

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

EDUARDO SAEGER CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E AS DE
PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

João Pessoa

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

EDUARDO SAEGER CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E AS DE
PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho apresentado à banca examinadora da Universidade Federal da Paraíba como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Orientador: Prof.º Dr Paulo Germano Toscano Moura.

João Pessoa

2017

A345e Albuquerque, Eduardo Saeger Cavalcanti de

Estudo comparativo entre es as esquadrias de alumínio e as de PVC na construção civil./ Eduardo Saeger Cavalcanti de Albuquerque. – João Pessoa, 2017.

39f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Paulo Germano Toscano Moura.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Esquadria 2. Esquadrias em Alumínio 3. PVC I. Título.

BS/CT/UFPB

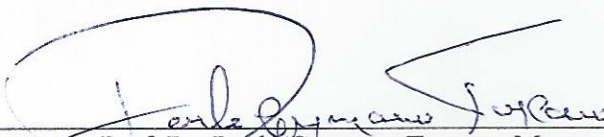
CDU: 691.771(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO


EDUARDO SAEGER CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

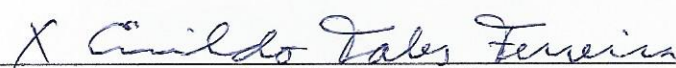
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E AS DE PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso em 29/11/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Paulo Germano Toscano Moura
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



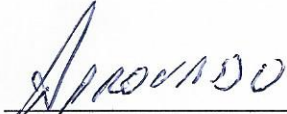
X 

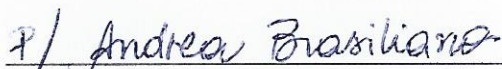
Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira
Instituição

APROVADO

+ 

Prof. Dr. Ubiratán Henrique Oliveira Pimentel
Instituição





Prof.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

RESUMO

As esquadrias representa um dos itens mais caros de um empreendimento da construção civil, sendo assim, é necessária sempre a realização de estudos comparativos entre materiais ofertados e com novas tecnologias para à aplicação. Tendo em vista que o PVC poderá estar ganhando mercado nos próximos anos, este estudo faz um comparativo entre os materiais alumínio e PVC. As esquadrias tem que obedecer alguns itens citados em normas técnicas, tais como, a estanqueidade à água, permeabilidade do ar, resistência ao vento, durabilidade, isolamento termo-acústico, entre outros. Dessa forma, mostraremos os processos de produção e normas técnicas de cada um dos dois materiais em estudo. Por fim, foi realizado um comparativo de custos entre as esquadrias de alumínio e PVC e analisado o mercado deste produto na cidade de João Pessoa-PB.

Palavras-chaves: Esquadrias, esquadrias em alumínio, PVC.

ABSTRACT

Frames represent one of the most expensive items of a construction, so it is always necessary to carry out comparative studies between materials offered and with new technologies for the application. Given that PVC may be gaining market in the coming years, this study makes a comparison between aluminum and PVC materials. The frames have to obey some items cited in technical standards, such as watertightness, air permeability, wind resistance, durability, thermo-acoustic insulation, among others. From this form, we will show the production processes and technical standards of each of the two materials under study. Finally, a cost comparison was made between the aluminum and PVC frames and the market for this product was analyzed in the city of João Pessoa-PB.

Keywords: Frames, aluminum frames, PVC.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS	6
2.1	Objetivo Geral	6
2.2	Objetivo específico	6
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	7
4	JUSTIFICATIVA	7
5	ESQUADRIAS EM ALUMÍNIO	8
5.1	Histórico	8
5.2	O alumínio no Brasil	8
5.3	Sistemas e tipologias	9
5.4	Itens da esquadria de alumínio	12
5.4.1	Contramarco	13
5.4.2	Marco	13
5.4.3	Folhas	14
5.4.4	Acessórios	15
5.4.5	Vidros	18
5.5	Fabricação das esquadrias de alumínio	18
5.6	Instalação da esquadria	19
5.7	Características da esquadria de alumínio	20
5.8	Patologias em esquadria de alumínio	21
6	ESQUADRIAS EM PVC	21
6.1	História da esquadria em PVC	21
6.2	Tipologias	22
6.3	Itens das esquadrias em PVC	24
6.4	Característica das esquadrais em PVC	24
6.5	Fabricação das esquadrias de PVC	25
7	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESQUADRIA EM ALUMÍNIO E PVC	26
7.1	Normas técnicas e programas de qualidade	26
7.2	Comparativo das características das esquadrias	29
7.2.1	Durabilidade	29
7.2.2	Isolamento termo-acústico	29

7.2.3	Design e aparência	29
7.2.4	Resistência contra incêndios	30
7.3	Comparativo de custos	30
8	CONCLUSÕES.....	32
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A construção civil a cada dia impõe padrões de qualidade mais rigorosos. Com isso, faz-se necessário cada vez mais a utilização de itens com maior qualificação. Com isso, houve uma grande evolução tanto nos materiais utilizados como nos processos de fabricação e instalação. As esquadrias não são exceção, com o passar dos anos foram desenvolvidos novas formas de produção para atender requisitos de qualidade exigidos.

Para se ter um bom desempenho, as esquadrias devem seguir alguns aspectos, como por exemplo, estanqueidade à água e ao vento, isolamento acústico, resistência às cargas de vento e resistência aos esforços de uso. Para isso existem laboratórios que fazem ensaios para determinar se a esquadria possui o requisito para ser utilizada.

O alumínio é o material mais utilizado para confecção de esquadrias devido as suas qualidades estruturais. Contudo, também se utilizam a madeira, aço e PVC. A madeira possui vantagens por ser facilmente trabalhável bom desempenho de caixilhos e bom isolamento acústico. O aço é um material muito resistente sendo útil para esquadrias com grandes dimensões. Já o PVC possui qualidades semelhantes as do alumínio, porém tem pouca resistência estrutural, necessitando de perfis em aço para reforços internos (DUARTE, 2011).

A partir disto, este trabalho tem o objetivo de comparar as esquadrias confeccionadas em alumínio com as em PVC, avaliando características como resistência estrutural, estanqueidade de água e ar, isolamento acústico, facilidade de manuseio, durabilidade, facilidade de manutenção e custos.

Com isto, foi realizado visitas as fábricas de montagem de esquadrias de alumínio e PVC localizadas na cidade de Cabedelo - PB, atendendo ao mercado da Paraíba. Nesta visita pode ser visto todo o processo de fabricação, desde a estocagem dos perfis até a peça acabada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estabelecer estudos comparativos entre as esquadrias de alumínio e PVC para à aplicação nas edificações.

2.2 Objetivo específico

- Apresentar as vantagens e desvantagens do uso das esquadrias de alumínio;
- Apresentar as vantagens e desvantagens do uso das esquadrias em PVC.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para este trabalho foi realizado levantamento bibliográfico em livros, revistas, manuais e normas técnicas voltadas ao assunto em questão.

Para isto foi realizado também visitas às empresas que realizam montagens de esquadrias de alumínio e PVC e obras concluídas na cidade de João Pessoa, onde pode ser visto informações técnicas e opiniões de profissionais na área.

4 JUSTIFICATIVA

Os produtos em estudo neste trabalho se revestem de grande importância na indústria da construção civil principalmente pelos problemas de infiltrações gerados, causando desconfortos aos usuários e contribuindo para diversas patologias nas fachadas.

As esquadrias devem obedecer a diversos requisitos, como por exemplo, estanqueidade à água e ao vento, isolamento acústico, resistência às cargas de vento e resistência aos esforços de uso. Sempre obedecendo a normas para melhor eficiência. Com isto necessita-se de mais estudos para discutir e aprimorar o produto final.

Este trabalho visa em mostrar a linha de produção e tipologias de esquadrias de alumínio e PVC utilizadas para os diversos tipos de obras e padrões econômicos. Sendo mostrado o fluxograma desde o recebimento até a montagem final.

Além disso, será realizado um comparativo com esquadrias em PVC, onde será possível mostrar vantagens e desvantagens de cada um dos materiais empregados, servindo de consulta para profissionais da área que estiver em dúvida em qual tipo escolher.

5 ESQUADRIAS EM ALUMÍNIO

5.1 Histórico

A produção em escala industrial do alumínio foi obtida por Charles Martin Hall, nos Estados Unidos, e Louis Toussaint Héroult, na França, quando obtiveram o metal puro a partir da dissolução eletrolítica de óxido de alumínio em banho de criolita. O processo Hall-Héroult, como é conhecido, ainda é o principal processo de produção de alumínio. Anos mais tarde, a necessidade de fabricar produtos mais leves e resistentes impulsionou a indústria do alumínio (ABAL, 2011, p.1).

Até a década de 50, predominava as esquadrias de madeira ou perfis de ferro laminado. O alumínio surgiu no final da década de 50 e possuía como principal vantagem a boa trabalhabilidade, porém era ainda muito suscetível aos amassamentos e riscos acidentais (IIZUKA, 2001).

A evolução no setor de esquadrias de alumínio, assim como qualquer outro segmento, foi devido à evolução da matéria prima que deu condições para alcançar os padrões de qualidade necessários (LIMA, 2009).

5.2 O alumínio no Brasil

A indústria brasileira do alumínio ocupa a sexta posição dentre os produtores de alumínio primário desde 1998, ficando atrás apenas de China, Rússia, Canadá, Estados Unidos da América e Austrália. (ABAL, 2009).

Em 2009, no Brasil, a indústria do alumínio totalizou 3,9% do PIB – Produto Interno Bruto Industrial, sendo US\$ 13,3 bilhões. Neste mesmo ano foi registrada uma produção de 1.535.000 toneladas de alumínio primário (REIS, 2011).

Segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2005) cerca de 62% da produção do alumínio no Brasil foi destinado para o setor da construção civil, seja em esquadrias, estruturas pré-fabricadas acessórios para banheiro, perfis para divisórias entre outros.

5.3 Sistemas e tipologias

Existem algumas tipologias de esquadrias de alumínio no mercado. Elas diferem uma das outras de acordo com cada necessidade do empreendimento. Necessidades não apenas estéticas, mas também de desempenho como luminosidade, ventilação, conforto térmico e acústico.

As tipologias mais utilizadas são as de giro, de correr, maxim-ar, basculante, boca de lobo entre outras.

As de giro são mais comuns em portas, onde a folha gira com dobradiças ou pivô. Podendo girar para dentro ou para fora do ambiente conforme a figura 1 e 2.

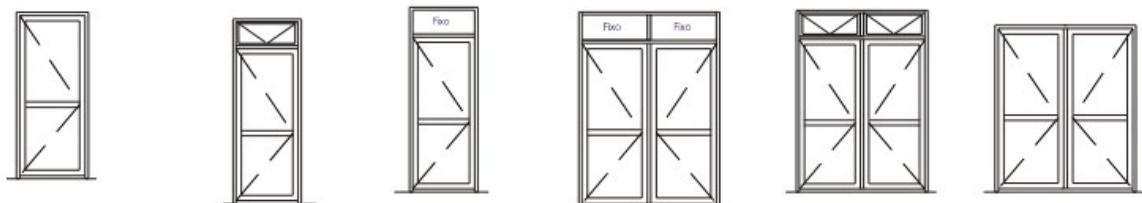


Figura 1: Tipologias de janelas e portas de giro (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).



Figura 2: Detalhe porta de giro de vidro mostrando perfis e acessórios que a compõem e ao lado porta finalizada.

As de correr são muito utilizadas em edifícios. As folhas correm apoiada em trilhos, geralmente fabricadas em 2, 3, 4 e 6 folhas conforme a figura 3 e 4.

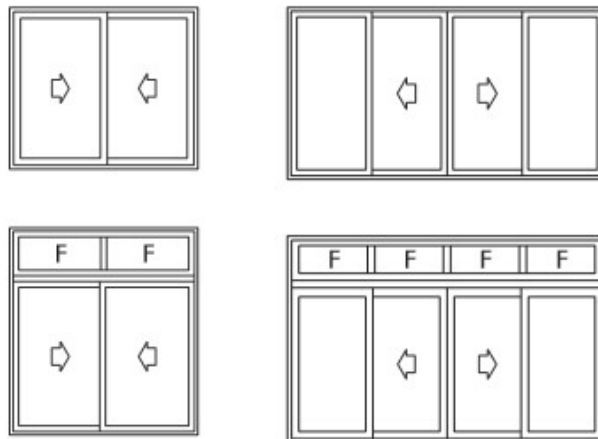


Figura 3: Tipologia de janelas de correr (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

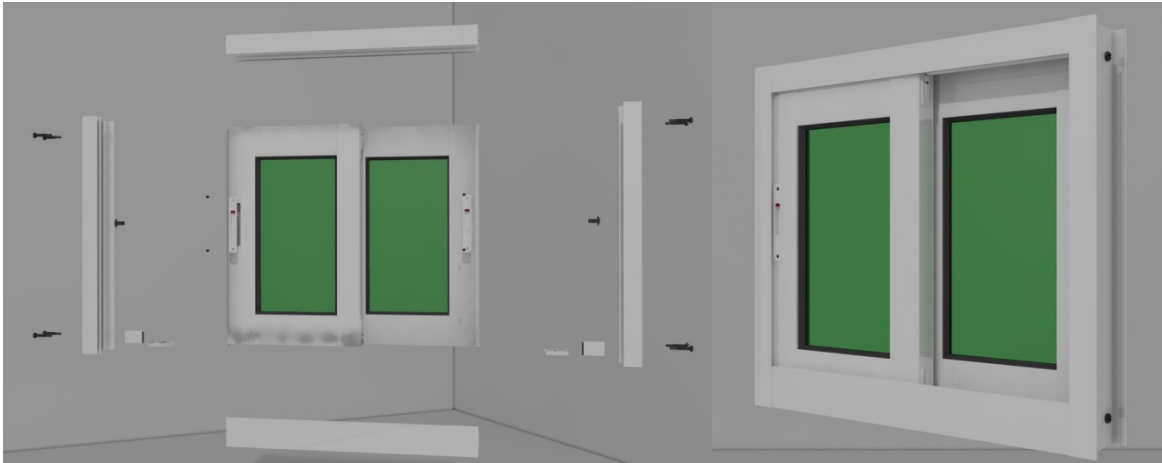


Figura 4: Detalhe janela de correr mostrando perfis e acessórios que a compõem e ao lado esquadria finalizada.

As janelas maxim-ar são muito utilizadas em banheiro, cozinha e área de serviço. A folha se projeta para fora do ambiente podendo ficar até 90° de abertura. Tem como principal característica ter um maior aproveitamento da entrada do ar no ambiente conforme a figuras 5 e 6.

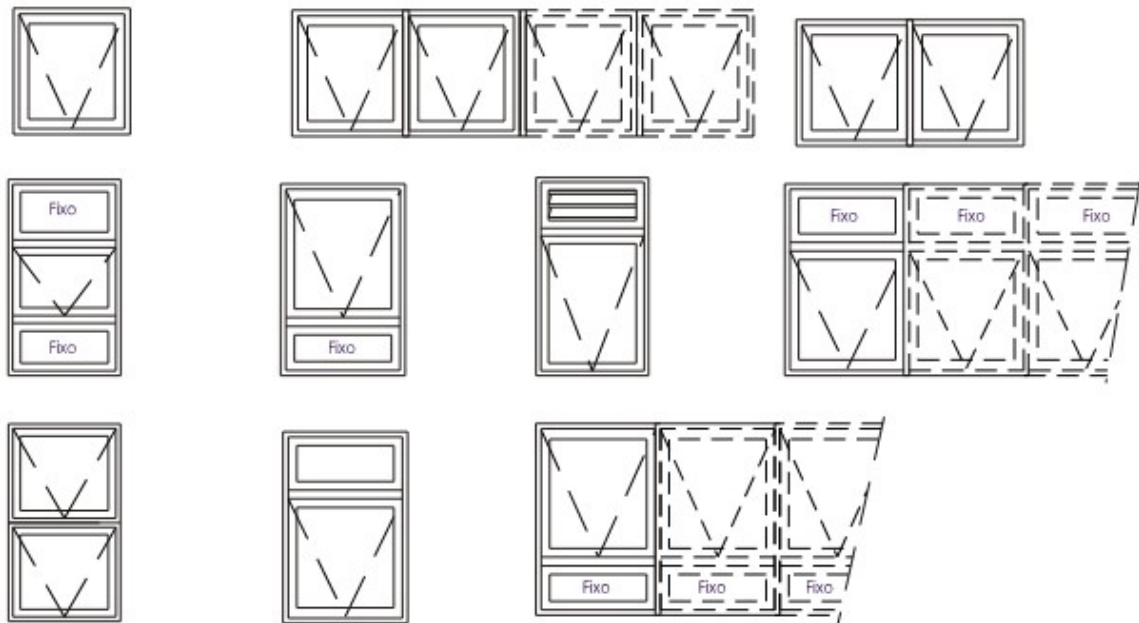


Figura 5: Tipologia de janelas maxim-ar (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

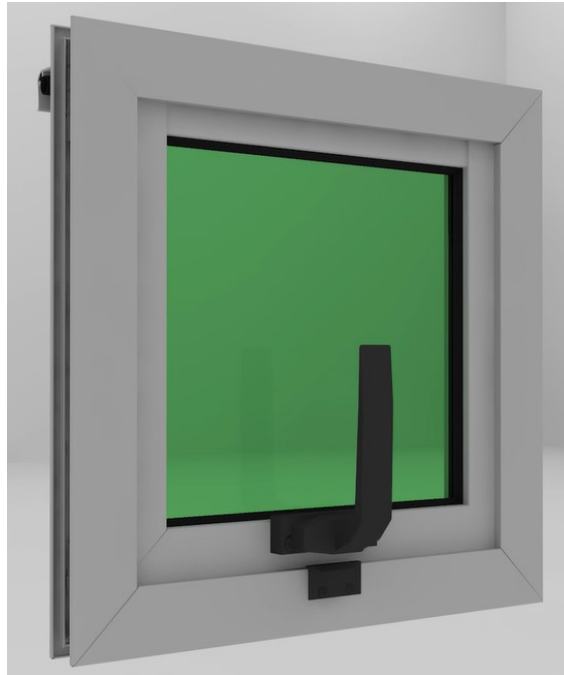


Figura 6: Janela maxim-ar finalizada.

As basculante são janelas que possuem pivôs nas laterais. Funciona semelhante às janelas maxim-ar, porém são fabricadas com duas ou mais folhas posicionadas uma sobre a outra.

As janelas boca de lobo são mais utilizadas em banheiros. Possuem principal característica de permitir a ventilação constante do ambiente. As folhas possuem duas peças de vidro fixas que não se encontram, fazendo assim que tenha circulação de ar constante.

5.4 Itens da esquadria de alumínio

As esquadrias de alumínio possuem diversos elementos que a compõem. Dentre eles temos o contramarco, marco, folhas, acessórios e vidros. Quando juntos formam o produto final acabado.

5.4.1 Contramarco

O contramarco é uma peça de alumínio que tem a função de garantir a estanqueidade da esquadria e delimitar o vão, garantindo o nível e prumo. Ele é chumbado direto na alvenaria. O assentamento errado desta peça é responsável por infiltrações dentro do imóvel.



Figura 7: Contramarco em uma porta de correr.

5.4.2 Marco

O marco é a moldura da esquadria que é vista. Como pode ser visto na figura a seguir, o marco sustentam as folhas. Em portas de correr o perfil inferior funciona como trilhos, conforme figura 8.



Figura 8: Janela de correr (Afeal).

5.4.3 Folhas

São os quadros localizados dentro do marco, onde são fixados os vidros. Na figura 9 pode ser visto o vidro fixado na folha.



Figura 9: Esquadria de alumínio (Catálogo Belmetal).

5.4.4 Acessórios

Existem muitos acessórios que são utilizados nas esquadrias de alumínio. Dentre os principais podemos citar fita vedadora, roldanas, dobradiças, fechaduras, maçanetas, fechos, guias, batedores, chumbadores, entre outros.

- Roldana: Utilizado nas portas e janelas de correr. Tem como função fazer o deslizamento da folha, conforme figura 10.

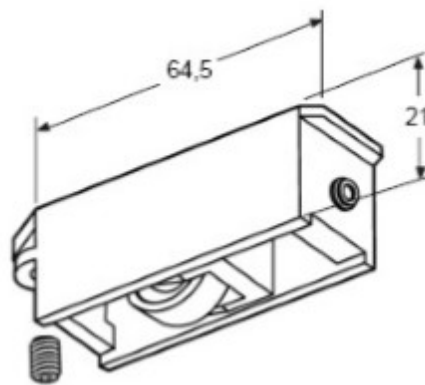


Figura 10: Roldana para janela (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Dobradiça: Utilizado para portas de giro. Faz com que as portas possam girar, conforme figura 11.

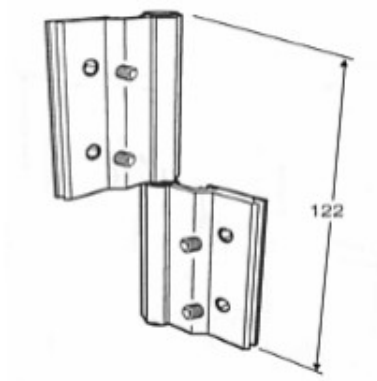


Figura 11: Dobradiça para porta de giro (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Fita vedadora: Tem como função impedir entrada de poeira e melhora acústica da esquadria, conforme figura 12.

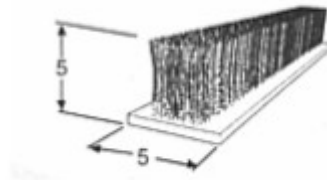


Figura 12: Fita vedadora 5mm x 5mm (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Maçaneta: Utilizado em portas de giro. Servem para puxar, abrindo ou fechando a esquadria, conforme figura 13.

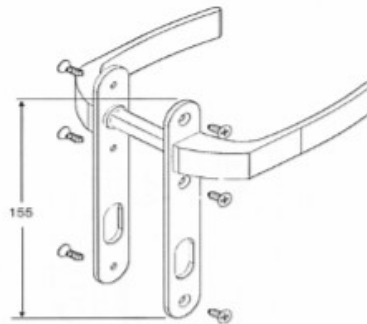


Figura 13: Maçaneta para porta de giro (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Fechadura: Mais utilizado em portas de giro e de correr. Tem como função impedir que a porta seja aberta sem chave, conforme figura 14.

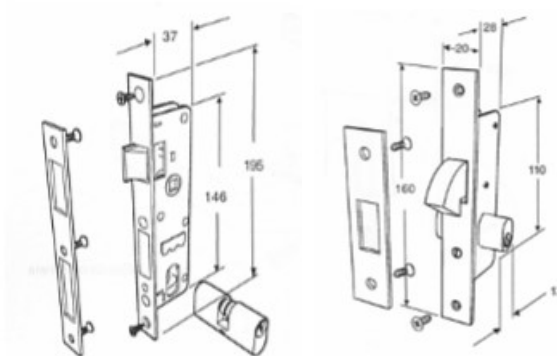


Figura 14: Fechadura para porta de giro e fechadura de porta de correr (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Fecho: Utilizado em janelas maxim-ar ou de correr. Tem como função travar a esquadria, conforme figura 15.

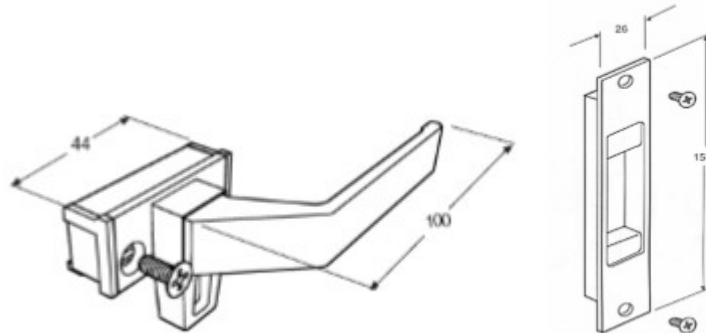


Figura 15: Fecho punho para maxim-ar e fecho concha para porta e janela de correr (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Guia: Utilizado em portas e janelas de correr. Serve para guiar o correto deslizamento das folhas, conforme figura 16.

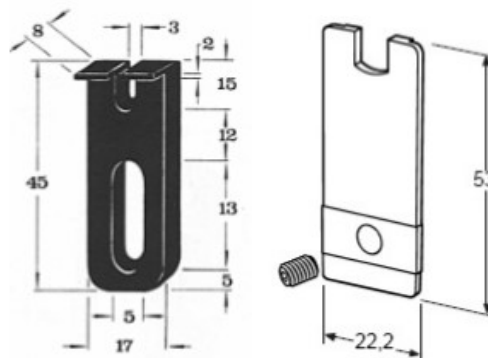


Figura 16: Guia superior (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Batedor: Utilizado em portas e janelas de correr. Tem como função evitar pancadas nas folhas da esquadria, suavizando o impacto. Geralmente são confeccionadas em nylon, conforme figura 17.



Figura 17: Batedor em nylon (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

- Chumbador: Utilizado nos contramarco. Tem função de fixar o contramarco nas paredes impedindo o seu deslocamento, conforme figura 18.

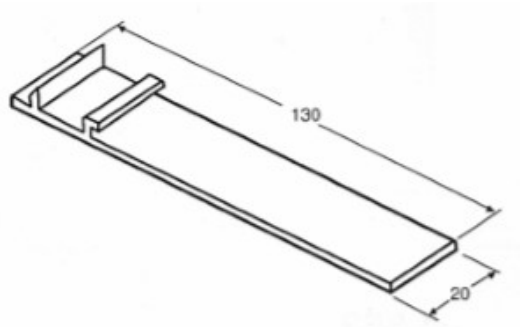


Figura 18: Chumbador para contramarco (CATÁLOGO TÉCNICO ALCOA, 2007).

5.4.5 Vidros

Os vidros mais comuns em esquadrias de alumínio são o float (liso ou comum), laminado e temperado. Existem outros tipos que são utilizados apenas em ocasiões especiais, como por exemplo, o vidro aramado, antibalas, autolimpante, espelhados, entre outros.

O vidro temperado tem como principal característica a segurança, pois quando quebrado ele forma pequenos pedaços inofensivos.

O vidro laminado também possui características acústicas e quando quebrado impede que crie estilhaços. Sendo assim utilizado em guarda-corpos.

5.5 Fabricação das esquadrias de alumínio

As tipologias das esquadrais utilizadas são decididas na fase inicial de projeto, de acordo com a necessidade do empreendimento.

Na fábrica são recebidos os perfis onde são feitos os cortes de acordo com cada tipo de esquadria. Inicialmente são feitos os contramarcos e encaminhados para a obra onde é feita a

sua instalação. A partir daí são montados os marcos e folhas na fábrica. Depois encaminhado para a obra onde será feita a instalação final.

5.6 Instalação da esquadria

A instalação de esquadrias pode ser dividida de duas formas, com e sem contramarco. Para esquadrias em alumínio o mais indicado é a utilização do contramarco, pois o mesmo ajuda a ter um bom desempenho em relação a estanqueidade à água (IIZUKA, 2001).

Para a instalação são seguidas as seguintes etapas: medição, instalação do contramarco, instalação da esquadria e inspeção final.

Na etapa de medição são vistas as medidas dos vãos para que não haja erro na instalação final. Também nesta etapa é feito o levantamento de todas as tipologias e suas dimensões que serão utilizadas na obra.

Após a medição são enviados os contramarcos para a obra onde será realizada a sua instalação. Deve ser feito o chumbamento do contramarco logo após ser executada a alvenaria.

Após isto é realizada a instalação da esquadria. A obra recebe a esquadria montada com marco, folhas e vidros pronta para a instalação final. Deve-se sempre atentar-se para as condições do vão onde vai ser aplicada a esquadria para que não interfira no bom desempenho destas. Normalmente, recomenda-se que esta etapa seja realizada quando a fachada da obra e pintura interna estiverem prontas, pois assim evita-se que haja desgaste das peças das esquadrias.

A última etapa é a inspeção final, onde é verificado se todos os itens da esquadria estão em perfeitas condições. É realizado um checklist em cada peça para verificar se a esquadria está totalmente encaixada no vão, os vidros estão inteiros e firmes e se todos os acessórios estão funcionando.

5.7 Características da esquadria de alumínio

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) são responsáveis por desenvolver normas e procedimentos técnicos que garantam o bom funcionamento.

As esquadrias de alumínio seguem basicamente as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 10821-1:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 1: Terminologia;
- ABNT NBR 10821-2:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 2: Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 10821-3:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 3: Métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho.

Estas normas se preocupam com o desempenho de esquadrias quanto estanqueidade a água, a permeabilidade do ar, resistência ao vento e operações de abertura e fechamento.

As esquadrias em alumínio possuem algumas características que as fazem serem muito utilizadas por arquitetos em seus projetos, segue algumas:

- Design e variedade: são oferecidas no mercado diversas opções de esquadrias, vidros e acessórios, tornando cada empreendimento único.
- Durabilidade: quando a fabricação e instalação são feitas de acordo com a norma, é garantida a durabilidade. Durante sua vida útil são necessárias poucas manutenções, na maioria das vezes apenas em alguns acessórios que podem desgastar, como por exemplo, as roldanas. O alumínio tem como característica a resistência à corrosão, e quando junto com a pintura possuem grande longevidade.
- Isolamento acústico: existem diversas linhas de esquadrias que garantem o nível de desempenho acústico que o cliente desejar.
- Estanqueidade: quando corretamente instaladas é garantido a estanqueidade à água e ar.

- Leveza: quando comparado com outros materiais com o aço e a madeira, as esquadrias de alumínio tem a vantagem referente ao peso. Portanto reduz a sobrecarga na estrutura da edificação.

5.8 Patologias em esquadria de alumínio

O termo patologia, na construção civil, designa-se para o estudo de problemas ocorridos nas edificações. Portanto as patologias nas esquadrias de alumínio é o estudo de anormalidades que causam o seu mau funcionamento.

Na fase de projeto podem-se identificar algumas possíveis patologias. Com isso, devem-se ter atenção em alguns itens na execução do projeto arquitetônico, tais como, definir esquadrias dentro da linha do fabricante, não misturar linhas, evitar esquadrias com ângulos agudos, prever condições de manutenção, conservação e limpeza das esquadrias, evitando locais inacessíveis, utilizar esquadrias preferencialmente com contramarco, entre outros.

O problema mais comum encontrado é a infiltração de água, que quando feita uma instalação correta da esquadria é fácil sanar este problema. O contramarco, quando corretamente instalado, é o principal item que garante que não haja infiltrações.

6 ESQUADRIAS EM PVC

6.1 História da esquadria em PVC

O PVC foi descoberto em 1835 por Regnault quando descobriu o cloreto de vinila, composto no qual o PVC é fabricado. No início do século XX, na Alemanha, começou-se a pesquisar novas utilizações. No entanto apenas em 1955, na Alemanha, foi utilizado o PVC para confecção de esquadrias. (SANTOS, 2004).

De acordo com a Revista Esquadrias de PVC (2008), a esquadria em PVC foi introduzida no Brasil na década de 1980, por meio de empresas associadas à Afap - Associação dos

Fabricantes de Perfis para Esquadrias de PVC, trazendo um completo Programa de Garantia da Qualidade para tentar conquistar o mercado interno. Outra iniciativa, criada pela Braskem em 1986, foi o Centro Técnico de Serviços que tem como objetivo promover o desenvolvimento de novas tecnologias, suporte técnico e mercadológico para os fabricantes de esquadrias em PVC.

6.2 Tipologias

Em sua maioria, as tipologias de esquadrias em PVC são semelhantes das fabricadas em alumínio, conforme descrito no item 5.3. As mais utilizadas são as de giro, de correr e maximizar.

As de correr, assim como as de alumínio, destacam-se pela versatilidade, praticidade e melhor aproveitamento dos espaços internos do ambiente. Podem ser de uma até seis folhas, conforme figura 19.



Figura 19: Imagem ilustrativa de janela e porta de correr (Catálogo Claris).

As de giro são quando a folha gira a partir de um pivô ou dobradiças. Pode ser utilizado com uma ou duas folhas, conforme figura 20.



Figura 20: Imagem ilustrativa de janela e porta de giro (Catálogo Claris).

A tipologia maxim-ar é utilizado apenas em janelas. Possui principal característica a permissão da máxima entrada de ar no ambiente. Podendo ter abertura com até 90°, conforme figura 21.



Figura 21: Imagem ilustrativa de janela maxim-ar (Catálogo Claris).

Além destas tipologias existem outras no mercado que são menos procuradas, como por exemplo, as janelas e portas oscilo batentes, que trabalham semelhante a de giro, porém quando tombada pode ter uma abertura de até dez centímetros na parte superior, proporcionando ventilação e privacidade ao ambiente, conforme figura 22.



Figura 22: Imagem ilustrativa de janela e porta oscilo batente (Catálogo Claris).

6.3 Itens das esquadrias em PVC

Segundo Santos (2004), as esquadrais em PVC são constituídas basicamente pelos seguintes itens: marco, folhas, selantes, acessórios e vidros. Formando um único elemento que é capaz de satisfazer as exigências das normas técnicas.

Diferentemente da esquadria em alumínio, a de PVC não necessita a utilização de contramarcos. Porém, comumente utiliza-se espuma de poliuretano para garantir a fixação e estanqueidade da esquadria.

6.4 Característica das esquadrais em PVC

Assim como as esquadrias de alumínio as de PVC são associadas as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 10821-1:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 1: Terminologia;
- ABNT NBR 10821-2:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 2: Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 10821-3:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 3: Métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho.

Estas normas se preocupam com o desempenho das esquadrias quanto estanqueidade a água, a permeabilidade do ar, resistência ao vento e operações de abertura e fechamento (Revista Techne, 2009)

Com isso, destacam-se algumas vantagens do PVC:

- Resistência a altas temperaturas;
- Durabilidade de mais de 50 anos;
- Material menos poluidor que outros;
- Resistência a agentes químicos;
- Bom isolamento acústico;

6.5 Fabricação das esquadrias de PVC

Inicia-se o processo de fabricação das esquadrias de PVC com o corte dos perfis de acordo com o tamanho especificado em projeto. Segundo Almeida (1991), recomenda-se deixar um acréscimo no tamanho do corte do perfil para que seja consumido na etapa de soldagem. Sendo em média 5mm.

A próxima etapa é a soldagem das quinas dos perfis já cortados. Esta etapa é um dos diferenciais das esquadrias de PVC, pois dispensa completamente o uso de cantoneiras, parafusos ou grampos nas junções. A temperatura ideal para soldagem é entre 230°C e 250°C. (Santos, 2004).

Após isto inicia-se o processo das furações do locais de drenos, fechos, puxadores, roldanas e demais acessórios.

Para finalizar a produção da esquadria, instalam-se os vidros e encaminha para o setor de embalagem e expedição. A partir daí a peça já está pronta para ser encaminhada para a obra onde será feita a instalação.

7 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESQUADRIA EM ALUMINIO E PVC

7.1 Normas técnicas e programas de qualidade

Tanto para as esquadrias confeccionadas em alumínio quanto para as em PVC existem normas técnicas específicas que garantem o bom desempenho exigido no empreendimento, como estanqueidade a água, a permeabilidade do ar, resistência ao vento e operações de abertura e fechamento.

As seguintes normas são utilizadas para esquadrias, independentes dos materiais utilizadas na sua fabricação.

- ABNT NBR 10821-1:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 1: Terminologia;
- ABNT NBR 10821-2:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 2: Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 10821-3:2011 - Esquadrias externas para edificações - Parte 3: Métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho.

No Brasil, existem alguns laboratórios que realizam ensaios em esquadrias para avaliar se os sistemas e linhas obedecem aos requisitos das normas técnicas. IPT, INT e Falcão Bauer são um dos principais laboratórios. A realização dos ensaios nestes laboratórios garante ao fabricante que seu produto tenha todos os requisitos presentes nas normas técnicas, oferecendo ao cliente produtos com qualidade.

Para realizar o teste de estanqueidade, as esquadrias são instaladas em câmaras onde se faz a simulação de ventos e chuvas. A tabela 1 a seguir mostra as pressões admissíveis utilizadas nos ensaios de estanqueidade da esquadria à água, separando pela classe de utilização e pela região do país. As regiões são divididas de acordo com a figura 23, onde mostra o gráfico das isopleias da velocidade básica do vento de acordo com cada região específica.

Para passar pelo teste de estanqueidade a água infiltrada não pode escorrer pela parede na sua face interna. Sendo assim, a esquadria é classificada segundo os seguintes níveis de desempenho:

Mínimo: É permitida a passagem de água entre os perfis da esquadria, desde que não ultrapasse a face interna da parede.

Intermediário: É permitido acúmulo de água apenas no perfil inferior do marco.

Superior: Não é permitida a passagem de água em qualquer parte da esquadria; deve ser estanque.

Tabela 1: Pressão de ensaio de estanqueidade à água

Classe de utilização	Região do País	Pressão de ensaio de estanqueidade à água - Pressão de projeto de vento - $P_p \times 0,15$ (Pa)
Residencial unifamiliar ou comercial simples - até dois pavimentos Normal	I	40
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	120
Residencial ou comercial até quatro pavimentos ou 12 m Melhorada	I	60
	II	90
	III	120
	IV	150
	V	180
Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos Reforçada	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada
Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.) Excepcional	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada

Fonte: NBR 10821:2011

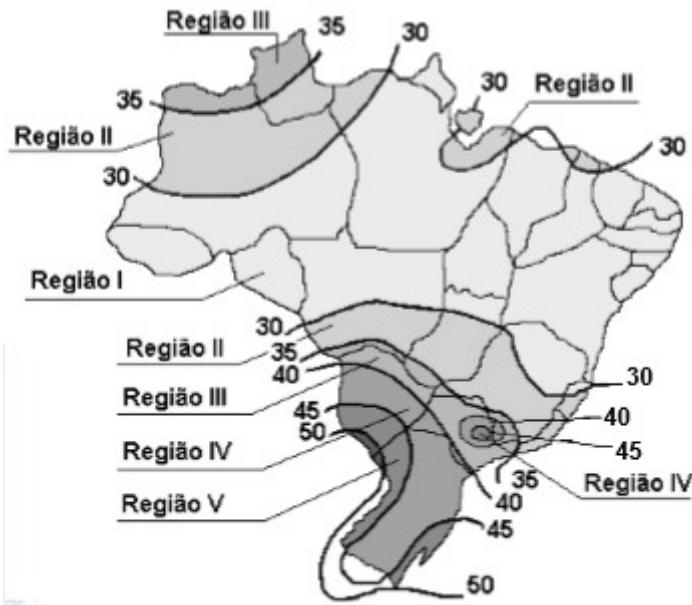


Figura 23: Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento; “ V_0 ” em m/s no Brasil (NBR 10821:2011)

As fábricas de esquadrias possuem associações que disseminam conhecimentos técnicos para seus parceiros em todo o Brasil. São elas AFEAL e AFAP responsáveis pelas esquadrias de alumínio e PVC, respectivamente.

A AFEAL – Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio, fundada em 1983, tem grande importância na disseminação de conhecimentos técnicos em nível nacional. Possui, em São Paulo, um centro tecnológico do alumínio onde os fabricantes podem realizar alguns ensaios de desempenho. (Santos, 2004).

A AFAP – Associação Brasileira dos Fabricantes de Perfis de PVC para Construção Civil, fundada em 1988, teve grande importância na elaboração das primeiras normas técnicas brasileiras para esquadrias.

Com isso podemos afirmar que tanto a esquadria de alumínio quanto a de PVC estão bem normatizadas e possuem Associações fortes que ajudam com que o fabricante e o consumidor final tenham bons produtos.

7.2 Comparativo das características das esquadrias

Quando o fabricante garante que seus produtos estão de acordo com as normas técnicas, podemos dizer que tanto a esquadria de alumínio quanto a de PVC oferecem excelentes desempenhos.

7.2.1 Durabilidade

Quanto à durabilidade, ambos os materiais oferecem grande resistência ao tempo, acompanhando toda a vida útil da edificação. Para isso, é apenas necessário que seja realizada manutenções periódicas onde é visto a necessidade de troca de algum acessório desgastado e a realização de limpezas na esquadria para que mantenha o seu bom funcionamento por toda a vida útil.

7.2.2 Isolamento termo-acústico

Quanto ao desempenho termo-acústico ambos os materiais tem a possibilidade da instalação de vidros duplos que garantem qualidade mesmo em locais com incidência de altos decibéis. Segundo a Revista Techne (2009), quando utilizado apenas um vidro simples de 2,8 mm tem uma redução de 25 dB e quando utilizado vidros duplos de 2,5 mm o índice de absorção chega a 46 dB. Contudo, apenas há eficácia no sistema se for realizada a correta instalação, evitando frestas entre a esquadria e a parede.

7.2.3 Design e aparência

Quanto à aparência, a esquadria de alumínio possui vantagens, pois possuem uma variedade maior de cores, através da pintura eletrostática que é o processo mais utilizado. O PVC em

sua maioria é comercializado na cor branca, porém também existem outras cores comercializadas.

7.2.4 Resistência contra incêndios

Ao contrário do que muitos pensam o PVC rígido não propaga o fogo em caso de incêndios. Ele é um material auto extingüível não contribuindo para a propagação das chamas e nem para a geração do incêndio. Isso se deve ao fato de possuir altas concentrações de cloro em sua composição. Sendo assim, tanto o alumínio quanto o PVC não contribuem para a propagação do fogo.

7.3 Comparativo de custos

Foi realizado um orçamento de um edifício residencial com uma empresa fabricante de esquadria de alumínio e outra de PVC, ambas localizadas na cidade de João Pessoa-PB.

O edifício residencial em questão possui três pavimentos com dois apartamentos por andar, conforme figura 24. O quantitativo de esquadrias segue na tabela 2.

Foi realizado o orçamento em ambas as empresas com a linha de esquadria mais popular em que elas trabalhavam.

Tabela 2: Quantitativo de esquadrias do edifício residencial orçado.

Descrição	Quantidade (un)	Largura (m)	Altura (m)
Porta de giro uma folha com veneziana	6,00	0,80	2,30
Janela de correr duas folhas e vidro float 4mm	12,00	1,50	1,20
Janela de correr duas folhas e vidro float 4mm	6,00	2,00	1,20
Janela maxim-ar e vidro float 4mm	15,00	0,60	0,40
Janela boca de lobo e vidro float 4mm	6,00	0,60	0,40

Fonte: Própria (2017)

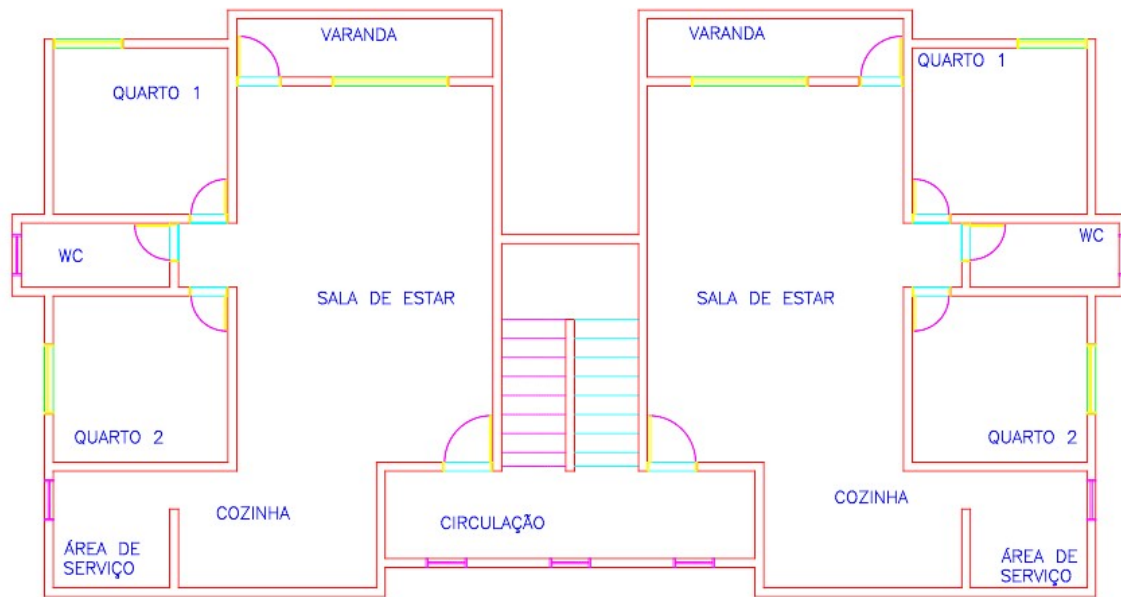


Figura 24: Planta baixa do pavimento tipo do edifício residencial orçado (Fonte: Própria, 2017).

Tabela 3: Comparativo de custos das esquadrias orçadas.

Descrição	Custo Alumínio (R\$)	Custo PVC (R\$)
Porta de giro uma folha com veneziana	R\$ 5.322,00	R\$ 5.808,00
Janela de correr duas folhas e vidro float 4mm	R\$ 11.544,00	R\$ 13.212,00
Janela de correr duas folhas e vidro float 4mm	R\$ 7.122,00	R\$ 7.968,00
Janela maxim-ar e vidro float 4mm	R\$ 4.335,00	R\$ 4.515,00
Janela boca de lobo e vidro float 4mm	R\$ 1.224,00	R\$ 1.302,00
Total	R\$ 29.547,00	R\$ 32.805,00

Fonte: Própria (2017)

A partir da tabela 3 podemos observar o comparativo de custos das esquadrias de alumínio e PVC. O orçamento da empresa de alumínio ficou em R\$ 29.547,00 (vinte e nove mil e quinhentos e quarenta e sete reais) e a de PVC ficou em R\$ 32.805,00 (trinta e dois mil e oitocentos e cinco reais). Comparando os materiais em estudo, conclui-se que a esquadria de PVC é um pouco mais custosa em comparação com a fabricada em alumínio, cerca de 10% mais cara.

8 CONCLUSÕES

Este estudo foi realizado um comparativo entre a fabricação de esquadrias de alumínio e PVC, onde podem ser constatados alguns itens importantes para a escolha em cada empreendimento. Cada um dos itens em estudo possui vantagens e desvantagens, cabendo ao construtor à decisão final para aquisição em seus projetos.

Um dos itens mais importantes de uma obra, as esquadrias devem ter sempre bastante atenção dos construtores. São em média, 6% do orçamento total da obra, podendo chegar até mais quando o empreendimento é de alto padrão econômico.

Foi observado que no mercado da cidade de João Pessoa-PB o material PVC em esquadrias ainda é uma novidade, possuindo poucos fabricantes, causando desconfiança dos empreendedores. Já em relação a esquadrias de alumínio foi verificado que existem várias empresas com as quais as grandes construtoras utilizam em seus empreendimentos apenas o alumínio e tem certas desconfianças em relação ao outro material. Sendo assim, um desafio para as fábricas de esquadria em PVC é convencer os empreendedores sobre a qualidade de seus produtos.

Assim como pode ser visto neste trabalho o PVC possui vantagens e pode facilmente concorrer no mercado da cidade de João Pessoa-PB.

Ambos os materiais em estudo possuem normas técnicas atualizadas e que satisfazem requisitos de qualidade do produto final. Como por exemplo, a estanqueidade à água, permeabilidade do ar, resistência ao vento, durabilidade, isolamento termo-acústico, resistência a incêndios entre outros.

Os fabricantes são bem assessorados por associações que são ativas nas divulgações e atualizações das normas, por meio de suporte técnico, palestras entre outros. Assim seus associados têm todos os requisitos para garantir um produto final com boa qualidade.

Referente aos custos foi visto que o alumínio é mais competitivo que o PVC, sendo cerca de 10% mais barato. Vale salientar que foram orçadas apenas as linhas de esquadrias mais simples. Talvez em linhas de alto padrão econômico o PVC seja mais competitivo.

Portanto, nos próximos anos poderemos ver um destaque maior ao PVC, pois tem muito que mostrar como matéria-prima de esquadrias. Fazendo com que os construtores e consumidores finais se adaptem.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO – Manual de Portas e Janelas de Alumínio Disponível em: <http://www.abal.org.br/servicos/manuais/portasejanelas/Manual>. Acessado em 10 de Maio de 2017.

AFEAL (Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio). Manual técnico de caixilhos, janelas: aço, alumínio, vidros, PVC, madeiras, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo, 1991. PINI.

AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de esquadrias de Alumínio). Termo de garantia e manual de uso, limpeza e conservação de esquadrias, revestimentos em alumínio e seus componentes. São Paulo, 1999.

ALMEIDA, R. Manual de caixilhos / janelas. São Paulo: Pini, 1991. (Manual técnico de caixilhos).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821: Esquadrias externas para edificações - Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821: Esquadrias externas para edificações - Parte 2: Requisitos e classificação. Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821: Esquadrias externas para edificações - Parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

CATÁLOGO TÉCNICO LINHA INOVA ALCOA. São Paulo, 2007.

DUARTE, P. Esquadrias e vidros na construção civil. Revista Vidro Impresso. São Paulo, n. 5, p. 74-75, 2011.

GODOI, A. F. Esquadrias em PVC. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Anhembí Morumbi, São Paulo. 2005.

IIZUKA, M. T. Instalação de Esquadrias de Alumínio: Prática e Inovação. 2001. Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto de Pesquisas

INSTALAÇÃO de caixilhos de alumínio. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 18, n. 155, p. 16-17, fev. 2010.

INSTALAÇÃO de esquadrias de PVC. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 18, n. 160, p. 20-21, jul. 2010.

LIMA, M. M. A. Tecnologia e Instalação de Esquadras de Alumínio em Edifícios. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

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. Tese de doutorado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP, São Paulo, 2011.

SANTOS, W. B. A Inovação do PVC em Janelas Estudo Comparativo Entre PVC e Alumínio, Segundo as Normas Técnicas. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

TIGRE, Informações sobre esquadras de PVC, www.tigre.com.br/claris acesso em 15, mai, 2017.