

PROPOSTA DE MARCO PERIMETRAL PARA TRATAMENTO DO PROBLEMA DE ESTANQUEIDADE NA INTERFACE DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E PAINÉIS *WOOD FRAME*.

Gilmar Tumelero
Jorge Daniel de Melo Moura

DOI: 10.5752/P.2316-1752.2019v26n38p265

Resumo

O sistema *Wood Frame* no Brasil tem sido introduzido de forma abrangente nos últimos anos. A normatização está sendo finalizada, o que permitirá sua disseminação criteriosa. Faltam, no entanto, acessórios no mercado brasileiro que resolvam problemas específicos. Nesse contexto, este trabalho se concentra no estudo do comportamento de esquadrias de alumínio disponíveis no mercado e sua utilização em *Wood Frame*. Concentra-se, sobretudo, na análise do comportamento da interface de conexão em termos de estanqueidade. O objetivo da pesquisa é o desenvolvimento e ensaio de um marco perimetral que garanta a estanqueidade do conjunto em várias situações de exposição. No protótipo janela/painel submetido a ensaio em túnel de vento e água com crescente pressão, não se observaram vazamentos na interface até a pressão máxima desenvolvida durante o ensaio. No entanto, a partir de um determinado nível de pressão de vento, observou-se

infiltração entre as peças móveis da esquadria. Conclui-se que para se garantir a plena estanqueidade do conjunto, o marco perimetral com desenho adequado ao sistema *wood frame* não é suficiente, portanto um novo conceito de esquadrias deverá ser proposto.

Palavras-chave: *Wood frame*. Esquadrias de alumínio. Estanqueidade na interface. Metodologia de projeto.

DESIGN OF PERIMETER FRAME TO GUARANTEE TIGHTNESS OF THE INTERFACE BETWEEN ALUMINUM WINDOWS AND WOOD FRAME PANELS.

Abstract

The wood frame system in Brazil has been introduced comprehensively in recent years. The standardization is being finalized which will allow a careful dissemination. However, accessories in the Brazilian market to solve specific problems are missing. In this context, this work focuses on the study of the behavior of commercially available aluminum windows and their use in wood frame as is. It focuses mainly on the analysis of the connection interface in terms of tightness between the elements. The objective of the research is the development and testing a perimeter frame that ensures the tightness of the set window/panel in various exposure situations. During the prototype wind and water test with increasing pressure, no interface leakage was observed up to the maximum pressure developed. However, from a certain level of wind pressure, infiltration was observed between the moving parts of the window. The conclusion is to ensure full tightness of the wood frame windows, the perimeter frame with adapted design to the wood frame system is not enough, therefore a new window concept/design should be proposed.

Keywords: Wood frame. Aluminum window. Interface tightness. Design methodology.

PROPUESTA DE MARCO PERIMETRAL PARA TRATAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTANQUEIDAD EN LA INTERFAZ DE VENTANAS DE ALUMINIO Y PANELES WOOD FRAME.

Resumen

El sistema de marco Wood Frame en Brasil se ha introducido de manera integral en los últimos años. Se está finalizando la estandarización, lo que permitirá su difusión cuidadosa. Sin embargo, faltan accesorios en el mercado brasileño que resuelvan problemas específicos. En este contexto, este trabajo se centra en el estudio del comportamiento de ventanas de aluminio disponibles comercialmente y su uso en wood frame. Se centra principalmente en el análisis de la interfaz de conexión en términos de estanqueidad. El objetivo de la investigación es el desarrollo y prueba de un marco perimetral que garantice la estanqueidad del conjunto en diversas situaciones de exposición. En el prototipo de ventana/panel bajo prueba de túnel de viento y agua con presión creciente, no se observaron fugas en la interfaz hasta la presión máxima desarrollada durante la prueba. Sin embargo, desde un cierto nivel de presión del viento, se observó infiltración entre las partes móviles de la ventana. Se concluye que para garantizar la estanqueidad total del conjunto, el marco perimetral con un diseño adecuado para el sistema de no es suficiente, siendo así se debe proponer un nuevo concepto de ventana.

Palabras-claves: Calidad de vida urbana. Urbanización. Paisaje urbano.

Introdução

Ao longo dos anos o cenário da construção civil vem se transformando, atingindo patamares cada vez mais elevados de qualidade. Assim, a inovação tecnológica no uso de materiais e técnicas construtivas tem se mostrado essencial para suprir demandas atuais. A indústria da construção civil atenta às variações do mercado, necessidades, tendências e à evolução tecnológica e apresenta constantemente participação ativa em diversos segmentos do setor em busca de novos produtos e técnicas de qualidade.

268

Nesse sentido, Toledo *et.al.* (2000, p. 1) afirmam sobre a inovação tecnológica: “A inovação tecnológica pode ser considerada como uma estratégia competitiva para as organizações”. O ambiente externo tem influenciado para frear os avanços tecnológicos pouco difundidos na maior parte do setor. Conforme os autores, “A natureza multidisciplinar dos projetos que exige o comprometimento de várias empresas em um processo inovador, e a dependência da construção quanto à pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e equipamentos” (TOLEDO; *et. al.* 2000, p. 1).

Atualmente, ao mencionar a evolução tecnológica, surgem inúmeras vertentes de informações, por exemplo: construções sustentáveis, otimização de recursos,

integração de projetos e edificações, ferramentas computacionais, materiais, logística, industrialização. O sistema *Wood Frame* no Brasil tem sido introduzido de forma abrangente nos últimos anos. A normatização está sendo finalizada, o que permitirá sua disseminação criteriosa, mas pela sua recente introdução no Brasil, ainda necessita de implementações. Além disso, faltam acessórios nacionais especialmente desenvolvidos para aumentar sua eficiência tecnológica e a adoção de caixilharia de alumínio, indústria já estabelecida no país, se abre como um horizonte de possibilidades para equipar a sistema ao mesmo tempo que se coloca como um universo a ser tratado para o bom desempenho do conjunto. Buscam-se soluções adequadas para instalações de esquadria de alumínio nos painéis de *wood frame*, incrementando a qualidade da construção de painéis industrializados.

269

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um elemento de conexão para estanqueidade na interface da esquadria x painel, cujo foco é suprimir as manifestações patológicas devidas às falhas de estanqueidade, listando recomendações técnicas de forma a melhorar a qualidade das edificações. A construção de madeira ainda requer soluções adequadas nas interfaces dos subsistemas; o sistema

4. Desse número, mais de 40% (quarenta por cento) se localizam nas regiões metropolitanas.

wood frame vem sendo introduzido no país com mais intensidade e ainda assim não possui um repertório de componentes nacionais de uso específico para a tecnologia, sobretudo, no que diz respeito à estanqueidade entre dois elementos de características diferentes. Os componentes para esta interface, muitas vezes são adaptados e nem sempre apresentam bom desempenho.

Este artigo aprofunda a questão visando contribuir para a correção de problemas e analisar falhas dos sistemas construtivos existentes. O estudo propõe diretrizes para projetos de novos elementos e recomendações técnicas para mitigar ou eliminar problemas gerados na região do perímetro da esquadria. As infiltrações podem trazer manifestações patológicas que vão comprometer a vida útil dos materiais que compõem o painel e, em alguns casos, colocar em risco a estrutura do edifício. Portanto, é fundamental o desenvolvimento do estudo visando compreender o problema de estanqueidade na interface esquadria/painel.

Esquadrias num panorama de usos e relação com a interface

No Brasil o setor de esquadrias e fachadas de alumínio teve sua efervescência a partir da década de 90, quando ocorreu uma verdadeira invasão de inovações técnicas e tecnológicas oriunda dos Estados Unidos e da Europa,

voltadas ao setor da construção civil. .

O conhecimento por parte dos profissionais do setor sobre construção e aplicação de esquadrias era ainda precário. O setor necessitava aprofundar-se no conhecimento do assunto e, neste contexto de evolução tecnológica, a capacitação profissional torna-se imprescindível.

Para Schmitt (2008, p. 32), “o avanço da tecnologia, permitiu criar soluções com a flexibilidade e a eficiência necessária ao ambiente habitável”.

O sucesso do uso do alumínio para caixilharia nas edificações, no que se refere ao vão luz (ou vão onde será instalada a esquadria), requer obras, serviços e técnicas adequadas a fim de atender aos requisitos mínimos das condições de desempenho técnico e construtivo.

Conforme Reis (2011), percebe-se nos projetos de Arquitetura, o aumento de vão para recebimento de esquadrias e diminuição de fechamentos opacos, seja em alvenaria ou outro sistema de fechamento, exigindo assim que o produto, ao ser aplicado, seja adequado à vedação do vão. Para tanto, é necessário que haja qualidade construtiva do requadro do vão para receber as esquadrias.

A escolha do uso de esquadrias de alumínio está atrelada a uma série de fatores que contribuem para a qualidade das edificações.

Além das diferentes tipologias de esquadrias encontradas, Reis (2011) identifica outros fatores tais como: relação custo x benefício resultante dos aspectos de maior leveza, durabilidade e custo. Ainda destaca as seguintes vantagens: comportamento estrutural, resistência a corrosão, estética, possibilidade de transformação, material reciclável, acabamento de superfície, entre outros. Bratke (2008, P. 34) destaca o aspecto de resistência aliado ao baixo custo de manutenção.

Outros atrativos do produto são a ampla gama de projetos, incremento da produção industrializada, alívio da carga para as fundações do edifício, aptidão para receber diferentes tipos de acabamentos tais como pintura ou anodização.

Cabe salientar que, além dos aspectos inerentes à esquadilha de alumínio o produto acima citado, o mesmo deve, sobretudo, obedecer à normalização vigente.

A base para a instalação do produto das esquadrias de alumínio, será definida pelo sistema construtivo *wood frame*, que conformará o vão luz e a interface de conexão.

O Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC, 2013) atribui níveis de desempenho para as esquadrias, que atendam aos requisitos de estanqueidade, impermeabilidade e resistência ao vento, garantindo sua adequação às condições climáticas onde serão utilizadas.

Dois pontos primordiais são pré-requisitos quando da definição do uso de esquadrias de alumínio em painéis *wood frame*: 1) Fixação: garantir resistência às ações dos esforços solicitantes, como as forças do vento e 2) Estanqueidade: garantir estabilidade e vedação à entrada de água através da interface.

O CMHC (2013) estabelece características qualitativas, para o perfeito funcionamento das esquadrias, além de estabelecer fatores de desempenho tais como: custo, desempenho energético, coeficiente de ganho de calor e resistência a esforços externos. Também estabelece diretrizes construtivas para a instalação das esquadrias, tais como: enquadramento do vão acabado, finalização da cobertura, tempo e condições de armazenamento, aplicação de membrana impermeável, seguindo as recomendações dos fornecedores.

Ao explorar o uso de esquadrias em sistemas construtivos diversos, é possível se identificar a relação entre as interfaces de conexão.

No caso do sistema construtivo de paredes em alvenaria, com assentamento de tijolo com argamassa, emboço, reboco, acabamento e aplicação de esquadrias de alumínio, Cardoso (2004) explora a utilização do contramarco, e a defende explicando que se trata de uma espécie de moldura extra de alumínio, que está ligada diretamente à

alvenaria, como mostra a figura 01 e figura 02. Já a figura 03 mostra o projeto de esquadria desenvolvido por Iizuka e Hachich (2002), aplicada diretamente sobre o vão da luz.



Figura 1 | Aplicação da esquadria com contramarco.

Fonte: Autor (2015).



Figura 2 | Aplicação da esquadria com contramarco.

Fonte: Autor (2015).

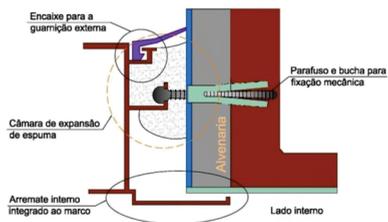


Figura 3 | Aplicação de esquadria sem contramarco.

Fonte: Iizuka e Hachich (2002)

lizuka e Hachich (2002), na busca por inovação tecnológica, propõem um sistema para aplicação de esquadrias de alumínio em vãos de alvenaria, que consiste em finalizar as alvenarias com qualidade suficiente para deixar os vãos aptos a receber as esquadrias. A função principal do contramarco é a de fixação da esquadria, absorvendo todos os esforços aos quais é submetida a esquadria e os transferindo para a parede. Já a fixação do contramarco na parede se dá por meio de grapas, que são chumbadas na alvenaria cujo requadro é realizado posteriormente no perímetro do vão.

Outras funções também são atribuídas ao contramarco tais como: proteger as esquadrias das atividades da obra; servir de gabarito para o requadro do vão; alinhamento; ajustar o prumo e planicidade das fachadas, possibilitando ainda a produção em escala. Sendo assim, ele exige técnicas construtivas apropriadas e mão de obra especializada em sua aplicação. Diferente da figura 03, sem o uso do contramarco, em que a esquadria é fixada direto na parede, por meio de mecânico e preenchido o vão da interface por espuma expansiva.

Para Cardoso (2004), é fundamental o uso do contramarco para instalação das esquadrias. No entanto, na visão de lizuka e Hachich (2002), o uso desse componente, contrasta com o que pode ser considerado como inovação tecnológica. Os autores, em relação ao chumbamen-

to do contramarco na alvenaria, percebem que em muitas situações ainda há necessidade de se quebrar a alvenaria do perímetro do vão. Isso também acontece na utilização de esquadrias de aço que, na sua grande maioria, dispensa o uso de contramarco e fixação por parafusos, pois usam chumbadores soldados na face perimetral das esquadrias que, por sua vez, são engastados na alvenaria. A figura 04 e 05 demonstram a prática.



Figura 4 | Chumbar a esquadria na alvenaria.

Fonte: Sasazaki, (2015)

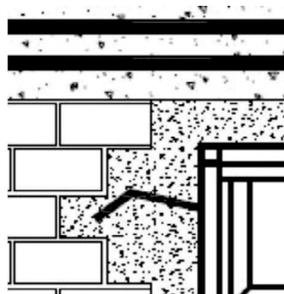


Figura 5 | Chumbar a esquadria na alvenaria.

Fonte: Sasazaki, (2015)

O último parâmetro remete-se à territorialização do planejamento: ele passa da representação de uma mancha hipotética para um efetivo estudo do lugar, partindo do princípio que as vocações físico-territoriais (geomorfia, declividades, pedologia⁶, por exemplo) devem também ser levadas em conta. Para o sistema construtivo de pare-

des de painéis pré-moldados misto de concreto armado e blocos cerâmicos, a moldagem dos vãos das janelas é delimitada por formas de madeira e a fixação das esquadrias é feita posteriormente com espuma expansiva. As portas e os marcos são posicionados e fixados durante a concretagem.

O sistema de construção com painéis de vedação pré-fabricados mistos mostra que as esquadrias já fazem parte do painel antes de ser concretado, pois elas devem ser posicionadas na forma que define o painel. As esquadrias são fixadas pelos marcos, onde estes definem e fazem a ligação da interface da parede com esquadria. Ver figura 06 e 07.

277



Figura 6 | Painel de concreto armado com fixação dos caixilhos.

Fonte: Revista Técnica, ed.191, 2013



Figura 7 | Painel de concreto armado com fixação dos caixilhos.

Fonte: Revista Técnica, ed.191, 2013

Tradicionalmente essa técnica de instalação vem se repetindo por muitos anos. Quebra-se a parede, posicionam-se os chumbadores e faz-se o requadro, fechando-se os vazios da interface entre esquadria e parede com argamassa. Figuerola (2013) destaca a necessidade de cuidados, como vedação, para que seja garantida a estanqueidade do sistema e evitadas as manifestações patológicas nas edificações.

No caso de esquadrias de madeira, aplicadas em diversos sistemas construtivos, mais tradicionalmente em alvenaria, por longa data foram utilizados tarugos de madeira engastados na alvenaria no momento do assentamento dos blocos. Após a finalização do assentamento e com o vão luz definido, o marco era fixado por meio de pregos ou parafusos nos tarugos chumbados previamente na parede. As figuras 08 e 09 demonstram o sistema. Já na figura 10, é demonstrado o uso de membrana impermeável, que forma uma barreira estanque entre a esquadria e a parede, evitando assim a entrada de água para dentro do ambiente.

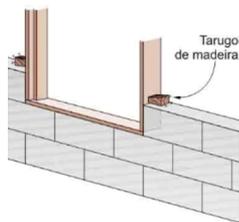


Figura 8 | Tarugos para fixação de esquadrias de madeira.

Fonte: site construaociviltips (10/10/2015)



Figura 9 | Tarugos para fixação de esquadrias de madeira.

Fonte: site construaociviltips (10/10/2015)

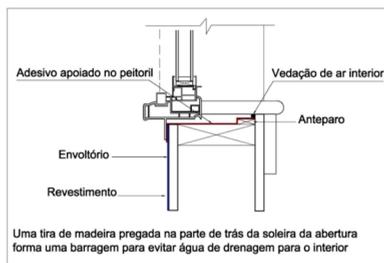


Figura 10 | Aplicação da membrana na interface parede x esquadria.

Fonte: Lstiburek (2006)

Lstiburek (2006) lembra que nas instalações de janelas, a entrada de água do meio externo para o interno na maioria das zonas climáticas se dá através de penetração de umidade oriunda de problemas de instalação. A água não apenas vaza através da janela, mas também pela interface da abertura do vão e a moldura da esquadria. O autor ainda afirma que a experiência demonstra não haver um sistema perfeito de vedação dessa interface. Os detalhes de instalação de esquadrias devem ser concebidos para fazer a proteção da interface de conexão e evitar a passagem de água.

Após a fixação do marco no vão da parede, realiza-se o reboco, preenchendo a folga entre esquadria e parede. Essa interface basicamente é composta pela face do marco e pela argamassa de reboco. Nessa situação é comum aparecerem fissuras na interface ao longo do marco da esquadria de madeira, devido à diferença das propriedades físicas dos materiais (argamassa e madeira) e a baixa aderência do reboco à madeira.

As fissuras também podem ocorrer por retração, tanto da madeira que compõe a esquadria, quanto na argamassa utilizada no acabamento perimetral. O fenômeno é ocasionado pela absorção, por parte da madeira, da água utilizada no preparo da argamassa, o que ocasiona o inchamento da madeira no momento do requadramento. Com a cura da argamassa aliada à retração da madeira

devido à evaporação da água absorvida por ela no processo, aparece a fissura que se configura em um caminho de infiltração de umidade na interface da esquadria.

Sobre os aspectos apresentados, quanto à problemática da estanqueidade de água nas interfaces das esquadrias, Lstiburek (2006) apresenta de forma pontual possíveis soluções. Na literatura observa-se que embora existam inúmeras tentativas de eliminar infiltrações para corrigir patologias decorrentes do problema, na prática, ainda são identificados vazamentos de água entre a esquadria e o painel/parede.

Para o correto funcionamento das edificações, as definições de parâmetros, tolerâncias e recomendações são elencadas nas normas vigentes, que serão elencadas no decorrer deste. As normas também definem procedimentos, para assegurar o desempenho, qualidade, durabilidade e manuseio de produtos. Este estudo foi balizado pelas normas NBR 10821 – Caixilhos para Edificação, NBR 6123 – Forças Devidas do vento e NBR 15575 – Desempenho das Edificações, que além das funções acima descritas, também são a referência para realização de testes em laboratórios.

Manifestações Patológicas

A construção civil apresenta vários desafios a serem superados, sendo um deles a falta de estanqueidade dos

vedos. O fenômeno ocorre, via de regra, na interface da esquadria com a parede, ocasionando o surgimento de manifestações patológicas. Estas são decorrentes de falhas de projeto ou execução podendo aparecer até mesmo antes da finalização do edifício. Embora se reconheça um certo avanço das técnicas de projeto e execução de canteiro, passando pelo melhoramento dos sistemas construtivos e mesmo pela introdução de alguns processos de industrialização na obra, manifestações patológicas são ainda recorrentes.

Os agentes causadores das falhas patológicas podem se manifestar por inúmeras combinações que vão desde as definições e especificação dos projetos até qualidade do material e execução, entre outros agentes. Alexandre (2008) comenta que as manifestações patológicas podem ser causadas por uma combinação de falhas no projeto, execução da obra e serviços relacionados. Ainda, segundo Moch (2009), detalhes construtivos inadequados, principalmente os relativos a vergas, contra vergas e peitoris são responsáveis por falhas, que estão muitas vezes relacionadas a um projeto inadequado ou execução de baixa qualidade. A maior parte das patologias resulta da falta de conhecimento do comportamento dos materiais ligados por interface, por parte dos técnicos envolvidos no projeto e execução. Figuerola (2015) destaca que cada material possui um coeficiente de dilatação térmica específica. Portanto, as características de expansão e retração

são diversas e assim deve-se ter especial cuidado em sua conexão. Sem as condições adequadas, podem-se gerar trincas e fissuras na interface de conexão, o que, por sua vez, acarretará vazamentos e consequentes patologias de obra.

As fissuras, possivelmente, são as falhas mais frequentes nas construções, e ocorrem por diferentes razões: diferença dos coeficientes de dilatação térmica dos materiais envolvidos, instabilidade da edificação, retração e inchamento dos materiais, baixa qualidade de execução, entre outras.

Algumas ocorrências das patologias da interface das esquadrias com as paredes podem ser identificadas. Na figura 11, percebe-se que a infiltração atinge grandes áreas causando retenção de umidade e escurecimento da parede. A entrada de água se dá através da fissura formada na interface da esquadria e a parede, onde se é possível identificar o descolamento entre os materiais. As causas podem ser diversas: execução inadequada, dilatação ou retração dos materiais, falta de vedação, falta de preenchimento do vão, fixação inadequada, entre outras.

No caso de esquadrias de aço, na figura 12, a infiltração na interface com a parede pode provocar danos ao edifício devido à deterioração do material pela ação das intempéries, em particular a umidade. A oxidação se torna

mais grave à medida em que há exposição prolongada do aço à umidade. Ela se propaga rompendo a vedação, permitindo o acúmulo de água e conseqüentemente sua passagem para o interior. A presença de umidade é, em geral, um agente de deterioração dos materiais construtivos. A madeira, por exemplo, em contato intermitente com fontes de umidade, é muito suscetível ao apodrecimento pela atuação de fungos (figura 13).

Em sistemas construtivos constituídos de painéis em madeira e derivados, a interface entre painel e esquadria é particularmente sensível por se tratar de uma fresta com possibilidade de armazenamento de umidade sem possibilidade de escoamento por falta de dreno ou secagem natural por falta de ventilação. Desse modo a instalação de esquadrias nesse sistema demanda atenção especial. A deterioração da estrutura interna da parede apresentada na figura 13 ocorreu devido à infiltração constante no interior do painel, criando condições ideais para o desenvolvimento de fungos de podridão no material.



Figura 11 | Infiltração, interface esquadria x parede.
Fonte: Autor (2015)



Figura 12 | Infiltração na base da esquadria provocou oxidação.
Fonte: Autor (2015)



Figura 13 | Apodrecimento da estrutura de madeira.
Fonte: Istiburek (2006)

Segundo Moch, (2009), patologias colocam em risco a segurança e a estabilidade da edificação podendo comprometer a habitabilidade, estética, e até mesmo a estrutura e a habitabilidade. Garantir a estanqueidade dos vedos, significa, em última instância, minimizar até mesmo eliminar as manifestações patológicas.

Ainda, conforme Moch (2009), a interface esquadria / alvenaria e seu entorno, é uma região favorável a manifestações patológicas, sejam elas fissuras, bolor ou umidade. Com vistas a reduzir as manifestações patológicas na região do entorno das janelas no sistema construtivo de alvenaria estrutural modular, o autor propõe a utilização de um elemento de conectividade para a interface em estudo, que ao mesmo tempo incorpora as funções de verga, contra verga, pingadeira, guarnição interna e moldura externa, conforme demonstra a as figuras 14 e 15.

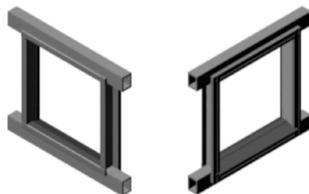


Figura 14 | Proposta de elemento para interface da esquadria x alvenaria.
Fonte: Moch, (2009)



Figura 15 | Proposta de elemento para interface da esquadria x alvenaria.
Fonte: Moch, (2009)

A utilização do elemento de integração da interface da esquadria com a parede tem aspectos positivos tais como, segundo Moch (2009):

- 1 - Servir de guarnição de forma a garantir o bom acabamento.
- 2 - Desempenhar a função de gabarito para a elevação da alvenaria.
- 3 - Contribuir à racionalização.
- 4 - Garantir rigidez, esquadro do vão e precisão dimensional.
- 5 - Garantir vedação na interface janela / componente.

O bom desempenho de um sistema construtivo está diretamente relacionado à qualidade de concepção do projeto, seu desenvolvimento, qualidade do processo de industrialização, até a sua execução no canteiro de obras. Desse modo, a preparação da base perimetral do vão de instalação de esquadria deve estar preparada de modo a evitar falhas e, conseqüentemente, o surgimento das manifestações patológicas.

O uso de componentes complementares a estanqueidade das esquadrias, também exerce importante papel como forma de acabamentos, reparos e vedações. Nesta linha, os selantes à base de silicone são importante recurso na instalação de esquadrias e facilmente encontrado no mercado.

Do estudo da literatura consultada, ressalta-se que a compreensão e o tratamento da estanqueidade na interface das esquadrias/parede, se mostra extremamente pertinente e urgente. As ações para solucionar o problema devem estar alinhadas às normas, à capacitação técnica dos profissionais e ao entendimento dos fenômenos que ocorrem nesta interface.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi baseada no desenvolvimento de protótipos. O primeiro protótipo foi importante como abordagem inicial e serviu para avaliar não só a interface de conexão entre a esquadria e o painel, mas, também, outros pontos essenciais, tais como: modo de fixação, acabamentos necessários, posicionamento da esquadria dentro do vão, alinhamento horizontal e vertical e necessidade de inserção de elementos complementares. Sendo assim, o protótipo foi desenvolvido em duas partes distintas: uma parte com o painel de *wood frame* e outra com a esquadria de alumínio e, através deste, foi possível avaliar fisicamente as questões envolvidas no uso dos dois materiais em questão, havendo a partir daí a necessidade de criação de outros elementos na composição do conjunto.

Dessa maneira, no decorrer da pesquisa foi definido o segundo protótipo, envolvendo a construção de painel com a mesma composição estabelecida pela Diretriz SI-

NAT N°05¹, para aproximação do estudo com o que está sendo praticado atualmente no mercado. As dimensões ficaram definidas como segue: Largura total = 1220 mm, Altura total = 2000 mm, Espessura total = 136 mm e vão luz para instalação da esquadria com Largura = 815 mm e Altura = 815 mm.

Os insumos que compõem o painel de *wood frame* são os seguintes:

- a) Estrutura central, com peças de madeira de Pinus, de largura=110 mm, espessura=25 mm e comprimento variável conforme posição de fixação no painel.
- b) Chapas de OSB para o fechamento e o travamento da estrutura, chapa com espessura de 9,5 mm, posicionada pelos lados interno e externo.
- c) Membrana aluminizada impermeável, flexível à base de papel, como barreira de proteção da estrutura evitando o contato da chapa OSB com a água, com 0,2 mm de espessura.
- d) Placa cimentícia, neste estudo específico tem por finalidade fazer o arremate externo do painel, com espessura de 6 mm. É também barreira contra a umidade para a chapa de OSB externa, base para acabamento externo (pintura ou revestimen-

to) e proteger a membrana impermeável dos atritos mecânicos.

e) Neste experimento foram utilizados parafusos e pregos para fixação da estrutura assim como das placas de OSB e cimentícias.

Conforme demonstrado na figura 16. Já na figura 17, as esquadrias de alumínio são elementos construtivos compostos por perfis e o modelo adotado para o estudo é padrão Alcoa Brasil, cod. INV-JCR200. Os estudos realizados na bibliografia e apresentados na revisão bibliográfica, assim como no protótipo preliminar, mostraram a necessidade da adoção de algum elemento que fizesse a conexão do painel com a esquadria. Na esquadria as medidas externas foram de 800 mm x 800 mm, o que permite folga para encaixe no vão luz do painel que é de 815mm. Vale salientar que o desempenho da esquadria não fez parte do foco desta pesquisa.

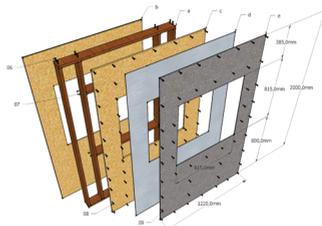


Figura 16 | Projeto de painel de wood frame.

Fonte: Autor (2015)

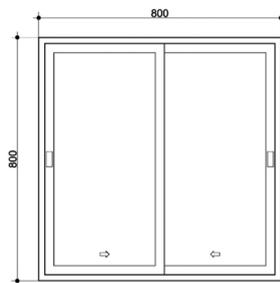


Figura 17 | Esquadria adotada.

Fonte: Catálogo inova, Alcoa 07

Para essa conformação foram executadas múltiplas dobras, corte a 45° nos cantos e união das peças por soldas. As abas superior e inferior são soldadas junto às pingadeiras e a peça recebe tratamento com pintura epóxi. Abas em forma de pingadeiras que conduzem a água para fora, afastando-a da parede foram adotadas. Além dessas abas, também foram criadas abas de anteparo para fixação da esquadria e vedação e também a aba que sobrepõe o vão, acomodada entre a placa cimentícia e a chapa de OSB.

A partir da especificação e detalhamento de todos os elementos, dá-se a montagem do conjunto que será submetido a teste de estanqueidade em laboratório credenciado. Iniciada pela estrutura central do painel por meio das peças de madeira maciça, a estrutura central recebe as placas de OSB para união e fechamento das faces do painel, como mostra as figuras 20 e 21. A figura 22 mostra o painel com a fixação do marco perimetral.



Figura 20 | Montagem da estrutura central.

Fonte: Autor (2015)



Figura 21 | Montagem da estrutura central.

Fonte: Autor (2015)



Figura 22 | Painel com as placas solidarizadas e vão luz definido, na sequência com o marco

Fonte: Autor (2015)

Durante a montagem, na fixação do marco perimetral sobre o painel, observou-se a necessidade de se fazer um rebaixo na placa de OSB para melhor acomodação da aba, alinhando-a com a superfície externa. Após a fixação do marco, este recebeu a fita VHB (fita acrílica dupliface de alta aderência sobre a aba externa para fixação da membrana aluminizada, figura 23. A Manta aluminizada impermeável que recobre toda a superfície externa do painel é visível na figura 24. Já a placa cimentícia que recobre o painel, fixada sobre a manta impermeável, está presente na figura 25 e a instalação da janela no painel na figura 26.



Figura 23 | Aplicação da fita VHB.

Fonte: Autor (2015)



Figura 24 | Aplicação da membrana aluminizada.
Fonte: Autor (2015)



Figura 25 | Aplicação da placa cimentícia sobre o painel.
Fonte: Autor (2015)



Figura 26 | Acabamento e painel finalizado.
Fonte: Autor (2015)

Concluída toda a fase de montagem do painel e a instalação da janela, procede-se a fase dos acabamentos e vedações com polímero à base de silicone. O teste de estanqueidade foi realizado pelo Instituto Tecnológico da Construção Civil (ITEC). O ITEC tem como base a NBR10821, e adota um protocolo próprio de ensaio. A realização do ensaio foi feita na câmara de pressão, equipamento composto por estrutura metálica e sistema hidráulico. Essa estrutura é composta por duas partes: a câmara, onde estão instalados os equipamentos de pressão e água; e o pórtico, onde fica fixada a esquadria a ser submetida ao teste.

A câmara possui entradas e saídas de vento que regulam sua pressão e velocidade. Os aspersores definem a quantidade de água por metro quadrado de esquadria simulando a chuva. Outros equipamentos acoplados são: reservatório de água, bomba d'água, turbina de vento, manômetro de coluna inclinada e painel controle. O painel de *wood frame* foi instalado na câmara de ensaio e, posteriormente, após checagem de funcionamento do conjunto, submetido ao teste de estanqueidade.

Resultados

Os testes foram realizados em duas etapas. Na primeira ocorreram falhas de estanqueidade, sendo registrada a entrada de água por falha de montagem da manta imper-

meável, o que reprovou o primeiro testes, obrigando fazer a substituição da manta impermeável. Num segundo momento, os problemas foram corrigidos, de acordo com a análise do primeiro ensaio. Houve, então, realinhamento do projeto do envelopamento local. Para cada ensaio, o ITEC atribui uma referência para registro e controle. Este foi registrado como PE2560.

Basicamente o painel foi submetido a uma pressão crescente de vento e água, de forma a simular o efeito da chuva sobre eleo painel. A pressão aplicada variou de 0 a 300 Pascal de pressão, o que correspondeu a uma velocidade do vento de 204 km/h, conforme NBR6123. No primeiro ensaio, a partir da pressão de 60 e 80 Pascal, observou-se a ocorrência de infiltração, formação de gotas de água na base inferior interna do painel. Ao se aumentar a pressão para 100, 120, 150, 180 e 200 Pascal, a infiltração continuou pelo mesmo ponto e a água se espalhou pela base inferior do marco. Em consequência, o volume de água que entrou aumentou consideravelmente atingindo novas áreas do painel. Até a finalização do teste, a esquadria foi submetida às demais pressões, 240, 270 e, finalmente, 300 Pascal. Resumidamente, o ITEC transcreveu os dados de ocorrência conforme relatado anteriormente.

Após o término do teste e a constatação dos dados de ocorrências, procedeu-se à análise do fenômeno. Para tanto, a placa cimentícia frontal foi retirada (figura 26 e

27).



Figura 26 | Identificação da falha na membrana de impermeabilização.

Fonte: Autor (2015)



Figura 27 | Identificação da falha na membrana de impermeabilização.

Fonte: Autor (2015)

A análise dos resultados levou à revisão dos detalhes construtivos para correção das possíveis razões de falhas constatadas e submissão do painel a um segundo ensaio. Dessa forma, algumas alterações foram necessárias para sanar os problemas observados.

A primeira delas foi a substituição da membrana de impermeabilização, cujas características não eram adequadas à função. Observou-se que, na montagem do painel, houve a necessidade de se cortar um canto da membra-

na, o que gerou uma fenda e, através dessa fenda, ocorreu a infiltração. Uma vez molhado, o material da base da membrana, papel, se diluiu diminuindo sua resistência à entrada de água no painel. A nova membrana especificada (tipo “Tyvek” ou “Typar”) era hidrófuga, impermeável à água na face externa e permeável ao vapor na face interna

A segunda alteração do projeto foi a adoção do rebaixo em todo o perímetro do marco perimetral, para acomodar a aba. Dessa forma, foi possível eliminar a fita dupla face por 2 razões: em primeiro lugar, a membrana foi aplicada de forma diferente da primeira etapa; e em segundo pela incompatibilidade entre o material da fita e o da membrana.

Para o ajuste do painel na nova situação se seguiram as seguintes etapas: Inicialmente foram retirados os componentes do painel, de modo a fazer a substituição, limpeza e posteriormente montar o painel definitivo para o segundo teste. A aplicação da membrana seguiu orientação diferente da primeira (figura 24). Foram realizadas dobras e superposição de camadas conforme Lstiburek (2006), observando-se os cuidados com manuseio em especial evitando que os cortes de encaixe ficassem expostos provocando a entrada de água.



Figura 28 | Aplicação da membrana hidrófuga.

Fonte: Autor (2015)



Figura 29 | Preparo para aplicação da placa cimentícia.

Fonte: Autor (2015)

300



Figura 30 | Fixação da placa cimentícia.

Fonte: Autor (2015)



Figura 31 | Painel finalizado.

Fonte: Autor (2015)

Finalmente, houve nova fixação da manta sobre o painel (figura 28). Após a fixação do marco perimetral sobre a membrana hidrófuga, foi utilizada uma fita adesiva impermeável de 50 mm, cuja função foi o isolamento do vinco da interface entre o painel e o marco. Para se obter esse resultado, a fita adesiva foi fixada metade (25 mm) sobre a aba do marco e a outra metade (25 mm) sobre a membrana hidrófuga.

Na sequência da montagem do painel, fez-se a remontagem da placa cimentícia (figura 30) e a instalação da esquadria de alumínio (figura 31). Para tanto, seguiu-se o mesmo procedimento da primeira etapa, inclusive utilizando-se os mesmos furos. Ressalta-se que para aplicação da placa cimentícia foram tomados cuidados apropriados de modo a não causar danos à face da membrana.

Concluídas essas etapas, o painel foi finalizado para a submissão ao segundo teste de estanqueidade à água, também no ITEC, da mesma forma que no primeiro ensaio. O segundo teste foi identificado como "PE3295". Finalizado o ensaio de estanqueidade no painel, foi constatado que não houve nenhum ponto de infiltração referente à interface esquadria x painel de *wood frame* (tabela 01).

Parâmetros		Teste 01		Teste 02	
Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências na interface	status	Ocorrências na interface	Status
0	15	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok
20	05	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok
40	05	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok
60	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
80	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
100	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
120	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
150	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
180	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
210	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
240	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
270	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
300	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok

Tabela 1 | Comparativo dos dados resultante dos dois testes de estanqueidade.

Fonte: Autor (2016)

O resultado prático assegurou a solução desenvolvida como um processo técnico inovador e bem-sucedido. Os relatórios de teste elaborado pelo ITEC permitem afirmar que o resultado quanto à estanqueidade da interface foi totalmente bem sucedido. Para melhor entendimento dos dados utilizados no ensaio, foram feitas as correlações entre as pressões e velocidades de vento, conforme definidos pela NBR 6123.

Na tabela 01, observa-se o comparativo dos dados relacionados à interface do painel com a esquadria, no que diz respeito à estanqueidade e ocorrências durante o ensaio. No decorrer do ensaio, observou-se que o surgimento da água se deu na folha da janela ao lado direito no plano interno do trilho, a uma pressão de 20 Pa (Pascal). Posteriormente, na sequência do teste, com o aumento da pressão e, conseqüentemente, aumento do volume de água, esta se espalhou pelo trilho e transbordou do lado esquerdo da esquadria. A ocorrência observada aos 180 Pa de pressão (157,54 km/h), o que é revelador sobre a capacidade de vedação da própria esquadria, que se mostrou insatisfatória.

Embora o foco do trabalho não tenha sido a qualidade da esquadria, fica claro que o bom desempenho da interface deve ser compatível com o da esquadria. Caso contrário, todo o esforço empregado no tratamento da interface se torna inócuo. Problemas relacionados à estanqueidade já

descritos aparecerão, agora não por problemas da interface, mas da esquadria propriamente dita.

Sobre os requisitos de desempenho de estanqueidade aplicados, o resultado obtido atendeu plenamente às NBR6123, forças devidas ao vento nas edificações, principalmente no quesito pressão de vento e chuva, NBR10821, esquadrias para edificações, requisitos e classificação e NBR15575, norma de desempenho de edificações, parte de número quatro que trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. A análise comparativa entre os testes 01 e 02 mostra que as alterações de projeto, materiais envolvidos e execução do protótipo foram responsáveis pelo excelente desempenho do sistema em relação à estanqueidade da interface esquadria / painel. A velocidade de vento máxima aplicada no ensaio de 203 km/h, que corresponde a uma pressão de 300 Pa, não foi suficiente para causar a infiltração na interface do painel. Verifica-se, portanto, a importância da utilização do marco perimetral com resolução do problema proposto na pesquisa.

Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de marco perimetral como elemento para garantir estanqueidade da interface painel/esquadria de alumínio no sistema construtivo *Wood Frame*. Na intenção de tornar

os resultados realistas e aplicáveis, o estudo se desenvolveu utilizando-se o modelo de painel de *Wood Frame*, tal qual acreditado pelo SINAT nº 005 no Brasil. Para a esquadria de alumínio utilizou-se um modelo padrão usual de mercado fornecido por uma empresa local. Realizado o estudo, as seguintes conclusões foram tiradas:

- Os resultados dos testes demonstraram que a utilização do marco perimetral para a estanqueidade na interface entre esquadria e painel foi fundamental para o bom desempenho do conjunto, atendendo 100% às prescrições normativas.
- O bom resultado obtido no segundo teste foi possível devido à correção das imperfeições de projeto constatadas no primeiro teste.
- Ressalta-se que mesmo com materiais de qualidade aceitável, o manuseio e o uso de ferramental adequado são extremamente importantes para se garantir a qualidade do conjunto.
- Os ensaios foram fundamentais na verificação do funcionamento do elemento proposto e a utilização de laboratórios creditados para os ensaios dão credibilidade ao resultado da pesquisa.
- A montagem dos painéis em uma indústria de fabricação com suas esquadrias incorporadas pode reduzir sensivelmente as imprecisões quando comparada ao processo de montagem no canteiro, reduzindo por consequência problemas de estanqueidade da interface entre

os dois elementos.

Em síntese, o desenvolvimento e a aplicação do marco perimetral como elemento importante para a resolução do problema de estanqueidade fica validado já no estudo da literatura. Por meio dos resultados dos ensaios de laboratório, pode-se afirmar que o marco perimetral proposto pode ser fundamental para a composição do sistema *Wood Frame*, tal como tem sido executado no país utilizando-se esquadrias de alumínio produzidas em escala industrial.

Referências

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações Patológicas Em Empreendimentos Habitacionais De Baixa Renda Executados Em Alvenaria Estrutural: Uma Análise De Relação Causa E Efeito**. Dissertação de Mestrado, UFRS – Escola de Engenharia, Porto Alegre - RS, 2008.

BRATKE, C. Depoimentos. In. ASSOCIAÇÃO DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO – AFEAL, **Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia**, Cidade - SP, 2008.

SCHMITT, A. Depoimentos. In. ASSOCIAÇÃO DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO – AFEAL, **Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia**, Cidade - SP, 2008.

CARDOSO, A. B. **Esquadrias de Alumínio no Brasil, Histórico, Tecnologia, linhas atuais, Gráficos de desempenho**. 1. Ed. São Paulo: ProEditores, 2004, 302p.

FIGUEROLA, V. Fachadas Unitizadas Podem Se Adaptar à Linguagem Arquitetônica Do Projeto, Às Características Da Obra E Ao Clima Do Local. **Revista Técnica**, São Paulo, Ed. 217, p. 18 a 23, abr/2015.

FIGUEROLA, V. Uso De Estruturas Metálicas Com Fechamentos Industrializados Exige Detalhamento Cuidadoso De Interfaces. **Revista Técnica**

ne, São Paulo, Ed. 204, p. 20 a 23, mar/2014.

FIGUEROLA, V. Painéis de vedação pre fabricados mistos. **Revista Técnica**, São Paulo, Ed. 191, fev/2013.

HOME TO CANADIANS – CMHC (Canada mortgage and Housing Corporation). **Canadian wood Frame house construction**, Revised 2013, Canadá.

LSTIBUREK, J. **Water Management Guide**. Building Science Press Inc, 2006.

MOCH, T. **Interface Esquadria / Alvenaria: Análise Das Manifestações Patológicas Típicas E Propostas De Soluções**. 2009, Pág. 178. Dissertação de Mestrado. UFRGS, RS, 2009

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS. NBR6123: **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, Maio 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10821: Caixilhos para edificação – Janelas**. Rio de Janeiro, Fev 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15575: **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, Fev 2013.

REIS, M. N. **Esquadrias de Alumínio: Análise dos critérios de escolha destes componentes em edifícios de apartamentos, padrão médio-alto, na cidade de São Paulo**. 2011. Pág 257. Tese de Doutorado. FAU/ USP, SP. 2011.

SINAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica. **Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)**. Diretriz Sinat nº005. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional da Habitação. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitar (PBQP-H)**. Setembro 2011, Brasília, DF.

TOLEDO, R.; ABREEU, A. F.; JUNGLES, A. E. (2000). **A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 8. Bahia. In: Anais... Bahia: ANTAC