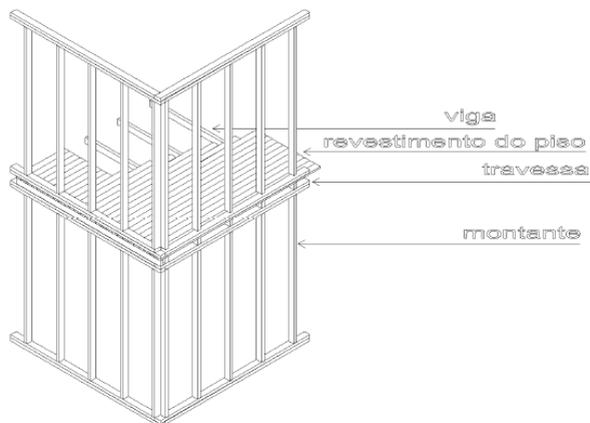
Figura 5: Sistema Balão



Fonte: KRAMBECK (2006)

O sistema Plataforma apresentou na Europa mais vantagens que os sistemas em madeira tradicionais que até então adotavam técnicas menos industrializadas. As cargas verticais são transmitidas pelos montantes até à fundação, ao mesmo tempo em que os esforços horizontais são absorvidos pelos revestimentos internos e externos (BARATA, 2008).

Figura 6: Sistema Plataforma



Fonte: KRAMBECK (2006).

Segundo Espíndola (2010), o sistema plataforma permite a construção no canteiro de obras, a pré-fabricação parcial ou a completa industrialização. A escolha do grau de industrialização está diretamente ligada à técnica da construção local e da qualidade da mão-de-obra.

O revestimento interno pode ser feito com vários materiais, como placas de madeira compensada, madeira aglomerada, OSB, gesso acartonado (*drywall*) e placas cimentícias, sendo determinante para a largura do painel o material escolhido (BARATA, 2008).

Já as chapas de fechamento podem ser aplicadas na horizontal ou vertical, sendo revestidas externamente com materiais impermeabilizantes, como *sidings* de madeira ou de PVC, protegendo a madeira da ossatura das intempéries (ESPÍNDOLA, 2010).

2.3 PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

O sistema construtivo com painéis caracteriza-se por ser o sistema onde as paredes possuem função de vedação e também de estrutura, absorvendo diretamente as cargas da cobertura e

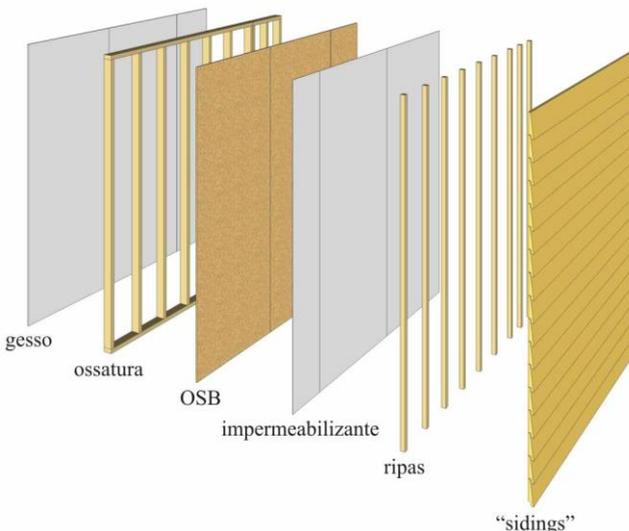
encaminhando-as para a fundação. O sistema pode ser pré-fabricado seguindo uma coordenação modular, onde os pisos, as paredes e a cobertura formam os fechamentos internos e externos, sendo responsáveis tanto pelo contraventamento quanto pela função estrutural (SZÚCS, 1991 apud KRAMBECK, 2006).

De acordo com Weinschenck (2012), os painéis parede são formados por montantes ou perfis de madeira que, em conjunto com as placas de fechamento e revestimento, formam o sistema de vedação vertical, conforme exemplo apresentado na figura 7.

Segundo Zenid (2009) os painéis de madeira surgiram da necessidade de amenizar as variações dimensionais da madeira maciça, diminuindo o peso, o custo e potencializando as propriedades isolantes, térmicas e acústicas.

As cargas do telhado são distribuídas e transmitidas ao longo das paredes e estas, por sua vez, são distribuídas para a fundação. As paredes têm tanto função estrutural como de vedação. As solicitações horizontais são absorvidas através de elementos perpendiculares às fachadas (lajes, forros e pisos), os quais fornecem o enrijecimento necessário ao conjunto (INO, 1991 apud BARATA, 2008, p. 53).

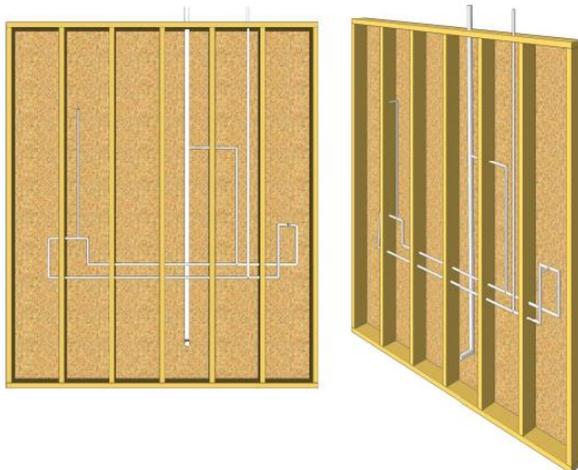
Figura 7: Componentes que formam o painel pré-fabricado



Fonte: ESPÍNDOLA (2010).

Segundo Espíndola (2010), os painéis são classificados como abertos ou fechados, conforme a composição. São considerados abertos quando a ossatura da parede é revestida por chapas apenas no lado exterior, possibilitando a instalação elétrica e hidráulica no próprio canteiro de obras (Figura 8). No sistema fechado, a parede é montada por completo na fábrica com a rede elétrica e hidráulica finalizada.

Figura 8: Exemplo composição de painel aberto com instalações hidráulicas



Fonte: ESPÍNDOLA (2010, Adaptado pela autora).

O sistema construtivo com painéis pré-fabricados permite diferentes níveis de industrialização ao longo do processo produtivo, diferenciando-se pelo tempo de fabricação e execução na fábrica ou no canteiro de obras. Quando pré-fabricados, os painéis, considerados subsistemas da construção, são precisamente cortados e montados em sequência nas fábricas, sendo posteriormente enviados aos canteiros onde são fixados à fundação (ESPÍNDOLA, 2010).

Barata (2008) lista as configurações tipológicas de painéis encontradas na literatura internacional e nacional, com os componentes e materiais empregados nos sistemas de vedações com painéis de madeira, dando ênfase a três sistemas construtivos: painéis estruturais pré-fabricados de pequenas dimensões, painéis estruturais pré-fabricados de grandes dimensões e sistemas construtivos com painéis tridimensionais.

Com relação aos painéis estruturais pré-fabricados, Gotz (1987, apud Barata 2008) classifica a função, as dimensões, a composição e a função do painel do edifício, conforme quadro 1.

Quadro 1: Tipologia e classificação dos painéis pré-fabricados

Tipologia do painel	Classificação
Painéis portantes de pequenas dimensões	Larguras de 1,00 a 1,20 m; Com ou sem lâminas de ar ventilado; Paredes externas ou internas.
Painéis portantes de grandes dimensões	Largura próxima a 10,00 m; Ventilados ou não; Elementos de paredes externas ou internas; elementos de piso ou cobertura.
Painéis portantes de grandes dimensões acoplados entre si	Constituindo elementos espaciais; Dimensões entre 2,40 e 8,40 m;
Painéis não portantes de pequenas dimensões	Com enchimento composto, Elementos de paredes internas.
Painéis não portantes de grandes dimensões	Com enchimento composto, Elemento de paredes externas.

Fonte: BARATA (2008).

2.3.1 Painéis pré-fabricados de pequenas e grandes dimensões

Barata (2008) destaca que os painéis de pequenas dimensões podem ser compostos por montantes, travessas, diagonais e frechais em madeira maciça, associada aos revestimentos internos e externos, podendo ou não possuir isolante térmico. As aberturas, como portas e janelas, são fixadas diretamente na ossatura dos painéis que, após alinhados entre si, formam o painel parede (figura 9).

Figura 9: Exemplo de ossatura de painéis de pequenas dimensões sem fechamento.



Fonte: ESPÍNDOLA (2010, adaptado pela autora).

Já o painel de grandes dimensões caracteriza-se por ser constituído de pequenos painéis agrupados, com altura correspondente ao pé-direito da edificação, responsáveis por formarem as paredes pré-fabricadas da edificação (figura 10). A utilização dos chamados painéis-parede diminui o número de juntas verticais, diminuindo também o número de ligações.

Figura 10: Exemplo de ossatura de painéis de grandes dimensões sem fechamento.



Fonte: (ESPÍNDOLA 2010, adaptado pela autora).

Semelhante ao painel de pequena dimensão, o painel parede pode ser provido de revestimentos e preenchimentos que contribuam para o desempenho térmico e acústico. O comprimento total dos elementos é definido em função das necessidades de projeto, das possibilidades de transporte e pelos limites impostos pela capacidade dos equipamentos de montagem (BARATA 2008).

O sistema plataforma, quando pré-fabricado, utiliza o painel de pequenas ou grandes dimensões na construção de edificações. Uma das limitações do sistema plataforma com painéis portantes está relacionada à flexibilidade construtiva. Isto porque os painéis possuem função estrutural e de contraventamento, não sendo possível que sejam feitas modificações na estrutura do painel ou a possível abertura de paredes sem que tais modificações tenham sido previamente estudadas na fase projetual.

O plataforma é considerado o mais sustentável dentre os sistemas construtivos em madeira. Isto porque a utilização de peças curtas pelo sistema faz com que a madeira proveniente de florestas plantadas seja mais aproveitada, possibilitando a utilização de árvores com menores dimensões quando comparadas às espécies nativas (SOUZA, 2010).

Além disso, o uso de materiais que retardam a degradação e protegem a madeira do ataque de organismos xilófagos possibilitam o uso de espécies menos densas, que por sua vez são mais suscetíveis à degradação prematura.

Outro fator que contribui para a sustentabilidade do material é que, segundo Barbosa e Ino (2001 apud Souza, 2010), a cadeia produtiva da floresta plantada proporciona vantagens ao meio ambiente em função da fixação de CO₂ (dióxido de carbono) na etapa de plantio e durante o crescimento das árvores. Além disso, as autoras destacam que a madeira consome menor quantidade de energia para as etapas de extração, processamento e montagem, em comparação a outros materiais construtivos.

2.3.2 Sistema tridimensional pré-fabricado

O sistema tridimensional pré-fabricado caracteriza-se por ser um sistema de pré-fabricação total. Segundo Krambeck (2006), o nível de industrialização é o mais elevado, sendo o sistema fabricado em módulos de grandes dimensões que acoplados entre si, formam as unidades habitacionais, conforme apresentado na figura 11.

Figura 11: Içamento de módulos tridimensionais pré-fabricados



Fonte: JULAR MADEIRAS (2017).

A pré-fabricação total faz com que o sistema dependa diretamente da indústria para mais de 50% das tarefas, além da utilização de equipamentos especiais para possíveis modificações, transporte até o local de implantação e mão-de-obra especializada.

Segundo Torres (2010), o desperdício neste tipo de sistema é de cerca de 2%, reforçando o conceito de sustentabilidade neste tipo de

construção, enquanto nos processos tradicionais este índice pode subir para 20 a 30%. A principal vantagem do sistema tridimensional pré-fabricado é a rapidez na execução, visto que as peças são transportadas prontas por caminhões ao local da obra e somente locados no terreno com a ajuda de guinchos. Uma das maneiras de instalar os módulos é colocá-los sobre pequenas estacas ou fundações, fazendo com que fiquem ligeiramente acima do solo, evitando o contato da madeira com a superfície úmida e permitindo ventilação sob o piso.

A partir da contextualização do sistema plataforma e do entendimento da composição do painel vertical responsável pela vedação e estrutura da edificação, inicia-se a revisão bibliográfica das técnicas e características da construção a fim de relacioná-las com as normativas brasileiras.

3 APLICAÇÃO DO SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA

No campo das pesquisas relacionadas à aplicabilidade da madeira para a construção de habitação, Espíndola; Ino (2014) destacam que a propagação errônea do sistema construtivo *wood frame* resulta em produtos de baixa qualidade, prejudicando a imagem de construção sustentável que o sistema plataforma possui.

Para que a fabricação seja feita de forma eficiente, é recomendado que se elabore o Projeto de Desenvolvimento do Produto (PDP), considerando a disponibilidade, a localização e o custo dos insumos necessários. Após verificar a viabilidade dos insumos, deve-se projetar visando à conectividade e a compatibilidade entre seus componentes e com as demais partes integrantes da edificação, permitindo a flexibilidade do conjunto (ESPÍNDOLA; INO 2014).

Segundo Espíndola; Ino (2014), “no caso dos elementos construtivos em *wood frame*, a simplicidade da composição é o ponto facilitador no projeto do produto”. Desta forma, os pesquisadores listam diretrizes gerais para a pré-fabricação dos elementos construtivos *wood frame* aplicáveis no Brasil, como: selecionar matéria-prima local, especialmente de madeira oriunda de florestas plantadas e insumos de procedência nacional, quando possível; elaborar o projeto de desenvolvimento do produto e o projeto de montagem com o intuito de minimizar resíduos e facilitar o processo geral de instalação; identificar a escala da fábrica conforme demanda do produto e custos envolvidos, organizando a planta da fábrica conforme as atividades sequenciais e paralelas na linha de produção a fim de minimizar o trabalho dispendioso ou o cruzamento errôneo de atividades; minimizar os custos de produção para possibilitar o atendimento as construção de habitações populares; inserir o trabalhador no processo de produção global da fábrica, fornecendo capacitação e treinamento para incluí-lo nas diferentes funções da produção.

No Brasil, segundo a ABDI (2015), por ainda não existirem normas específicas aplicáveis ao sistema *wood frame*, as normas técnicas usualmente utilizadas são: ABNT NBR 7190 (1997) – Projetos de estrutura de madeira; a Diretriz SiNAT nº005 - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”) e a EN-1995:1 (2004) – Eurocode 5: *Design of timber structures*.

Além destas, ao se projetar uma edificação em madeira no Brasil, outras normativas relacionadas à madeira e aos materiais a base de madeira devem ser consultadas, como mostra o quadro 2.

Outras normativas não relacionadas à madeira, mas relacionadas às construções de modo geral, independente do sistema construtivo utilizado, também devem ser consultadas, como a NBR 6120 (2000) – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações; NBR 8681 (2004) – Ações e segurança nas estruturas; NBR 6123 (2013) – Forças devidas ao vento em edificações; e a NBR 15575 (2013) – Edificações Habitacionais – Desempenho.

Quadro 2: Normativas relacionadas à construção e aos subsistemas em madeira

CÓDIGO	TÍTULO
NBR 6627:1981	Pregos comuns e arestas de aço para madeiras
NBR 7203:1982	Madeira serrada e beneficiada
NBR 9487:1986	Classificação de madeira serrada de folhosas – Procedimento
NBR 11700:1991	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral – Classificação
NBR 7190:1997	Projeto de estruturas de madeira
NBR 12551:2002	Madeira serrada – Terminologia
NBR 14807:2002	Peças de madeira serrada – Dimensões
NBR 11941:2003	Madeira - Determinação da densidade básica
NBR ISO 1096:2006	Madeira compensada – Classificação
NBR ISO 1954:2006	Madeira compensada - Tolerâncias dimensionais
NBR ISO 2426-1:2006	Madeira compensada - Classificação pela aparência superficial
NBR 15798:2010	Pisos de madeira – Terminologia
NBR ISO 1032:2010	Madeira serrada de coníferas — Dimensões — Termos e definições
NBR ISO 2299:2010	Madeira serrada de folhosas — Defeitos — Classificação

NBR 15799:2010	Pisos de madeira com e sem acabamento — Padronização e classificação
NBR ISO 3179:2011	Madeira serrada de coníferas – Dimensões nominais
NBR 15930-1:2011	Portas de madeira para edificações
NBR ISO 2074:2012	Madeira compensada — Vocabulário
NBR 15799:2013	Pisos de madeira com e sem acabamento – Padronização e classificação
NBR 6232:2013	Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão
NBR 16143:2013	Preservação de madeiras — Sistema de categorias de uso
NBR 12498:2017	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral – Requisitos
NBR 11869:2017	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Inspeção e recebimento

Fonte: ABNT Coleção (2017).

Segundo a Techne (2010), as normas Americanas e Europeias relacionadas ao sistema *wood frame* são as mais tradicionais em nível mundial, como a EN 1995-1 (2004) – Eurocode 5: *Design of timber structures*. Já as normas australianas e neozelandesas são importantes e muito utilizadas no país por serem oriundas de locais com condições climáticas semelhantes ao Brasil. Além disso, ambos os países possuem indústrias com políticas de preservação da madeira muito respeitadas em nível mundial.

No ano de 2009 a junção de empresários e engenheiros brasileiros interessados no setor madeireiro instituiu a Comissão Casa Inteligente², através de parcerias com o Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial

² A Comissão Casa Inteligente foi criada através da parceria de empresários do setor madeireiro com a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) para incentivar o uso do sistema *wood frame* na construção civil, buscando apoio político e popularização do método, além de sugerir outros meios de aplicar a tecnologia.

do Paraná (SENAI-PR) e o Ministério das Finanças e da Economia do estado alemão Baden-Württemberg. A Comissão Casa Inteligente trabalha para que o sistema plataforma seja regulamentado no Brasil com o objetivo de manter a padronização, a qualidade e a eficácia. Como resultado, em 2011 obteve a aprovação de um documento chamado “Diretriz nº 005: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas – Sistemas leves tipo *Light Wood Framing*”, pelo Ministério das Cidades.

O objeto da Diretriz SiNAT nº 005 é a utilização dos sistemas construtivos cuja principal característica é a estruturação por peças de madeira maciça serrada com fechamentos em chapas delgadas, abrangendo às estruturas, paredes (vedação vertical externa ou interna), pisos e coberturas.

Outra conquista para a construção *wood frame* no Brasil foi, no ano de 2013, quando a empresa TECVERDE, com sede no estado do Paraná, recebeu o Documento de Avaliação Técnica (DATec) nº 020 - "Sistema construtivo TECVERDE: sistema leve em madeira" depois da aprovação em diversos testes que apresentavam os critérios mínimos de desempenho para os elementos constituintes do sistema construtivo.

O avanço mais recente do setor de madeira processada no Brasil foi a instalação da Comissão de Estudos da ABNT para o desenvolvimento de uma norma técnica para o sistema *wood frame*. Como parte interessada no avanço do sistema construtivo no país, a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), responsável pela secretaria técnica do Comitê Brasileiro de Madeira (ABNT/CB-031), tem sido uma das principais protagonistas nesse processo juntamente com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná (SINDUSCON-PR), a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) e outras instituições envolvidas na Casa Inteligente.

As vantagens do sistema leve em madeira atraíram muitos pesquisadores com o intuito de adaptá-lo ao contexto brasileiro, principalmente com a aplicação de espécies de madeira oriundas de florestas plantadas (ESPÍNDOLA; INO, 2014). Como aplicação dos estudos para o cenário da construção no Brasil, obteve-se o protótipo Stella-UFSC, construído no ano de 2003 pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com a empresa Battistella, no campus da universidade (figura 12).

A empresa catarinense Battistella foi uma das pioneiras a implantar o sistema plataforma em madeira para habitações de médio e alto padrão no Brasil, sendo responsável por uma das primeiras casas executadas no

sistema plataforma em madeira na cidade de Viamão – RS, no ano de 2001. Porém, mesmo com evidentes avanços, a propagação do sistema no mercado consumidor ocorreu de forma pontual e sem grandes impactos no setor da construção em madeira (WEINSCHENCK, 2012).

Figura 12: Projeto Stella-UFSC na fase construtiva e depois de pronto



Fonte: Revista Techne. Editora PINI.³

Segundo Espíndola, Ino (2014), a Diretriz SINAT nº 005 (2017) e o Documento Técnico DATec nº 020-A (2015) apresentaram uma grande evolução visto que proporcionam a fundamentação básica para fornecedores, produtores, projetistas e construtores, incentivando o surgimento de empresas de pequeno porte em diferentes regiões do Brasil.

De acordo com o ABDI (2015), inicialmente o *wood frame* produzido nacionalmente foi desenvolvido para se trabalhar com painéis abertos, ou seja, eles eram compostos pelos elementos e depois de serem produzidos em ambiente fabril, os painéis eram levados para o canteiro de obras para o processo de montagem, sendo realizadas as instalações elétricas e hidráulicas em campo. A partir de 2013, foi desenvolvido o sistema de painéis fechados, onde em ambiente fabril o painel é produzido com todos os elementos das camadas, incluindo a parte elétrica e hidráulica interna, e no canteiro eram feitos apenas os arremates finais.

³ Disponível em < <http://techne.pini.com.br/> >. Acesso em 10 de agosto de 2016.

A industrialização e a utilização de sistema construtivo a seco e modular permitem a redução de até 90% dos resíduos sólidos produzidos em termos de metro quadrado construído.

No ano de 2016, cerca de 85 mil m² foram construídos com o sistema construtivo *wood frame* no Brasil só pela empresa TECVERDE S/A, representando um avanço nas construções em madeira industrializadas brasileiras e atendendo a diversas tipologias, como casas térreas e sobrados. Um grande avanço do setor da madeira foi a construção de um edifício habitacional de três pavimentos (figura 13), na cidade de Araucária, Paraná, no segundo semestre de 2016.

Figura 13: Montagem do primeiro prédio em *wood frame* do Brasil



Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

Apesar dos investimentos atuais, a insegurança em relação ao sistema construtivo dificulta o crescimento das técnicas alternativas. Ainda existe falta de conhecimento da técnica, falta de normatização específica e um pensamento errôneo que liga a construção em madeira ao desmatamento irresponsável (SOUZA, 2013).

3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR

Entende-se por produto inovador ou inovação tecnológica os materiais de construção, componentes, elementos, sistemas e processos construtivos que ainda não possuem normas técnicas capazes de especificarem as características técnicas para as fases de projeto e execução (ANTAC, 2015).

Para que um sistema construtivo considerado inovador seja utilizado nos programas habitacionais brasileiros, atingindo a produção em larga escala e se adeque aos programas de financiamento bancários, exige-se que o sistema construtivo seja normatizado ou que atenda a documento técnico devidamente aprovado pelos órgãos competentes.

No Brasil, o sistema responsável pela avaliação técnica de produtos de construção inovadores é o Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais, SiNAT, vinculado ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, PBQP-H, do Ministério de Estado das Cidades.

Criado em 2007, o SiNAT tem como diretriz a avaliação técnica dos produtos, processos ou sistemas tendo como base o conceito de desempenho de acordo com a norma ABNT NBR 15575 (2013). Um dos objetivos do SiNAT é a garantir a implementação de produtos inovadores no setor da construção, suprimindo provisoriamente as lacunas das normas técnicas prescritivas por meio da elaboração de Diretrizes técnicas de avaliação aos produtos avaliados.

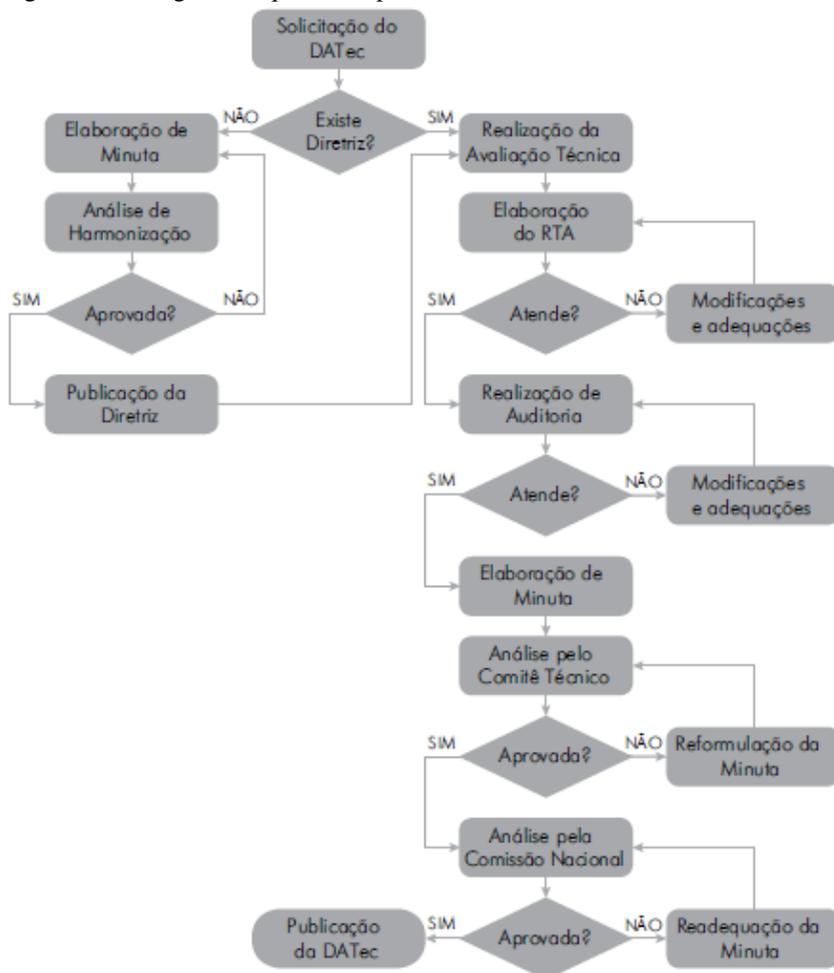
A diretriz SiNAT considera situações específicas de uso, avaliando o comportamento provável ou potencial do produto, processo ou sistema construtivo. Desta forma, concede um Documento de Avaliação Técnica, DATec, para sistema inovadores, através de avaliações técnicas realizadas pelas Instituições Técnicas Avaliadoras, as chamadas ITA's. Assim, o produtor, fabricante, proponente ou detentor do produto, processo ou sistema é o responsável pela demonstração e garantia da qualidade do produto, processo ou sistema em questão, além da orientação adequada quanto ao uso e assistência técnica. Para a concessão de um DATec, os passos devem ser seguidos conforme exemplificado no fluxograma da figura 14.

Os Documentos de Avaliação Técnica são concedidos em caráter provisório e com prazo de validade definido em razão da característica inovadora dos produtos e processos avaliados, podendo ter revisões dos processos de avaliação ou, eventualmente, a suspensão do documento mesmo dentro do prazo de validade.

Segundo a Portaria nº 345 (2007) do Ministério das Cidades, os objetivos gerais do SiNAT são: estimular o processo de inovação tecnológica no Brasil aumentando as alternativas tecnológicas para a produção de obras de edifícios e de saneamento, e promover o equilíbrio competitivo nos setores produtivos correlatos; reduzir riscos nos processos de tomada de decisão por parte de agentes promotores, incorporadores, construtores, seguradores, financiadores e usuários de produtos e processos de construção inovadores e sistemas convencionais

quanto à aptidão técnica ao uso, considerando-se fundamentalmente requisitos de desempenho relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade; orientar produtores, fabricantes e construtores quanto aos requisitos e critérios de desempenho aplicáveis ao produto, processo ou sistema, explicitando-os em documentos técnicos definidos no Regimento do SiNAT.

Figura 14: Fluxograma esquemático para a concessão de um DATec no SiNAT.



Fonte: ANTAC (2015).

Inicialmente publicada em 2011, e atualmente em vigor após a segunda revisão realizada em março de 2017, a Diretriz SiNAT n° 005 é a responsável pelos Sistemas Construtivos Estruturados em Peças Leves de Madeira Maciça Serrada, com Fechamentos em Chapas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”), para serem empregados em edificações unifamiliares, térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas, e em edificações multifamiliares de até 04 pavimentos (térreo mais 3 pavimentos).

O sistema construtivo avaliado na Diretriz SiNAT n° 005 refere-se às paredes estruturais ou de vedação, internas e externas, lajes de pisos (entrepisos) e os sistemas de cobertura, incluindo lajes e estruturas do telhado.

Para a caracterização do produto avaliado na Diretriz são listadas as principais características dos materiais e componentes que formam o sistema construtivo *Light Wood Framing*, como: requisitos para a caracterização dos materiais e componentes; critérios para a avaliação da resistência natural da madeira e produtos à base de madeira à fungos apodrecedores; critérios para avaliação da resistência ao ataque de cupins subterrâneos na madeira e em produtos à base de madeira e notas de avaliação de desgaste por cupins de madeira seca na madeira e nos produtos da madeira.

Já o desempenho deve ser avaliado através dos requisitos e critérios estipulados na ABNT NBR 15575 (2013), partes 1 a 6, além da utilização da ANBT NBR 7190 (1997) - Projeto de estruturas de madeira, e outras normas pertinentes.

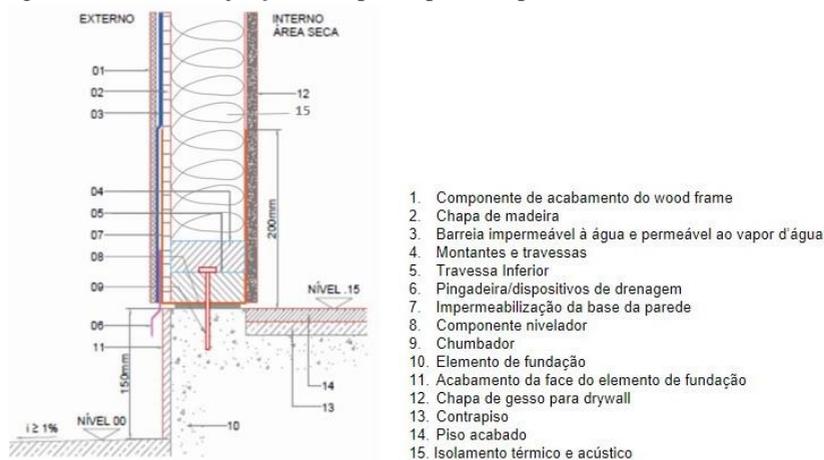
Outra informação importante é a respeito dos métodos de avaliação das características de cada material e componente do sistema. Quando relacionado aos sistemas estruturais de vedação vertical externa e interna, a Diretriz SiNAT n° 005 (2017) descreve que os elementos a serem contemplados são: peças de madeira dos quadros estruturais, os componentes de fechamento e contraventamento (chapas de OSB estrutural ou chapas de OSB com acabamento na face externa), chapas de compensado tratada para paredes e pisos com função estrutural (contraventamento ou apoio), componentes de fechamento e/ou acabamento internos e/ou externos (placas cimentícias), componentes de fechamento internos – (chapas de gesso para *drywall*), fitas para tratamento de juntas entre chapas de gesso para *drywall*, componentes de revestimento/acabamento (*siding* de PVC), selantes (material de preenchimento de juntas visíveis), a massa para preenchimento de juntas dissimuladas, fitas ou de tela usada na junta dissimulada, argamassas de revestimento para junta dissimulada (*base coat*), produtos isolantes

térmicos, barreiras impermeáveis a água e permeáveis ao vapor e por fim os dispositivos de fixação metálicos.

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS COMPONENTES DO SISTEMA LIGHT WOOD FRAMING

Para que seja feita uma comparação entre as técnicas e detalhes construtivos para a construção do sistema plataforma no Brasil descritos pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017) com as normativas e manuais de referências internacionais dos países com tradição de uso da madeira, elenca-se e compara-se o que é descrito para o uso da técnica no Brasil relacionados às vedações verticais externas. A figura 15 apresenta um detalhe da junção entre piso e parede de áreas secas.

Figura 15: Detalhe da junção entre painel parede e piso de áreas secas.



Fonte: Diretriz SiNAT 005 (2017, adaptado pela autora).

Tendo em vista a composição do painel parede, faz-se o levantamento do que é utilizado de madeira e a base de madeira nos elementos, como nos quadros estruturais, os componentes de fechamento e contraventamento (OSB) e os componentes de revestimento externos (*siding* de madeira). Além disso, descrevem-se os materiais isolantes térmicos e acústicos utilizados entre os montantes e os dispositivos de fixação metálicos.

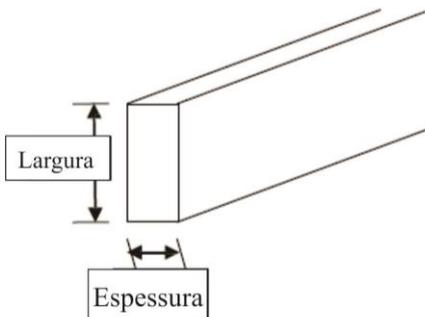
3.2.1 Peças de madeira dos quadros estruturais

O quadro estrutural do painel parede tem por objetivo: resistir às cargas provenientes da cobertura, cargas císmicas e do vento encaminhando-as até a fundação; formar uma superfície adequada para os acabamentos das aberturas (portas e janelas) e para o recebimento do material de acabamento; servir como uma barreira de isolamento térmico e acústico; garantir de uma a duas horas de barreira contra o fogo quando em paredes geminadas de edificações multifamiliares (PATH, 2000 apud ESPÍNDOLA 2010).

A Diretriz SiNAT nº 005 (2017) descreve quais as características das peças estruturais de madeira serrada para os quadros estruturais devem constar nos projetos e serem objeto de ensaios e análises. São eles: teor de umidade a 12%, resistência mínima à compressão, seção transversal nominal mínima e resistência aos organismos xilófagos.

Os principais elementos da ossatura que compõe os quadros estruturais são os montantes verticais e as travessas inferior e superior (Figura 16). De acordo com a SiNAT nº005 (2017), a seção nominal mínima para as peças estruturais (montantes e travessas) deve ser de 38 mm x 98 mm, admitindo-se uma diferença dimensional de no máximo 1,5 mm menor que o valor estipulado. O espaçamento mínimo entre os montantes não é descrito e, segundo a SiNAT nº005 (2017), deve ser definido pela análise do projeto estrutural.

Figura 16: Denominação das seções nominais dos montantes



Fonte: DIRETRIZ SiNAT nº 005 (2017).

De acordo com o *Wood Frame Construction Manual for One and two Family Dwellings* (2015), da AWC (*American Wood Council*), e o *Canadian Wood Frame House Construction* (1997), da CMHC (*Canada*

Mortgage and Housing Corporation), admite-se montantes de 38 mm x 89 mm, 38 mm x 140 mm e 38 mm x 184 mm, equivalentes à 2"x4", 2"x6" e 2"x8", respectivamente. O espaçamento mais comum é de 400 mm, podendo ser de 300 mm ou 600 mm, equivalentes à 12", 16" e 24".

De acordo com Dias (2005), a seção de 2"x4" e o espaçamento de 400 mm são os mais comuns e equivalem às medidas brasileiras. Já as travessas inferior e superior da ossatura, assim como as localizadas nas portas e janelas, possuem nas duas faces a medida de 2", equivalente à 38 mm.

A seção das peças de madeira também pode variar de acordo com o tipo de parede. Por exemplo, nas paredes externas utiliza-se a dimensão de 38 mm x 89 mm, enquanto nas internas a seção é de 38 mm x 70 mm. Já nas paredes de geminação utiliza-se paredes mais espesas, com 38 mm x 140 mm (DATec n° 020-A, 2015).

De acordo com o IRC (2012), os montantes com à 2"x3", equivalente à 38 mm x 76 mm, também são permitidos, desde que não sejam utilizados em painéis externos. O IRC (2012) também destaca que o espaçamento máximo permitido entre os montantes para edificações de um pavimento é 24", equivalente a 600mm, enquanto que nas edificações com mais de um pavimento, o espaçamento máximo cai para 16", equivalente à 400mm.

Diferentemente do que recomenda os manuais Norte Americanos e a Diretriz SiNAT n°005 (2017), a norma Australiana AS 1684-2 (1999) - *Residencial timber construction - Non-cyclonic areas* recomenda a utilização da medida mínima de 35 mm x 90 mm para os montantes e 45 mm x 70 mm para as travessas. Porém, o espaçamento utilizado entre os montantes é equivalente ao brasileiro, podendo ser de 300, 400 e 600 mm.

Com relação às normativas europeias, a EN 1995 (2004) – *Eurocode 5: Design of timber structures* não menciona medida mínima para os montantes, mas informa que, para que o painel tenha função estrutural, a largura deve ser de no mínimo ¼ da altura do painel.

A norma brasileira NBR 7190 (1997) – *Projetos de estrutura de madeira* estabelece dimensões mínimas para as peças utilizadas com função estrutural. De acordo com a norma, peças isoladas, como vigas e barras longitudinais de treliças, deve ter espessura mínima de 5 cm e seção transversal de 50 cm². Nas peças secundárias, o valor mínimo cai para 2,5 cm e 18 cm². Já nas peças principais multiplas, a espessura mínima é de 2,5 cm e 35 cm² de seção transversal, enquanto nas peças secundárias o valor é de 1,8 cm e 18 cm² respectivamente. Ressalva-se que a norma ABNT NBR 7190 refere-se às estruturas de madeira de modo geral, e não é específica para a construção plataforma de madeira.

Ao se utilizar montantes mais largos, com 6” ou 8”, o painel fornece maior espaço para ser utilizado mais isolantes térmicos. (CMHC, 1997). De acordo com o APA (2014), as novas construções conseguem requisitos para se certificarem através do programa *ENERGY STAR*⁴, desenvolvido pelo *U.S. Environment Protection Agency* para padronizar o consumo eficiente de energia, utilizando o espaçamento e profundidade do montante da ossatura de madeira adequadas à zona bioclimática. Nos Estados Unidos, por exemplo, nas zonas de 1 a 4, caracterizadas pelo clima quente, o montante deve ser de 38 mm x 140 mm e o espaçamento de 400 mm, enquanto nas zonas de 5 a 8, caracterizadas pelo clima frio, o espaçamento deve ser de 600 mm. O espaçamento e profundidade do montante da ossatura influenciam diretamente no isolamento da construção plataforma de madeira.

De acordo com a ABNT NBR 7190 (1997), o projeto de estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se as classes de umidade. Isto tem por finalidade ajustar as propriedades de resistência e rigidez da madeira em função das condições ambientais onde as estruturas permanecerão. Além disso, também determinam os métodos de tratamentos preservativos.

A condição padrão utilizada para as propriedades de resistência e de rigidez correspondem à classe 1, definida pelo teor de umidade de equilíbrio da madeira de 12%, referente à umidade relativa do ambiente inferior à 65%. A classe de umidade 2 refere-se à uma umidade relativa do ambiente entre 65% e 75%, com umidade de equilíbrio da madeira de 15%. Já a classe de umidade 3 refere-se à umidade ambiental de 75% à 85%, com umidade de equilíbrio da madeira de 18%. A classe 4 refere-se à umidade relativa do ambiente superior à 85% durante longos períodos, na qual a umidade de equilíbrio da madeira seja maior ou igual à 25%.

De acordo com o EN 1995 (2004) – *Eurocode 5: Design of timber structure*, para o uso estrutural, a classificação acontece em 1, 2 e 3. A classe 1 é semelhante ao utilizado pela norma brasileira, na qual a umidade relativa não ultrapassa 65% e a umidade de equilíbrio da madeira corresponde à 12%. Na classificação 2, a umidade ambiental é maior que 65% durante algumas semanas do ano, e a umidade de equilíbrio da

⁴ ENERGY STAR é um padrão internacional para o consumo eficiente de energia originado nos Estados Unidos. Ele foi criado pelo governo norte americano no início da década de 90. Outros países, no entanto, como Austrália, Canadá, Japão, Nova Zelândia, Taiwan e a União Europeia também adotaram o programa (Wikipédia, 2017).

madeira não excede 20%. Já a classe 3 as condições climáticas e de umidade da madeira são superiores à classificação anteriormente descrita.

Ambas as normativas, NBR 7190 e EN 1995 (2004), utilizam a classificação 1, definida pelo teor de umidade de equilíbrio da madeira de 12%, como padrão de referência.

A norma americana PS-20 (2015) - *American Softwood Lumber Standard*, da NIST (*Nacional Institute of Standards and Technology*), que segundo o AWC (2015) deve ser utilizado para a classificação das madeiras, determina que as peças devem possuir umidade igual ou inferior à 19% no momento de utilização. Segundo a norma, o melhor desempenho dos prédios *wood frame* é obtido quando o teor de umidade da madeira utilizada na estrutura dos painéis no momento em que o edifício é fechado com revestimentos externos e internos, é o mais próximo possível da condição que alcançará em serviço.

A divisão das madeira em classes de resistência têm por objetivo o emprego do material com propriedades padronizadas para o uso em projetos estruturais. De acordo com SiNAT nº005 (2017), a resistência mínima à compressão para as coníferas deve obedecer a classificação mínima C20 da ABNT NBR 7190 (1997).

A classe C20 tem como principal espécie utilizada no Brasil no setor da construção o *Pinus*, *Pinus Elliotti*, proveniente de floresta plantada. Os plantios com a espécie se concentram na região sul do Brasil e representam uma participação de 88%, cerca de 1,6 milhões de hectares do total nacional (ACR, 2016). Segundo Molina, Calil Júnior (2010), a indústria de reflorestamento nacional é uma das mais competitivas do mundo devido às grandes áreas de reflorestamento existentes no país.

O valor médio da densidade do *Pinus Elliotti*, a 12% de umidade, é de 560 kg/m³ e a resistência média à compressão paralela às fibras (f_{co}) é de 66 MPa (NBR 7190, 1997). A figura 17 apresenta as faces tangencial e radial do *Pinus Elliotti*, que dentre as características sensoriais observa-se a cor branco-amarelada (IPT, 2017).

Segundo Molina, Calil Júnior (2010) a preferência pela utilização do *Pinus* nos sistemas *wood frame* é, aliado ao crescimento rápido, a sua alta permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque dos organismos xilófagos. A alta capacidade de tratamento é uma característica intrínseca de cada espécie botânica, relacionada a permeabilidade da madeira aos produtos preservativos.

Diferentemente de madeiras densas, e por consequência mais resistentes, o cerne do gênero *Pinus* possui baixa resistência ao ataque dos organismos xilófagos, tais como insetos, fungos e perfuradores marinhos (NBR 16143, 2013).

Figura 17: Face tangencial e face radial do *Pinus Elliotti*



Fonte: IPT (2017).

Outras espécies podem ser observadas na construção *wood frame* além do Pinus. Nos Estados Unidos e Canadá, uma espécie que é utilizada com frequência na construção civil é o *Douglas Fir*, *Pseudotsuga menziesii*. Conhecido no Brasil por Pinheiro-do-oregon é proveniente de florestas plantadas e é comum na região oeste dos Estados Unidos. O valor médio de resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0\ m}$) do *Pseudotsuga menziesii* é de 43 MPa e a densidade média é de 520 kg/m³.

Pode-se afirmar que na Europa sempre houve um equilíbrio entre o consumo e a produção de madeira serrada. Porém, no ano de 2004, a Europa Ocidental tornou-se a maior região exportadora de madeira macia devido principalmente ao aumento da produção em países como Alemanha, Áustria, Suécia e Finlândia, onde o consumo de madeira serrada ultrapassa o volume de produção. De acordo com a norma Européia EN 338 (2009) – *Structural timber: Strength classes*, a classificação estrutural mínima para as estruturas de madeira é a C14, que equivale a resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0\ m}$) de 16 Mpa e densidade média de 350 kg/m³. Em países da porção leste da Europa, como Portugal, o Pinheiro Bravo, *Pinus pinaster*, é uma das espécies utilizadas para a construção civil e pertence à classificação C18, com valor médio de resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0\ m}$) de 35,1 MPa e densidade média de 380 kg/m³ (LOUSADA et. al., 2008).

No ano de 2016, os cinco países que mais exportaram produtos madeireiros para o Brasil, considerando o valor total, foram os EUA, China, Argentina, Alemanha e Finlândia. Já os estados brasileiros que mais exportaram os produtos madeireiros, considerando o valor total, foram Paraná, São Paulo, Bahia, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul. (SNIF, 2017).

Já em países nórdicos, como a Finlândia, onde cerca de 60% das construções são feitas com madeira, as espécies utilizadas na construção civil são os pinheiros *Scots pine*, *Pinus Sylvestris*, e os abetos⁵ *Norway spruce* e *Picea abies*, com 67% e 22% de uso nas construções respectivamente. O valor médio de resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}) do pinheiro finlandês é de 50 MPa e a densidade de 550 kg/m³, enquanto do abeto é 39 Mpa e 470 kg/m³ (WOOD PRODUCTS, 2015).

Em países com clima semelhante ao Brasil, como a Austrália, o gênero *Eucalyptus* é bastante utilizado na construção civil, e corresponde a quase 80% das florestas australianas. O valor médio de resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0m}) do Eucalipto australiano é de 23 MPa e a densidade de 550 kg/m³ (AS 1720, 2010).

Para que a madeira utilizada na ossatura do painel se mantenha íntegra e obtenha os níveis de resistência e desempenho mínimo estabelecido, exige-se tratamento químico contra os organismos xilófagos através da impregnação de produtos preservantes.

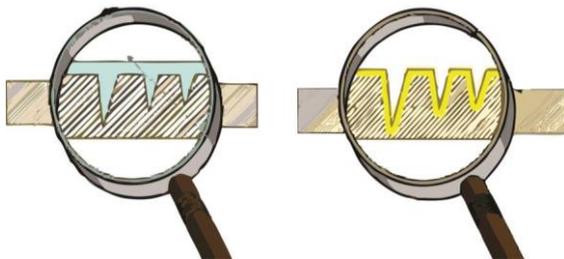
Segundo a NBR 7190 (1997), os tratamentos convencionais de preservação da madeira são realizados com a impregnação de produtos químicos tóxicos aos organismos xilófagos, que compreendem o tratamento profilático, como o pincelamento ou pulverização com um produto preservantes; tratamentos sem pressão efetiva, como a imersão simples e imersão prolongada; difusão; substituição de seiva e banho quente-frio; e os tratamentos com pressão, como a impregnação em autoclave, bombas de vácuo e transferência de pressão. No Brasil, as normas relacionadas à preservação das madeiras são a NBR 16143 (2013) - Preservação de madeiras: Sistema de categorias de uso e a ABNT NBR-6232 (2013) - Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão.

Presentes no mercado brasileiro e mais acessíveis, dois tipos de acabamento aplicados por pincelamento e indicados para as folhosas, como o Angelim, Cedro e Ipê, possuem componentes de proteção contra fungos e organismos xilófagos. Nesta categoria encontram-se as tintas e vernizes que formam películas superficiais, e os stains, que são produtos impregnantes, como mostra a figura 18.

As tintas, por sua vez, podem ser oleossolúveis, com base alquídica (uma reação entre um ácido, álcool e óleo secante) ou hidrossolúveis, com base de polímeros acrílicos ou vinílicos.

⁵ Abeto é o nome popular das diversas espécies do gênero *Abies*. São árvores coníferas da família das Pináceas, nativas de florestas temperadas da Europa, Ásia e América do Norte (Wikipédia, 2017).

Figura 18: Detalhe de tintas e vernizes (formação de filme) e dos produtos impregnantes



Fonte: Montana Química. ⁶

De acordo com Silva (2008), quando comparadas aos vernizes e stains, as tintas fornecem a melhor proteção à superfície de madeira contra o intemperismo e molhamento pela água. Isto porque os pigmentos presentes aumentam a opacidade das tintas, eliminando a deterioração da superfície da madeira pelos raios ultravioleta (UV) e também são responsáveis, com menor importância, por propriedades anticorrosivas, brilho, resistência à luz, resistência às intempéries, resistência aos produtos químicos e envelhecimento.

Desta forma, deve-se avaliar se as tintas utilizadas são compatíveis com o local de aplicação, podendo ser interno ou externo. No caso das tintas para uso externo, estas são formuladas de forma a serem resistentes à radiação ultravioleta, acompanhar as contrações e dilatações dos materiais e ainda resistir ao aparecimento de fungos e algas (SILVA, 2008).

Ressalva-se que para a escolha do tipo de preservante que melhor de adequa ao uso na construção civil, três informações devem ser analisadas: o tipo da madeira (densidade, estabilidade e tratabilidade); a umidade da madeira (se está abaixo ou acima do ponto de saturação das fibras) e por fim o tipo de uso (uso externo/interno, em contato ou não contato com o solo, e em contato e exposição à água doce ou salgada).

O tratamento mínimo indicado para as coníferas utilizadas estruturalmente, de acordo com a norma NBR 7190 (1997) e a NBR 6232 (2013) é a impregnação em autoclave. Destaca-se que a NBR 7190 (1997) é destinada apenas ao dimensionamento da madeira utilizada, devendo o

⁶ Disponível em <<http://www.montana.com.br>> Adaptado pelo autor. Acesso em 20 de novembro de 2015.

produto ser tratado conforme norma específica NBR 6232 (2013) e NBR-16413 (2013).

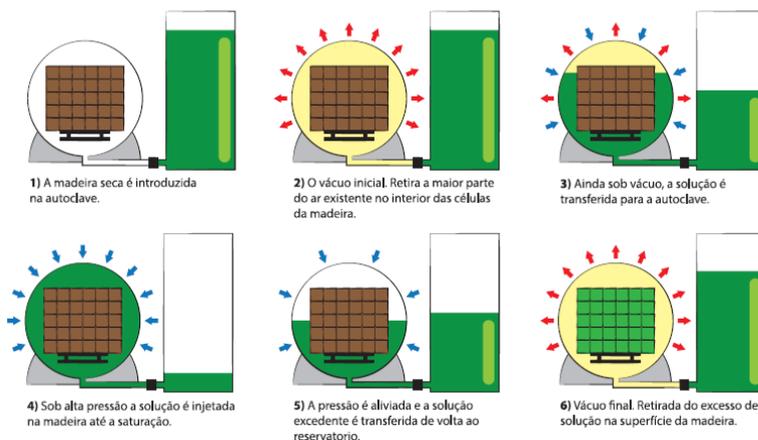
De acordo com as normas, existem 4 tipos de preservativos utilizados, sendo responsáveis por cerca de 80% da madeira tratada, como o Óleo Creosoto, CA-B (Cobre e Azóis tipo B), CCA (Cromo-Cobre-Arsênio) e CCB (Cromo-Cobre-Boro).

A Diretriz SiNAT nº 005 (2017) apresenta os limites de concentração máximo e mínimo para os ingredientes ativos do CCA-C, conforme orientação da AWWA P23-14 - *Standard for Chromated Copper Arsenate Type C (CCA-C)*.

Devido à natureza oleosa e às propriedades químicas do óleo creosoto, a madeira tratada com esse material pode apresentar problemas de exsudação do produto quando esse produto migra para a superfície, além de não permitir acabamentos com tintas, *stains* ou vernizes. Desta forma, não é recomendado que este produto óleo-solúvel entre em contato direto com pessoas e animais e não deve ser utilizado no tratamento das madeiras para uso residencial (ABNT NBR 16143, 2013).

Como orientação da Diretriz SiNAT nº005 (2017), para as edificações plataforma de madeira, nas edificações térreas, sobrados unifamiliares e nas edificações multifamiliares de até quatro pavimentos, as peças estruturais devem ser submetidas a tratamentos sob pressão (figura 19) com produtos químicos como CCA-C, CCB e CA-B, com 100% de penetração no alburno, tendo uma variação de concentração conforme o tipo de edificação.

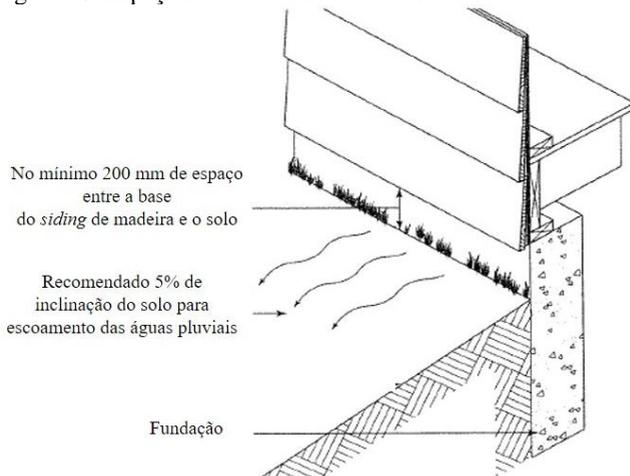
Figura 19: Sistema de impregnação em autoclave



Fonte: MONTANA QUÍMICA, 2015.

Segundo o *Canadian Wood Frame House Construction* (1997), da CMHC, a proteção contra a degradação e insetos utilizando materiais adequados e tratados deve ser acompanhada de métodos de projeto e construção. De acordo com o manual, o solo deve ser drenado e as peças de madeira não devem estar em contato com o solo, devendo a fundação onde as paredes serão apoiadas estarem pelo menos 150 mm acima do chão, e quando utilizados *siding* de madeira para o fechamento externo, estes estarem a pelo menos 200 mm do chão, conforme figura 20.

Figura 20: Espaçamento entre os materiais a base de madeira do solo



Fonte: *Canada Wood Frame House Construction* (1997).

Além da análise do local de construção das casas, outros cuidados devem ser considerados para minimizar os impactos ambientais, economizar energia e promover a saúde da edificação. Por exemplo, janelas orientadas corretamente para insolação e com áreas de abertura que promovam a iluminação e ventilação adequadas com técnicas de condicionamento passivo (CWFHC, 1997).

De acordo com a *Canadian Standard O80 Series: Wood Preservation* (2010), que é compatível com a ISO 21887 (2007) – *Durability of wood and wood-based products: Use classes* quanto às categorias de uso, exclui-se o uso de CCA para as madeiras de uso interno residencial. Para a ossatura dos painéis parede e para a madeira serrada recomenda-se o uso de SBX (Butil Xantato de Sódio) ou ACQ (Quaternário de Amônio). Porém, o CCA pode continuar sendo utilizado

em outras partes da residência, como nas telhas *shingles* e nos compensados de madeira, sem o contato direto com o ser humano.

Além disso, a norma indica que as madeiras que são obrigadas a receber o tratamento sob pressão para resistir às térmicas ou a degradação devem receber uma marca que indique a conformidade e a categoria de uso. Segundo a norma, nos locais onde há a ocorrência de térmitas (sul do Canadá), a distância entre os elementos estruturais e o nível do solo acabado não deve ser inferior à 450 mm.

No ano de 2003, a utilização de madeira tratada com CCA foi restringida na Europa através da Diretriz 2003/2/CE⁷, da Comissão das Comunidades Europeias, que é relativa a utilização de Arsênio no mercado consumidor. De acordo com a Diretriz, a madeira tratada com CCA só pode ser colocada no mercado após a completa fixação do produto de conservação, se a integridade estrutural da madeira for exigida para a segurança humana ou de animais e se o contato com a pele do público em geral for um fato improvável durante a vida útil do material. A madeira tratada com CCA não pode ser utilizada para construções residenciais ou domésticas, seja qual for a sua finalidade, podendo ser utilizada apenas nas estruturas de edifícios públicos, agrícolas, de escritórios ou instalações industriais.

A fim de funcionar como um documento para as indústrias madeireiras, em conjunto com as normas australianas relevantes e o BCA, Código de Construção da Austrália, a *Forest & Wood Products Australia* criou um guia, intitulado *Guide to the specification, installation and use of preservative treated engineered wood products*, da FWPA, traduzido como Guia para a especificação, instalação e uso de produtos de madeira composta tratada com conservante, no ano de 2008.

Além de uma breve exposição dos produtos preservantes e agentes de degradação, como o intemperismo e os agentes biológicos, o guia traz especificamente os tratamentos para os tipos de EWP, *Engineering wood products*, ou produtos manufaturados de madeira, de acordo com as classes de risco especificadas na AS 1604 (2005) - *Specification for preservative treatment*.

O guia descreve o método de tratamento para cada elemento construtivo de madeira e a porcentagem de retenção que cada produto deve ter, dependendo da classe que pertence. A madeira serrada, por

⁷ A Diretriz 2003/2/CE é a décima adaptação da Diretriz 76/769/CEE, que trata desde o ano de 1976 da utilização e limitação da colocação no mercado de algumas substâncias e preparações perigosas ao meio ambiente e ao ser humano.

exemplo, pode pertencer a todas as classes de risco (H1 à H6) dependendo do uso. Quando pertencer à classe H1, caracterizada pelo uso interno, protegido do intemperismo e com boa ventilação, o tratamento exigido é que as lâminas do material sejam tratadas com os produtos preservantes. Porém, quando pertencer à classe H3, uso externo e sujeito à ação da chuva e lixiviação, o tratamento deve ser feito através do tratamento nas lâminas de madeira e a colocação de um revestimento de acabamento externo.

Assim como Canadá e Europa, a Austrália, através do APVMA (*Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority*) e presente no guia da FWPA, também restringiu o tratamento com CCA em produtos que tenham contato frequente com os seres humanos, como madeiras utilizadas em jardim, mesas de *picnic*, bancos externos, equipamentos de recreação infantil, tábuas de decks e corrimão. Nas demais utilizações, o uso do tratamento com CCA é permitido, desde se enquadre nos requisitos da AS 1604 (2005) - *Specification for preservative treatment*.

No Brasil, o órgão federal responsável pelo cumprimento dos dispositivos legais no setor de preservação de madeiras, inclusive no que se refere à emissão de registro de produtos preservativos de madeira é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). No mês de junho de 2017, O IBAMA possuía 41 tipos diferentes de produtos preservantes registrados e com respectivos registros válidos por 5 anos⁸. Destes, 8 tipos possuíam como ingrediente ativo o CCA e foram classificados como ação fungicida e inseticida. Nos certificados de registro não há restrições quanto ao uso, local de utilização ou ao contato com pessoas e animais. As restrições limitam-se aos cuidados necessários na fase de aplicação do produto e na fase de manuseio após a aplicação, não devendo ter contato com o ser humano por 15 dias após aplicado.

Além destes, outros 11 produtos possuem diferentes ingredientes ativos e também foram classificados com ação fungicida e inseticida, como o CCB, Cipermetrina e Tribromofenol, Óleo Creosoto, Cipermetrina e IPBC, Octaborato de sódio tetrahidratado, Fluoreto de Sódio, Deltametrina e IPBC e por fim o Tebuconazole e Cobre.

⁸ Conforme listagem completa dos produtos preservantes atualizada em 26/07/2017. Disponível em < <http://ibama.gov.br/preservativos-de-madeiras/produtos-preservativos-de-madeiras-registrados-no-ibama>>.

3.2.2 Componentes de fechamento e contraventamento - chapas de OSB estrutural

As chapas de *Oriented Strand Board*, conhecidas como OSB, são definidas pela EN 300 (2006) – *OSB: definitions, classification and specifications* como: “placas de multi-camadas feitas a partir de fios de madeira com forma e espessura pré-determinadas e aglutinadas com uma cola”. Os fios da camada externa são alinhados e paralelos ao comprimento ou largura da placa; já os das camadas centrais são alinhados aleatoriamente, geralmente em ângulos diferentes dos da camada externa.

Nas edificações construídas no sistema plataforma de madeira, o OSB é utilizado no fechamento interno e externo e no sistema de contraventamento das paredes, posteriormente revestidos por chapas de gesso acartonado e por um material de acabamento externo (figura 21).

Figura 21: Fechamento do painel com chapas OSB



Fonte: APA (2014).

De acordo com Dias (2005), as chapas OSB desenvolvem um papel fundamental para o fechamento dos elementos de paredes e pisos, exercendo função estrutural e participando efetivamente da resistência da edificação à ação das forças verticais e laterais.

As características do OSB descritas pela Diretriz SiNAT nº 005- (2017) na qual devem constar nos projetos e ser objeto de ensaios e análises são: classificação quanto ao uso, índices de umidade, resistência à flexão, inchamento da chapa e resistência aos organismos xilófagos. Segundo a Diretriz, os requisitos do OSB devem estar de acordo com a EN 300 (2006) – *OSB: definitions, classification and specifications*.

As chapas de OSB são classificadas conforme o local de utilização para os fins de uso habitacional, sendo separados por tipos dependendo do ambiente a ser utilizado, como condições secas ou úmidas, conforme quadro 3. As chapas utilizadas devem ser do tipo 2 para uso interno em ambientes secos e tipo 3 para uso externo e áreas molhadas.

As condições de umidade para definição das áreas molhadas segundo o EN 1995 (2004) – *Eurocode 5: Design of timber structure* são definidas conforme o teor de umidade relativa do ar, sendo a classe 2 até 65%, utilizado em áreas secas, e a classe 3 até 85%, utilizado em áreas molhadas, tendo uma temperatura média 20 °C.

Quadro 3: Tipos e usos para a chapa de OSB

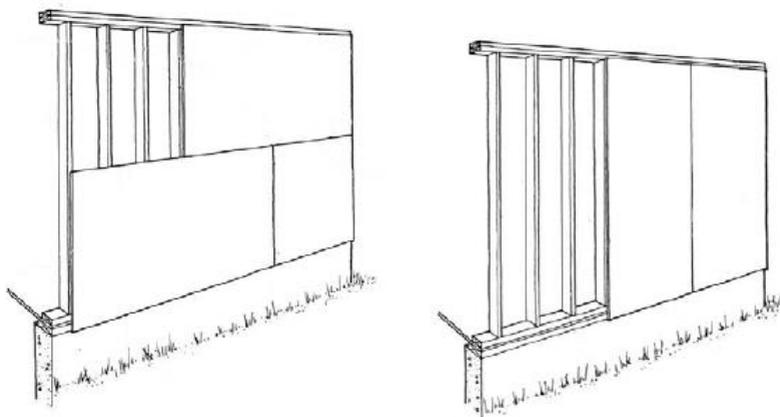
TIPO	USO
1	Placas de uso geral para acessórios de interiores (incluindo mobiliário) para uso em condições secas.
2	Placas estruturais para uso em condições secas.
3	Placas estruturais para uso em condições úmidas.
4	Placas estruturais pesadas para uso em condições úmidas.

Fonte: EN 300 (2006).

A Diretriz SiNAT nº005 (2017) considera duas fontes de umidade quando analisada a estanqueidade à água dos edifícios. Na condição de utilização externa, considera-se a ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva ou lavagem de fachadas, lajes e coberturas. Na condição de uso interna, considera-se os ambientes decorrentes dos processos de uso e lavagem, que gerem vapor de água decorrentes das atividades normais de uso, condensação e possíveis vazamento das instalações.

De acordo com o *Canadian Wood Frame House Construction* (1997), a chapa de OSB deve ser instalada juntamente a um adesivo fenólico a prova d'água. A medida usual da chapa é de 1,2 m x 2,4 m e a espessura mínima do painel é de 7,9 mm, quando o espaçamento dos montantes for de 600mm, e de 6,35 mm, quando o espaçamento for de 400mm. Segundo o CWFHC, a aplicação das chapas de OSB são geralmente aplicadas verticalmente e espaçadas de 2 a 3 mm a fim de permitir a expansão da chapa sem deformação (figura 22). O guia Australiano da FWPA (2008) também recomenda um espaçamento de no mínimo 2 mm entre as chapas e traz como referência das propriedades do OSB a norma EN 300 (2006).

Figura 22: Disposição horizontal ou vertical do OSB para fechamento



Fonte: THALLON (2000 apud ESPÍNDOLA, 2010).

No Brasil são comercializadas chapas com diferentes espessuras e dimensões, que variam conforme o uso e o espaçamento dos montantes. As chapas de 9,5 mm e 11,1 mm são encontradas nos tamanhos 1,20x2,40-m e 1,20x3,00 m, tendo o uso indicado para fechamento de paredes e telhados com montantes espaçados de, no máximo, 400 mm e 600 mm. Já a chapa de 15,1 mm e 18,3 mm são fabricadas no tamanho 1,20x2,40 m. A chapa de 15,1 mm pode ser aplicada em paredes com perfis espaçados à, no máximo, 600 mm, telhados com perfis espaçados em, no máximo, 800 mm e pisos e lajes secas com perfis espaçados à, no máximo, 400mm, enquanto à chapa de 18,3 mm é indicada para pisos e lajes secas com perfis espaçados à, no máximo, 600 mm (LP, 2017).

Segundo Velloso (2010), até o ano de 2010 as empresas fabricantes padronizavam a altura do painel em 2,40m, limitando assim a altura do pé-direito das edificações. Este fato contrariava os Código de Obras Municipais ou ainda órgãos financiadores, como a Caixa Econômica Federal, que exigiam a medida mínima de 2,50 m para pé-direito de obras com um pavimento, dificultando assim o uso do material na construção civil. Para que a utilização da chapa fosse possível, foi necessário fazer modificações dimensionais durante o processo de fabricação das empresas.

Segundo a EN 300 (2006), as dimensões das chapas podem variar em média 3,0 mm em relação ao comprimento e largura. Na espessura, a variação pode ser de até 0,8 mm, e quando fixada, variar uma média de 0,3 mm. O inchamento na espessura da chapa deve ser menor ou igual a

25% para o tipo 1, 20% para o tipo 2, 15% para o tipo 3 e 12% para o tipo 4. Os valores de resistência à flexão são estabelecidos conforme a espessura da chapa, apresentados no quadro 4. O teor de umidade no momento da utilização das chapas do tipo 1 e 2 variam entre 2% até 12%, enquanto do tipo 3 e 4 variam entre 5% e 12%.

Quadro 4: Resistência à flexão mínima do OSB segundo EN 300 (2006)

Força de flexão	Tipo de OSB	Exigência (N/mm ²)		
		Espessura da placa (mm nominal)		
		6-10	> 10 e < 18	18-25
Força no eixo principal	1	20	18	16
	2	22	20	18
	3	22	20	18
	4	30	28	26
Força no eixo menor	1	10	9	8
	2	11	10	9
	3	11	10	9
	4	16	15	14

Fonte: EN 300 (2006).

Exige-se da chapa de OSB nos componentes estruturais de piso e de áreas molhadas que apresente boa resistência ao ataque de insetos e aos fungos apodrecedores. De acordo com a norma brasileira ABNT NBR 16143 (2013), a chapa de OSB pode pertencer às categorias 2, 3 ou 4, equivalentes às classes da EN 300 (2006). Para o uso 2 e 3, caracterizado pelo uso interno da edificação, o inseticida Ciflutrina deve ser adicionado à cola utilizada para a aglomeração das partículas formadoras da chapa. Já para o uso 4, caracterizado pelo uso externo da edificação, o tratamento deve ter 100% de penetração nas lâminas de madeira, devendo ser tratado com CA-B, CCA-C ou CCB.

O guia Australiano da FWPA (2008), compatível com a norma AS/NZS 1604:2 (2004) - *Specification for preservative treatment Part 2: Reconstituted wood-based products*, informa que as chapas de OSB para a condição de uso externo, equivalente ao tipo 3 do quadro 3 não estão disponíveis atualmente na Austrália, embora especificadas nas normativas. Diferentemente do utilizado no Brasil, o tratamento para a condição de uso interno e local seco, caracterizado pelo tipo 1, as partículas da fibra de madeira devem receber tratamento preservante. Já na utilização em ambientes internos e úmidos, caracterizado pelo tipo 2, além do tratamento das partículas de madeira, um produto químico deve ser incorporado à cola e o painel deve receber um envelopamento

protetor, devendo as faces também receberem um tratamento especial. O tratamento químico na Austrália pode ser realizado utilizando Boro, CCA e ACQ. Já os inseticidas/fungicidas descritos no guia são a base de *Bifenthrin*, *Permethrin* e *Fluorine*.

De acordo com o *Canadian Standard O80 Series (2010): Wood Preservation*, o tratamento dos compensados de madeira deve continuar sendo realizado com CCA, apesar do tratamento ter sido limitado ao uso residencial.

O material mais comumente utilizado para o acabamento interno após a colocação das chapas de OSB é o gesso acartonado, também conhecido como *drywall*. Nas áreas secas, utiliza-se o tipo *Standard* e recebe pintura acrílica como acabamento de superfície. Já nas áreas molháveis e molhada, como a cozinha e o banheiro, o gesso acartonado utilizado é do tipo RU (Resistente à umidade), devendo receber além da pintura acrílica um revestimento cerâmico pelo menos até 1,5 m de altura em relação ao piso, a fim de garantir a integridade dos materiais de madeira e à base de madeira.

Sugere-se como pesquisa futura a análise dos materiais de acabamento e revestimento não derivados de madeira e sua influência no painel, visto que o presente trabalho analisa e compara os materiais compostos com madeira nas vedações verticais do sistema plataforma. Também sugere-se a pesquisa de compensados de madeira, conforme sugestão da Diretriz SiNAT nº005 (2017), para função estrutural, devendo ser analisado conforme DATec Específico.

3.2.3 Componentes de fechamento e/ou acabamento externos – Siding de madeira

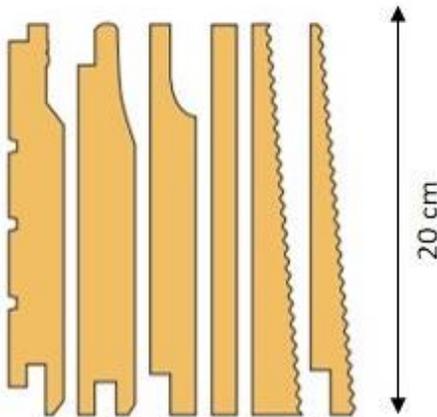
A fim de proteger os painéis verticais contra a ação das intempéries e degradação prematura, as faces externas dos painéis parede devem receber um material de revestimento e acabamento composto por um material impermeabilizante. O tipo de revestimento externo utilizado no painel parede afeta a aparência, a resistência da edificação e a frequência de manutenção, fatores estes relevantes e que deve ser levados em consideração na escolha do acabamento.

O revestimento de fachada exterior pode ser definido como “elementos fixos mecanicamente em uma ossatura. Consiste em laminados de madeira maciça perfilados ou não, telhas ou painéis derivados de madeira” (DTU 41.2, 2015).

Os tipos de revestimentos mais comuns para acabamento externo para as casas plataforma, segundo o *Canadian Wood Frame House*

Construction (1997) são: revestimentos metálicos, vinílicos, *sidings* de madeira, revestimento de madeira compensada ou OSB, telhas de madeira, argamassa e revestimentos de alvenaria, como: tijolos, concreto e pedra. A figura 23 apresenta os exemplos mais comuns de perfis para revestimentos.

Figura 23: Exemplos de cortes de perfis que, quando encaixados, formam o revestimento externo.



Fonte: DTU 41.2 (2015).

Os componentes de fechamento e acabamento externo citados pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017) são os *sidings* de PVC e as placas cimentícias, que devem ser revestidos de argamassa, pinturas ou texturas compatíveis. As placas devem ser classificadas conforme o uso, a resistência mecânica, a reação ao fogo, permeabilidade e absorção à água, durabilidade, variação dimensional em função dos gradientes higrotérmicos⁹ e a densidade aparente. Já os *sidings* de PVC são especificados para valores mínimos de resistência aos raios ultravioleta, de módulo de elasticidade na flexão mínimo, resistência ao impacto e critérios de aspecto visual após submetido a um ensaio de envelhecimento acelerado.

O fechamento também pode ser realizado com placas cimentícias, conforme estudado no DATec nº 020-A. As placas utilizadas são de 8 mm de espessura e podem possuir variação dimensional de 2 mm/m em média,

⁹ Gradientes higrotérmicos são os valores correspondentes à ação do calor e choque térmico.

recebendo como acabamento superficial selador, textura acrílica e tratamento para as juntas aparentes ou dissimuladas.

Por se tratar de componentes com propriedades, características físicas, mecânicas e resistência às intempéries e aos organismos xilófagos muito diferentes quando comparados aos materiais de revestimento de madeira, optou-se por descrever um sistema que utilize a madeira ou componentes a base de madeira para o acabamento externo. Serve como base o *Wood Frame Construction Manual for One and two Family Dwellings* (2015) que utiliza os *sidings* de madeira como material de revestimento das vedações verticais externas.

Aplicados após o impermeabilizante, os *sidings* são geralmente compostos por régua horizontal de madeira tratadas quimicamente, sobrepostas e encaixadas. O revestimento *siding* é feito de forma a evitar a entrada de água através das paredes externas da edificação, protegendo-a contra a umidade, conforme figura 24. O formato e a sobreposição funcionam como uma pingadeira, de modo que a água escorra e não fique acumulada na base das paredes (VELLOSO, 2010).

Figura 24: Revestimento externo feito com *siding* de madeira



Fonte: Arquivo Pessoal (2015).

De acordo com a norma francesa DTU 41.2 (2015) - *Revêtements extérieurs en bois* a sobreposição das peças deve ser de 10% da largura total da lâmina.

Na parte mais baixa das paredes externas, os *sidings* não devem ter contato com o solo evitando o contato prolongado com a umidade.

Segundo o CWFHC (1997), a maioria dos revestimentos externos são afetados pela umidade, por isso, deve-se manter no mínimo 200 mm do chão.

Barata (2008) apresenta diretrizes para a concepção dos projetos executivos dos painéis de vedação em madeira. Dentre eles, destaca-se que o revestimento externo dos painéis devem ser de fácil instalação, manutenção e substituição, evitando encaixes entre as peças que promovam o acúmulo de água.

A preocupação em relação à penetração da água da chuva através das paredes externas, segundo Velloso (2010) é primordial, visto que é uma das falhas consideradas mais evidentes nas regiões de clima úmido. Desta forma, o desenvolvimento de estratégias para impedir a penetração de água da chuva devem ser consideradas, como: o desempenho do revestimento externo das chapas de fechamento dos painéis e da ossatura em madeira; a vedação em torno de portas e janelas e a utilização de membranas de impermeabilização.

Segundo Tumeleiro (2016), não existe um sistema perfeito de vedação entre a parede e as aberturas, devendo a aplicação de membrana impermeável ao longo do perímetro do vão ser de extrema importância.

Uma forma para evitar a degradação em função da umidade nas paredes externas é a criação de um espaço para circulação de ar a fim de facilitar a secagem dos *sidings* e garantir a durabilidade, caso a água consiga penetrar de alguma forma na barreira de proteção. Esse tipo de painel é conhecido internacionalmente como parede *rainscreen*, ou tela de chuva. A utilização de ripas após o impermeabilizante forma espaços ventilados e facilita a fixação das régua externas, conforme mostra a figura 25.

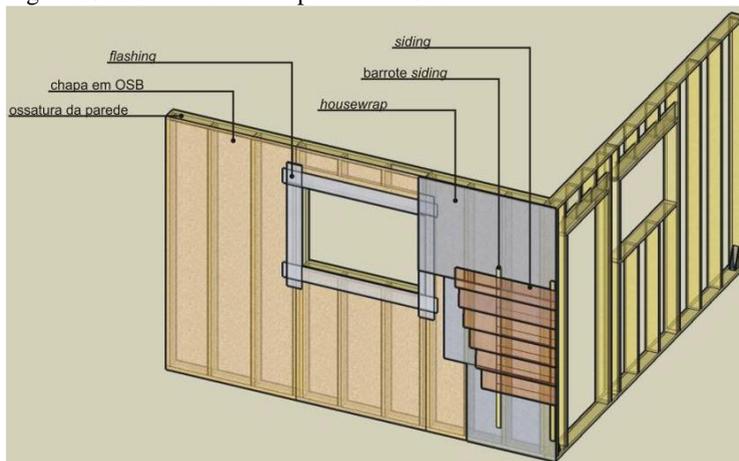
Segundo Barata (2008) a configuração dos painéis com lâmina de ar ventilada na face externa, além de garantir que não aconteça o acúmulo de ar entre as peças e facilitar a secagem das peças, também auxiliam na melhoria do desempenho térmico.

Uma estratégia, segundo a norma DTU 41.2 (2015) é a colocação de um filme impermeável para isolamento da água da chuva e do vapor atrás dos *sidings* de madeira. O filme isolante limita o risco de condensação na parte interna do revestimento.

A medida utilizada para o revestimento de *sidings* de madeira, de acordo com o *Wood Frame Construction Manual for One and two Family Dwellings* (2015), da AWC (*American Wood Council*), é de 1"x6" e 1"x8", equivalentes à 20 mm x 140 mm e 20 mm x 184 mm respectivamente, podendo chegar à medida de 1"x10", equivalente à 20 mm x 254 mm. O

espaçamento utilizado para as ripas de ventilação e fixação dos sidings são de 12” ou 24”, equivalentes à 300 mm ou 600 mm.

Figura 25: Estrutura de uma parede *rainscreen*.



Fonte: VELLOSO (2010 apud SZÜCS et al 2007).

Já o CWFHC (1997) orienta que o revestimento siding de madeira não deve ter menos que 17 mm de espessura e que as placas possuem de 140 a 286 mm de largura. A colocação pode ser feita com as régua na horizontal, na vertical ou na diagonal. Porém, a colocação na diagonal exige mais tempo para montagem e mais material devido aos cortes em ângulo. As espécies mais utilizadas para os sidings de madeira no Canadá são o cedro, pinheiro e as sequóias, sendo o tratamento preservante mais comumente utilizado ser sob pressão.

A norma francesa DTU 41.2 (2015) traz que os elementos de madeira, serrados ou divididos, geralmente encontram-se em seção transversal retangular de pequenas dimensões. Já os de grandes dimensões não devem exceder 600 mm. Segundo a norma, quando o espaçamento entre as ripas for até 400 mm, a lâmina deve ter no mínimo 15 mm; já quando o espaçamento for até 650 mm, as lâminas devem ter, no mínimo, 18 mm.

De acordo com Campos (2000 apud Barata 2008), o revestimento externo em madeira perde em desempenho quando comparado a outros materiais, como as placas cimentícias, principalmente por ser um material de origem biológica e estar exposto às intempéries e a umidade. Desta forma, o desempenho é influenciado pela espécie de madeira escolhida, pela orientação das fibras e compatibilidade dos sistemas de acabamentos.

Além disso, a especificação e detalhamento nas etapas de projeto, assim como o tipo de tratamento preservativo e a periodicidade da manutenção influenciam no desempenho do *siding* de madeira.

Tendo em vista que os componentes de fechamento e acabamento internos e externos citados pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017) são as placas de *drywall*, placas cimentícias (figura 26) ou *sidings* de PVC, há a necessidade de tratamento nas juntas aparentes e dissimuladas ocasionadas pela junção de tais componentes.

Figura 26: Habitação construída no sistema plataforma de madeira e revestida com placas cimentícias.



Fonte: SiNAT DATec nº 20 (2017).

As juntas de assentamento são existentes entre placas adjacentes de um revestimento, normalmente modular, e são assim chamadas por serem originadas durante o processo de assentamento dos componentes e que recebem um preenchimento por rejunte ou massa (RIBEIRO, 2006).

As juntas presentes nas fachadas são essenciais para que a estrutura da edificação não seja comprometida por rachaduras, fendas ou fissuras. Isso porque os materiais utilizados nas fachadas, como madeira, concreto e alvenaria sofrem reações físicas, como a dilatação, em decorrência das variações de temperatura. Desta forma o preenchimento com um material elástico no espaçamento entre as placas faz com que a movimentação ocorra livremente, inclusive da estrutura.

Para o acabamento interno, segundo a Diretriz SiNAT nº 005-(2017), deve-se utilizar fitas para o tratamento entre as chapas de

gesso conforme normatização específica. Para o preenchimento de juntas visíveis, deve-se usar selantes; enquanto nas juntas dissimuladas preenchem-se com massa. Ambas devem seguir os critérios estabelecidos no DATec específico do tipo de material utilizado.

As juntas aparentes das placas cimentícias possuem espaçamento de 3 mm a 5 mm e o tratamento é feito com a utilização de massa com base acrílica, fita telada e tela de fibra de vidro álcali-resistente e argamassa polimérica. Posteriormente, as placas recebem uma demão de selador acrílico e uma demão de textura acrílica.

O tratamento dado às juntas dos materiais de fechamento e acabamento externo influenciam também no desempenho térmico da edificação. Além de evitarem a infiltração de água garantem a estanqueidade do sistema, permitindo deformações e movimentações em qualquer condição de temperatura (FRANZEN, 2015).

3.2.4 Produtos Isolantes

Um isolante térmico é definido como um material que dificulta a dissipação de calor e que possui alta resistência térmica. Tal material estabelece uma barreira à passagem do calor entre o meio externo e interno de uma edificação que tenderiam a igualar as temperaturas rapidamente, promovendo a sensação de conforto térmico. Segundo a ABNT NBR 15220 (2013), relacionada ao desempenho térmico das edificações, o conforto térmico é “a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”.

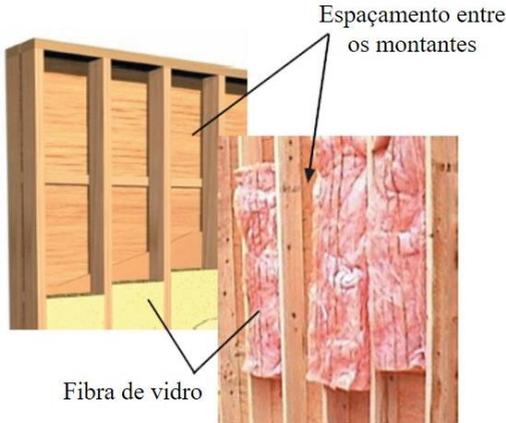
Segundo Bauer (2009), a madeira é termicamente melhor isolante térmico do que outros materiais construtivos por ser um mau condutor de calor. Isso acontece devido ao aprisionamento de numerosas pequenas massas de ar na sua estrutura celular. A madeira ainda é composta principalmente de celulose, que é má condutora de calor.

O condicionamento térmico pode ser considerado uma parte essencial de uma habitação. Para potencializar o isolamento térmico, os materiais isolantes podem ser instalados facilmente nas cavidades existentes entre a ossatura de madeira do painel parede, conforme figura 27.

Os materiais utilizados para isolamento térmico caracterizam-se por serem porosos ou fibrosos, capazes de manter o ar seco e confiná-lo no interior das células mais ou menos estanques. Deste modo, o isolamento pode ser feito em forma de manta, enchimento solto, pulverizado em espuma ou espuma rígida. Um sistema de isolamento bem especificado e executado ajuda a reduzir a entrada de ar, a transferência

de calor e controlar a umidade (CARMODY E WEBER 2007 apud FRANZEN,2015).

Figura 27: Colocação do isolamento de fibra de vidro entre os montantes



Fonte: Manual la construcción de viviendas em madera.¹⁰

Uma solução simplificada para o condicionamento térmico de uma edificação é o aprisionamento de ar a partir da utilização de parede dupla. Neste caso, o ar aprisionado funciona como um isolante térmico e dificulta a passagem do calor do meio externo para o meio interno tendo em vista o baixo valor de transmitância térmica.

Ressalva-se que a norma ABNT NBR 15575 (2013) considera a condição de desempenho a partir da utilização de sistemas acoplados nas cavidades dos painéis.

O espaçamento e a dimensão dos montantes de madeira utilizados na ossatura do painel influenciam diretamente no isolamento térmico da construção. Isso porque as paredes construídas com montantes de 38 mm x 140 mm, espaçados a 600 mm, possuem cavidades mais profundas e mais largas quando comparados a montantes de 38 mm x 89 mm e espaçados a 400 mm (APA, 2014).

No Brasil, segundo a Diretriz SiNAT nº005 (2017), o isolamento térmico das paredes externas *wood frame* deve ser feito de lã de rocha, lã de vidro, placas de poliestireno expandido (EPS) ou outro material, desde

¹⁰ Disponível em < <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210283.pdf>> Acesso em <03 de agosto de 2017>

que a condutibilidade térmica seja menor que $0,065 \text{ W}/(\text{m.k})$ e resistência térmica total maior que $0,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

De acordo com a norma ABNT NBR 15220 (2013), a PUR (espuma rígida de poliuretano) possui o coeficiente de condutibilidade térmica $0,030 \text{ W}/(\text{m.k})$, sendo considerado mais isolante do que a lã de rocha, lã de vidro e o poliestireno expandido, com coeficientes de $0,045 \text{ W}/(\text{m.k})$ e $0,04 \text{ W}/(\text{m.k})$, respectivamente.

De acordo com Franzen (2015), o mais comum nas construções no Brasil é encontrar isolamento feito com mantas e feltros. A utilização das placas rígidas que são apresentadas como EPS (poliestireno expandido), XPS (poliestireno extrudido), PUR (espumas rígidas de poliuretano) e PIR (espumas rígidas de polisocianurato) é modesta, pois possuem alto custo de aquisição e pouca mão de obra especializada para aplicação.

O Brasil, devido à sua extensão territorial, é dividido em oito zonas bioclimáticas. Cada zona bioclimática apresenta parâmetros e condições específicas para o condicionamento térmico levando em consideração o tamanho e a proteção das aberturas para ventilação, o tipo de vedação externa e as estratégias de condicionamento passivo. Dessa forma, os projetistas devem responder de forma adequada às exigências considerando as características térmicas do local em que a edificação será construída (ABNT NBR 15220:3, 2013).

Em um estudo de caso realizado por PIZZONI, C.P (2016) analisou um painel parede construído com o sistema plataforma para a região de Florianópolis, pertencente à zona bioclimática 2. O painel, composto de gesso acartonado (12 mm), ossatura de pinus (4 cm x 9 cm), chapas de OSB (12,5 mm), impermeabilizante, ripas de pinus (4 cm x 5cm) e revestimento externo de *sidings* (2,5 cm x 20 cm), foi avaliado segundo o método simplificado proposto pela ABNT NBR 15220 (2003) para os parâmetros de Transmitância térmica, Atraso Térmico e Fator de Calor Solar.

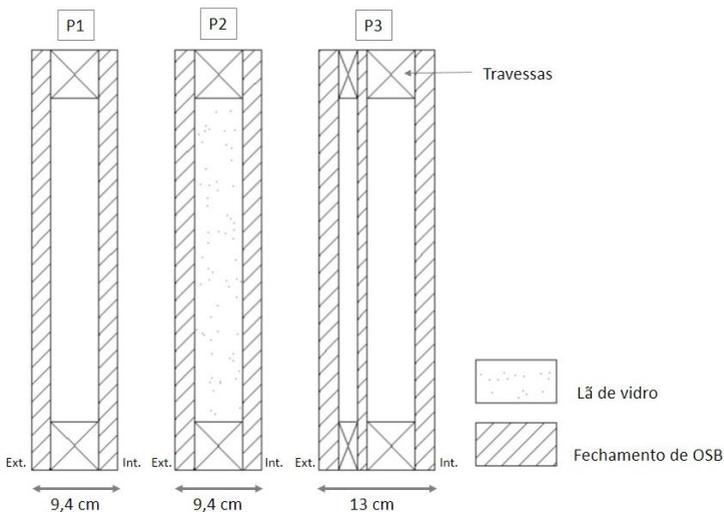
A partir da análise verificou-se que o modelo de painel estudado obteve resultado satisfatório para a transmitância térmica, definida como a quantidade de calor que passa através das vedações. O Fator Calor Solar, definido como a porcentagem de energia solar que incide nas vedações externas e é transferida para o interior da edificação, o resultado também foi satisfatório. Com relação ao atraso térmico, que é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente submetido à transmissão de calor, a parede obteve resultados superiores aos normatizados. Dessa forma, PIZZONI, C.P (2016); conclui que para a zona bioclimática 2 não há a necessidade

de inclusão de materiais isolantes no interior do painel estudado, sendo a camada de ar suficiente para o conforto térmico da edificação.

De acordo com Giglio, Barbosa (2006), enquanto a norma brasileira ABNT NBR 15220 (2013) recomenda paredes externas leves e refletoras para algumas zonas climáticas, a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013) expõe valores de capacidade térmica que atenderiam apenas paredes de maior massa, deixando os sistemas construtivos leves, que possuem baixa capacidade em armazenar calor, inadequados em tais zonas.

Considerando o método de simulação da norma brasileira de desempenho térmico e do projeto da norma de desempenho, Giglio, Barbosa (2006) analisaram os painéis de vedação em madeira para o clima subtropical úmido e pertencente à zona bioclimática 3. A análise foi realizada com três diferentes tipos de painéis, conforme apresentado na figura 28.

Figura 28: Composição dos painéis parede avaliados



Fonte: GIGLIO; BARBOSA (2006, adaptado pela autora).

O primeiro, identificado como P1, é composto de duplo fechamento e uma camada de ar não ventilada de 5 cm. O painel P2 apresenta as mesmas dimensões, porém é acrescido de lã de vidro de condutividade térmica de $0,045 \text{ W}/(\text{m.K})$ na camada de ar. O painel P3

possui uma dupla camada de ar não ventilada, sem acréscimo de isolante térmico, e com uma chapa de OSB entre as camadas.

De acordo com as análises realizadas, os painéis identificados como P2 e P3 tiveram desempenho considerado superior, enquanto o painel P1 foi considerado com desempenho intermediário em condições de verão. Já nas condições de inverno, somente o painel identificado como P3 atende ao nível mínimo de desempenho devido à baixa transmitância térmica do painel. Uma das conclusões obtidas por Giglio, Barbosa (2006) é de que os painéis identificados pelo tipo P2 e P3 garantiram bom desempenho devido a maior resistência térmica. Porém, destaca que o parâmetro relacionado à temperatura no verão, que é de 29-°C, deve ser revista para os procedimentos em regiões com temperaturas mais altas. As estratégias de isolamento térmico na Austrália também variam conforme as zonas bioclimáticas. Porém, dados como: materiais de parede com alta densidade superficial e diferentes valores de condutibilidade térmica, sombreamento, paredes pintadas de cor clara e desempenho dos vidros utilizado nas aberturas são dados comuns à todas as zonas (NCC, 2016).

O isolamento térmico, segundo o NCC (2016), pode ser realizado com lâminas de madeira, tiras de plástico ou EPS. Para que o isolamento térmico seja eficiente a recomendação é de espessuras não inferiores a 12-mm para o EPS e não inferiores a 20 mm para lâminas de madeira.

3.2.5 Dispositivos de fixação metálicos

A utilização dos elementos metálicos para as ligações das construções em madeira surgiu a partir da revolução industrial, no século XIX, permitindo o surgimento dos sistemas nervurados com madeira serrada com menores dimensões (CTBA, 1995 apud VELLOSO 2010).

No Sistema Plataforma, geralmente, as peças de madeira são unidas de forma simples com pregos e parafusos auto-atarraxantes. A fim de aumentar o desempenho mecânico das ligações, outros dispositivos podem ser utilizados, podendo ser agrupados em: ligações por entalhes (madeira sobre madeira), ligações por justaposição (recorrentes ao uso de elementos de conexão) e ligações coladas (através da utilização de compostos químicos) (CASTRO MENDES, 1994 apud NAPPI, 2012).

Segundo a Diretriz SiNAT nº005 (2017), a construção plataforma deve ter dispositivos de fixação metálicos como chumbadores, parafusos ou pregos, servindo para a ligação entre parede e piso e entre parede e cobertura. No caso do pavimento térreo, as travessas inferiores são fixadas diretamente na fundação, enquanto nos pavimentos superiores a

fixação é feita entrepisos e no telhado. Deve-se levar em consideração, segundo a Diretriz, os requisitos de tipo e uso, proteção contra corrosão, resistência ao arrancamento e ao cisalhamento.

A Diretriz SiNAT nº 005 (2017) informa que o requisito de tipo e uso deve ser feita a partir da consideração do DATec específico. Para a fixação dos montantes, as peças superiores e inferiores são fixadas entre si por pregos do tipo anelados ou espiralados (figura 29), com no mínimo 75 mm de comprimento e 3,1 mm de diâmetro, devendo resistir ao aparecimento de corrosão por no mínimo 240h (DATec nº 20-A, 2015).

Figura 29: Pregos do tipo anelado e espiralado

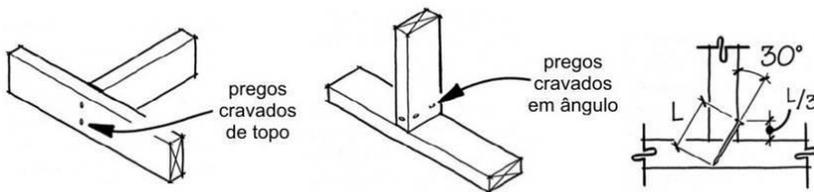


Fonte: GERDAU (2017).

Devido ao fuste rugoso que aumenta o atrito entre o prego e a peça de madeira, os pregos anelados e espiralados possuem maior resistência ao arrancamento e melhor adaptação às fibras da madeira (GUERDAU, 2017).

De acordo com Dias (2005), a união entre os montantes verticais e as travessas inferior e superior é feita por meio de pregos cravados de topo ou em ângulo, devendo todos os elementos da ossatura do painel serem pregados da mesma forma, conforme figura 30.

Figura 30: Pregos cravados em topo ou em ângulo



Fonte: DIAS (2005)

De acordo com o WFCM (2015), a utilização de conectores metálicos e parafusos deve ser feita segundo as normas ASTM A653 – *Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process*, ASTM F1667 – *Standard Specification for Driven Fasteners: Nails, Spikes, and Staples*

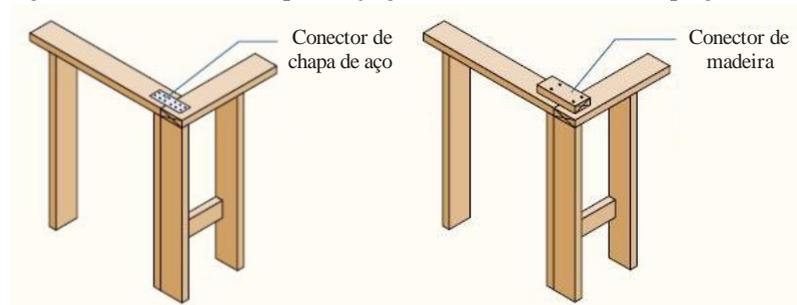
e ASTM F547 - *Standard Terminology of Nails for Use with Wood and Wood-Base Materials*.

Nas construções de estruturas leves, os tamanhos de pregos mais comumente utilizados no exterior são de 16d, 10d e 8d¹¹, equivalentes em média à 89 mm de comprimento e 4,1 mm de diâmetro; 76 mm de comprimento e 3,8 mm de diâmetro; e 63 mm de comprimento e 3,3 mm de diâmetro (ALLEN, Edward; IANO, Joseph, 2013).

Segundo o WFCM (2015), para a fixação dos montantes devem ser utilizados, no mínimo, 2 pregos de 16d para a fixação no topo, enquanto para os cravados em ângulo o mínimo é de 4 pregos de 16d. A especificação dos pregos para montantes fornecem informações tendo em vista a medida padrão nominal de 2"x4", equivalente à 38 mm x 89 mm. Para a fixação de chapas de OSB e placas mais densas nos montantes, devem-se utilizar pregos de 8d.

A APA (2014) destaca que a junção entre as paredes longitudinais pode ser realizada com conectores de chapa de aço galvanizado ou com tábuas de madeira com pregos, conforme figura 31.

Figura 31: Conector de chapa de aço galvanizado e madeira com pregos



Fonte: Adaptado de APA (2014).

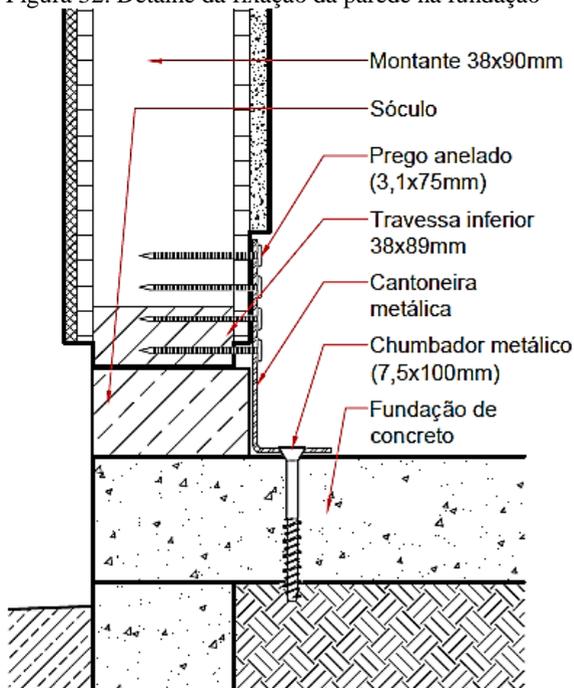
As chapas pregadas contêm uma série de furos, nos quais são inseridos os pregos. Nos sistemas leves em madeira, as chapas pregadas podem ser usadas na ligação do encontro de duas barras superiores ou entre as barras superiores e os montantes de canto. Os conectores de chapa

¹¹ O “d” junto ao número que identifica o tamanho do prego usado significa *penny*, ou centavo. Segundo historiadores, a denominação “16d” significava que o prego custava 16 denários, a moeda utilizada por Romanos. Tal denominação permanece até hoje para identificação do tamanho do prego junto à medida em milímetros. Disponível em <<https://www.familyhandyman.com/tools/the-letter-d-in-nail-sizes/view-all/>>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

de aço possuem 3"x6"x0,036", equivalentes à 76 mm x 140 mm x 0,091-mm, e são fixados com seis pregos de 8d em cada travessa. Já os conectores de madeira devem ter a largura equivalente às travessas e serem fixados com dois pregos de 10d em cada travessa (APA, 2014).

De acordo com o DATec nº 20-A (2015), a fixação da base dos quadros estruturais das paredes à fundação é feita utilizando cantoneiras metálicas com 40 mm de largura e altura mínima de 120 mm, revestidas com pintura epóxi, devendo resistir à corrosão de no mínimo 240h, conforme figura 32.

Figura 32: Detalhe da fixação da parede na fundação

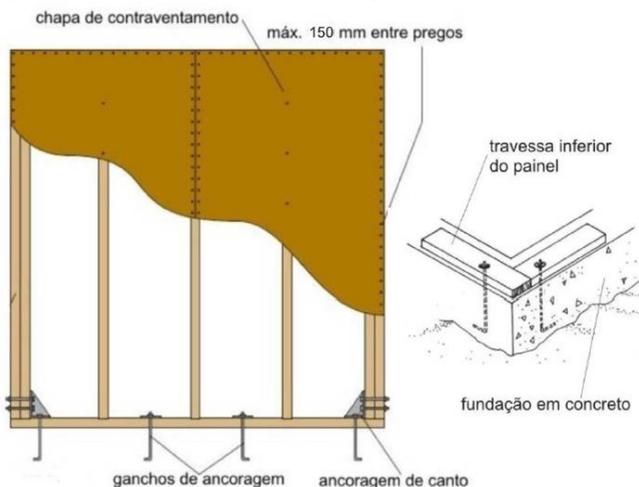


Fonte: DATec nº 20-A (2015).

A fixação das cantoneiras à soleira inferior do quadro estrutural é feita por meio de pregos anelados, enquanto para a fundação é feita por meio de chumbadores do tipo aparafusável com diâmetro de 7,5 mm e comprimento de 100 mm. O espaçamento entre chumbadores deve ser definido considerando o cálculo estrutural, sendo o espaçamento máximo permitido de 1500 mm.

Segundo Velloso (2010), os painéis também podem ser fixados à estrutura de fundação por meio de ganchos metálicos, conhecidos como ganchos de ancoragem, preferencialmente posicionados antes da cura do concreto da fundação, conforme figura 33.

Figura 33: Ganchos de ancoragem do painel à fundação.



Fonte: VELLOSO (2010, apud APA, 1999 e AF&PA, 2001).

De modo geral, a corrosão dos elementos metálicos de fixação da madeira podem ser influenciadas por fatores como: o contato da água de precipitação e de condensação na superfície, ciclos curtos de umidificação e secagem; e expansão e retração, que acarretam no aparecimento de fissuras que favorecem a entrada da umidade na madeira (NAPPI, 2012).

Segundo Nappi (2012), a corrosão dos elementos metálicos utilizados em conjunto com a madeira está diretamente ligada ao que diz respeito à garantia da vida útil da estrutura de madeira. Isto porque os elementos metálicos ficam sujeitos à corrosão devido à presença de água, oxigênio e reações químicas na estrutura celular da madeira e de seus constituintes. A durabilidade da ligação entre madeira e metal pode influenciar significativamente a durabilidade da estrutura como um todo.

A maior parte dos elementos de fixação é fabricada em aço carbono. Quanto mais carbono na liga, mais o aço se torna suscetível à fragilização e aos efeitos do tratamento térmico. O aço inoxidável é uma liga de ferro-cromo-carbono cuja característica predominante é a elevada resistência à corrosão. A galvanização, definida como uma aplicação de um revestimento de zinco, também visa proteger os materiais metálicos

de serem corroídos. O processo de galvanização resulta na formação de uma barreira isolante das superfícies internas e externas do aço do meio ambiente (NAPPI, 2012).

A ASTM F547 (2017) especifica o tipo de material utilizado nos pregos para cada parte da estrutura do painel, assim como para os materiais de revestimento de parede e telhado. Para a fixação da ossatura, a norma recomenda a utilização de pregos de aço carbono, revestidos com zinco ou outro revestimento especificado, aço inoxidável ou alumínio; enquanto para utilizados na fixação do revestimento externo devem-se utilizar pregos galvanizados, de aço ou aço inoxidável. Para a fixação do revestimento externo, o comprimento do prego depende da espessura do revestimento e dos requisitos mínimos de penetração.

Um ensaio realizado por Nappi (2012) mostra a influência da espécie de madeira na taxa de corrosão de parafusos de aço carbono e de aço galvanizado nas espécies de Angelim, Eucalipto e Pinus. O resultado do ensaio mostra que o Eucalipto foi a espécie mais agressiva para os parafusos de aço galvanizado a frio, conforme mostra a figura 34. Segundo a autora, a madeira mais agressiva para a maior parte dos elementos metálicos testados foi o Eucalipto, justificando o resultado pela relação com o pH da madeira.

Figura 34: Parafusos de aço galvanizado à frio embutidos em três espécies de madeira aos 30 dias de ensaio. Angelim, Eucalipto e Pinus.



Fonte: NAPPI et. al. (2012).

Os parafusos de aço inoxidável apresentaram comportamento imune à umidade e as alterações químicas das diferentes espécies de madeira analisadas, demonstrando que mesmo com condições de

permanência de água na superfície, houve a formação de uma película fina, provavelmente de óxidos de cromo hidratados, estável, aderente, impermeável e insolúvel nos meios corrosivos usuais, proporcionando uma barreira protetora contra a corrosão (Nappi, 2012).

Pode-se afirmar que a proteção conferida pela galvanização não é eficaz em condições de arejamento deficiente e permanência prolongada de água na superfície, ocorrendo o fenômeno da corrosão branca, além da corrosão vermelha observada por Nappi (2012) desde o início do processo corrosivo nos parafusos de aço galvanizado.

De acordo com o tipo e uso do dispositivo metálico, a Diretriz SiNAT nº 005 (2017) apresenta o tempo mínimo para o aparecimento de algum tipo de corrosão, conforme quadro 5. A norma ISO 9227 (2017) - *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests* apresenta os ensaios para determinação da corrosão nos dispositivos metálicos em condições atmosféricas distintas.

Quadro 5: Tempo mínimo para o aparecimento da corrosão vermelha nos dispositivos metálicos.

Tipo de dispositivo	Tempo mínimo (horas)
Dispositivos de fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas secas;	96
Dispositivos de fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas molhadas ou molháveis;	240
Dispositivos de fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes rurais;	240
Dispositivos de fixação dos quadros estruturais ao elemento de fundação;	360
Dispositivos de fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes urbanos, industriais leves, ou a mais que 2000 metros da orla marítima;	480
Dispositivos para a fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes marinhos;	720

Fonte: SiNAT nº 005 (2017)

De acordo com Heine (1997 apud Dias, 2005), a resistência ao arrancamento dos dispositivos de fixação está diretamente ligada à densidade da madeira e da chapa de fechamento. A densidade da madeira pode ser considerada um dos fatores que mais influenciam no

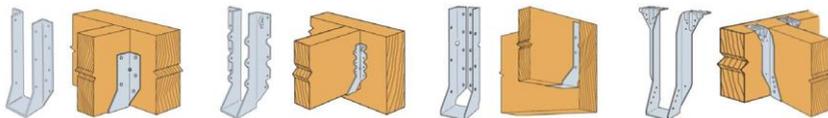
comportamento das ligações e tem ligação direta com o tipo de falha que pode ocorrer.

De acordo com a Diretriz SiNAT nº 005 (2017), a resistência ao arrancamento dos dispositivos de fixação das chapas deve ser maior que 400 N, conforme ASTM D1037 (2012) - *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*. Já a resistência à flexão dos pinos depende fundamentalmente do diâmetro e do comprimento dos pinos. No caso das paredes estruturais, é importante que haja uma relação balanceada entre o diâmetro e o comprimento dos pregos especificados para parede e entre a espessura da chapa com a densidade da madeira. Caso sejam utilizados pregos muito finos, pode haver a flexão precoce ou o fendilhamento¹² da madeira. Ao mesmo tempo que pregos com diâmetros muito elevados podem não surtir o efeito desejado para o aumento de resistência e rigidez, podendo ocasionar em falhas de rasgamento da chapa ou fendilhamento dos montantes (DIAS, 2005).

No caso de utilização de pregos com maior bitola e com espaçamento reduzido, a utilização de parafusos ao invés de pregos pode reduzir os riscos de fendilhamento devido a concentração de pregos nos montantes, que são peças relativamente estreitas (Tissell 1993 apud Dias 2005).

Além da junção das peças com pregos, parafusos e conectores, existem no mercado conectores especiais como: suportes metálicos, chapas de ancoragem, chapas de amarração e cantoneiras (figura 35).

Figura 35: Tipos de suportes metálicos para ligação entre vigas de madeira



Fonte: ESPÍNDOLA (2010 apud STRONGTIE, 2008).

Este tipo de conector, apesar de disponível no mercado brasileiro, ainda não é usual nas construções no sistema plataforma. Sua utilização é recomendada principalmente quando as peças a serem ligadas e as cargas

¹² Fendilhamento é a capacidade que um bloco de madeira contendo uma ranhura tem em resistir à rachadura, quando a ele é submetida uma força para afastar as bordas da ranhura.

estruturais a serem transmitidas demandam maior nível de resistência (ESPÍNDOLA, 2010).

Ao analisar as características do sistema construtivo utilizado em países com tradição de uso e compará-las ao proposto para o Brasil, verificou-se que decisões tomadas na fase projetual refletem diretamente nas medidas de manutenção. A correta especificação da técnica, aplicada corretamente ao local de implantação, previne a degradação antecipada do material e faz com que ele atinja a vida útil de projeto estipulada. Dessa forma, as ações de manutenção devem ser aplicadas a fim de manter a edificação íntegra, minimizando a necessidade de substituição de materiais utilizados.

4 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

A utilização do concreto armado derivado do avanço da utilização de novas tecnologias relacionadas ao uso do aço e do cimento fez com que a indústria da construção começasse a estudar e explorar, no século XX, os requisitos de desempenho das edificações. Isso porque o concreto armado, até então considerado um novo material construtivo, possibilitou edificações mais leves, altas e esbeltas, alterando, conseqüentemente, o comportamento do edifício (ISAIA, 2011 apud Lorenzi, 2013).

Historicamente, o conceito de desempenho tem sido utilizado para adequar o uso pretendido da edificação ao adequado através da avaliação dos atributos do edifício, como um todo ou parte dele, a partir das características que satisfaçam o desempenho mínimo esperado (ISO-19208, 2016).

De acordo com levantamento feito por Lorenzi (2013), grande parte dos conceitos de desempenho estão inerentes, não só no processo de concepção do projeto, mas em toda a cadeia produtiva da construção civil.

Segundo Covelo Silva (2011 apud Lorenzi, 2013) o desempenho está baseado em projetar e construir com base nas necessidades do ciclo de vida do edifício: concepção, produção e uso. Oliveira; Mitidiele Filho-(2012) destacam que, cada vez mais a prática de projetar com enfoque no desempenho da edificação deve ser incorporada ao processo de projeto, principalmente em razão das crescentes preocupações a respeito da durabilidade e da sustentabilidade. Desta forma, entende-se que o projetista assuma papel de destaque, sendo o impulsionador da cadeia produtiva e, alavancando a aplicação das normativas relacionadas ao desempenho.

O desenvolvimento das primeiras normas de desempenho surgiram nos anos de 1930 e 1940, com a expressão *performance requirements*, destacando assim a palavra “desempenho” e a caracterizando como sendo um conjunto de propriedades que um determinado produto deve apresentar para que cumpra sua função quando sujeitos a determinadas ações.

De acordo com Becker (2001), a Segunda Guerra Mundial e a construção de edifícios em larga escala fizeram com que fossem aplicadas tecnologias sem estudos comprobatórios para a época, surgindo consideráveis casos de inviabilidade das edificações devidos às manifestações patológicas. A partir deste fato, países europeus, juntamente com os Estados Unidos, começaram a estudar, na década de 1960, a formação de um conceito de desempenho para as edificações,

sendo a França uma das pioneiras na criação de programas para a avaliação de sistemas construtivos inovadores.

Em 1960, cria-se na Europa a *Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction* (UEAtc), que tinha por objetivo integrar o conceito de desempenho à avaliação de sistemas construtivos. Assim, os países membros da UEAtc compartilhavam de normas comuns para avaliar os sistemas construtivos inovadores. A criação da ISO 6241-(1984) – *Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered*, foi um importante marco para a aplicação do conceito de desempenho das edificações, estabelecendo princípios gerais para a elaboração de padrões de requisitos e critérios a serem atendidos pela construção civil através de seus usuários.

Após diversas revisões e adaptações, a norma ISO 6241 (1984) possui a versão mais atual intitulada ISO 19208 (2016) - *Framework for specifying performance in buildings*. A norma internacional ISO 19208-(2016) fornece a estrutura e os princípios necessários para a garantia do desempenho, ou parte dele, por meio dos requisitos do usuário, possíveis utilizações dos edifícios e de seus espaços, construção de subsistemas e agentes que sejam relevantes para o desempenho do edifício.

Ao longo da última década, o conceito de desempenho foi ampliado para ser usado de forma a absorver tanto o impacto positivo quanto negativo da escolha dos materiais, métodos e elementos construtivos, além dos recursos de energia, serviços de água e sanitários, relação com o meio ambiente, contribuição com o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida que o edifício habitacional proporciona ao local em que está inserido e aos seus usuários (ISO 19208, 2016).

Lorenzi (2013) destaca a experiência da aplicação do desempenho em Portugal, onde a qualidade dos edifícios não foi afetada positivamente por quatro motivos principais: os custos da edificação não foram reduzidos com a aplicação do conceito de desempenho; a qualidade de vários produtos era variável e mediana sob o ponto de vista técnico; os acabamentos recebiam pouco cuidados e sua degradação acontecia rapidamente, resultando no envelhecimento precoce da edificação. Desta forma, a certificação dos materiais construtivos na Europa evoluiu significativamente a fim de alcançar a qualidade e garantir aos usuários e compradores, enfatizando que, para a garantia do desempenho, não só o custo era um agente influenciador para a compra de determinado material.

No Brasil, no ano de 1949, surge a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), vinculada à Secretaria da Habitação e considerado atualmente

o maior agente promotor de moradia popular no Brasil. A organização, ligada ao governo do estado, tem por finalidade financiar e construir moradias populares voltadas à baixa renda, tendo iniciado a produção efetiva de casas no ano de 1967.

Influenciados pela produção em massa de habitações voltadas à classe de baixa renda, os primeiros estudos realizados no Brasil relacionados ao desempenho foram nas décadas de 1970 e 1980 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo para o Banco Nacional de Habitação (BNH). O período foi caracterizado pelo grande volume de obras que priorizavam inovações dos sistemas construtivos com produtividade, resultando na utilização inadequada dos materiais e sistemas inovadores e falta de adaptação às exigências dos usuários (LORENZI, 2013).

No ano de 2000 houve uma iniciativa no país para a regularização do desempenho das edificações habitacionais, resultando em um trabalho intitulado “Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações”, desenvolvido pelo IPT, originando a criação da Comissão de Estudos da Construção Civil (CB-02), na ABNT.

A ideia de conceber a Norma de Desempenho surge através de uma iniciativa da Caixa Econômica Federal e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), tendo os estudos iniciados por parte do Sindicato da Construção do estado de São Paulo (SINDUSCON-SP) e do Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais (SECOVI). No ano de 2004, reuniões públicas foram iniciadas com a participação de empresários do setor da construção e profissionais da área acadêmica, sendo disponibilizada a primeira edição para consulta pública no ano de 2008 (MATTOS, 2013).

A Norma de Desempenho brasileira, intitulada ABNT NBR 15575, teve, no ano de 2008, uma tentativa de lançamento com entrada em vigor prevista para o ano de 2010. Porém, após reformulações e adequações, foi republicada em março de 2013 e entrou em vigor somente em julho do respectivo ano. Com sua atualização mais recente em 2013, a ABNT NBR-15575 - Edificações habitacionais - Desempenho é composta de seis partes divididas respectivamente em:

1. Requisitos Gerais;
2. Requisitos para os sistemas estruturais;
3. Requisitos para os sistemas de pisos;
4. Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
5. Requisitos para os sistemas de coberturas e requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Um item fundamental para a análise dos critérios de desempenho é o entendimento do conceito de vida útil de projeto. Isto porque tais critérios relacionam-se diretamente ao tempo em que os elementos de uma edificação devem manter-se íntegros e com os valores de desempenho mínimos, até uma possível substituição.

Segundo Oliveira; Fontenelle; Mitidieri Filho (2014), “cada vez mais a prática de projetar com enfoque em desempenho deve ser incorporada ao processo de projeto, principalmente em razão das crescentes preocupações a respeito da durabilidade e da sustentabilidade.”

4.1 VIDA ÚTIL DE PROJETO

Todo e qualquer artefato produzido pela ação humana possui depreciação, seja ela por desgaste ao uso, influência dos condicionantes climáticos, reações químicas, agentes biológicos ou intervenção dos usuários. Tal processo de depreciação, que vai desde a produção do artefato até a obsolescência, segundo John (2006 apud Villanueva, 2015) pode ser chamado de vida útil.

A vida útil de projeto (VUP) pode ser entendida, de modo geral, como o período de tempo compreendido entre o início da operação e uso da edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário, influenciadas diretamente pelas atividades de manutenção e pelo ambiente em que está inserida (POSSAN; DEMOLINER, 2013).

Os valores teóricos da VUP são estabelecidos por projetistas, construtores e incorporadores, podendo ser confirmados por meio de atendimento às normas brasileiras, regionais ou internacionais. Porém, este valor depende muitas vezes de fatores externos aos controlados por técnicos, como o correto uso e operação do edifício e de suas partes, a constância e efetividade das operações de manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local, mudanças no entorno ao longo do tempo, trânsito de veículos, rebaixamento do nível do lençol freático e obras de infraestrutura e expansão urbana (ABNT NBR 15575, 2013).

De acordo com o CSA S478-95 - *Guideline on Durability in Buildings* (2001) a vida útil adequada do projeto deve levar em consideração as condições de exposição, as dificuldades e custos de manutenção, as consequências das falhas e dos componentes em termos de custos de reparo, interrupção e operação, disponibilidade atual e futura dos componentes adequados e a obsolescência técnica e funcional. O quadro 6 apresenta o tempo de vida útil das edificações conforme o uso, de acordo com o CSA S478-95 (2001).

Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), a durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe foram atribuídas, seja pela degradação ou pela obsolescência funcional. A obsolescência surge quando a edificação já não pode ser adaptada para satisfazer aos requisitos exigidos. A norma ISO 15686 (2016): *Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework* destaca que, além da obsolescência funcional, também há a obsolescência técnica e a econômica. Segundo a ISO 15686 (2016), a obsolescência econômica acontece devida ao alto custo de manutenção ou por conta da disponibilidade de alternativas mais baratas.

Quadro 6: Categorias de Vida útil de serviço dos edifícios

CATEGORIAS	VIDA ÚTIL DE SERVIÇO DOS EDIFÍCIOS (ANOS)	EXEMPLOS
Temporários	Até 10	Edifícios não permanentes, escritórios de vendas, prédios de exposição temporários.
Vida média	25 a 49	Edifícios industriais e estruturas de estacionamentos
Vida longa	50 a 99	Edifícios residenciais, comerciais e de escritórios, edifícios de saúde e educacionais,
Permanentes	Mínimo de 100	Edifícios monumentais (museus, arquivos, etc.)

Fonte: CSA S478-95 (2001).

Segundo o CSA S478-95 (2001), os edifícios que passem por mudanças de uso ou sejam arrendados ao longo da vida útil devem ter uma tolerância para as futuras instalações, havendo assim uma probabilidade de obsolescência dos serviços utilizados e a possibilidade em reciclar ou reutilizar componentes do edifício.

Uma das dificuldades está no diagnóstico da obsolescência. Isto porque há falta de dados confiáveis que a estimem com certeza, sendo assim baseadas na experiência do construtor e dos clientes. Além disso, com a substituição de partes do edifício, ou do edifício como um todo, há a geração de resíduos (ISO 15686, 2016).

O valor final da VUP dos elementos que compõem a edificação é uma composição entre o valor teórico com a influência positiva ou negativa das ações de manutenção ou falta delas, intempéries e outros fatores, estabelecido pela NBR 15575-1 (2013), como mostra o quadro 7.

Diretamente relacionadas aos objetivos do processo de produção das edificações, as etapas posteriores à construção, como a operação, uso e manutenção assumem uma crescente importância quando objetiva-se o prolongamento da vida útil de projeto. Com isso, é obrigatório que a edificação tenha um Manual de operação, uso e manutenção, definido como um documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação.

Quadro 7: Vida Útil de Projeto dos sistemas

SISTEMA	VUP MÍNIMA (ANOS)	VUP SUPERIOR (ANOS)
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: ABNT NBR 15575:1 (2013)

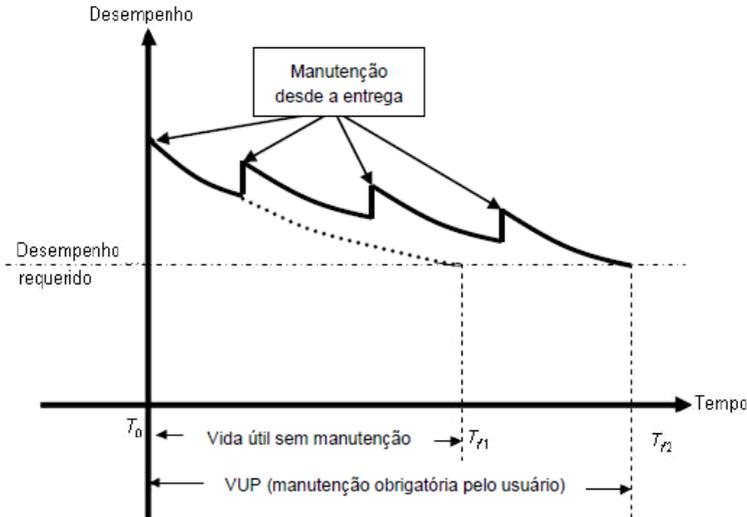
De acordo com a norma ABNT NBR 14037 (2014), o Manual de operação, uso e manutenção tem por objetivo: informar as características técnicas da edificação; descrever os procedimentos para o melhor aproveitamento da edificação; orientar os usuários para realizar as atividades de manutenção; prevenir as falhas e acidentes decorrentes do uso inadequado e contribuir para o aumento da durabilidade da edificação e seus componentes.

As ações de inspeção e manutenção periódicas, na sua realização integral pelos usuários e correta orientação dos construtores através do manual, são essenciais e influenciam diretamente o prolongamento da vida útil de uma edificação, como mostra a figura 36. As ações de manutenção representam um incremento de desempenho a cada intervenção, resultando em mais tempo de vida até atingir o nível mínimo exigido.

De acordo com a ISO 15686 (2016), a fim de minimizar as perdas devidas à obsolescência, os planos de manutenção, incluindo a substituição de alguns componentes, devem ser previstos já na etapa de projeto.

No caso das edificações plataforma de madeira, onde a madeira é o principal material construtivo, é necessário que se conheçam as espécies mais adequadas e apropriadas para cada local de implantação e qual a influência dos agentes biológicos em que a edificação será exposta. Assim, os sistemas construtivos e protetivos garantem a vida útil da edificação.

Figura 36: Desempenho ao longo do tempo com e sem ações de manutenção.



Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013).

Dentre os agentes naturais deterioradores que afetam a vida útil dos componentes da edificação estão os agentes mecânicos, como a força da gravidade, deformações, força cinética e as vibrações; os agentes eletromagnéticos, como a radiação, a eletricidade e o magnetismo; os agentes térmicos, como água, solventes e ácidos; e os agentes biológicos, como os organismos xilófagos, micróbios e espécies vegetais (ISO 15686-(2016).

Nas edificações do tipo plataforma de madeira, a inspeção para evitar a substituição dos componentes corresponde na avaliação dos sinais de deterioração que as peças de madeira apresentam, como manchas e descolorações, presença de umidade, condensações, infiltrações, goteiras, etc. Já as ações de manutenção e reparos são entendidas como a remoção de sujeiras, evitando assim o acúmulo de umidade; limpar os sistemas de drenagem de águas, como as calhas; reparar coberturas e telhas; restaurar

os acabamentos protetores, tudo em determinado tempo adequado (MARTINS; FIORITI, 2016). O quadro 8 apresenta os níveis distintos de vida útil de projeto para diferentes tipos de sistemas e elementos construtivos.

Quadro 8: Níveis de vida útil

Categoria	Descrição	Vida Útil	Exemplos típicos
1	Substituível	Vida útil mais curta que o edifício, sendo sua substituição fácil e prevista na etapa de projeto	Muitos revestimentos de pisos, louças e metais sanitários
2	Manutenível	São duráveis, porém necessitam de manutenção periódica, e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício	Revestimentos de fachadas e janelas
3	Não Manutenível	Devem ter a mesma vida útil do edifício por não possibilitarem manutenção	Fundação e muitos elementos estruturais

Fonte: ABNT NBR 15575:1 (2013).

De acordo com a ABNT NBR 15575 (2013), para que os sistemas construtivos atendam aos critérios mínimos para que a VUP seja atingida, é necessário: o emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a VUP; execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da VUP; cumprimento em sua totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva; atendimento aos cuidados preestabelecidos para se fazer um uso correto do edifício; utilização do edifício em concordância ao que foi previsto em projeto.

Segundo Possan, Demoliner (2013) uma alternativa para considerar a vida útil no projeto é a análise do Custo do Ciclo de Vida (CCV) da edificação, onde os fatores intervenientes no projeto, execução e manutenção são considerados ao longo do tempo incluindo os custos associados, auxiliando na identificação de alternativas de projeto que possam conduzir a menores custos de operação, manutenção e reparo durante a vida útil da construção.

O ciclo de vida dos materiais é definido como “as fases consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a aquisição de matéria-prima ou geração a partir de recursos naturais até a disposição final” (ISO 14040, 2006). A análise do ciclo de vida dos materiais construtivos é essencial para a escolha da melhor tecnologia disponível

no mercado a fim de minimizar o impacto ambiental decorrente da construção dos edifícios.

Um estudo realizado por Pajchrowski et. al. (2013) compara a análise do ciclo de vida completo de quatro casas funcionalmente equivalentes, porém com bases estruturais e tecnologias construtivas diferentes. O estudo analisa o ciclo de vida completo, desde a produção dos materiais construtivos, pré-fabricação, transporte ao canteiro de obras, construção, uso, demolição e transporte dos resíduos. Os edifícios do estudo foram: um edifício de alvenaria convencional; um edifício passivo¹³ de alvenaria; um edifício de madeira convencional e, por fim, um edifício passivo de madeira, todos com 98 m².

De acordo com Pajchrowski et. al. (2013) as consequências de se maximizar a utilização da madeira nos edifícios são inúmeras. Além da redução significativa no peso da construção, há o aumento do uso de recursos renováveis com um balanço de carbono neutro, pulando de 2% na casa de alvenaria tradicional para 20% na casa passiva de madeira. Dentre outras vantagens, destaca-se a diminuição de seis vezes do consumo de água e diminuição quase sete vezes do consumo de energia elétrica no canteiro de obras. A frequência de transporte dos trabalhadores de construção diminuiu, bem como a redução do tempo e do consumo (em média de 38%) de energia durante a demolição de edifícios. Os indicadores de transporte para os resíduos de demolição foram amortizados em média 50% por causa do peso reduzido. Quando analisado as consequências de cada perfil construtivo com as etapas individuais de análise do ciclo de vida, os resultados mostram que os edifícios de madeira apresentam menor impacto ambiental do que os de alvenaria.

Desta forma, Pajchrowski et. al. (2013) concluiu que a madeira e os materiais à base de madeira são os únicos, dentre os materiais de construção analisados, que demonstraram um benefício ambiental tanto na fase de produção dos materiais construtivos até à fase de uso, o chamado *cradle-to-gate*, e da fase de uso até a fase final de reaproveitamento dos resíduos, o chamado *gradle-to-grave*.

4.2 NORMA DE DESEMPENHO ISO 19208 (2016)

Um importante marco para a aplicação do conceito de desempenho das edificações ocorreu por meio da implantação da ISO 6241 –

¹³ Casa passiva é um modelo de construção sustentável, criado com o objetivo reduzir o consumo de energia a zero ou ao mínimo possível (WIKIPÉDIA, 2017).

Performance Standards in Building: Principles for their preparation and Factors to be Considered, no ano de 1984. Segundo Lorenzi (2013), o conceito de desempenho foi marcado pela publicação da norma ISO 6241 pois essa promovia a tradução das necessidades humanas em requisitos de desempenho, ao mesmo tempo que satisfazia as exigências dos usuários e satisfazia o desempenho do edifício ao longo do tempo. Após diversas atualizações, a última versão em vigor é do ano de 2016, intitulada ISO 19208 (2016) - *Framework for Specifying Performance in Buildings*.

A norma internacional ISO 19208 (2016) destina-se a fornecer os princípios gerais para a especificação do desempenho, identificando os principais fatores a serem considerados, como: os requisitos do usuários e as expectativas sociais; os possíveis usos dos edifícios e seus espaços; a construção de subsistemas dos quais o produto faz parte e os agentes relevantes para o desempenho da edificação, seja qual for a origem e natureza.

O objetivo da norma de desempenho relaciona-se com o comportamento em uso e geralmente se associam à saúde, segurança, conveniência, conforto, proteção da construção e o desenvolvimento sustentável. A norma ISO 19208 (2016) categoriza o desempenho em quatro tipos: reação aos agentes, influência das atividades humanas, impacto na sociedade e as mudanças no desempenho ao longo do tempo.

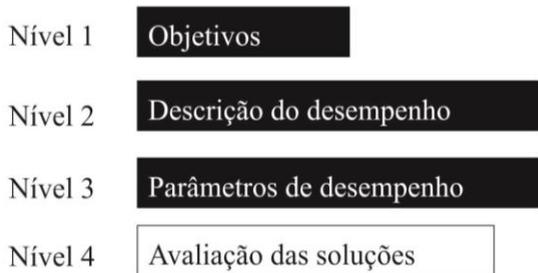
O desempenho do edifício como um todo pode variar de acordo com a influência dos subsistemas, espaços, elementos, montagens, componentes, produtos e materiais. Isso porque o desempenho especificado para uma parte do edifício não precisa ser o mesmo especificado para o edifício como um todo. Por exemplo, se o objetivo for minimizar o uso operacional de energia, os objetivos de parede e piso podem relacionar-se diretamente ao desempenho térmico. Porém, os objetivos de um edifício como um todo estão diretamente relacionados aos requisitos dos usuários ou expectativas sociais (ISO 19208, 2016).

Para a especificação do desempenho, a norma ISO 19208 (2016) traz um modelo separado em 4 níveis, conforme figura 37, que deve ser aplicado em uma parte do edifício ou em todo. Os objetivos relacionados a cada parte podem ser determinados pelo uso pretendido ou pela forma na qual estão relacionados às outras partes do edifício.

No nível 1 encontra-se o objetivo, definido como a análise do edifício como um todo, ou parte dele, que se enquadre nos requisitos do usuário ou na expectativa da sociedade. Os objetivos são separados em: estabilidade estrutural, segurança contra incêndios, segurança em uso, resistência à compressão, conforto higrotérmico, pureza do ar, conforto

acústico, conforto visual, conforto tátil, conforto dinâmico, higiene, sustentabilidade dos espaços para uso específico, durabilidade, econômico, acessibilidade e contribuição para o desenvolvimento sustentável.

Figura 37: Níveis de avaliação do desempenho



Fonte: ISO 19208 (2016).

Quando relacionados ao desenvolvimento sustentável, os objetivos podem ser destinados ao uso de recursos, como água e energia; escolha dos materiais construtivos, priorizando materiais renováveis e com menos emissão de poluentes; escolha do método e recursos construtivos, visando a segurança durante a construção; depósito dos resíduos e a resiliência da edificação.

O nível 2, intitulado descrição do desempenho, estabelece os requisitos qualitativos para um determinado objetivo. Os requisitos são expressos em: reações aos agentes, que devem ser descritos como o resultado dos agentes externos ou a consequência deste comportamento; a influência nas atividades humanas, que devem ser descritas sob os efeitos na existência humana e suas consequências; o impacto à sociedade, que deve ser descrito em termos dos efeitos sobre a sociedade e os resultados que podem estar relacionados a uma ou mais etapas do ciclo de vida do edifício; as alterações no desempenho ao longo do tempo, que geralmente estão relacionados à durabilidade, a fadiga e a influência dos materiais, devendo ser descritos em termos da causa e consequência das mudanças, bem como as estratégias de manutenção.

O quadro 9 apresenta exemplos dos requisitos relacionados à reação aos agentes, a influência das atividades humanas e as alterações do desempenho ao longo do tempo descritos pela norma ISO 19208 (2016) que podem ser aplicados aos painéis de vedação vertical externo.

O nível 3 é onde encontram-se os parâmetros de desempenho. Define-se parâmetro como um grupo de variáveis ou indicadores

utilizados para descrever o desempenho quantitativamente. Por exemplo, quando relacionadas as reações aos agentes da segurança estrutural, pode ser definido como o total de cargas no estado limite do sistema; o impacto na sociedade pode enquadrar-se em torno do nível de emissão de CO₂ anuais, enquanto as mudanças no desempenho ao longo do tempo podem ser avaliadas se, após 30 anos de uso, o desempenho da edificação está adequado ou o nível deteriorou-se mais de 70% após a construção.

Os parâmetros de desempenho que se relacionam ao desenvolvimento sustentável devem ser vinculados a indicadores que possuam um objetivo, ser verificável e reproduzível. Para isso, deve-se utilizar a norma ISO 21929 (2011) – *Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings*.

Quadro 9: Exemplos de requisitos aplicáveis aos painéis de vedação vertical externa.

Reação aos Agentes		
Exemplo de agentes	Origem	Consequência
Agentes mecânicos		
Gravidade	Cargas de neve, cargas mortas	Falha estrutural, perda de função e aparência.
Forças de deformação	Subsidência do solo ¹⁴ , deslizamento de terra	
Energia cinética	Impactos externos, terremotos	
Vibrações e ruídos	Tráfego e vibrações de máquinas	Falha estrutural; perda de função e aparência; perturbação da atividade humana.
Agentes Eletromagnéticos	Radiação solar	Aquecimento da construção; degradação de materiais.
Agentes térmicos	Calor, geada, choque térmico	Falha estrutural; perda de função e aparência

¹⁴ Em geologia, geografia e topografia, subsidência do solo refere-se ao movimento de uma superfície (geralmente a superfície da Terra) à medida que ela se desloca para baixo relativamente a um nível de referência, como seja o nível médio do mar (WIKIPÉDIA, 2017).

Agentes químicos		
Água e solventes	Umidade do ar	Degradação dos materiais
Agentes oxidantes	Oxigênio, ozônio	
Agentes redutores	Sulfetos	
Ácidos e bases	Ácido sulfúrico	
Sais	Sulfatos	
Agentes Biológicos		
Vegetais e micróbios	Bactérias e sementes	Contaminação do ambiente interno
Animais	Térmitas e insetos	Degradação dos materiais de origem biológica
Influência nas atividades humanas		
Exemplos de Comportamento humano	Fatores que afetam o comportamento	Consequências
Habilidades Físicas: Força e Resistência	Dispositivo de fechamento automático na porta manual necessário para resistir forças do vento	Dificuldades no fechamento/abertura
Habilidades Sensoriais: Tato	Contato com metais	Reações alérgicas
Alterações no desempenho ao longo do tempo		
Exemplo de características críticas	Causa	Consequências
Estabilidade	Carregamento cíclico	Fadiga, falhas, deformação, deflexão.
Intemperismo: umidade e mudanças na superfície	Ciclos de secagem e umidade, poluentes e fungos	Corrosão; dano da superfície; degradação

Fonte: ISO 19208 (2016).

No nível 4 está a avaliação das soluções. Esta etapa configura a demonstração do cumprimento dos requisitos de desempenho. A avaliação pode ser feita pelo chamado método da conformidade, onde são aplicadas as normas de referência através das regras consideradas satisfatórias. Através da indicação de uma pessoa competente, que

segundo a norma ISO 19208 (2016) devem se especialistas, a solução pode ser julgada por meio da utilização de técnicas, ferramentas e métodos tendo em vista os pressupostos e níveis de confiabilidade que levam os especialistas a chegarem em tais conclusões. Em alguns casos, testes, experiências em serviços, cálculos, simulações e softwares são necessários para a combinação de resultados e determinação das soluções.

A especificação do desempenho, de acordo com a norma ISO-19208 (2016), deve ser estruturada de forma que possua o escopo, as normas de referência (opcionais), as definições, requisitos de desempenho e a avaliação das conclusões.

No escopo, identificam-se os atributos do edifício, como os subsistemas, espaços, elementos, componentes, produtos e materiais, descrevendo requisitos de desempenho e quais as soluções para as especificações. As normas utilizadas como referência devem ser citadas, com respectivo ano, de forma a torná-las indispensáveis para a aplicação do desempenho.

Por fim, a avaliação das soluções deve ser descrita de acordo com cada requisito de desempenho, devendo o método de avaliação ser o mais apropriado com relação à precisão e importância.

4.3 NORMA DE DESEMPENHO ABNT NBR 15575 (2013)

De acordo com a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, a norma de desempenho busca atender às exigências dos usuários para os edifícios habitacionais e seus sistemas referentes ao comportamento quando em uso, independentemente dos materiais e sistemas construtivos utilizados.

O estabelecimento do desempenho, complementar às normas prescritivas, é pensado internacionalmente a fim de definir requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, permitindo a mensuração para o atendimento ao desempenho (MIRANDA, 2014). A figura 38 apresenta esquematicamente a estruturação da norma ABNT NBR 15575 (2013). Desta forma, a utilização simultânea das normatizações busca atender às condições de desempenho com soluções tecnicamente adequadas e visam tanto o incentivo tecnológico quanto a orientação adequada para a eficiência técnica e econômica de tais inovações (ABNT, 2013).

No ano de 2011, Covelo Silva (2011 apud Lorenzi, 2013) identificava os principais desafios que seriam encontrados para a implantação de uma norma de desempenho no Brasil, como: conscientizar a população brasileira quanto à conceituação do desempenho aplicado ao

edifício; caracterização das condições de exposição do edifício; viabilização dos requisitos para cada região brasileira; cultura de utilização da NBR 15575 e o avanço no conhecimento do tema para implantar a cultura de desempenho no país.

Figura 38: Esquemática da estruturação da norma de desempenho



Fonte: CAU (2015).

Estimava-se que a partir da publicação da norma, no ano de 2013, o setor da construção civil, juntamente com toda a cadeia produtiva, incorporaria toda a mudança conceitual de concepção do edifício e os adaptaria a todos os requisitos exigidos para o desempenho (LOREZI, 2013).

Quanto ao método de avaliação da norma, os requisitos exigidos aos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, servindo como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios, como mostra os tópicos organizados no quadro 10.

A avaliação de desempenho busca analisar a adequação ao uso dos sistemas e processos construtivos, cumprindo a função que lhes foi atribuída. De acordo com a norma, os requisitos de desempenho derivados de todas as exigências dos usuários resultam em uma lista extensa, sendo conveniente limitar o número de requisitos a serem considerados em um contexto de uso definido.

Quadro 10: Pré-requisitos e requisitos do usuário conforme ABNT NBR-15575:1.

PRÉ-REQUISITO	REQUISITO DO USUÁRIO
Segurança	- Segurança estrutural; - Segurança contra o fogo; - Segurança no uso e na operação;
Habitabilidade	- Desempenho térmico; - Desempenho acústico; - Desempenho lumínico; - Saúde, higiene e qualidade do ar; - Funcionalidade e acessibilidade; - Conforto tátil e antropodinâmico;
Sustentabilidade	- Durabilidade; - Manutenibilidade; - Impacto ambiental.

Fonte: ABNT NBR 15575:1 (2013).

Este trabalho de pesquisa tem como foco a utilização da parte 4 da NBR 15575 (2013), que trata dos sistemas de vedações verticais internos e externos, relacionando-os à sustentabilidade da construção através das ações de prevenção e manutenção das vedações externas que, além da volumetria e da compatibilização dos espaços, integram-se à construção influenciando diretamente no desempenho da habitação.

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc. Podem também assumir função estrutural, devendo atender a NBR 15575-2, Sistemas estruturais. (ABNT NBR 15575:4, 2013, p. 3).

Tendo em vista as razões pelas quais os painéis pré-fabricados verticais internos e externos se destacam no sistema plataforma de madeira, exercendo tanto função de divisão dos ambientes quanto

estrutural, são descritos a seguir resumidamente os requisitos exigidos para os critérios relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade que devem ser atendidos individual e isoladamente pela própria natureza conflitante dos critérios de medições, sendo focado posteriormente nas ações preventivas e de manutenção das vedações externas.

4.3.1 Segurança

Quando relacionados à segurança, a norma estabelece que devem ser cumpridos os requisitos referentes à segurança estrutural, segurança contra o fogo e no uso e operação do edifício.

Para que o objeto em estudo, painéis pré-fabricados de madeira, atenda ao item de segurança estrutural, devem ser projetados, construídos e montados de forma a atingir os níveis mínimos estabelecidos para os seguintes critérios: estado-limite último; limitação de deslocamentos, fissuração e descolamentos; capacidade de suporte para as peças suspensas; resistência a impactos de corpo mole; ações transmitidas por portas internas e externas; resistência aos impactos de corpo duro e ações estáticas horizontais, verticais e de impactos incidentes em guarda corpos e parapeitos.

Para atingir tais critérios, os painéis pré-fabricados estruturais devem ser analisados mediante cálculos ou ensaios. Quando em forma de cálculo, devem atender as normas específicas vigentes, como a ABNT NBR 7190 (1998) – Projeto de estruturas de madeira. Os painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas condições do seu emprego na obra, levando em consideração as indicações da norma e valores tabelados.

A partir dos ensaios propostos, algumas considerações podem ser feitas, como: os painéis pré-fabricados não devem possuir fissuras excessivas ou deslocamentos nos elementos de construção vinculados ao sistema estrutural nem impedir o livre funcionamento dos componentes da edificação, como portas e janelas, além de não interferir no funcionamento das instalações. Além disso, deve resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas, como armários e prateleiras.

Por ser de origem biológica, a madeira é um material suscetível à degradação e à ação do fogo. Devido a sua combustibilidade, a madeira é considerada um material de baixa resistência ao fogo (CARDOSO, 2015). Entretanto, segundo Pfeil (2003 apud Cardoso, 2015), peças robustas de madeira possuem excelente resistência ao fogo, visto que a madeira é um material mau condutor de calor, enquanto que as peças esbeltas requerem proteção, como o uso de retardadores de fogo e/ou detalhes construtivos

que evitem ou atrasem o contato da madeira com as chamas, como é o caso das peças utilizadas na confecção de painéis pré-fabricados.

As exigências da norma são ajustadas para que, em caso de incêndio, proteja a vida dos ocupantes das edificações e dificulte a propagação do fogo, reduzindo assim os danos ao meio ambiente e ao patrimônio, proporcionando meios de controles e extinção do fogo e proporcione condições às operações de combate ao incêndio.

Para que a edificação obtenha um desempenho satisfatório em relação ao fogo deve atingir os níveis mínimos estabelecidos para os seguintes requisitos: dificultar o princípio de incêndio, a fim de proteger contra descargas atmosféricas, ignição nas instalações elétricas e risco de vazamento nas instalações de gás; facilitar a saída dos ocupantes, delimitando as rotas de fuga; dificultar a inflamação generalizada e a propagação do incêndio; preservar a estabilidade estrutural da edificação e dispor de sistema de extinção e sinalização de incêndio.

Existem no mercado produtos com alta resistência às trocas de calor, como é o caso dos tubos de cobre para a rede elétrica, não propagando o fogo ou produzindo compostos voláteis.

No caso dos sistemas de vedações verticais internos e externos, as superfícies internas das vedações verticais externas e ambas as superfícies das vedações verticais internas são analisadas como em uso na edificação, por exemplo, quando em espaços de cozinha, locais internos da habitação, locais de uso comum e nas escadas. Além disso, os materiais utilizados no interior das paredes também devem ser avaliados, seguindo como base o método da NBR 9442 – Materiais de construção – Determinação do Índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – método de ensaio.

As paredes estruturais, como é o caso dos painéis pré-fabricados de madeira, paredes de geminação e paredes de divisa de áreas comuns, em habitação isolada ou de até dois pavimentos, devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, assegurando neste período condições de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, levando em consideração a ABNT NBR 14432 (2001) – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.

De acordo com a NBR 15575:1 (2013), a segurança no uso e operação dos sistemas e componentes da edificação habitacional deve ser considerada em projeto garantindo a proteção dos usuários aos agentes agressivos, como queimaduras, pontos e bordas cortantes. Para isso, os critérios exigidos são: Segurança na utilização dos sistemas, como rupturas, estabilizações, tombamentos ou quedas que colocam em risco

a integridade física dos ocupantes e segurança na utilização das instalações, evitando ferimentos ou danos aos usuários.

Deve ser previsto na fase de projeto algumas medidas para evitar ou minimizar o risco de acontecimentos indesejados, como o acesso não controlado aos locais com risco de quedas, como telhados e lajes de cobertura, ou ruptura das proteções destes locais; ferimentos provocados por ruptura de subsistemas ou componentes, resultando em partes cortantes ou perfurantes, ou pela operação dos móveis e componentes, como portas e janelas; ferimentos e contusões em função de explosão causada por vazamento ou confinamento de gás.

Para que a unidade habitacional esteja segura na operação, as instalações devem ser feitas conforme a ABNT NBR 5410 (2008) – Instalações elétricas de baixa tensão, ABNT NBR 5419 (2015) – Proteção contra descargas atmosféricas, ABNT NBR 13523 (2017) – Central predial de Gás liquefeito de petróleo, ABNT NBR 15526 (2016) - Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais, ABNT NBR 15575:6 (2013) – Edificações habitacionais - Desempenho – Sistemas hidrossanitários.

4.3.2 Habitabilidade

Quando relacionados à habitabilidade, os itens a serem atendidos são: desempenho térmico, acústico e lumínico, requisitos de saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade e conforto tátil e antropodinâmico.

A principal propriedade física da madeira é a higroscopicidade, definida como a capacidade de certos materiais em absorver água. Essa propriedade afeta diretamente a durabilidade do material e a ação de agentes deterioradores, podendo ocasionar alterações de volume, contração e dilatação das peças de madeira (SILVA, 2008).

Um dos itens mais importantes para o desempenho das fachadas é a estanqueidade à água. As vedações externas devem ser estanques à água da chuva, levando em consideração a ação do vento e incluindo a junção entre a janela e a parede; enquanto as vedações verticais internas devem ser estanques quando com incidência direta ou em contato com a água, como é o caso das áreas molhadas ou molháveis.

A avaliação das vedações externas pode ser feita através da realização de ensaios tipo, em laboratório, ou análise de projeto, levando em consideração a norma ABNT NBR 10821-3 (2017) – Esquadrias externas para edificações – Parte 3: Métodos de ensaio. Já as vedações

verticais internas são analisadas através de análise de projeto ou realização de ensaios de estanqueidade.

O desempenho térmico de uma edificação é resultado da sua interação com o ambiente na qual está envolvida. Depende das variações climáticas, como a temperatura, umidade do ar, direção dos ventos e radiação solar; das condições de implantação, como latitude, longitude, topografia e orientação solar; e por fim as condições de uso, como o número de ocupantes, as atividades desenvolvidas, os equipamentos utilizados, a quantidade de calor e vapor d'água produzida e a taxa de renovação de ar no ambiente (BORGES, 2013).

De acordo com a norma, as vedações externas devem atender aos seguintes critérios: Transmitância térmica; capacidade térmica e áreas mínimas das aberturas para ventilação. Além da ABNT NBR 15575 (2013), outra normativa específica deve ser consultada para o método de cálculo, a ABNT NBR 15220:2 (2008) – Desempenho térmico das edificações – Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

A madeira é considerada um bom condutor de som. A velocidade de propagação do som nas fibras pode ser comparada à dos metais, apesar de sua porosidade. Uma das formas de fazer com que a madeira seja eficiente quanto ao isolamento acústico é fazer com que entre os elementos possua uma camada de ar. Já a absorção do som é diferente de isolamento acústico que requer materiais pesados; enquanto a absorção requer maciez e porosidade (LAROCA, 2002).

Uma das vantagens da construção em plataforma de madeira é a possibilidade de se utilizar não só materiais isolantes térmicos, mas também acústicos entre a ossatura dos painéis pré-fabricados, como a lã de vidro e a lã de rocha.

Com relação ao desempenho acústico, a ABNT NBR 15575 (2013) especifica que os requisitos e critérios devem ser relacionados ao isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre as unidades autônomas, e entre as dependências de uma unidade e suas áreas comuns. Especificamente, para avaliar as paredes internas e externas, o método indicado é o método de engenharia, realizado em campo. O comportamento acústico do sistema é analisado segundo a norma ISO-16283-3 (2016) - *Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements- Part 3: Façade sound insulation*, determinando o isolamento global da vedação externa, analisando somente as fachadas no caso de edifícios ou as fachadas e a cobertura no caso de casas térreas e sobrados.

Os critérios a serem verificados, segundo a ABNT NBR 15575:4-(2013), referem-se aos níveis de ruído admitidos na habitação, como a diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa e promovida pela vedação entre ambientes, ambos verificados em ensaio de campo.

Durante o dia, algumas dependências da edificação, como é o caso da sala de estar, dormitório, copa/cozinha e área de serviço, devem receber iluminação natural proveniente indiretamente ou diretamente do exterior. Já no período noturno, o sistema de iluminação deve ser suficiente para proporcionar a ocupação satisfatória com conforto e segurança pelos usuários.

Os critérios para que a edificação obtenha um desempenho satisfatório são: níveis mínimos de iluminação natural, obtidos por meio de simulação e avaliados segundo a norma ABNT NBR 15215:3 (2007) - Iluminação natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos; fator de luz diurna (FLD), obtido por medição *in loco* e níveis mínimos de iluminação artificial, com valores de referência na ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013) – Iluminância de interiores.

Além de atender as legislações vigentes, outros dois requisitos relacionados à saúde dos usuários devem ser considerados na habitação. Devem-se propiciar condições de salubridade no interior da edificação, considerando as condições de umidade e temperatura aliadas aos sistemas utilizados na construção, evitando a proliferação de microrganismos. Além disso, a qualidade do ar interna, tanto da habitação quanto do ambiente da garagem, deve ser garantida evitando que os materiais, equipamentos e sistemas empregados na edificação liberem produtos poluentes.

Relacionado ao conforto antropodinâmico, o critério a ser verificados é a adequação dos dispositivos de manobra, apresentando formatos compatíveis com a anatomia humana, sem requerer esforços excessivos para manobras e movimentação. A avaliação deverá ser feita de acordo com a norma específica de cada dispositivo.

De acordo com a ABNT NBR 15575:1 (2013), “Técnicas de avaliação do impacto ambiental resultantes das atividades da cadeia produtiva da construção ainda são objeto de pesquisa e, no atual estado-da-arte, não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação relacionados à expressão desse impacto”.

Desta forma, devem-se projetar os empreendimentos e a infraestrutura de forma a minimizar as alterações no ambiente da construção. Alguns pontos são levados em consideração, como a

implantação do empreendimento, a seleção e o consumo dos materiais, o consumo de água e deposição de esgoto utilizando o reuso de água, e, por fim, a redução do consumo de energia no uso e ocupação da habitação.

4.3.3 Sustentabilidade

Segundo a ABNT NBR 15575:1 (2013), quando relacionado à sustentabilidade, os requisitos exigidos para o desempenho englobam os itens referentes à manutenibilidade, à durabilidade e ao impacto ambiental.

Com relação aos requisitos exigidos para as vedações verticais internas e externas, os critérios a serem atendidos para a durabilidade e manutenibilidade são: ação de calor e choque térmico; vida útil de projeto e manual de uso, operação e manutenção dos sistemas de vedação vertical.

Para verificar a ação do calor e do choque térmico, as paredes externas, incluindo os revestimentos, devem ser submetidas a ciclos sucessivos de exposição ao calor e ao resfriamento não devendo apresentar deslocamentos ou falhas.

As vedações verticais internas e externas da edificação devem apresentar vida útil de projeto igual ou superior aos períodos estipulados pela ABNT NBR 15575-1 (2013), sendo submetidas a manutenções preventivas e corretivas sempre que necessário, conforme orientação do Manual de Uso, Operação e Manutenção.

A fim de preservar as características originais do edifício e evitar a perda de desempenho, a norma prevê uma gestão de manutenção, que deve constar no Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário. A análise do Manual das edificações deve ser realizada considerando a ABNT NBR 5674 (2012) – Manutenção de edificações - Procedimento e a ABNT NBR 14037 (2014) - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

De acordo com a ABNT NBR 14037 (2014), o conteúdo do Manual deve se restringir ao fornecimento de informações técnicas estritamente necessárias ao desenvolvimento das atividades de operação, uso e manutenção das edificações. Para isso, deve-se analisar a apresentação do Manual, avaliando a linguagem e a estrutura utilizadas; o conteúdo mínimo exigido, como a descrição da construção como construída, informações sobre os procedimentos para a colocação em uso e para a operação da edificação, situações de emergência, procedimentos de inspeção técnica, manutenção, responsabilidades e garantias; a

elaboração e entrega do Manual, sendo obrigação do responsável pela produção da edificação; e for fim a atualização do seu conteúdo quando realizadas modificações em relação ao originalmente construído e documentado.

Já a ABNT NBR 5674 (2012) fixa os procedimentos de orientação para a organização do sistema de manutenção das edificações. Segundo a norma, “a manutenção de edificações inclui todos os serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessidades dos seus usuários”. Sendo assim, os procedimentos indicados são: responsabilidades; sistemas de manutenção; documentações básicas e registro; coleta de informações; previsão orçamentária; planejamento dos serviços de manutenção; projeto e programação dos serviços de manutenção; orçamentação dos serviços de manutenção; contratação de serviços de terceiros; controle da execução dos serviços de manutenção e gestão da qualidade do sistema de manutenção.

Observa-se que a parte 4 da norma de desempenho não faz menção ao impacto ambiental relacionado às vedações verticais internas e externas, devendo este item ser avaliado conforme a parte 1 – Requisitos gerais da ABNT NBR 15575 (2013).

A parte 1, por sua vez, afirma que a avaliação do impacto ambiental das atividades da cadeia produtiva da construção ainda são objeto de pesquisa e com isso não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação para tal impacto, devendo os empreendimentos, de forma geral, serem projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações do ambiente.

O desempenho das edificações é, de modo geral, um processo inerente à fase de uso e operação. Desta forma, verificam-se lacunas com relação ao comportamento da edificação nessas fases, impactando na vida útil e na durabilidade das edificações, uma vez que o desempenho não é atendido integralmente. A partir desta análise, estudou-se a durabilidade, a vida útil e a influência de tais parâmetros para o programa de manutenção preventiva.

5 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013), define durabilidade como a “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”.

Pode-se dizer que a durabilidade está genericamente ligada ao período na qual o produto mantém as características e funções que lhe foram atribuídas, atendendo aos requisitos de desempenho ao longo da sua vida útil e associada ao custo global dos materiais e produtos utilizados na edificação, desde o custo de implantação até os custos de manutenção e operação ao longo do tempo (OLIVEIRA; FONTENELLE; MITIDIERI FILHO, 2014).

Ao analisar as paredes externas, responsáveis tanto pela vedação vertical quanto por parcela da estabilidade estrutural da edificação plataforma em madeira, observa-se que o emprego de materiais de baixa qualidade, falhas no projeto e execução das obras e a falta de manutenção, além das condições de exposição à temperatura, umidade e insolação, contribuem para a degradação prematura e a falta de sustentabilidade das vedações, resultando no desempenho inadequado e no decaimento da VUP. Assim, um mesmo material, componente ou sistema pode apresentar desempenho diferente ao longo do tempo para diferentes condições de exposição.

A degradação prematura das edificações ou suas partes e a conseqüente redução de desempenho é um problema frequente em todo o mundo. Esta deterioração ocorre devido, sobretudo, ao envelhecimento precoce das mesmas, o qual geralmente é desencadeado pela baixa qualidade dos materiais de construção empregados, por problemas de projeto e execução e falta de manutenção (POSSAN; DEMOLINER, 2013, p.03).

O critério de durabilidade pode ser entendido, do ponto de vista da Diretriz SiNAT nº005 (2017), como a aptidão de manter a capacidade funcional dos sistemas durante a VUP, desde que sejam realizadas as intervenções de manutenção pré-estabelecidas. Além da adequação de todas as características que os componentes do painel devem possuir, outros requisitos devem ser atendidos para a satisfação da durabilidade, como: verificação da existência e coerência de especificações e premissas

de projetos conforme a NBR 15575 (2013), verificação da existência do Manual do Usuário com as orientações adequadas aos serviços de manutenção, à resistência à deterioração por organismos xilófagos e intempéries, à resistência à corrosão dos dispositivos de fixação, à resistência das fachadas à ação do calor e choque térmico e ao comportamento das juntas entre as chapas de fechamento internas e externas.

Um dos critérios de classificação do desempenho é a avaliação da ação de calor e choque térmico nas paredes externas. Para isto, estas devem ser submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água, sem que apresentem deslocamento horizontal instantâneo ou falhas, fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer a utilização das vedações verticais externas (ABNT NBR 15575-4, 2014).

Diferentemente de países como EUA, Canadá e do norte da Europa, o Brasil, por ser um país tropical, possui agentes de degradação mais significativos, principalmente relacionados às altas temperaturas, alto teor de umidade, altos índices de radiação ultravioleta e agentes biológicos, como fungos e cupins. Desta forma, segundo Oliveira; Fontenelle; Mitidieri Filho (2014), o estudo do comportamento das fachadas submetidas a altas temperaturas superficiais e resfriamentos bruscos, o chamado choque térmico, resultante da ação do intemperismo, é um importante dado para o desenvolvimento do estudo de durabilidade das fachadas. Ainda segundo os autores, o fenômeno do choque térmico afeta particularmente os sistemas leves e os compostos por várias camadas, com elementos não homogêneos, que são características dos painéis do sistema plataforma de madeira.

Uma alternativa para evitar a degradação em função da ação do choque térmico é a proteção UV através da repintura em tempo adequado, evitando a lixiviação da madeira e a degradação em função da umidade.

As normativas relacionadas ao desempenho, à VUP e a durabilidade, como a NBR 15575 (2013), ISO 15686 (2016) e a CSA-S478-95 (2001), têm como ponto comum a orientação para que os projetistas satisfaçam em seus projetos as exigências de desempenho relativas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, e que englobem as questões de durabilidade. Por essa razão, o atendimento ao requisito de manutenibilidade supõe a elaboração de um conjunto de procedimentos organizados para execução dos serviços de manutenção adequados às operações, ao uso da edificação e a transmissão correta de informação ao usuário através do Manual de Uso, Operação e Manutenção.

De acordo com a CBIC (2014), o do Manual de Uso, Operação e Manutenção, também conhecido como Manual do Usuário, serve de base para construtoras e incorporadoras orientarem sobre as condições de uso, operação e manutenção do imóvel, além de alertar aos usuários sobre a necessidade de manutenção preventiva a ser realizada. Espera-se que cada interveniente, conhecedor da sua função dentro do edifício, tenha condições de desempenhar suas atribuições, tornando mais precisa a identificação de eventuais falhas e suas origens.

A normativa ABNT NBR 14037 (2014) é a responsável por especificar requisitos mínimos para a elaboração e apresentação do conteúdo que deve estar presente no Manual do Usuário, devendo estar de acordo com a legislação vigente e ser elaborado e entregue pelo construtor e/ou incorporador ao proprietário.

O Manual deve informar aos proprietários e ao condômino sobre as características técnicas da edificação; descrever os procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da edificação; informar e orientar os proprietários sobre as suas obrigações em relação às atividades de manutenção e conservação, a fim de prevenir a ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes do uso inadequado, e por fim contribuir para que a edificação atinja a vida útil de projeto.

5.1 A QUESTÃO DA MANUTENÇÃO

Manutenibilidade é definida como a capacidade de um sistema, elemento ou componente se ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar a sua função quando executadas ações de manutenção (ABNT NBR 15575:1, 2013). Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), entende-se por manutenção o conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes, a fim de atender as necessidades de segurança dos seus usuários.

No contexto da construção, pode-se definir a manutenção como um trabalho realizado com o intuito de manter, restaurar e melhorar todas as partes de um edifício e seus subsistemas e serviços, sustentando sua utilidade e valor (EL-HARAM; HORNER, 2002 apud SANCHES et.al. 2015).

Para que a manutenção obtenha os resultados esperados de conservação e crie condições para que seja atingida a vida útil da edificação e dos elementos que a compõem, é necessária a implantação de um sistema de gestão da manutenção que contemple o planejamento de atividades e recursos, bem como a execução de cada um deles, de

acordo com as especificidades de cada empreendimento. A manutenção deve ser iniciada tão logo inicie o uso da edificação (CBIC, 2014).

A evolução dos sistemas de manutenção acompanhou a evolução industrial tecnológica, podendo ser dividida em três gerações. A primeira foi compreendida até a Segunda Guerra Mundial, quando a prevenção de falhas não era uma prioridade e os consertos somente aconteciam quando as falhas aconteciam. A segunda, até meados da década de 1970, caracterizou-se por ser um período de maior dependência por parte da indústria e período na qual o custo de manutenção começou a aumentar quando comparado ao operacional, levando a necessidade de ser feito um planejamento da manutenção. Na terceira geração, a partir da década de 1970, o setor industrial adaptou-se a novas expectativas, novas pesquisas e novas técnicas, incorporando itens de segurança, qualidade na produção, consciência ambiental, análise do ciclo de vida e maior eficácia dos custos (MOUBRAY, 2000 apud SANCHES et. al. 2015).

Desta forma, a manutenção evoluiu de acordo com as mudanças do setor produtivo, passando a ser tratada como uma questão técnica e aliada ao processo de produção, deixando de ser apenas uma ação realizada quando algo se tornava obsoleto.

De acordo com Sanches et. al. (2015), no cenário atual da construção, onde se adotam tecnologias inovadoras, a questão da manutenção torna-se algo delicado. Isso porque, além da questão econômica, a manutenibilidade deve proporcionar, sobretudo, benefícios para a etapa de uso da edificação, proporcionando o desempenho satisfatório. Além disso, os sistemas inovadores demandam conhecimento, ferramentas e mão de obra específicos.

Segundo ANTAC (2015), o crescimento do setor da construção civil ainda é bastante impulsionado pela produção de novas edificações. Dados do IBGE de 2010 mostram que entre 2007 a 2010 o valor de financiamentos habitacionais, principalmente relacionados ao “Programa Minha Casa, Minha Vida”¹⁵ foram praticamente dobrados, passando de R\$ 63 bilhões em 2007 para R\$ 125 bilhões em 2010.

Segundo Shimbo, Martins (2015), a questão da manutenção apresenta menos de 10% de participação no setor da construção no Brasil e ainda não é uma prioridade nas diretrizes dos programas habitacionais

¹⁵ O PMCMV tem como finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda mensal de até 10 (dez) salários mínimos, que residam em qualquer dos Municípios brasileiros (BRASIL, 2009).

vigentes, que estão pautados em indicadores mais quantitativos do que qualitativos.

Para exemplificar, dentro da modalidade “construção de edifícios”, a participação dos serviços de reforma ou manutenção de edifícios residenciais é diminuta, em torno de 6%, enquanto que a construção de edifícios residenciais abrange mais de 50% (IBGE, 2010). Vale ressaltar que dentro desses 6% estão incluídos os serviços de reforma e não é possível identificar a porcentagem exata de participação específica dos serviços relacionados à manutenção dos edifícios (IBGE, 2010 apud ANTAC 2015).

Apesar de ser possível o financiamento bancário para a melhoria das unidades habitacionais através de programas como o Cartão Reforma¹⁶, da Caixa Econômica Federal, de acordo com Bougrain e Carassus (2003 apud ANTAC, 2015), é necessário que haja uma gestão contínua da manutenção das edificações existentes. Segundo os autores, na Europa, após o crescimento massivo no período pós-guerra, o continente passou pela otimização dos serviços oferecidos pela e na edificação, satisfazendo as exigências de desenvolvimento durável. Com isso, as ações de manutenção tornam-se essenciais para evitar que o imóvel seja descartado precocemente.

Um importante ponto relacionado às inovações tecnológicas é que estas precisam considerar os serviços de manutenção que irão suportá-la durante a fase de uso e operação da edificação. "Mais especificamente, a falta de um saber-fazer relacionado à manutenção de sistemas inovadores é um entrave muito grande à durabilidade das edificações" (ANTAC, 2015).

Através de um estudo de caso exploratório em um empreendimento residencial ocupado no ano de 2014, Zanotto et.al.-(2015) apresentam diretrizes para que o requisito de manutenibilidade seja atendido ao longo das etapas de projeto, conforme quadro 11.

A partir dos requisitos levantados por Zanotto et. al. (2015), os autores observaram que o local de implantação influencia a durabilidade e a manutenibilidade dos sistemas de vedação vertical externos devido às condições ambientais que a edificação estará exposta, estando

¹⁶ O Programa Cartão Reforma é uma parceria entre o Governo Federal e a Caixa Econômica Federal para que famílias de baixa renda consigam subsídios para reforma, ampliação ou conclusão da residência.

diretamente relacionada à zona climática. Desta forma, o sistema construtivo deve ser adequado às condicionantes climáticas predominantes em cada região.

Quadro 11: Atendimento ao critério de manutenibilidade ao longo do processo de projeto

ETAPAS	REQUISITOS
Planejamento do Empreendimento	Análise dos riscos e condições ambientais de exposição que possam impactar a durabilidade e a manutenibilidade dos sistemas, materiais e componentes da edificação.
Estudo Preliminar	Análise do projeto a fim de verificar espaços e acessos visando facilidade de manutenção em coberturas, reservatórios, casas de bombas, quadros medidores e outras áreas de uso comum. Especificação da vida útil de projeto para materiais, sistemas e componentes conforme critérios da NBR -15575:2013.
Anteprojeto	Análise de custos ao longo da vida útil na especificação de materiais, componentes, sistemas e equipamentos da edificação.
Projeto executivo	Especificação de materiais levando em consideração a sua durabilidade dentro das condições de exposição, bem como considerando as suas características de manutenção. Especificação e escolha de equipamentos com menores custos de manutenção.
Acompanhamento de obra	Elaboração de projetos <i>as built</i> . Elaboração de Manual de uso, operação e manutenção. Acompanhamento da execução visando garantir a correta aplicação dos materiais e execução dos serviços obedecendo às especificações de projeto e boas práticas de execução.
Acompanhamento de uso	Elaboração de Programa de Manutenção e realização de inspeções prediais periódicas.

Fonte: ZANOTTO et. a. (2015)

Na fase de estudo preliminar, quando o projeto começa a ser de fato pensado, há a necessidade de se identificar no projeto por onde se dará a manutenção, de forma a permitir o acesso da mão de obra especializada à fachada, cobertura, caixa d'água, áreas de uso comum, medidores e demais locais que compoem as redes elétricas, hidráulicas e sanitárias.

Na fase de Anteprojeto e Projeto Executivo, a especificação dos materiais a serem utilizados deve levar em consideração não só o custo de aquisição inicial mas também o custo para a manutenção ao longo da vida útil. No caso dos materiais para a vedação externa, a condição de exposição pode influenciar no custo de manutenção e na durabilidade do material. Além disso, a garantia por parte dos fabricantes e a correta instalação dos elementos também garantem maior durabilidade.

Durante a obra, é importante que o Projeto Executivo seja atualizado caso haja algum imprevisto que obrigue a execução de modificações no projeto original, resultando no Projeto *as built*, ou projeto como construído. Além disso, a inspeção durante a obra garante a correta execução dos serviços conforme as especificações dos fabricantes. Nesta etapa, a catalogação dos serviços realizados e posteriormente colocados no Manual de Uso, Operação e Manutenção favorecem o entendimento do proprietário/usuário de como realizar obras no seu empreendimento. Este documento deve ser entregue no final da obra pela construtora responsável, e como um dos itens presentes, o Programa de Manutenção Preventiva é de extrema importância para a garantia da vida útil dos materiais utilizados.

5.2 MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

O Manual de Uso, Operação e Manutenção é responsável por importantes informações e orientações para a realização das ações de manutenção e também para a contribuição no desempenho da edificação, na segurança estrutural e nos outros sistemas que compreendem o edifício como um todo.

Para que os manuais sejam padronizados e tenham todas as informações necessárias para a correta orientação ao usuário, a normativa ABNT NBR 14037 (2014) - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação é a responsável pelo teor das instruções dadas aos proprietários e usuários do sistema construtivo. Juntamente com a ABNT NBR 14037 (2014), a ABNT NBR 5674 (2012) – Manutenção de edificações – Procedimento tem por objetivo a fixação dos procedimentos de orientação para organizar o sistema de manutenção das edificações.

De acordo com a norma ABNT NBR 14037 (2014), o Manual tem por objetivo: a especificação, orientação e auxílio quanto às características técnicas do sistema construtivo e do material empregado; a descrição dos procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da edificação, assim como para a

operação dos equipamentos; informar e orientar os proprietários sobre as obrigações e a realização de atividades de manutenção e conservação; prevenir a ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes de uso inadequado e contribuir para que a edificação atinja a vida útil de projeto.

De acordo com a norma ABNT NBR 15575:1 (2013), o manual é um documento que reúne apropriadamente todas às informações necessárias para orientar as atividades para utilizar, operar e realizar as manutenções necessárias na edificação. De responsabilidade da construtora ou incorporadora, o Manual deve ser feito exclusivamente para cada empreendimento e é imprescindível no processo de avaliação de um produto inovador realizado pelo SiNAT (ANTAC, 2015).

Para que pudessem ser feitos os estudos a respeito do conteúdo apresentado no Manual de Uso, Operação e Manutenção, utilizou-se como referência o Manual cedido pela empresa TECVERDE S/A, construtora do sistema plataforma de madeira, e que se refere a unidades habitacionais de 2 pavimentos e duas casas térreas integrantes de um empreendimento imobiliário habitacional, finalizado em abril de 2016.

A fim de orientar os usuários do sistema sobre a manutenção do sistema construtivo plataforma de madeira, o manual deve apresentar o Memorial Descritivo da edificação “como construída” tanto para as áreas de uso privativo quanto de uso comum. Desta forma, analisa-se a especificação dos materiais, orientações para os prazos de garantia e as orientações para a manutenção dos itens relacionados ao painel parede.

Com relação às vedações, o Manual analisado apresenta a composição do painel parede, sendo formado por madeira estrutural tratada sob pressão, isolamento térmico, chapa de OSB, membrana hidrófuga, placa cimentícia para fechamento externo e gesso acartonado para fechamento interno, conforme apresentado na figura 39.

Com relação à estrutura do painel, o Manual descreve que a madeira serrada utilizada é do tipo Pinus, proveniente de floresta plantada. Todas as peças receberam tratamento em autoclave com CCA, apresentando retenção mínima de 4,0 kg i.a/m³¹⁷ conforme ABNT NBR- 7190 (1997) e ABNT NBR 16143 (2013). Segundo o Manual, os painéis parede são fixados na fundação por meio de cantoneiras e chumbadores metálicos. Ressalva-se que, por possuir função estrutural, o painel não pode ser deslocado, removido ou receber algum tipo de sobrecarga adicional, que não prevista em projeto, ou retirada parcial. As tubulações da rede elétrica e hidráulica passam por dentro dos painéis

¹⁷ Ingrediente ativo em função da concentração em metros cúbicos.

parede e entre os elementos de vedação do piso com aberturas nas estruturas.

Figura 39: Composição do painel parede do Manual utilizado.



Fonte: ESPÍNDOLA (2017).

As chapas de OSB, existentes tanto nas faces externas quanto nas internas, são tratadas com inseticida Ciflutrina adicionado à cola da chapa, com retenção mínima de $0,05 \text{ kg/m}^3$, de acordo com a ABNT NBR 16143 (2013). Após a fixação das chapas são colocadas as barreiras impermeáveis e materiais de acabamento e revestimento externo.

O gesso acartonado utilizado deve ser do tipo Standard (ST) para as áreas secas e do tipo Resistente à Umidade (RU) nos ambientes sujeitos à ação da umidade. Já as placas cimentícias são fixadas por parafusos na face externa e podem receber acabamentos diversos, como cerâmica, pedras, texturas e vernizes, dentre outros aplicáveis nas superfícies à base de cimento.

Nos banheiros, a membrana de impermeabilização é uma argamassa polimérica que deve ser aplicada nas paredes de gesso acartonado até a altura de 20 cm acima dos pontos hidráulicos. Na área de chuveiro, todas as paredes devem receber a argamassa polimérica, respeitando a cota acima do chuveiro. Já no piso, a manta asfáltica deve ser aplicada em todo o contrapiso devendo subir 20 cm acima do piso acabado nos rodapés.

Além da descrição e definição do painel parede utilizado no sistema construtivo plataforma proposto, o Manual traz ainda a descrição do forro, das instalações hidráulicas, instalações sanitárias, sistema de cobertura e telhado.

O próximo item abordado diz respeito ao prazo de garantia. De acordo com a ABNT NBR 14037 (2014), o prazo de garantia é definido como o período de tempo no qual é elevada a probabilidade de eventuais vícios ou defeitos em um sistema considerado novo, e que venham a se manifestar decorrentes de anomalias que acarretem em um desempenho inferior ao previsto. Desta forma, para que a garantia seja exercida é necessário que o usuário cumpra a sua parte sempre respeitando os serviços executados pela empresa e realize as recomendações descritas no Manual do Usuário.

Alguns critérios apresentados pela empresa são indispensáveis para que não se invalide a garantia e se obtenha o nível mínimo de desempenho, como: evitar a exposição direta dos painéis ao fogo ou fontes geradoras de calor; evitar sobrecarregar as estruturas e paredes além dos limites normais de utilização previstos no projeto, pois a sobrecarga pode acarretar fissuras ou comprometer os elementos estruturais e de vedação; não submeter os painéis parede e piso à umidade excessiva, como vazamentos de água por períodos prolongados; e verificar a integridade dos painéis, reconstituindo onde for necessário através de correções ou repintura, evitando assim o envelhecimento, a perda de brilho, o descascamento e eventuais fissuras que possam causar infiltrações.

Com relação à limpeza das fachadas, o Manual recomenda que esta deva ser realizada anualmente para a remoção de maresia, poluição, microrganismos e outros contaminantes. Destaca-se que, em virtude dos materiais utilizados como revestimentos externos serem de natureza distintas, e por consequência possuírem diferentes coeficientes de elasticidade, resistência e dilatação térmica, eventualmente podem aparecer fissuras devidas às variações bruscas de temperatura ou acomodação da estrutura pela ocupação gradativa da edificação. Por esse motivo, sempre que a repintura externa for realizada deve-se fazer um tratamento das fissuras já existentes a fim de evitar infiltrações futuras de água.

Com relação à limpeza dos ambientes internos, deve-se evitar o contato direto de matéria orgânica, substâncias ácidas, produtos químicos ou produtos abrasivos sobre a superfície dos painéis; evitar a limpeza interna com jatos de água ou de vapor, visto que estes podem causar danos ao gesso acartonado e umedecer os painéis; manter os ambientes bem ventilados, em especial nos períodos de inverno e/ou chuvosos, de modo a evitar o surgimento de mofo nas paredes decorrente da condensação de água por deficiência da ventilação e higienização; ao surgimento de mofo, a superfície deve ser limpa com uma solução de água sanitária e água na

proporção de 1:2, deixando-a atuar por 4 horas em ambiente ventilado e após este período efetuar limpeza com pano úmido, sendo realizado uma segunda etapa 15 dias após a primeira aplicação; para manchas mais agressivas, não removíveis com detergente líquido neutro e esponja macia, deve ser realizada a repintura de toda a superfície atingida e mantê-la por 4 horas com o ambiente ventilado. Após este período, efetuar limpeza com pano úmido, sendo realizada uma segunda etapa 15 dias após a primeira; a lavagem das fachadas, quando utilizadas placas cimentícias, deve ser feita utilizando-se mangueiras, devendo ter atenção especial às partes integrantes da edificação, como as esquadrias.

O prazo de garantia dado ao sistema do painel parede apresentado no Manual é de 30 anos para a retenção do tratamento realizado com CCA na madeira serrada; 20 anos para a garantia estrutural e 10 anos para o tratamento dado à chapa de OSB e também para a integridade do gesso acartonado e da placa cimentícias. Ressalva-se que a norma ABNT NBR 15575 (2013) apresenta como sendo de 50 anos a vida útil mínima das estruturas e de 20 anos a vida útil das vedações verticais externas.

Com relação aos revestimentos, nas paredes internas, a não ocorrência de fissuras perceptíveis a 1 metro de distância possui 1 ano de garantia, assim como os rejuntas, sendo que a manutenção deve ser realizada, pelo usuário, a cada 6 meses; a impermeabilização das áreas molhadas possui 5 anos de garantia; e os vícios aparentes presentes nos azulejos, cerâmicas e rodapés como quebras, trincas, riscos ou manchas devem ser relatados à construtora no momento de entrega das chaves.

O Manual destaca que o tempo de garantia pode ser anulado, ainda durante o prazo de vigência, caso não sejam observados os critérios de uso, operação e manutenção descritos no Manual. Além disso, também implica em anular a garantia as ações de descaracterizar o sistema realizando alterações, intervenções, supressão e demolição de paredes, mudança da posição original das paredes, reformas, abertura de vãos não previstos no projeto original; realizar sobrecargas e fixações não previstas nas estruturas e paredes; substituir o revestimento ou alterar a cor, acarretando em uma maior absorção de calor; ocorrência de impactos não previstos, ou acima da carga permitida; ausência de comunicação à construtora, dentro dos prazos legais, quando da ocorrência de infiltrações (quando proveniente de vício construtivo oculto); e por fim quando não forem respeitadas as condições de uso e à não execução da manutenção mínima recomendada no Manual.

Com relação à pintura externa e interna, os vícios aparentes como sujeira ou mau acabamento devem ser relatados à construtora no momento de entrega das chaves; a garantia dos defeitos de empolamento,

descascamento, esfarelamento ou deterioração do acabamento externo é de 2 anos após a conclusão da obra, enquanto o acabamento interno possui 2 anos após a entrega das chaves. O Manual destaca ainda que danificações por riscos, batidas, reformas, raspagens, furos, remendos não são cobertos pela garantia. Além disso, é obrigatório, em caso de repintura, a utilização de cores claras a fim de garantir o bom desempenho térmico.

Após análise das características da vedação presentes no Manual do Usuário que foi usado como fonte de estudo, observou-se que este cumpre com requisitos exigidos pela ABNT NBR 14037 (2014), como a linguagem simples, direta e apresentada de forma didática, organização de maneira a facilitar a compreensão do usuário e detalhamento compatível à complexidade da edificação. Porém, informações como o desenho final com as cotas das instalações, especificações dos acabamentos com a respectiva lista de fornecedores e dados dos respectivos responsáveis técnicos pelo empreendimento não estão presentes.

De acordo com a ABNT NBR 14037 (2014), a execução do programa de manutenção é de incumbência do proprietário ou condômino. O programa deve mencionar a periodicidade das manutenções e o roteiro recomendável para que crie as condições de manutenibilidade previstas no projeto, devendo a manutenção ser realizada por mão de obra qualificada ou empresa especializada.

Tal fato deve ser questionado, segundo ANTAC (2015), tendo em vista que nos sistemas construtivos inovadores, por apresentarem tecnologias novas e muitas vezes ainda desconhecidas, o cuidado relacionado à operação, uso e manutenção deve ser fundamental. Desta forma, a disponibilização das informações sobre como proceder nas diversas situações relacionadas ao sistema construtivo deve estar presente no Manual.

Outras observações foram realizadas por Shimbo, Martins (2015) após a análise de um Manual de Usuário também referente a um sistema construtivo inovador, porém de paredes de concreto armado moldado. Na análise foram apontadas questões de incompatibilidade entre as exigências propostas pela norma ABNT NBR 14037 (2014) para o Manual do Usuário e o sistema construtivo adotado.

Os autores destacam questões como: conteúdo vago quanto à especificação das responsabilidades da empresa e falta de instruções detalhadas sobre a mão de obra especializada para a prestação do serviço; incompatibilidade das ações de manutenção com a renda do morador, principalmente quando relacionadas às habitações de interesse social; a

garantia de assistência técnica prevista no Manual é válida somente caso não existam modificações do projeto original. No entanto, aproximadamente 80% das unidades habitacionais analisadas já tinham passado por algum tipo de alteração, o que significa que a maioria dos usuários já perdera a garantia da empresa. E, por fim, há falta de discussão a respeito do grau de responsabilidade da empresa quando houve ampliações ou reformas, visto que há a real possibilidade de ocorrer modificações ao longo do tempo.

5.3 PRÉ-REQUISITOS PARA A ELABORAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL

Define-se pré-requisito como uma condição prévia indispensável para se alcançar um resultado determinado. Quando os pré-requisitos estão relacionados às ações de manutenção, algumas características da edificação, como: tipologia, uso efetivo da edificação, tamanho e complexidade de seus sistemas constituintes, localização e implicações no entorno devem ser consideradas. Além disso, as informações relativas às especificações dos materiais utilizados nos sistemas, subsistemas, elementos ou componentes da edificação são de extrema importância para que tais ações sejam recomendadas corretamente, minimizando os serviços de manutenção corretiva e evitando as falhas decorrentes do mau uso.

De acordo com a norma ABNT NBR 5674 (2012), um conjunto de diretrizes que garanta o desempenho previsto em projeto ao longo do tempo de vida útil da construção, minimizando a depreciação, e que estabeleça as incumbências dos envolvidos é de extrema importância. Além disso, a sistematização das atividades de manutenção a serem realizadas servem como base para o Manual de Uso, Operação e Manutenção, devendo ser adaptadas ao sistema construtivo utilizado.

Desta forma, a partir da descrição das características técnicas que os materiais e componentes que formam a vedação vertical externa devem apresentar, listadas pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017) e comparadas às técnicas internacionais, estabeleceram-se os parâmetros e cuidados dos materiais que devem ser garantidos antes da execução da obra e as condições para que se adequem ao desempenho proposto para o sistema.

5.3.1 Elementos de madeira e à base de madeira

Na composição do painel parede, os elementos de madeira e à base de madeira podem ser a madeira serrada da estrutura principal; as chapas de OSB, responsáveis pelo fechamento do painel e contraventamento da edificação; e os *sidings* de madeira, usados para acabamento externo.

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, para que as ações de manutenção sejam realizadas na ossatura do painel é essencial que se conheçam informações como: a espécie de madeira utilizada, a classe de resistência mecânica, a seção transversal e o espaçamento utilizado e, por fim, o tratamento aplicado como prevenção contra a ação dos organismos xilófagos. A madeira serrada em estruturas deve se enquadrar no valor de resistência mínima à compressão paralela às fibras exigido pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017), que é a classificação C20, conforme quadro 12, para o teor de umidade da madeira de 12%.

Os valores mínimos relacionados à resistência característica à compressão paralela às fibras, resistência característica ao cisalhamento e módulo de elasticidade longitudinal à compressão médio, dentre outras características mecânicas, devem ser obtidos a partir dos métodos de ensaios estipulados pela norma de projeto de estruturas de madeira, ABNT NBR 7190 (1997).

Quadro 12: Valores referentes à classificação estrutural C20.

Coníferas					
Classe	f c0k (MPa) ¹⁸	f vk (MPa) ¹⁹	Ec0m (MPa) ²⁰	ρ bas,m (kg/m ³) ²¹	ρ aparente,m (kg/m ³) ²²
C20	20	4	3500	400	500

Fonte: ABNT NBR 7190 (1997).

A madeira de *Pinus* é comumente utilizada no sistema plataforma por, além de enquadrar nas exigências de resistência do quadro 12, também possui baixo custo quando comparado às espécies provenientes de florestas nativas. Além disso, o *Pinus* proveniente de floresta plantada possui rápido crescimento, podendo ser cortado muitas vezes a partir de

¹⁸ f c0k é a resistência característica à compressão paralela às fibras.

¹⁹ f vk é a resistência característica ao cisalhamento.

²⁰ Ec0m é o módulo de elasticidade longitudinal médio obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

²¹ ρ bas é a massa específica básica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado;

²² ρ aparente é a massa específica aparente média a 12% de umidade.

15 anos para envio à serraria (SUASSUNA, 1977). A baixa durabilidade natural do Pinus aos organismos xilófagos é uma desvantagem, e exige que a madeira seja tratada sob pressão. Este fato pode ser contornado visto que, segundo o IPT (2017), a madeira de Pinus é fácil de ser tratada.

Outras madeiras podem ser utilizadas para o mesmo uso, como o Eucalipto, que possui densidade básica de 420 kg/m³. Porém, esta é considerada uma madeira de baixa durabilidade aos fungos apodrecedores e de difícil tratamento (IPT, 2017).

Desta forma, ao selecionar a espécie, além do enquadramento nos valores mínimos de resistência, a madeira teve ter durabilidade natural aos ataques dos organismos xilófagos, e caso não a possua, aceitar o tratamento sob pressão indicado na Diretriz SiNAT n° 005 (2017).

Diferentemente de países onde já existem legislações proibindo a utilização do CCA no tratamento de peças que tenham por finalidade o uso residencial, como Canadá e Austrália, não existem no Brasil documentações técnicas que restrinjam a utilização da madeira tratada com este produto para uso residencial ou em equipamentos de lazer, como playgrounds e decks. Sendo assim, a Diretriz SiNAT n° 005 (2017) exige que o tratamento seja realizado sob pressão com CCA nas peças dos quadros estruturais e nas chapas de utilização no ambiente externo.

Ressalva-se que alguns cuidados devem ser tomados para o manuseio e aplicação das ações de manutenção da estrutura quando tratada com CCA. Como medida de evitar o contato direto do ser humano com a peça tratada, recomenda-se que a superfície receba acabamento com impregnantes, como o *stain*, quando for possível o contato direto e frequente com pessoas e animais domésticos. Pelo fato da estrutura do painel não ficar exposta e em contato direto com pessoas ou animais, o maior cuidado está no manuseio das peças após a impregnação do produto.

De acordo com a Montana Química (2017), a fixação do produto que tem como ingrediente ativo o CCA ocorre em função da temperatura, e, quando a madeira é trabalhada, serrada, lixada ou entalhada, o uso de máscara contra pó torna-se necessário para evitar a inalação frequente e prolongada da serragem impregnada com o produto preservativo. Tais serviços devem ser executados em locais externos, arejados e sem acúmulo de poeira. Preferencialmente, qualquer corte, entalhe, furo etc. deverá ser realizado nas peças antes do tratamento.

Além dos perigos relacionados ao contato com seres humanos e animais, há falta de dados técnicos concretos com relação à contaminação proveniente do descarte de madeira tratada com Arsênio em aterros (DIRECTIVA 2003/2/CE, 2003). No Brasil, a norma ABNT NBR

14725- (2014) é a responsável pelas informações sobre segurança, saúde e meio ambiente dos produtos químicos. De acordo com esta norma, o fabricante dos produtos químicos deve informar um método de destinação segura e ambientalmente aprovado para os resíduos de substâncias, misturas e embalagens, além de estar de acordo com as regulamentações locais.

A utilização do CCA nos *sidings* de madeira, quando estes forem utilizados como acabamento externo, não interfere no acabamento dado posteriormente. A pintura posterior ao tratamento visa não só a proteção da madeira usada na fachada mas também a otimização do design do revestimento, visto que, após o tratamento, a madeira adquire uma cor esverdeada.

A preparação do *siding* compreende um conjunto de operações que têm por finalidade obter uma superfície homogênea e apta a receber um acabamento. Segundo Dias (2008), a preparação da superfície é o fator que isoladamente mais afeta a longevidade do sistema de pintura, sendo tão importante quanto a especificação correta do tratamento dado.

De acordo com a norma DTU 41.2 (2015), além do teor de umidade do *siding* não exceder 18% no momento da fixação, a aplicação da primeira camada do acabamento deve ser feita em todas as faces das lâminas, devendo respeitar o tempo mínimo exigido após o tratamento da madeira com CCA, que é de cerca de 15 dias.

Dias (2008) destaca que a eficácia do tratamento com preservadores depende em grande parte da qualidade do produto preservador, mas também do seu grau de penetração, diretamente relacionado com o método de aplicação e empregabilidade da madeira.

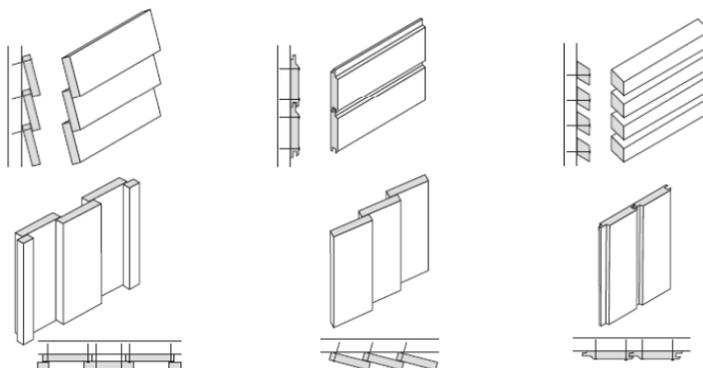
A normativa DTU 41.2 (2015) destaca que, além de proteger a madeira contra as intempéries e a degradação resultante da ação da umidade, o acabamento dado à vedação externa também deve ter um papel estético. Sendo assim, o acabamento deve ser flexível o suficiente para permitir a movimentação da madeira sem craquelar; ser impermeável à água da chuva, porém permeável ao vapor, permitindo a evaporação da água que porventura fique aprisionada. Além disso, a posição com que o *siding* de madeira é posicionado pode otimizar não só o design da fachada externa, mas permitir a drenagem da água em pontos singulares e favorecer a secagem do revestimento. A figura 40 apresenta opções de fixação e formatos dos *sidings* de madeira externos, podendo ser fixados na horizontal ou na vertical.

De acordo com Oliveira; Fontenelle; Mitidieri Filho (2014), a definição da cor das superfícies influencia não só no desempenho térmico do painel mas também no desempenho do material de acabamento e do

tratamento dado à superfície. As superfícies pintadas em cores médias e escuras, com absorvância²³ $\geq 0,5$ são aquecidas mais rapidamente e geram maior gradiente de temperatura em relação ao restante dos elementos do painel, criando assim maior gradiente de tensões diferenciais.

Ao repintar superfícies previamente pintadas, a natureza e intensidade dos defeitos, como o descascamento e a fissuração, são determinantes para a remoção da tinta velha e não aderente para a posterior regularização da superfície com lixa e nova pintura (DIAS, 2008). Além disso, deve-se verificar a existência de ceras, óleos e outros detritos que possam estar na superfície do material e venham a dificultar a fixação da pintura. A frequência do reparo na pintura existente dos *sidings*, ou total repintura, deve ser estabelecida pelo Manual do Usuário e com as respectivas observações sobre as garantias e manutenção adequada do sistema.

Figura 40: Opções de posicionamento dos *sidings* externos



Fonte: DTU 41.2 (2015).

As chapas de OSB, que garantem o contraventamento do painel parede, também precisam apresentar garantia com relação à resistência aos organismos xilófagos. O tratamento com CCA é exigido somente quando pertencente à classe 4, caracterizado pela utilização externa. Nos demais usos, o inseticida Ciflutrina deve ser incorporado à cola.

No Brasil, outros dois tipos de produto registrados no IBAMA possuem a Ciflutrina como ingrediente ativo e classificação como

²³ Absorvância à radiação solar é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT NBR 15220:1, 2003).

inseticida. Porém, outros produtos com Cipermetrina e Deltametrina²⁴ como ingrediente ativo também são classificados como inseticida, devendo o uso nas chapas de OSB serem avaliados.

5.3.2 Elementos não orgânicos

Além da madeira serrada, das chapas de OSB e do revestimento de *siding* de madeira, outros elementos são fundamentais para formar o painel de vedação externa, como os dispositivos de fixação metálicos e os materiais isolantes térmicos e acústicos.

Com relação aos dispositivos de fixação metálicos, é importante que se conheça a espécie de madeira utilizada, o tratamento preservativo realizado e o uso pretendido do conector na edificação para que sejam especificados de forma correta.

Sabe-se que dentre as duas espécies mais comumente utilizadas no sistema plataforma de madeira, o Pinus e Eucalipto, devido ao pH mais ácido, o Eucalipto pode apresentar maior velocidade de degradação dos elementos metálicos. Nappi (2012), que avaliou o processo acelerado de deterioração em três espécies de madeira e seis tipos de acabamentos superficiais em pinos metálicos, concluiu que, entre as espécies analisadas, no Eucalipto pode ocorrer maior velocidade de degradação dos elementos metálicos, com exceção dos parafusos de aço galvanizado à frio. Isto é justificado pela influência da hidrólise da celulose, ocorrida em função dos processos naturais de envelhecimento da madeira, que acarreta na formação de ácido acético e causa redução do pH da madeira, tornando-a mais agressiva aos metais. De acordo com a Montana Química (2017), o tratamento sob pressão com CCA mantém inalterada a condutibilidade elétrica e a combustibilidade das peças, não influenciando no aumento da velocidade de corrosão dos metais utilizados na madeira tratada.

A partir do dimensionamento mínimo dos pregos e parafusos estipulado pelo DATec nº 20-A (2015) como 75 mm de comprimento e 3,1 mm de diâmetro para a fixação dos montantes, podem existir variações dimensionais. A orientação da ASTM F1667 (2017) é que a variação seja de até 1,58 mm em média, nos dispositivos que possuam entre 25,4 mm a 63 mm de comprimento. Já os elementos de comprimento

²⁴ Conforme listagem completa dos produtos preservantes atualizada em 26/07/2017. Disponível em < <http://ibama.gov.br/preservativos-de-madeiras/produtos-preservativos-de-madeiras-registrados-no-ibama>>.

entre 63 mm e 177 mm, a variação pode ser de até 2,36 mm. Quando maiores que 177 mm de comprimento, a variação aceitável é de 3,1 mm em média. Com relação ao diâmetro, a tolerância dimensional é de 0,05 mm em média para dispositivos com até 1,93 mm de diâmetro, enquanto para os diâmetros maiores a tolerância é de até 1 mm.

Nos ambientes mais agressivos, como o marinho, ou locais onde há o acúmulo de umidade e, por consequência, risco de haver maior degradação dos dispositivos metálicos, o aço inoxidável deve ser utilizado (NAPPI, 2012). Nas fachadas sem a utilização dos dispositivos indicados e onde houve acumulação de umidade devida à presença de água ou maresia, é comum o aparecimento de manchas provenientes do escorrimento da oxidação dos pregos e parafusos. Neste caso, segundo orientação de Boto (2014), além de afetar a estética, outra consequência é a alteração das propriedades mecânicas do dispositivo, que podem fazer com que o prego ou parafuso fique mais folgado dentro da madeira e a fixação menos firme.

A lã de vidro é mundialmente conhecida como um dos melhores isolantes térmicos. Este material, que também se caracteriza pelo bom isolamento acústico, é formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em altas temperaturas (AECWEB, 2016). As principais vantagens em utilizar o material na camada de ar entre os montantes da ossatura do painel é que, além da baixa transmitância térmica, a lã de vidro é incombustível, não deteriora e não favorece a proliferação de fungos ou bactérias.

Algumas ações de manutenção, como por exemplo na rede elétrica e hidráulica localizadas dentro do painel, podem expor o ser humano ao contato com as fibras da lã de vidro. De acordo com a empresa Saint-Gobain (2017), fabricante de lã de vidro, o contato com o material e a poeira gerada por cortes no material, por exemplo, podem causar irritação e vermelhidão temporárias na pele e irritação nas vias respiratórias. Por esse motivo, devem existir cuidados, como: utilização de roupas que evitem a exposição da pele às fibras, máscaras protetoras, óculos de proteção e realizar a lavagem da vestimenta após o manuseio.

Após as análises e relações apresentadas entre as características do sistema e as análises de desempenho, durabilidade e vida útil, foram listadas medidas de manutenção a partir dos critérios e parâmetros identificados ao longo da revisão bibliográfica. Tais medidas devem servir de auxílio para a elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção, documento obrigatório e que visa orientar o usuário como proceder nas ações de manutenção relacionadas à vedação vertical externa do sistema plataforma, objeto de estudo neste trabalho.

6 A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A organização da gestão de um programa de manutenção pode ser feita a partir de diferentes tipos de manutenção, como a manutenção rotineira, manutenção corretiva e a manutenção preventiva (BOTO, 2014).

A manutenção rotineira é caracterizada como um fluxo constante de serviços padronizados e cíclicos, como por exemplo a limpeza geral e lavagem de áreas comuns. Caracteriza-se como manutenção corretiva os serviços que demandem ações de intervenção imediata para que seja possível a continuidade de uso do sistema, elementos ou componentes das edificações evitando riscos ou prejuízos ao sistema aos seus usuários. Já a manutenção preventiva, foco deste trabalho, é a junção de ações cuja realização nos elementos seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários sem gravidade ou urgência, com verificações periódicas da integridade dos elementos e componentes em uso (ABNT NBR 5674, 2012).

Para que as intervenções sejam realizadas de forma a não encurtar a vida útil e atingir o desempenho estipulado para as vedações verticais externas, é necessário que se defina o intervalo de tempo entre a realização das ações e se minimize os custos com uma posterior manutenção corretiva. De acordo com Boto (2014), cada intervenção realizada na edificação habitacional possui uma periodicidade específica e depende do meio em que se insere. Além disso, é possível articular as diferentes operações e assim reduzir os custos e minimizar possíveis perturbações que afetam o funcionamento da edificação.

De acordo com a norma ABNT NBR 15575:1 (2013), as ações típicas de manutenção, como pinturas de fachadas e de esquadrias, se enquadram na categoria de médio custo, enquanto que a reposição de revestimentos de fachada, por exemplo, pode ter altos custos de manutenção e serem equivalentes ao custo inicial.

A gestão da manutenção é essencial para que os planos sejam implementados durante a vida útil dos elementos do edifício e com estratégias definidas, evitando assim uma possível substituição dos elementos constituintes da edificação.

Uma das formas de organizar as ações de manutenção é classificá-las de acordo com a prioridade e níveis de urgência, conforme quadro 13. Segundo Morgado (2012 apud Boto, 2014), ao separá-las em critérios é possível determinar os trabalhos mais urgentes e reduzir a contínua degradação, aumentando o nível de desempenho em cada elemento que for submetido à manutenção.

De acordo com a classificação feita por Morgado (2012 apud Boto, -2014), a manutenção preventiva se enquadraria no nível de classificação 3, onde as ações são realizadas a longo prazo e as inspeções para detectar possíveis anomalias sejam ainda realizadas por inspeção visual. Já com relação à segurança estrutural, compreende-se que a manutenção preventiva cumpre as exigências mínimas de funcionalidade.

Quadro 13: Exemplo de Classificação das prioridades para as ações de manutenção.

Critério	Nível de Classificação	Descrição
Urgência de atuação	0	Atuação imediata, quando existe necessidade imediata de intervir devido ao perigo que implica segurança de bens e pessoas, no caso de queda de elementos ou situações de gravidade elevada que coloquem em risco a segurança e a estética do edifício (2 a 6 meses).
	1	Atuação a curto prazo, não existindo perigo elevado de segurança de bens e pessoas, exigindo obras de reparação para evitar evolução da anomalia ou desenvolvimento de outras acrescidas a esta (6 a 12 meses).
	2	Atuação a médio prazo, no entanto necessita de inspeção visual periódica de forma a monitorar a evolução da anomalia de forma a classificá-la com diferente nível de urgência (1 a 5 anos).
	3	Atuação sem urgência ou a longo prazo, quando as anomalias estão em fase inicial sem grande definição de risco, ou muito pouco evidente onde ainda é apenas visual, mas com necessidade de inspeções periódicas acompanhando a evolução da mesma.
Segurança estrutural	A	Não cumpre exigências mínimas de segurança de pessoas e bens ou não são respeitadas as condições mínimas de salubridade, térmicas ou acústicas.
	B	Cumprir exigências mínimas de segurança de pessoas e bens, mas não cumprir condições mínimas de salubridade, térmicas ou acústicas.
	C	Cumprir exigências mínimas de funcionalidade

Fonte: BOTO (2014).

Segundo a ABNT NBR 5674 (2012), as ações devem ser realizadas conforme orientação dada no Manual do Usuário e gerar um relatório de

inspeção, considerando um roteiro elaborado para as inspeções e uma listagem das formas de manifestação esperadas da degradação natural dos sistemas, subsistemas, elementos e equipamentos da edificação associados à sua vida útil e que resultem em riscos para a saúde e segurança dos usuários. Desta forma, o relatório deve descrever a degradação do sistema analisado; apontar, sempre que possível, a perda do desempenho; recomendar quais ações devem ser realizadas para minimizar os serviços de manutenção corretiva e conter o prognóstico de ocorrências.

As estratégias relacionadas à especificação do material escolhido para o sistema construtivo influenciam não só a gestão das ações de manutenção, mas a sustentabilidade do sistema construtivo como um todo, ou em parte dele. Por exemplo, a utilização de madeira certificada²⁵ garante que o material seja proveniente de um processo produtivo manejado de forma ecologicamente adequada, socialmente justa e economicamente viável, cumprindo as leis vigentes (WWF, 2017).

Com relação ao material isolante, a lã de vidro, por exemplo, já pode ser fabricada com 65% da matéria prima proveniente de material reciclado, proporcionando menos emissão de gases ao meio ambiente (Saint-Gobain, 2017).

Destaca-se que as questões relacionadas à manutenibilidade das edificações ainda possuem uma abordagem superficial nas normas relacionadas ao desempenho, sem uma delimitação e descrição clara dos procedimentos a serem realizados para o prolongamento da vida útil. Os parâmetros a serem adotados a partir dos documentos técnicos e normativos ainda precisam ser melhores definidos quanto à manutenibilidade, principalmente quando relacionados aos usuários.

Desta forma, iniciou-se a análise dos requisitos de desempenho e sistematização das ações de manutenção preventiva relacionadas a estes, sob enfoque da influência na vida útil e durabilidade dos elementos construtivos.

²⁵ A certificação FSC, sigla para *Forest Stewardship Council* ou Conselho de Manejo Florestal, é atualmente o selo verde mais reconhecido em todo o mundo e presente em mais de 75 países de todos os continentes. No Brasil, as primeiras ações para a certificação da madeira ocorreram em 1994 e a primeira área certificada pelo FSC foi em 1995. Além do FSC, existe desde 2002 o CERFLOR (Programa Brasileiro de Certificação Florestal), também reconhecido internacionalmente.

6.1 FORMULAÇÃO DE AÇÕES DE MANUTENÇÃO

Com base na metodologia proposta pela norma ISO 19208 (2016), que especifica a classificação do desempenho em quatro níveis, separados em objetivos, descrição do desempenho, parâmetros de desempenho e avaliação das soluções; e na norma ABNT NBR 15575 (2013) através da descrição dos requisitos a serem abordados, o presente trabalho resultou na descrição de quais critérios, e respectivas ações, relacionados à vedação vertical externa influenciam nos níveis de desempenho e vida útil e assim propor ações de manutenção preventiva.

As informações apresentadas a seguir devem servir como auxílio para a elaboração e utilização de um Manual de Uso, Operação e Manutenção, que visa informar ao proprietário ou usuário da habitação como proceder às ações de manutenção realizadas na vedação vertical do sistema plataforma de madeira.

Destaca-se que o conteúdo apresentado pode ser aplicado em todos os sistemas constituintes da edificação e não só nas vedações, por exemplo, nos sistemas de piso e cobertura. Desta forma, sugere-se como pesquisas futuras a análise dos demais elementos constituintes da edificação para que sejam formuladas ações preventivas para a edificação como um todo.

O objetivo da análise feita é a sistematização dos critérios e das medidas de manutenção preventivas, a fim de proporcionar o prolongamento da vida útil e o desempenho adequado das vedações verticais externas construídas com o sistema plataforma em madeira.

Para ilustrar alguns critérios, apresentam-se situações do estado de conservação do protótipo Stella-UFSC, construído no ano de 2003 no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (figura 12). A inspeção *in loco* foi realizada em 2017 e a edificação não recebe manutenção preventiva desde a finalização da construção.

A descrição de desempenho estabelece os requisitos qualitativos para um determinado objetivo. Desta forma, listam-se os requisitos propostos pela norma ABNT NBR 15575 (2013), parte 4, para a garantia de desempenho dos sistemas de vedações verticais internos e externos, assim como os requisitos propostos pela ISO 19208 (2016) e aplicáveis às vedações.

6.1.1 Segurança Estrutural

A primeira análise realizada baseia-se nos requisitos estipulados para a segurança estrutural e atendimento à vida útil de projeto da ossatura

de madeira serrada, responsável pela função estrutural do painel parede do sistema plataforma, conforme quadro 14.

A partir da listagem dos critérios, observa-se que as ações de manutenção preventiva mais frequentes na ossatura se concentram na verificação da não ocorrência de organismos xilófagos e nas ações em decorrência do uso da edificação.

Quadro 14: Descrição e critérios relacionados às estruturas

TEMA	DESCRIÇÃO	CRITÉRIOS
Madeira serrada do quadro estrutural	A edificação deve atender durante o tempo estipulado pela VUP, os níveis de segurança, considerando as combinações de ações passíveis de ocorrerem sob as diversas condições de exposição.	Estabilidade e resistência mecânica
		Deslocamento, fissuração e falhas
		Cargas de peças suspensas
		Impacto de corpo mole e corpo duro
		Ações transmitidas por portas e devidas ao uso.
		Comprometimento estrutural pela ação de organismos xilófagos

Ação preventiva proposta: Monitoramento da integridade da madeira da estrutura.

Tendo em vista a VUP estipulada para o sistema estrutural ser de 50 anos, conforme a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013), as ações de manutenção preventivas devem ser realizadas sem urgência e a longo prazo. O monitoramento pode ser oportunamente realizado através da inspeção visual quando houver a necessidade de abertura do revestimento interno e da chapa de OSB para possíveis manutenções na rede elétrica ou hidráulica, por exemplo.

Cabe ao responsável pelo tratamento sob pressão, que eventualmente tenha sido feito na madeira estrutural, estipular o intervalo de tempo adequado, em anos, entre inspeções de verificação da integridade da madeira e os cuidados necessários relacionados ao contato de pessoas e animais com a madeira tratada com Arsênio, no caso do uso de CCA (Cromo-Cobre-Arsênio).

A constatação da existência de detritos provenientes de xilófagos pode indicar a ocorrência de fungos ou outros organismos que possam comprometer estruturalmente a madeira. Uma vez que isto aconteça, o usuário deve contratar um profissional capacitado para avaliar a extensão de danos na estrutura e para realizar tratamentos adequados, conforme

orientação do Manual do Usuário. A figura 41 mostra a presença de detritos de cupins, o que indica a presença de organismos xilófagos na edificação.

Figura 41: Identificação da presença de detritos de organismos xilófagos dentro do protótipo Stella-UFSC.



Fonte: DO VALLE, A. (2013)

A fixação de elementos suspensos pode ocasionar abertura de trincas e fendilhamento dos elementos de madeira caso não seja realizada conforme orientação da construtora. Normalmente, as trincas aparecem em decorrência do esforço de cisalhamento e de momento fletor introduzidos pela ação de uma carga fixada de valor superior ao permitido ou pela utilização de fixadores metálicos inadequados.

Além das trincas, outras patologias podem ser ocasionadas a partir da sobrecarga das peças estruturais, como o esmagamento da madeira. A sobrecarga estrutural, normalmente, está relacionada às modificações realizadas por moradores sem a verificação do que consta no Manual do Usuário, como por exemplo o aumento da capacidade do reservatório de água.

Desta forma, as ações preventivas devem ser realizadas por profissionais habilitados a fim de verificar as trincas existentes e o possível dano estrutural da madeira para uma posterior ação de reforço estrutural ou de substituição da peça.

Ação preventiva proposta: Inspeção de trincas.

A exposição da parte interna do material, através das rachaduras, gretas e trincas, pode não só danificar a peça de madeira, mas também ser evidência de danos estruturais, além de favorecer a proliferação de organismos xilófagos se a edificação estiver em locais com alto risco de ataques biológicos.

As trincas também podem ocorrer em função da adaptação da estrutura ao local de implantação, tendo em vista o recalque da fundação ou a tendência do teor de umidade da madeira equilibrar-se à umidade relativa do ar, o que pode ocasionar movimentos de dilatação e retração nas peças e possíveis movimentações da estrutura. Não só a ossatura é passível de movimentação, mas também as chapas de OSB nela pregadas podem apresentar trincas em função do deslocamento estrutural.

Cabe à empresa construtora do sistema orientar onde e como elementos suspensos podem ser fixados nos painéis, bem como informar valor máximo de carga suportado. Uma vez identificada a presença deste tipo de dano na madeira, o usuário deve ser orientado a contratar um profissional qualificado que ateste a existência, ou não, de danos estruturais. Caso não seja constatado comprometimento estrutural, a forma de promover o fechamento das trincas deve ser especificada. Uma opção de solução para o fechamento das trincas é utilizar massa especial para madeira ou uma mistura de adesivo para madeira e pó de serragem. Após aplicar o produto, aguardar a secagem, ter posterior cuidado de lixamento e acabamento para a regularização da superfície.

As ações transmitidas por portas fixadas aos painéis, caso sejam de valor de força superior às estipuladas pelo projeto e suportadas pelos dispositivos metálicos de ligação, ou também por efeito de impacto excessivo quando comparado ao admitido pelas normas, também pode ocasionar o surgimento de deslocamentos, trincas e falhas.

Desta forma, por ocasião das visitas técnicas programadas nas ações de manutenção, os profissionais habilitados contratados devem inspecionar a edificação em busca da existência de algum elemento fora de prumo ou com tendência à tombamento. Além disso, a verificação dos elementos metálicos de ligação de portas deve ser realizada a fim de evitar a sobrecarga ou afrouxamento da ligação. Caso existam tais sinais, pode haver necessidade de intervenções futuras a partir de ações de manutenção corretiva.

6.1.2 Segurança contra incêndio

O segundo item relacionado ao desempenho das vedações verticais analisado é o critério de segurança contra incêndio.

Ao fazer a caracterização do material, a Diretriz SiNAT nº 005-(2017) não menciona métodos para retardar ou dificultar a propagação do incêndio na edificação. Porém, a segurança contra incêndio aparece na descrição de desempenho apresentada pela norma ABNT NBR 15575 (2013) e nos requisitos de segurança estrutural apresentado pela norma ABNT NBR 7190 (1997), conforme apresentados no quadro 15.

Quadro 15: Descrição e critérios relacionados à segurança contra incêndio

TEMA	DESCRIÇÃO	CRITÉRIOS
Segurança contra incêndio dos materiais combustíveis	A edificação deve atender os requisitos exigidos para que, na ocorrência de incêndio, a madeira e demais elementos não propaguem rapidamente as chamas e exista tempo adequado para a fuga com segurança dos ocupantes da edificação.	Dificultar a ocorrência de inflamação generalizada
		Dificultar a propagação do incêndio
		Resistência ao fogo dos elementos estruturais
		Risco de vazamento de gás e ignição de instalações elétricas
		Volume de água reservado para o combate ao incêndio
		Facilitar a fuga em rotas pré-determinadas
		Equipamentos de extinção, sinalização e iluminação de emergência

Tendo em vista que a madeira é um material combustível, as peças de pequenas dimensões de seções transversais, como as utilizadas no sistema plataforma, estão mais expostas a uma rápida destruição por ocasião da ação do fogo.

A partir dos requisitos selecionados, observou-se que ações de manutenção preventiva devem evitar ou atrasar o contato da madeira com o aquecimento e as chamas.

Ação preventiva proposta: Proteção passiva.

Alguns materiais podem ser utilizados para criar barreiras que dificultem a propagação das chamas em caso de incêndio. É chamada de proteção passiva a ação de usar revestimentos em forma de vernizes e tintas que isolam os elementos, principalmente estruturais, do calor e do

fogo. Assim, é evitado ou minimizado o colapso estrutural e a emissão de fumaça e gases tóxicos. O material de revestimento para proteção à ação do fogo deve tratamento deve estar de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 9442 (1986) - Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chamas (painel radiante).

Cabe ao fornecedor do produto estipular o período entre as reaplicações da tinta, principalmente quando utilizadas na fachada externa e, por consequência, expostas ao intemperismo.

Uma das vantagens do sistema plataforma de madeira, sob o ponto de vista da ação do fogo, é que pela composição heterogênea do painel, a ossatura de madeira, responsável pela estruturação da edificação, não fica exposta. Desta forma, as chamas precisam passar pelo material de revestimento e pelas chapas de OSB até entrarem em contato com a ossatura. Isto garante maior tempo de integridade estrutural e para que aconteça a fuga dos usuários em caso de incêndio.

Ação preventiva proposta: Verificação da rede elétrica e de gás.

As ações de manutenção preventiva na rede elétrica e de gás são de extrema importância para evitar possíveis curtos circuitos ou vazamentos que iniciem ou favoreçam a propagação de incêndio.

Desta forma, devem ser previstas inspeções preventivas para verificar sinais de instalações danificadas ou mal colocadas, uso de aparelhos elétricos e eletrônicos com potência superiores ao estipulado no Manual do Usuário e mau uso de tomadas ou interruptores.

A central de gás, assim como o botijão, devem ser verificados através da inspeção visual no intervalo de tempo determinado pela construtora, verificando a integridade do encanamento. Testes de estanqueidade também devem ser realizados, além da verificação da ventilação adequada do sistema.

Ação preventiva proposta: Verificação dos dispositivos de combate a incêndio.

A chamada reserva técnica de incêndio (RTI) deve ser prevista em edificações multifamiliares a fim de permitir o primeiro combate às chamas, até que ocorra a atuação dos órgãos responsáveis, que por sua vez utilizam a rede pública, caminhões-tanque ou fontes naturais de água.

Desta forma, após o dimensionamento do sistema de combate a incêndio, seguindo a norma ABNT NBR 13714 (2000), a manutenção dos sistemas deve ser executada por empresas ou profissionais legalmente habilitados, com comprovação obrigatória de capacitação e em intervalo de tempo estipulado pelo programa de manutenção.

A manutenção preventiva deve ser realizada através da inspeção visual dos equipamentos instalados, ensaios referentes à estanqueidade

das tubulações e sistemas do reservatório e ensaios de funcionamento, a fim de garantir que os pontos instalados estão em conformidade com o projeto.

Ação preventiva proposta: Verificação dos equipamentos de emergência.

Associado às ações de manutenção de verificação do funcionamento dos dispositivos de combate ao incêndio, os equipamentos de sinalização de emergência são essenciais para facilitar a fuga dos usuários e colaborar na proteção da vida dos ocupantes das edificações.

Alguns equipamentos, como os extintores, além de dispostos corretamente nas edificações, devem estar dentro do prazo de validade. Os dispositivos de iluminação de emergência, geralmente ligados à rede elétrica, devem ser verificados em período de tempo determinado pelo fornecedor.

6.1.3 Uso e operação da edificação

O terceiro item analisado e relacionado ao desempenho das vedações verticais é o uso e operação do sistema construtivo. De forma geral, a edificação precisa garantir a segurança dos usuários, para a condição de uso prevista, e a integridade da construção, para que esta possa ser operada de forma correta. O quadro 16 apresenta os requisitos relacionados ao uso e operação da construção habitacional.

Quadro 16: Descrição e critérios relacionados ao uso e operação.

TEMA	DESCRIÇÃO	CRITÉRIOS
Uso e operação da edificação	A edificação deve apresentar segurança e integridade para a realização de ações decorrentes do uso e operação dos sistemas construtivos previstos.	Segurança na utilização do imóvel
		Segurança na operação de instalações e demais complementos do sistema
		Manual de Uso, Operação e Manutenção

É nesta etapa que se encontra o documento responsável por dar as informações pertinentes ao sistema e a orientação correta para a realização integral das ações de manutenção preventivas. O Manual de Uso, Operação e Manutenção deve descrever todas as informações necessárias para orientar as atividades de utilização e operação.

Ação preventiva proposta: Realização das ações propostas pelo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

O Manual deve apresentar a especificação completa do programa de manutenção a ser adotado, com os respectivos procedimentos e materiais a serem empregados nas ações, como por exemplo, para os serviços de limpeza, sem que danifiquem os componentes.

Além disso, as informações relativas às condições de uso, como a fixação de peças suspensas nas paredes; localização das instalações elétricas, hidráulicas, de gás e as formas de realizar as inspeções e manutenções nessas instalações; eventuais restrições de uso no sistema plataforma e cuidados necessários com ação de água na manutenção de fachadas e de paredes internas, dentre outros aspectos, devem ser descritos no manual.

Outra informação importante de constar no Manual do Usuário são as informações referentes aos tempos de garantia e a possível perda no caso de má utilização, especificando o critério pelo qual o uso será considerado inadequado.

6.1.4 Acabamento

O quarto item analisado relacionado ao desempenho das vedações verticais é um dos mais passíveis de alterações durante a vida da construção, devido à exposição direta ao intemperismo. O quadro 17 apresenta os requisitos relacionados à manutenção do material de acabamento e da preservação da função do painel de vedação externo.

Quadro 17: Descrição e critérios relacionados ao acabamento.

TEMA	DESCRIÇÃO	CRITÉRIOS
Acabamentos	A edificação deve garantir a estanqueidade do painel parede através dos materiais de revestimento a fim de evitar a degradação prematura dos elementos e permitir a secagem dos materiais quando em contato com fontes de umidade.	Estanqueidade à água do revestimento externo
		Estanqueidade em decorrência de fontes úmidas internas e externas à edificação
		Ação de calor e choque térmico
		Vida útil da vedação vertical

O desempenho da fachada está diretamente ligado ao desempenho do material de revestimento e acabamento. No presente estudo foram apresentadas ações de manutenção preventivas para o acabamento com *sidings* de madeira e com placas cimentícias. Destaca-se que a proposta

da Diretriz SiNAT nº 005 (2017) é que se utilize placas cimentícias no fechamento externo.

As ações de manutenção preventivas relacionadas à fachada influenciam, além da aparência externa, no prolongamento da vida útil e durabilidade do revestimento externo utilizado.

Ação preventiva proposta: Limpeza

Uma das ações de manutenção preventivas para a durabilidade do sistema está relacionada à limpeza dos elementos externos da fachada. A limpeza está relacionada não só à integridade estética, mas à retirada de poluentes e demais agentes deterioradores que por ventura estejam em contato com os elementos do painel parede.

A limpeza também influencia diretamente na eficiência de outras ações, como no aumento de umidade por conta de espécies vegetais em locais inadequados, acúmulo de detritos em calhas, sobrecarga em telhados devido às sujeiras provenientes de árvores dentre outros, influenciando na vida útil do sistema como um todo.

A figura 42 exemplifica, para o protótipo Stella-UFSC citado anteriormente, o aspecto da falta de limpeza de peças externas de madeira e o acúmulo de detritos provenientes de árvores nas calhas da edificação.

Figura 42: Identificação da presença de detritos em calhas e sujeira proveniente de árvores no protótipo Stella-UFSC



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Ação preventiva proposta: Repintura

Ao longo do tempo, a pintura realizada no *siding* perde grande parte das propriedades associadas devido à ação das intempéries. A aplicação da tinta deve ser realizada conforme o local onde a edificação se encontra, tendo em vista o clima da região, que reflete na frequência de retrações e dilatações do material de acabamento.

Desta forma, devem-se evitar os vernizes formadores de películas que impeçam a evaporação da umidade e optar por revestimentos impregnantes, tais como os stains. A frequência do reparo na pintura existente ou da repintura deve ser especificada pelo Manual do Usuário, com as respectivas observações sobre as garantias. Usualmente, recomenda-se a repintura a cada 2 anos em função do descascamento e fissuração do acabamento utilizado.

Além das propriedades já apresentadas, o uso de impregnantes nos *sidings* tratados com CCA evitam o contato direto de pessoas e animais com a madeira tratada. A primeira aplicação de impregnantes deve ser realizada em todas as faces das régua de madeira após cortadas e antes de estas serem fixadas ao painel.

O tratamento das juntas e fissuras, visto que favorecem a entrada e acúmulo de água existentes, deve ser realizado antes da repintura.

Ação preventiva proposta: Observação de fissuras e deformação nas juntas das placas cimentícias.

Quando usada as placas cimentícias como acabamento externo, a manutenção preventiva está associada a verificação de possíveis fissuras nos encaixes das placas. Isto porque a movimentação das placas, pelo efeito da variação dimensional térmica ou higroscópica, pode originar rachaduras, fendas ou fissuras nas juntas.

A inspeção periódica também deve ser realizada de modo a constatar um possível acúmulo de água, que por ventura facilite a entrada de água e o contato com a ossatura do painel. Cabe ao construtor orientar de que forma a manutenção deve ser realizada nas juntas antes de receber repintura ou a limpeza da fachada externa.

Ação preventiva proposta: Verificação da incidência de umidade vinda da fundação ou do contato com o solo.

Outro fator a ser verificado deve ser o possível acúmulo de umidade próximo ao solo. Durante ou após as chuvas, a água respinga ao tocar o solo e pode atingir a fachada. Isto é bastante comum em regiões úmidas. Além de favorecer a degradação dos *sidings* localizados próximos ao solo, que estão em contato mais próximo da umidade, também influencia no desempenho das chapas de OSB e na ossatura, caso

o tratamento impermeabilizante entre a fundação e o painel parede não esteja adequado.

A figura 43 mostra a formação de micro-organismos que esverdeiam a madeira em função do aumento de umidade no *siding*.

Figura 43: Formação de micro-organismos em função do aumento de umidade nos *sidings* do protótipo Stella-UFSC.



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Desta forma, as estratégias relacionadas à fase projetual, tais como a distância adequada dos *sidings* inferiores em relação ao solo, conforme apresentado na figura 44, o uso de pingadeira após o último *siding* e a criação de fachada ventilada pela técnica da parede *rainscreen* evitam a degradação prematura devida à umidade proveniente do solo. Estas medidas são de responsabilidade do profissional incumbido pela empresa construtora para o detalhamento dos elementos constituintes do sistema.

A verificação periódica da existência de boa drenagem do terreno, principalmente depois de eventos, como longos períodos de chuva, previne que ocorra a degradação por meio da ação de umidade e aumenta a durabilidade do material de acabamento.

Ação preventiva proposta: Verificação da integridade física do *siding*

O material de revestimento, por estar mais exposto à ação das intempéries, também está mais suscetível ao ataque de organismos xilófagos, micróbios e fixação de espécies vegetais. A exposição pode ocasionar desde a degradação do material externo, até contaminação do ambiente interno pela ação de agentes químicos provenientes da poluição do local de implantação.

Figura 44: Fundação em concreto para distanciar a construção do solo e protege-lo da umidade no protótipo Stella-UFSC.



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Desta forma, a verificação da integridade física e possíveis pontos de degradação devem fazer parte das ações de manutenção preventivas, de maneira que sejam realizadas antes de exigirem possíveis trocas do material. Outro fator que compromete a integridade física dos *sidings* é o acúmulo de detritos de organismos xilófagos ou micro-organismos em função do aumento de umidade, conforme figura 45.

Figura 45: Presença de detritos no protótipo Stella-UFSC que favorecem a degradação do material



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

A vida útil estipulada para a vedação vertical externa é de 40 anos, devendo o material receber tratamento adequado. O tratamento sob pressão com CCA pode ser associado aos tratamentos superficiais de pintura e impermeabilização. Além da aparência estética, o tratamento superficial pode conferir ao material propriedades anticorrosivas, protegendo no contato com os dispositivos metálicos; resistência à radiação ultravioleta; e resistência aos produtos químicos que, por ventura, entrem em contato com o revestimento.

Ação preventiva proposta: Proteção térmica.

Dentre os agentes que podem conduzir à deterioração superficial da madeira quando exposta a intempéries, pode-se destacar a ação da radiação ultravioleta (UV) presente na luz solar.

Os agentes atmosféricos, sobretudo a alternância entre chuva e incidência de radiação solar, provocam alterações de cor e textura da madeira, além de tornar a superfície áspera, visto que afeta os polímeros e deteriora a microestrutura do material.

A fim de prevenir o envelhecimento precoce, a proteção contra os raios UV é uma das condições que as ações de manutenção preventivas devem contemplar. Atualmente, vários impregnantes ou tintas já possuem proteção contra a radiação UV associada em sua formulação.

Ação preventiva proposta: Verificação da integridade dos dispositivos metálicos

Sabe-se que a exposição dos elementos construtivos ao ambiente atmosférico possui influência não só nos materiais a base de madeira, mas também nos dispositivos metálicos de fixação utilizados.

Além da utilização de pregos e parafusos com maior proteção à corrosão, como o aço galvanizado, as ações de manutenção preventiva relacionam-se com a verificação de aparecimento de manchas na fachada provenientes do escorrimento da oxidação.

A oxidação é mais frequente em locais da construção onde ocorre o acúmulo de água ou em ambientes mais agressivos, como o marinho. Desta forma, além da utilização de dispositivos mais resistentes ao ambiente marinho, como o aço inoxidável, a ação de verificação do escoamento de água adequado também contribui para a integridade física tanto do material de acabamento quanto dos dispositivos de fixação.

A figura 46 apresenta pregos expostos pela variação dimensional dos *sidings* no protótipo Stella-UFSC e, portanto, em maior contato com a água, o que auxiliou o desenvolvimento de oxidação. Também é possível observar na figura o escurecimento e o aumento de aspereza superficial da madeira.

Figura 46: Escurecimento e aspereza da madeira com pregos expostos a maior incidência de chuvas no protótipo Stella-UFSC



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Ação preventiva proposta: Verificação da estanqueidade.

Devido à incidência direta da ação da água da chuva na fachada, as réguas que compõem o *siding* de madeira devem ser posicionadas de forma a garantir que a água escoe livremente evitando o acúmulo ou a penetração no painel parede.

A verificação da estanqueidade do *siding* pode ser realizada verificando a sobreposição e a estanqueidade das juntas das réguas.

Na Figura 47 este aspecto da fachada externa do protótipo Stella-UFSC pode ser observado, tendo em vista a deformação no *siding* e o aumento da abertura nas juntas, fazendo com que o interior do painel fique exposto à ação da umidade.

Os pontos nos quais é possível ocorrer entrada de água no painel externo são pelo encaixe inadequado entre as réguas externas, pelas junções entre o painel parede e a fundação, entre o painel parede e a cobertura e por falhas na estanqueidade junto às aberturas. Estes locais devem ser verificadas periodicamente, conforme orientação do Manual de Uso, Operação e Manutenção.

A figura 48 demonstra a deformação das réguas externas e exposição da composição interna do painel à ação da umidade.

Caso ocorram fissuras e aberturas que favoreçam a entrada de umidade, estas devem ser tornadas estanques tão logo identificadas. Ressalva-se que não só as fontes externas permitem a entrada de umidade, mas as áreas internas úmidas, como os banheiros e cozinha, também podem influenciar na maior ação da umidade.

Figura 47: Deformação das juntas e exposição do painel à umidade no protótipo Stella-UFSC.



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Figura 48: Deformação do *siding* e exposição da composição interna no protótipo Stella-UFSC.



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

A ação de verificação da integridade dos rejuntes dos pisos e azulejos, evitando o desgaste, a quebra e as trincas, preserva o acabamento interno e dos materiais presentes no interior do painel parede.

Ação preventiva proposta: Verificação dos encaixes das placas cimentícias

As placas cimentícias são o material de fechamento proposto pela Diretriz SiNAT nº 005 (2017) para o acabamento externo das fachadas *Light Wood Frame* brasileiras.

Apesar de demandar menos ações de manutenção preventiva, principalmente por não ser um material de origem orgânica, as placas cimentícias possuem altos índices de dilatação térmica em função das propriedades inerentes ao material.

6.1.5 Desempenho térmico, acústico e lumínico

Os requisitos relacionados ao desempenho térmico, acústico e lumínico são os itens nos quais as ações de manutenção preventiva são mais difíceis de serem realizadas devido à utilização de materiais que precisam ser estipulados em projeto e por profissionais adequados. O quadro 18 apresenta os requisitos relacionados ao desempenho térmico, acústico e lumínico.

Quadro 18: Descrição e critérios relacionados ao desempenho térmico, acústico e lumínico

TEMA	DESCRIÇÃO	CRITÉRIOS
Desempenho térmico, acústico e lumínico	A edificação deve proporcionar o desempenho térmico, acústico e lumínico através da combinação de estratégias e materiais adequados.	Adequação das paredes externas
		Dimensionamento das aberturas para ventilação e iluminação adequados
		Níveis de ruído permitidos para a habitação

O principal item relacionado ao tratamento ambiental é o uso de material isolante entre os montantes.

Ação preventiva proposta: Colocação de material isolante no interior de painel com câmara de ar não ventilada.

Uma das ações preventivas para evitar o aquecimento ou resfriamento não desejado, visto que a temperatura da edificação é o resultado da interação da habitação com o ambiente em que está inserida, é a utilização de material com baixa transmitância térmica.

Sabe-se que ao se utilizar a lã de vidro, por exemplo, além dos benefícios térmicos, o material também possui propriedades acústicas e não favorece a proliferação de fungos e bactérias. A figura 47 expõe que no protótipo Stella-UFSC houve um tratamento térmico na parede externa com aplicação de uma manta de isolamento térmico.

Ao se realizar ações de manutenção preventiva que exponham ou removam o material isolante, a verificação de sua integridade e a posterior recolocação a partir das orientações e cuidados disponibilizados no Manual do Usuário, evitando deixar espaços ociosos, favorecem o desempenho térmico e acústico.

Ação preventiva proposta: Verificação da influência da cor da fachada.

Assim como as propriedades dos materiais utilizados na composição do painel parede influenciam nas alterações de temperatura no interior da edificação, a cor utilizada nos revestimentos externos pode favorecer ou não a absorção de calor.

Por essa razão, ao se realizar a pintura ou repintura, as cores claras devem ser priorizadas e, quando associadas aos materiais isolantes, auxiliar no desempenho térmico do painel.

Ação preventiva proposta: Verificação dos índices de ruído.

A utilização de lã de vidro na camada de ar formada entre os montantes de madeira no interior do painel, além de colaborar com suas propriedades térmicas, favorece a não propagação do som, visto que peças de madeira de dimensões reduzidas não proporcionam um bom isolamento acústico.

Os requisitos e critérios relacionados ao bom isolamento acústico devem ser contemplados através da observação dos índices normatizados entre o meio externo e o interno, entre as unidades autônomas e entre as dependências de uma unidade e áreas comuns. Por isso, não só o sistema de vedação vertical deve possuir material isolante, mas o sistema de piso e cobertura também devem receber tratamento para esta finalidade.

Uma das ações de manutenção preventiva é a verificação dos níveis de ruído e a adequação do painel com estratégias complementares na fase de projeto, como uso de materiais absorventes na face interna, auxílio de mantas acústicas no piso e a possível utilização de montantes mais espessos, e por consequência permitir uso de material isolante com maior espessura, em casos especiais. Na fase de uso, a verificação da estanqueidade das aberturas e da conservação dos vidros, por exemplo, indicam o comprometimento ou não do isolamento acústico.

6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações de manutenção preventiva, associadas aos requisitos estipulados para a garantia do desempenho, são uma das medidas para que a vida útil de projeto seja cumprida e que a durabilidade do sistema seja alcançada.

Além das ações apresentadas, outras estratégias devem ser apresentadas pela construtora/incorporadora em função dos materiais empregados na construção, com a correta orientação dada através do Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Outro dado que deve estar presente no Manual é a incumbência dos envolvidos nas ações, devendo indicar a quem cabe a responsabilidade para a realização da manutenção preventiva, para o usuário e/ou para a construtora. Ao mesmo tempo, a responsabilidade pode ser destinada à ambos, visto que o usuário pode ser o responsável por contatar o profissional habilitado. O quadro 19 apresenta uma síntese das estratégias de manutenção descritas no item anterior e sugere a responsabilidade pela realização das ações propostas.

Destaca-se que, quando de responsabilidade da construtora, cabe ao usuário informar a esta o problema constatado para que seja possível a contratação de mão de obra capacitada para a realização integral das ações, garantindo assim a integridade do sistema construtivo. Quando for responsabilidade do usuário, a construtora deve fornecer todas as informações referentes ao comportamento do material construtivo e como proceder com a manutenção através de detalhamentos, ilustrações e indicação de equipamentos, caso necessário.

Quadro 19: Síntese das ações de manutenção preventiva propostas

TEMA	AÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	RESPONSABILIDADE
Segurança estrutural	Monitoramento da integridade da madeira da estrutura.	Usuário Profissional habilitado
	Inspeção de trincas	
Segurança contra incêndio	Proteção passiva	Usuário
	Verificação da rede elétrica e de gás	Usuário Profissional habilitado
	Verificação dos dispositivos de combate a incêndio	Usuário Profissional habilitado
	Verificação dos equipamentos de emergência	Usuário Profissional habilitado

Uso e operação da edificação	Realização das ações propostas pelo Manual de Uso, Operação e Manutenção.	Usuário Profissional habilitado
Acabamentos	Limpeza	Usuário
	Repintura	Usuário
	Observação de fissuras e deformação nas juntas das placas cimentícias	Usuário Profissional habilitado
	Verificação da incidência de umidade vinda da fundação ou do contato com o solo.	Usuário Profissional habilitado
	Verificação da integridade física do <i>siding</i>	Usuário Profissional habilitado
	Proteção térmica	Usuário
	Verificação da integridade dos dispositivos metálicos	Usuário Profissional habilitado
	Verificação da estanqueidade	Usuário Profissional habilitado
	Verificação dos encaixes das placas cimentícias	Usuário
Desempenho térmico, acústico e lumínico	Colocação de material isolante no interior do painel com câmara de ar ventilada	Profissional habilitado
	Verificação da influência da cor da fachada	Usuário
	Verificação dos índices de ruído	Usuário Profissional habilitado

Deve-se considerar que as ações possuem a finalidade de prolongar a vida útil e proporcionar o desempenho, evitando futuras intervenções que demandem altos custos ou a substituição dos materiais, com a consequente geração de resíduos. O intervalo de tempo para a realização destas ações varia de maneira geral entre 1 a 5 anos, devendo ser estipulado em função do local de implantação, do uso e do desempenho esperado para a edificação.

A descrição das ações presentes no Manual do Usuário deve ser um conjunto organizado e detalhado, previsto na fase projetual em função da complexidade dos materiais, sistemas, subsistemas e elementos que serão utilizados na edificação. Desta forma, o tempo de vida útil e o desempenho mínimo adequado do sistema de vedação vertical externa é atingido.

A fase de projeto possui grande influência nas ações de manutenção. Se os detalhes são organizados e pensados conforme a

edificação e o local de sua implantação, a demanda por ações corretivas será menor. Ao se construir em locais com grande incidência de chuvas, por exemplo, os beirais bem dimensionados, assim como a altura da edificação em relação ao solo, evitam que o material fique em contato constante com a umidade e se degrade antes do tempo de vida útil de projeto estipulado.

7 CONCLUSÃO

De maneira geral, a gestão da manutenção preventiva é essencial para que as ações sejam realizadas durante a vida útil dos elementos construtivos do edifício e assim evitar a substituição ou a degradação, ocasionando no decaimento da vida útil e consequentemente no desempenho.

Neste trabalho foram apresentados e comparados os métodos e critérios relacionados à especificação do sistema plataforma em madeira prescritos por diversos códigos normativos e manuais técnicos.

A partir da apresentação e comparação, verificaram-se quais são os critérios de desempenho utilizados pela Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013) e pela norma internacional ISO 19208 (2016) a fim de relacioná-los com as medidas preventivas que possam colaborar nas ações de manutenção das edificações construídas com o sistema plataforma. Ao analisar a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013) e a norma ISO 19208 (2016) observou-se que a norma brasileira não contempla requisitos importantes relacionados ao uso, como o comportamento humano e o desempenho ao longo do tempo. Além disso, a norma brasileira não propõe uma metodologia aprofundada para que os elementos, sistemas ou subsistemas da edificação sejam avaliados separadamente ou no edifício como um todo.

Após a análise das questões relacionadas ao desempenho a à durabilidade da habitação, um Manual de Uso, Operação e Manutenção de um empreendimento construído com o sistema plataforma de madeira foi objeto de análise a fim de identificar como as orientações relativas a manutenção são repassadas ao usuário neste sistema construtivo. Concluiu-se que as ações, especificações e orientações passadas para o usuário através do Manual de Uso, Operação e Manutenção ainda não obedecem integralmente ao conteúdo mínimo exigido.

Desta forma, através da sistematização das medidas preventivas recomendadas, com base nos requisitos de desempenho, buscou-se enquadrar as ações aos itens com que se correlacionam, identificando o responsável pela execução de tais ações, como sendo exclusivamente do usuário ou como este sendo responsável pelo contato com a empresa responsável. Tais orientações são essenciais que estejam disponibilizadas no Manual do Usuário.

Sabe-se que a implementação da gestão das ações de manutenção preventivas incrementa o desempenho, aumenta a vida útil e proporciona a sustentabilidade e durabilidade ao sistema. Para isso, há a necessidade de normatização do sistema plataforma de madeira por parte da ABNT,

levantando questões como a restrição ou substituição do tratamento com CCA para uso habitacional, por exemplo. Ao mesmo tempo, propor uma diferenciação da espessura das ossaturas dos painéis em função do zoneamento bioclimático brasileiro proporcionaria maior eficácia do sistema construtivo como um todo. Desta forma, o trabalho colabora para que sejam utilizadas as técnicas e os detalhes construtivos adequados ao sistema plataforma em madeira no Brasil, de forma que ocorra a manutenção preventiva necessária.

Deixa-se, então, como sugestões para pesquisas futuras, a compilação das ações não só para os painéis de vedações externas, mas para o sistema construtivo completo (vedação, pisos, cobertura, instalações) e a elaboração da gestão do programa de manutenção que leve em consideração as questões levantadas neste trabalho, sendo passíveis de maior estudo.

8 BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da Construção Industrializada**. Conceitos e Etapas. Volume 1: Estrutura e Vedação. Brasília, 2015.

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos da Engenharia de Edificações – Materiais e Métodos**. 5º ed. Editora Bookman. Porto Alegre. 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM A653 - Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process**. Philadelphia, PA, 2017.

_____, **ASTM F1667 - Standard Specification for Driven Fasteners: Nails, Spikes, and Staples**. Philadelphia, PA, 2017.

_____, **ASTM F547 2017 - Standard Terminology of Nails for Use with Wood and Wood-Base Materials**. Philadelphia, PA, 2017.

_____, **D1037 - Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials**. Philadelphia, PA, 2012.

AMERICAN WOOD COUNCIL (AWC). **Wood Frame Construction Manual for One and two Family Dwellings**. American Wood Council, Leesburg, 2015.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION (AWPA). **P23-14 - Standard for Chromated Copper Arsenate Type C (CCA-C)**. Birmingham, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____, **NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos** – Parte 4: Sistema de Vedações Verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2013.

_____, **NBR 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.** Rio de Janeiro, 2012.

_____, **NBR 14037 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações** – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.

_____, **NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira.** Rio de Janeiro, 1997.

_____, **NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro, 2000.

_____, **NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas.** Rio de Janeiro, 2004.

_____, **NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações.** Rio de Janeiro, 2013.

_____, **NBR 16143 – Preservação de madeiras - Sistema de categorias de uso.** Rio de Janeiro, 2013.

_____, **NBR 6232 - Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão.** Rio de Janeiro, 2013.

_____, **NBR 15220 – Desempenho Térmico das Edificações.** Rio de Janeiro, 2003.

_____, **NBR 9442 – Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1988.

_____, **NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

_____, **NBR 10821 - Esquadrias para edificações**
Parte 3: Esquadrias externas e internas - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

_____, **NBR 15215 - Iluminação natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____, **NBR ISO/CIE 8995 – Iluminação de ambientes de trabalho.** Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). **Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina 2016.** (Ano base 2015). Associação Catarinense de Empresas Florestais, Lages, 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ANTAC). **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Manutenção e Percepção dos Usuários.** Porto Alegre, 2015.

BARATA, T. Q. F. **Propostas de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro.** Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção.** Vol. 2. 5. ed. revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BECKER, R. **Implementation of the performance approach in the investigation of innovative building system.** National Building Research Institute, Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 2001.

BONIN, L. C. **Prefácio.** ANTAC: Manutenção e Percepção dos Usuários. Brasília: CBIC, 2015.

BORGES. C.A. **Norma de Desempenho entra em vigor.** Disponível em <<http://www.secovi.com.br/noticias/norma-de-desempenho-entra-em-vigor/5957/>> Acesso em <25 de agosto de 2016>

BOTO, M. G. Plano de Manutenção de Fachadas em Edifícios na Zona Costeira. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. **PORTARIA N° 345:** Institui o Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT). Publicação DOU, n° 218, de 14/11/2016. Disponível em <http://pbqph.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em < 03 de outubro de 2017>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Produtos preservativos de madeiras registradas no Ibama.** Disponível em <<http://ibama.gov.br/preservativos-de-madeiras/produtos-preservativos-de-madeiras-registrados-no-ibama>> Acesso em <10 de setembro de 2017>

BRITO, L. D.; CALIL JR, C. **Nondestructive assessments of the timber roof structure of the ‘São Francisco Church’ in Florianopolis, Brazil.** In: 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. Madison, 2013.

BRITISH STANDARD (BS). **BS EN 338 - Structural timber: Strength classes.** London, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia Nacional para a Elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações.** Manual das áreas comum; Manual do proprietário. Brasília, 2014.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION (CMHC). **Canadian Wood Frame House Construction.** Canada Mortgage And Housing Corporation. Ottawa, 1998.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). **CAN/CSA-O80 SERIES-15 - Wood preservation.** Mississauga, 2010.

_____, **CSA S478 Guideline on Durability in Buildings.** Mississauga, 1995.

CARDOSO, L. A. **Estudo Do Método Construtivo Wood Framing Para Construção De Habitações De Interesse Social**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB). **DTU 41.2 - Travaux de Bâtiment - Revêtements extérieurs en bois**. Document technique unifié. Marle-la-Vallée, 2015.

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA. **La Construcción de Viviendas em Madera**. Centro de Transferencia de la Madera. Disponível em < <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210283.pdf>> Acesso em <03 de agosto de 2017>

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO (CAU). **Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575**. Disponível em <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf> Acesso em 08 de fevereiro de 2017>

DIAS, G. L. **Estudo Experimental de Paredes Estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) Submetidas a Força Horizontal no Seu Plano**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. **Directiva 2003/2/CE**. Relativa a restrições à colocação no mercado e à utilização de arsénio. Jornal Oficial nº L 004 de 09/01/2003. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0002&from=PT>> Acesso em 10 de agosto de 2017>

EUROPEAN STANDARD (EN). **Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings**. Bruxelas, 2004.

_____, **EN 300 - OSB: definitions, classification and specifications**. Bruxelas, 2006.

ESPÍNDOLA, L. R. **Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade**.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

_____. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil.** Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

ESPÍNDOLA, L. R.; INO, A. **Diretrizes para a produção de componentes do sistema construtivo wood frame no Brasil visando a sustentabilidade.** In: Congresso Luso- Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2014, Guimarães – Portugal.

FRANZEN, F. P. **Análise do Desempenho Térmico e Acústico de Vedações Verticais Externas Executadas em Light Steel Framing.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná, 2015.

FOREST AND WOOD PRODUCTS AUSTRALIA (FWPA). **Guide to the specification, installation and use of preservative treated engineered wood products,** Forest and Wood Products Australia, Melbourne, 2008.

GERDAU. Produtos. Catálogos e Manuais. Catálogo pregos Gerdau. Disponível em
<<https://www.gerdau.com/br/pt/productservices/products/Document%20Gallery/catalogo-pregos-gerdau.pdf>> Acesso em 10 de setembro de 2017>

GIGLIO, T.G.F; BARBOSA, M.J. **Aplicação de métodos de avaliação do desempenho térmico para analisar painéis de vedação em madeira.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 91-103, jul./set. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Consultas Online. Informações sobre madeiras. Disponível em
<http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca> Acesso em 10 de outubro de 2017>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 19208 - Framework for specifying performance in buildings.** Suíça, 2016.

_____, **ISO 15686 - Building and constructed assets – Service life planning**. Part 2: Service life prediction procedures. Suíça, 2001.

_____, **ISO 21887 - Durability of wood and wood-based products: Use classes**. Suíça, 2007.

_____, **ISO 9227 – Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests**. Suíça, 2017.

_____, **ISO 6241 – Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered**. Suíça, 1984.

_____, **ISO 14040 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**. Suíça, 2006.

_____, **ISO 21929 – Sustainability in building construction – Sustainability indicators** – Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings. Suíça, 2011.

_____, **ISO 16283 – Acoustics – Field measurement of sound insulation in building and of building elements** – Part 3: Façade sound insulation. Suíça, 2016.

_____, **ISO 15686 – Buildings and constructed assets – Service Life Planning** – Part 5: Life cycle costing. Suíça, 2016.

INTERNACIONAL CODE COUNCIL (ICC). **Internacional Residential Code for one and two-family dwellings (IRC)**.

Internacional Code Council, Washington, 2012.

JULAR MADEIRAS. Produtos. Casas pré-fabricadas. Casas moduladas treehouse. Disponível em <<https://www.jular.pt/produtos/casas-pre-fabricadas/casas-modulares-treehouse>> Acesso em 10 de junho de 2016.

KOKUBUN. Y. E. **O processo de produção de um sistema construtivo em painéis estruturais pré-fabricados em madeira**. Dissertação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

- KRAMBECK, Thais Inês. **Revisão do sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular**. Dissertação (Mestrado em arquitetura) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.
- LAROCA, C. **Habitação social em madeira: uma alternativa viável**. 2002. Tese de Doutorado. UFPR Engenharia Florestal, Curitiba, 2002.
- LORENZI, L. S. **Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse sociais térreas**. Tese de Doutorado. Escola de engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- LOUSADA, J. et. al. **Relações entre Peso, Volume e densidade para a Madeira de Pinheiro Bravo (*Pinus pinaster* Ait.) Cultivado em Portugal**. EFN, Lisboa, 2008.
- LPBRASIL BUILDING PRODUCTS. Produtos. Portal de informações da empresa.
Disponível em <<http://www.lpbrasil.com.br/osb/por-que-utiliza-lo-na-contrucaoocivil.asp>> Acesso em <10 de agosto de 2016>
- MARTINS. J. F. A; FIORITI. C.F. **Avaliação de manifestações patológicas identificadas nas estruturas em madeira do centro de eventos IBC (Instituto Brasileiro do Café)**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Goiânia, v. 12, n. 3, p. 43-55, Jun./Dez 2016.
- MATTOS. M. C. **Planejamento da Vida Útil na Construção Civil: Uma Metodologia para a Aplicação da Norma de Desempenho (NBR 15575) em Sistemas de Revestimentos de Pintura**. Dissertação. Escola de Arquitetura da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.
- MIRANDA. S. S. **A influência da NBR 15575 na prática da arquitetura na cidade de Pelotas, RS**. Dissertação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.** Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

MONTANA QUÍMICA S. A. Produtos. Indústrias. Linha Tratamento Industrial. Disponível em <<http://www.montana.com.br/Produtos/Industrias/Linha-Tratamento-Industrial>> Acesso em <10 de outubro de 2017>

NAPPI, M. M. L. **Corrosão de Elementos Metálicos Embutidos em Diferentes Espécies de Madeira.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

NATIONAL CODE CONSTRUCTION (NCC). **Introduction – Contents and features.** Building Code of Australia (BCA), Volume two. 2016.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY VOLUNTARY PRODUCT STANDARD (NIST). **PS 2-04: Performance Standard for Wood-Based Structural-Use Panels.** Washington, 2004.

OLIVEIRA, L. A. MITIDIERI FILHO, C. V. **O Projeto de Edifícios Habitacionais Considerando a Norma Brasileira de Desempenho: Análise Aplicada para as Vedações Verticais.** Gestão e Tecnologia de Projetos. v. 7, nº 1, São Carlos, Maio, 2012.

OLIVEIRA, L. A.; FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V. **Durabilidade de Fachadas: Método de Ensaio para Verificação da Resistência à Ação de Calor e Choque Térmico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 53-67, out./dez. 2014.

PORTAL DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO (AECweb). Produtos. Lã de vidro. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/prod/e/la-de-vidro_21212_12482> Acesso em <10 de outubro de 2017>

PAJCHROWSKI G, et.al **Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings.** Construction and Building Materials. v. 52, p.428-436. Fev. 2014.

PIZZONI, C.P. **Análise de Desempenho Térmico de Habitação de Interesse Social conforme a NBR 15220 e proposta de retrofit em madeira.** IV ENSUS (Encontro de Sustentabilidade em Projeto). Florianópolis (Brasil), 2016.

POSSAN, E. DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.** Revista Científica CREA-PR, 1 ed. 2013. Disponível em <<http://creaprw16.creap.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14>>. Acesso em <10 de agosto de 2016>

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira.** Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (2016). **Projetos: Sistema Nacional de Avaliações Técnicas. PBQP-H / Ministério das Cidades.** Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php> Acesso em <10 de janeiro de 2016>

Revista TÉCNE, edição 140. Editora Pini, São Paulo, Novembro de 2008. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-1.aspx>> Acesso em <10 de agosto de 2016>

RIBEIRO, F. A. **Especificação de Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios: Levantamento do Estado da Arte.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo, 2006.

RODRIGUES, M. A. S.; SALES J. C. **A madeira e suas patologias. Estudo de caso: Igreja Nossa Senhora das Mercês – Itapipoca/CE.** In: IX Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. João Pessoa-PB (Brasil), 2013.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

SAINT-GOBAIN. Isover. Produtos. Lã de vidro para *drywall*. Disponível em <<http://www.isover.com.br/construcao-civil/la-de-vidro-para-drywall>> Acesso em 20 de agosto de 2017>

SANCHES, I. D. et. al. **Avaliação da manutenibilidade em sistemas construtivos inovadores**. ANTAC: Manutenção e Percepção dos Usuários. Brasília: CBIC, 2015.

SHIMBO L. Z.; MARTINS, M. E. **A questão da manutenção de sistemas construtivos inovadores para habitação**. ANTAC: Manutenção e Percepção dos Usuários. Brasília: CBIC, 2015.

SILVA, J. P. **Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008.

SILVA, R. D; INO, A. **Habitação econômica em madeira no Brasil: estado da arte**. XI Encontro Brasileiro em madeira e estruturas de madeira. XI EBRAMEM. Londrina, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). Produção Floresta. Comércio. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/comercio>> Acesso em 07 de outubro de 2017>

STANDARDS AUSTRALIA (AS). **AS 1684: Residential timber-framed construction**. Part 2: Non-Cyclonic Areas. Sydney, 2010.

_____. **AS 1720: Timber Structures**. Part 1: Design methods. Sydney, 2010.

_____. **AS 1604: Specification for preservative treatment**. Sydney, 2005.

SOUZA, A. F. P. **A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SOUZA, L. G. **Estudo avalia custos de diferentes sistemas de edificação de casas**. Instituto de Pós Graduação IPOG. Revista da madeira. Ed. Nº 137. Outubro, 2013.

SUASSUNA, J. **A CULTURA DO PINUS: uma perspectiva e uma preocupação.** Brasil Florestal n° 29 - Janeiro/Março de 1977.

TECVERDE ENGENHARIA S/A. **DATEc N° 20: Sistema Construtivo TECVERDE: “Sistema Leve em Madeira”.** São Paulo, 2015.

_____. **Manual do Sistema Construtivo TECVERDE.** RG.EPD-008. Rev. 00. Curitiba, 2016.

THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION (APA). **Advanced Framing Construction Guide.** Form n° M400A. Washington: APAWood, 2014.

TORRES, J. T. C. **Sistemas Construtivos Modernos em Madeira.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Porto, Porto, 2010.

TUMELEIRO, Gilmar. **Estanqueidade na interface de conexão entre esquadrias de alumínio e painéis do sistema construtivo wood frame.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2016.

VELLOSO, J. G. **Diretrizes para construções em madeira no Sistema Plataforma.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VILLANUEVA, M. M. **A importância as manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

WEINSCHENCK, J. H. **Estudo da flexibilidade Como Mecanismo para a Personalização De Casas Pré-Fabricadas: uma abordagem voltada para a industrialização de casas de madeira.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

WOOD PRODUCTS FI. Wood as a material. Strength properties of wood. Disponível em < <http://www.woodproducts.fi/content/wood-a-material-1>> Acesso em 15 de setembro de 2017>

WWF BRASIL. Conceitos. O que é certificação florestal? Disponível em <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/certificacao_florestal/> Acesso em <05 de outubro de 2017>

ZANOTTO, G. et. al. **Atendimento ao Requisito Manutenibilidade da NBR 15575:2013 em um Empreendimento Habitacional.** SIBRAGEC ELAGEC. São Carlos, 2015.

ZENID, G. J. coordenador (2009). **Madeira: uso sustentável na construção civil.** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009. Publicação IPT; 2010.