



# SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

## AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO DE ACORDO COM A NORMA DE DESEMPENHO

**PAGNUSSAT, Julio Cezar (1); COSTELLA, Marcelo Fabiano (2); LANTELME, Elvira Maria Vieira (3); SOUZA, Nicolas Staine de (4)**

(1) Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ, juliopag@unochapeco.edu.br, (2) UNOCHAPECÓ, costella@unochapeco.edu.br, (3) Faculdade Meridional - IMED, elvira.lantelme@imed.edu.br, (4) UNOCHAPECÓ, nicolasstaine@unochapeco.edu.br

### RESUMO

A proposta deste artigo é o desenvolvimento de ensaios prescritos pelas normas NBR 15.575 e NBR 10.821 para a avaliação de linhas homologadas e não homologadas de esquadrias de alumínio. Como os valores dos ensaios eram proibitivos, desenvolveu-se a metodologia dos ensaios no laboratório da Universidade. Para a realização dos ensaios de resistência ao esforço horizontal no plano da folha com dois cantos imobilizados, resistência ao esforço horizontal no plano da folha com um canto imobilizado, resistência à flexão e arrancamento das articulações foi criado um pórtico, através do qual a peça a ser ensaiada era carregada com anilhas de peso e a medição realizada por aparelhos anexos ao equipamento. Dentre os resultados obtidos, tanto a linha homologada quanto a não homologada atenderam ao ensaio de esforço horizontal no plano da folha com dois cantos imobilizados e arrancamento das articulações. No ensaio de resistência à flexão, a linha não homologada apresentou deslocamento um residual máximo superior ao limite da norma. Já no ensaio de resistência ao esforço horizontal no plano da folha com um canto imobilizado, a esquadria homologada sofreu um deslocamento lateral na folha móvel ensaiada e apresentou perda no desempenho na abertura e fechamento.

**Palavras-chave:** Esquadrias de alumínio, Desempenho, Ensaios laboratoriais.

### ABSTRACT

*This article proposes the development of tests prescribed by the NBR 15,575 and NBR 10,821 standards for the evaluation of approved and unapproved lines of aluminum frames. Since the costs of the tests were prohibitive, the methodology of the tests was developed in the laboratory of the University. To conduct the horizontal stress tests in the sheet direction with two immobilized corners, the horizontal stress test with one immobilized corner, the bending strength test and the pullout strength of the joints test, a frame was created, through which the part to be tested was loaded with weights, and the measurements were performed by devices attached to the equipment. Among the results, it was found that both the approved and unapproved line passed the horizontal strength test in the sheet direction with two corners immobilized and the pullout strength of the joints test. In the bending strength test, the unapproved line presented a displacement with a maximum residual exceeding the limits of the standard. In the horizontal strength test with one corner immobilized, on the other hand, the approved frame suffered a lateral displacement in the mobile sheet tested and presented loss in performance in opening and closing.*

**Keywords:** Aluminum frames, Performance, Laboratory tests.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade de se ter um padrão de desempenho a ser estabelecido pela indústria da construção no Brasil foi desenvolvida a NBR 15.575 (ABNT, 2013a). Segundo Tamaki e Battagin (2010), apesar dos questionamentos, a norma de desempenho

brasileira é mais avançada que muitas outras internacionais no que diz respeito às esquadrias.

Conforme o perfil do mercado atual o cliente final é o principal fiscal responsável pela cobrança da melhora desses produtos (MENDES, 2006). Além disso, segundo Brito (2009), as esquadrias de alumínio estão entre os produtos que apresentam maior índice de reclamações dos consumidores, sendo que estas tem um papel relevante na composição de custos de uma obra, conforme Fontanini (2004) representa cerca de 4 a 10% do custo total de uma obra vertical. Segundo Nakamura (2009), os problemas ocorrem de maneira não intencional em função da redução da espessura dos perfis e almas da janela para diminuição do custo do produto que influenciam na resistência mecânica da janela. A partir dessa constatação e devido à concorrência existente no mercado da construção civil, alguns fabricantes trataram de se adaptar às solicitações dos clientes e passaram a produzir esquadrias de alumínio com desempenho e segurança adequados (GOMES; QUELHAS, 2010).

Em função do exposto, o objetivo desse artigo é desenvolver os ensaios de avaliação de resistência mecânica presentes na NBR 15575 (ABNT, 2013a) e NBR 10821 (ABNT, 2011a) no laboratório da Unochapecó para uma linha homologada e uma linha não homologada de esquadrias de alumínio.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Ensaios em esquadrias de alumínio nas normas NBR 15.575 e NBR 10.821**

A NBR 15.575-4 (ABNT, 2013b) refere-se às esquadrias de alumínio como Sistemas de Vedação Interno e Externo (SVVIE), porém a norma acaba incluindo além das esquadrias as paredes de alvenaria, portas de madeira, etc. Em função disso, a NBR 15.575-4 (ABNT, 2013b) referencia a NBR 10821, partes 1, 2 e 3 ((ABNT, 2011a,b,c), às quais se referem à terminologia, requisitos, classificação e métodos de ensaio para as esquadrias externas para edificações.

Os ensaios de permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistências às cargas de vento e operações de manuseio deveriam estar disponíveis nas Instituições Técnicas Avaliadoras (ITA) no Sul do Brasil, quais sejam: Lactec no Paraná, SENAI-Criciúma em Santa Catarina e ITT Performance-Unisinos no Rio Grande do Sul. Entretanto, somente um desses três laboratórios (ITT Performance) possui os ensaios disponíveis, mas o custo deles ultrapassa os 27 mil reais para cada amostra (PAGNUSSAT, 2014).

Na Figura 1 são apresentados os ensaios requeridos pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013b) e NBR 10821-3 (ABNT, 2011c) para as esquadrias de alumínio do tipo correr e maxim-ar e a justificativa para o foco desse artigo ocorrer na avaliação da resistência mecânica.

Tendo em vista o comportamento mecânico de uma esquadria, ela deverá resistir aos agentes atmosféricos, aos esforços induzidos pelos demais componentes do edifício, às vibrações e aos esforços devidos ao uso. No caso da esquadria não atender ao comportamento mecânico adequado, as consequências podem estar ligadas à penetração de água para o interior da unidade, deformações no perfil do marco e mau funcionamento das janelas durante as operações de manuseio (ANTUNES, 2004).

Figura 1 – Tabela de relação dos ensaios e viabilidade

Ensaio	Foi realizado?	Por que?
Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento	Não	Necessita de equipamento específico para teste de abertura e fechamento.
Estanqueidade à água	Não	Necessita de câmara de água e ar para os testes de estanqueidade e penetração de ar com alto custo de implantação
Verificação da penetração do ar	Não	
Verificação de comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas	Não	Necessita de pórtico de cargas do tamanho da janela ensaiada, o que não estava disponível.
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com um canto imobilizado	Sim	Criado pórtico para elaborar os ensaios.
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com dois cantos imobilizados	Sim	
Resistência à flexão	Sim	
Arrancamento das articulações	Sim	
Desempenho térmico	Não	Ambos os ensaios são complexos e exigem equipamentos (ex.: fontes e receptores acústicos) e instalações específicas (ex.: câmaras de reverberação) com altos custos.
Desempenho acústico	Não	

Fonte: Elaboração dos autores.

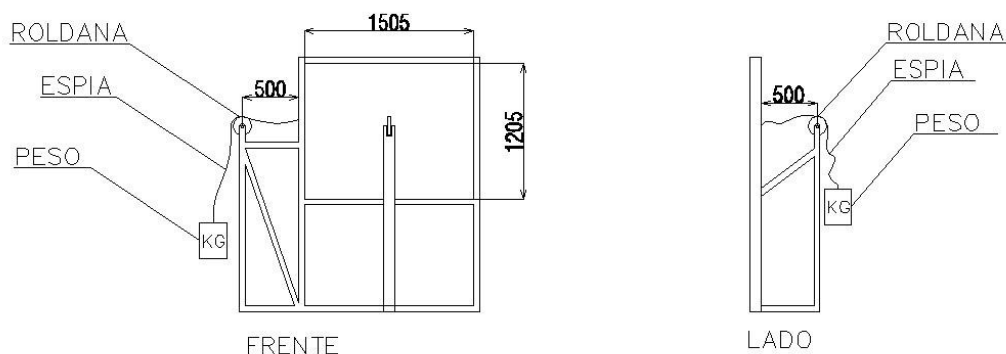
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Elaboração dos ensaios

Após a verificação dos ensaios necessários (Tabela 1) e o estudo de viabilidade dos ensaios possíveis de serem realizados no laboratório da Universidade, ficou definida a realização dos seguintes ensaios: resistência ao esforço horizontal no plano da folha com dois cantos imobilizados, resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com um canto imobilizado, resistência à flexão e arrancamento das articulações.

Para realizar os ensaios foi criado um equipamento (Figura 1) feito com tubos de ferro no qual serão fixados os aparelhos de medição e os que aplicaram as cargas. Na elaboração do equipamento foram utilizados tubos de ferro de 30x70 cm com espessura de 0,9 mm. As cargas utilizadas foram anilhas com pesos de 5 kg, 3 kg, 2 kg e 1 kg. Para a elaboração dos ensaios elas foram divididas em oito grupos de 5 kg.

Figura 1 – Projeto do pórtico



Fonte: Elaboração dos autores.

### 3.2 Elaboração das amostras

Para elaborar os ensaios foram fabricadas duas esquadrias de 1,20 m x 1,00 m de duas folhas de correr e duas janelas maxim-ar em duas linhas, sendo uma delas sem homologação por nenhuma distribuidora e outra homologada por uma distribuidora de alumínio. Para cada ensaio foi elaborado uma única amostra, em virtude do elevado custo para a fabricação da mesma. Em cada ensaio houve apenas um procedimento sem repetições em função da deformação que a janela sofreu durante os ensaios.

### 3.3 Realização dos ensaios

#### 3.3.1 Resistência ao esforço horizontal no plano da folha com dois cantos imobilizados

Para instalar a esquadria no equipamento foram utilizados parafusos com 6 mm de espessura e 7 cm do comprimento, o parafuso foi parafusado perpendicular ao marco da esquadria e ao tubo de ferro da estrutura, fazendo com que o marco fique totalmente preso ao pórtico de ensaio. Com a esquadria instalada no pórtico de ensaio foram instalados os aparatos de aplicação das cargas no centro da folha móvel interna conforme descrito pela NBR 10.821-3 (ABNT, 2011a), essa carga aplicada no centro da folha é aplicada no sentido de fechamento da mesma.

Com o aparato ligado ao perfil da folha móvel foram feitos os travamentos. Para travar as folhas móveis foi utilizada madeira de cedro conforme descrito pela NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c). As peças foram cortadas no formato quadrado com 2 cm de lado e comprimento total de 60 cm. Para travamento da folha foram instaladas as peças na parte inferior e outra na parte superior na esquadria. Com todo o sistema montado iniciou-se o processo de aplicação das cargas. Os pesos foram aplicados de 5 kg em 5 kg até atingir 40 kg (400 N), conforme descrito na NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c).

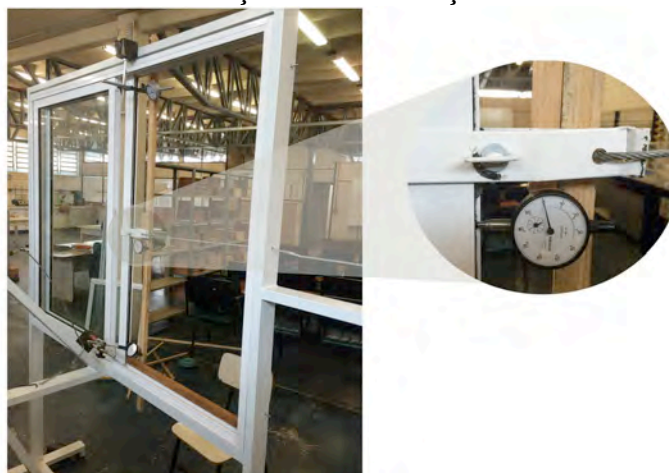
Depois de toda a carga aplicada aguardou-se o tempo de 3 minutos para remoção das mesmas. Com as cargas removidas foi elaborado o teste de abertura e fechamento, abrindo e fechando totalmente as folhas móveis em um total de cinco ciclos.

### 3.3.2 Resistência ao esforço horizontal no plano da folha com um canto imobilizado

A instalação da esquadria no pórtico de ensaio foi realizada da mesma forma que descrita no item 3.3.1. Com a esquadria instalada no pórtico de ensaio foi realizado o processo de abertura e fechamento das folhas móveis e então instalados todos os aparatos de ensaios.

Foram instalados seguindo o critério da NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c) os extensômetros distantes 3 cm das bordas inferior e superior e 3 cm abaixo do aparato instalado ao perfil para aplicação da carga pontual. Com todos os equipamentos instalados foi feita a fixação da folha na parte inferior utilizando-se da mesma peça de madeira de cedro do ensaio anterior. Logo após foi feita a medição das marcações iniciais que estavam os extensômetros (figura 2). Quando atingido a carga, efetuou-se o procedimento conforme item anterior.

**Figura 2 – Esquadria imobilizada em um canto, aparatos e extensômetros para medição de deformação**



Fonte: Elaboração dos autores.

### 3.3.3 Resistência à flexão

Com o equipamento instalado iniciou-se o processo de aplicação das cargas. Foram aplicadas cargas, progressivamente de 5 em 5 kg, até atingir a carga máxima estipulada pela NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c) que são 40kg. Depois de toda a carga aplicada foi aguardado o tempo de 3 minutos e removida toda a carga do sistema. Com as cargas removidas foi então feito a remoção da aplicação das cargas e, por fim, testadas as folhas móveis da esquadria, realizando 5 ciclos completos de abertura e fechamento.

### 3.3.4 Arrancamento das Articulações

As esquadrias maxim-ar foram instaladas utilizando parafusos de 7 cm de comprimento parafusados lateralmente ao marco e o pórtico de ensaio. Para fixar as esquadrias foram tomados os devidos cuidados quanto ao prumo do marco. Com as esquadrias devidamente instaladas no pórtico de ensaio, utilizando um medidor de grau digital foi realizado o posicionamento da folha móvel em 7° de abertura em relação ao marco da folha conforme prescrito na NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c).

Figura 3 – Aparato para aplicação da carga na folha móvel da maxim-ar



Fonte: Elaboração dos autores.

Para manter a folha posicionada em 7° a NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c) foi utilizado uma peça de madeira de cedro quadrada com 2 cm de lado e aproximadamente 6 cm de comprimento, fixado na lateral do pórtico impedindo então que ocorra o fechamento da folha no decorrer do ensaio. Com todos os equipamentos instalados iniciou-se o processo de aplicação das cargas. Foram aplicadas cargas progressivamente de 5 em 5 kg até atingir 20 kg (200 N). Depois de toda a carga aplicada (Figura 3) aguardou-se o tempo de 3 minutos e efetuou-se o procedimento conforme itens anteriores.

#### 4 RESULTADOS DOS ENSAIOS

Em relação à resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com dois cantos imobilizados (Tabela 2), pode-se afirmar que tanto a linha homologada quanto a linha não homologada não tiveram suas funcionalidades afetadas, sendo que o deslize das folhas ainda estava suave e o trinco ainda assim funcionava travando de maneira correta as folhas ao marco.

Para a resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com um canto imobilizado, com a carga total aplicada a esquadria homologada observou-se deslocamentos na parte superior da folha móvel de 21,15 mm, no centro da folha de 11,03 mm e na parte inferior da folha (local onde foi travada) de 2,3 mm. Depois da remoção das cargas na folha, observou-se um deslocamento residual de 10,47 mm na parte superior, 5,15 mm na parte central da folha e 1,36 mm na parte inferior da folha. Com base na fórmula prescrita pela NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c), a deformação máxima foi de 3,34 mm para a esquadria da linha homologada.

Para a esquadria da linha não homologada os resultados de deslocamentos máximos na parte superior de 32,75 mm, na parte central da folha móvel de 16,8 mm e na parte inferior (local onde foi travada) de 3,4 mm. Já os deslocamentos residuais na parte superior de 17,6 mm, na parte central da folha de 8 mm e na parte inferior de 1,43 mm. Assim, a deformação máxima residual na linha não homologada foi de 5,51 mm.

Tendo em vista os limites descritos pela NBR 10.821-2 (ABNT, 2011b) no qual a deformação residual máxima deve ser de 0,4% do comprimento livre do perfil ensaiado, ou seja, máximo de 4,48 mm. Portanto, conclui-se que apenas a linha homologada ficou abaixo da deformação máxima.

No ensaio de resistência à flexão, as esquadrias da linha homologada deformaram mais que a esquadria da linha não homologada. Isso resultou no fato de que a funcionalidade da linha homologada sofreu algumas alterações, sendo que a abertura da folha móvel externa foi afetada, fazendo com que o usuário passasse a ter dificuldades na abertura. Já a linha não homologada não sofreu nenhuma alteração nas funcionalidades e continuava deslizando suavemente sobre os

No ensaio de arrancamento das articulações foram aplicadas cargas pontuais ao centro da folha na parte inferior, realizando o travamento de somente uma das laterais. Depois de toda a carga aplicada foram realizados os ensaios nas folhas móveis. A maxim-ar da linha homologada não sofreu nenhuma alteração em suas funcionalidades assim como na linha não homologada.

A tabela 2 relaciona os resultados obtidos nos ensaios realizados com os requisitos da norma NBR 10.821-2 (ABNT, 2011b), apresentando a condição de atendimento alcançada.

**Tabela 2 – Resumo dos resultados para linha homologada e não homologada**

<b>Ensaio</b>	<b>Linha homologada</b>	<b>Linha não homologada</b>
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com dois cantos imobilizados	Atende	Atende
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha com um canto imobilizado	Atende	Não Atende*
Resistência á flexão	Não Atende**	Atende
Arrancamento das articulações	Atende	Atende
*Esquadria apresentou deslocamento residual máximo superior ao limite imposto pela NBR 10.821-2.		
**Esquadria sofreu um maior deslocamento lateral na folha móvel ensaiada e apresentou perda no desempenho na abertura e fechamento.		

Fonte: Elaboração dos autores.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora a estrutura de ensaio utilizada tenha sido elaborada pelos autores desta pesquisa, tendo esta nenhum tipo de certificação de institutos, o processo de realização de ensaios ocorreu de modo a poder respeitar todas as recomendações da NBR 10.821-3 (ABNT, 2011c) reagindo ergonomicamente de forma positiva não prejudicando o procedimento de ensaio neste sentido, dando aos ensaios realizados um grau de confiabilidade de resultados suficientes para a elaboração da presente pesquisa.

Conforme apresentado, nos ensaios elaborados, o desempenho de resistência mecânica das esquadrias homologadas e não homologadas apresentam um grau de conformidade semelhante, mas não o suficiente para atender os requisitos da NBR 15.575-4 (ABNT, 2013b). Considerando-se que as linhas homologadas estão em constante processo de aprimoramento técnico, estas podem vir a atender as demandas quanto à normatização de desempenho, no entanto as esquadrias de linha não homologada é uma linha obsoleta e inerte no mercado, não contendo mais atualizações para a mesma concluindo-se que

esta é uma esquadria que terá maior dificuldade para manter-se no mercado em longo prazo.

Como medida corretiva para as esquadrias de linhas homologadas os perfis devem resistir mais aos esforços que foram submetidos, para tanto se devem criar reforços em pontos estratégicos no interior do perfil de alumínio, estes, tem como objetivo reforçar as paredes do perfil fazendo com que o mesmo resista a um maior momento flexor. Outra alternativa também seria aumenta a espessura do perfil. Esses reforços normalmente são criados por engenheiros responsáveis das indústrias que fabricam os perfis.

Com a pesquisa e os ensaios que foram realizados, pode-se concluir ainda que existe uma grande variedade de esquadrias presentes no mercado atual e alguns argumentos de venda não são coerentes com os produtos vendidos, já que hoje algumas empresas afirmam que produtos homologados possuem uma qualidade superior aos não homologados, o que não pôde-se verificar mesmo não realizando a totalidade dos ensaios recomendada pela normatização de desempenho.

Esse artigo também serve para a discussão acerca dos ensaios necessários para o cumprimento da NBR 15575, os quais ainda se encontram distantes dos construtores e fabricantes, especialmente no interior do país.

## **REFERÊNCIAS**

- ANTUNES, B. Janelas da norma. **Revista Construção Mercado**, São Paulo: Pini, ano 57, n. 35, p. 189-194, jun. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821-1**: Esquadrias externas para edificações - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821-2**: Esquadrias externas para edificações – Requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2011b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821-3**: Esquadrias externas para edificações - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011c.
- BRITO, J. N. S. **Retroalimentação do processo de desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social a partir de reclamações de usuários**: estudo no Programa de Arrendamento Residencial. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil**: aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, 2004.
- GOMES, C. S., QUELHAS, O. L. G. A importância da marca de certificação como estratégia de marketing na indústria de esquadrias de alumínio padronizadas. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p.71-93, 2010.
- MENDES, G. Qualidade na janela. **Revista Construção Mercado**. São Paulo, ago. 2006.
- NAKAMURA, J. Janelas de conforto. **Revista Técnica**, São Paulo, Pini, ano 17, n. 152, p. 64-66, nov. 2009.



**SIBRAGEC - ELAGEC 2015** – de 7 a 9 de Outubro – **SÃO CARLOS – SP**

PAGNUSSAT, J. C. **Aplicabilidade dos ensaios da NBR 15.575 em esquadrias de alumínio no laboratório da Unochapecó e verificação do desempenho de esquadrias não homologadas.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Unochapecó, Chapecó, 2014.

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. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia da Arquitetura, FAUUSP, São Paulo, 2011.

TAMAKI, L., BATTAGIN, I. Vale o desempenho. **Revista Techné.** São Paulo, maio 2010.