

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE  
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**Curso de Engenharia Civil**

**Patrícia Huth**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DE ESQUADRIAS  
EXTERNAS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS COM  
DIFERENTES MATERIAIS**

**Ijuí/RS**

**2007**

**Patrícia Huth**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DE ESQUADRIAS  
EXTERNAS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS COM  
DIFERENTES MATERIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil  
apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de  
Engenheiro Civil.

**Ijuí**

**2007**

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.**

---

Prof.<sup>a</sup> Raquel Kohler, M. Arq. - Orientadora

## **Banca Examinadora**

---

Prof.º Cristina Pozobon, M. Eng.  
UNIJUÍ/DeTEC

---

Prof.º José Crippa, Esp.  
UNIJUÍ/DeTEC

## *Agradecimentos*

*Agradeço a Deus, pelo dom da vida.*

*Agradeço aos meus pais, Lonir e Noemi, pela dedicação, amor, carinho, apoio, otimismo, pelo exemplo de vida que são e pelo empenho em tornar meus sonhos realidade.*

*Agradeço as minhas irmãs, Adriane e Caroline e aos meus cunhados, Valdinei e Alison, ao Jorge e a minha Filhinha Manoella pelo carinho, amizade, ajuda, e incentivo oferecido.*

*Agradeço a professora Raquel pela orientação neste trabalho, pela sua amizade e paciência ao longo deste curso de graduação e pelos conhecimentos compartilhados.*

*Agradeço aos colegas da graduação pela amizade e dedicação durante o nosso convívio e pelos momentos maravilhosos que passamos juntos.*

*Agradeço aos demais professores e pessoas que, de uma forma ou outra, contribuíram para a conclusão deste curso.*

*Agradeço aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil pela amizade, atenção e pelos inúmeros serviços prestados.*

## RESUMO

Na atualidade, existe tecnologia para fabricação de esquadrias com cinco tipos de materiais, que são: madeira, alumínio, aço / ferro, vidro temperado e o PVC. O conhecimento das propriedades, características, funcionalidades e viabilidade econômica de cada material e sua melhor utilização em determinados vãos e casos, é imprescindível, dada à importância desse elemento no contexto de uma obra. Dependendo do projeto e do padrão da obra, as esquadrias podem representar um percentual considerável do orçamento total da obra. Este estudo tem como objetivo geral analisar as potencialidades e deficiências dos materiais utilizados na fabricação de esquadrias externas, visando o seu emprego em três padrões de edificações residenciais. Foram escolhidos três tipos de obras residenciais para análise dos projetos. A partir desta análise (baseada, na bibliografia apresentada, em conhecimentos adquiridos no trabalho em fábrica de esquadrias e no senso comum) foi realizada a caracterização das necessidades de cada obra e proposto um projeto de esquadrias adequado, levando em consideração o tipo de esquadria e o material mais adequado para cada caso, analisando as necessidades, como: custo, durabilidade, manutenção, tamanho de vão necessário, conforto térmico/acústico adequado às condições sócio-econômicas. A caracterização das esquadrias e a identificação das necessidades de cada projeto resultaram na indicação do material mais adequado para fabricação das esquadrias: para o projeto 1, o aço; para o projeto 2, o PVC; e para o projeto 3, o alumínio. Este trabalho ressalta a importância desse estudo, pois cada edificação tem necessidades e características que devem ser analisadas na etapa de projeto e orçamento, podendo assim ser realizada a melhor indicação de material para fabricação das esquadrias em relação ao seu custo/benefício.

Palavras-chave: esquadrias; custo/benefício; edificações residenciais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de rendimento industrial da madeira .....	20
Figura 2: Planta baixa – Projeto 1 .....	41
Figura 3: Fachada principal– Projeto 1.....	42
Figura 4: Planta baixa - Térreo – Projeto 2.....	42
Figura 5: Planta baixa – Pav. superior – Projeto 2 .....	43
Figura 6: Fachada principal .....	43
Figura 7: Planta baixa pavimento tipo – Projeto 3 .....	44
Figura 8: Fachada – Projeto 3.....	45
Figura 9: Croqui das esquadrias propostas para o projeto 1 - Residência Popular.....	48
Figura 10: Croqui das esquadrias propostas para o projeto 2 - Residência Alto Padrão.....	51
Figura 11: Croqui das esquadrias propostas para o projeto 3 – Edifício Residencial.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Listagem das esquadrias propostas para o projeto 1 – Residência Popular .....	48
Quadro 2: Orçamento das esquadrias propostas para o projeto 1 – Residência Popular.....	48
Quadro 3: Listagem das esquadrias propostas para o projeto 2 – Residência Alto Padrão.....	50
Quadro 4: Orçamento das esquadrias propostas para o projeto 2 – Residência Alto Padrão..	52
Quadro 5: Listagem das esquadrias propostas para o projeto 3 – Edifício Residencial.....	54
Quadro 6: Orçamento das esquadrias propostas para o projeto 3 – Edifício Residencial .....	56
Quadro 7: Resumo dos atributos dos materiais utilizados na fabricação das esquadrias externas.....	59

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 Tema .....	10
1.2 Delimitação do tema .....	10
1.3 Formulação da questão de estudo .....	10
1.4 Definição dos objetivos de estudo .....	10
1.4.1 <i>Objetivo geral</i> .....	10
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	11
1.5 Justificativa .....	11
1.6 Sistematização do trabalho .....	12
<b>2 MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE ESQUADRIAS EXTERNAS</b>	<b>13</b>
2.1 Madeira .....	17
2.1.1 <i>Características</i> .....	18
2.1.2 <i>Produção das madeiras</i> .....	21
2.2 Vidro .....	22
2.2.1 <i>Composição</i> .....	23
2.2.2 <i>Cor</i> .....	24
2.2.3 <i>A descoberta</i> .....	25
2.2.4 <i>Evolução</i> .....	25
2.2.5 <i>Vidro temperado - Autoportante</i> .....	27
2.2.6 <i>Instalações Autoportantes</i> .....	29
2.3 Aço/ferro .....	30
2.3.1 <i>Minério de Ferro</i> .....	31
2.4 Alumínio .....	32
2.4.1 <i>História</i> .....	32
2.4.2 <i>Utilização</i> .....	34
2.5 PVC .....	37
2.5.1 <i>Utilização</i> .....	38
2.5.2 <i>Composição</i> .....	38
2.5.3 <i>Esquadrias</i> .....	39



<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>41</b>
3.1 Dados coletados .....	41
3.2 Análise dos dados .....	45
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
4.1 Caracterizações das necessidades dos projetos selecionados .....	47
4.2 Projeto 1 – residencia popular.....	47
4.3 Projeto 2 – residencia de alto padrão .....	50
4.4 Projeto 3 – edifício de médio padrão residencial .....	53
4.4 Análise da relação custo/benefício dos materiais especificados para fabricação das esquadrias externas nas edificações selecionadas .....	57
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>60</b>
5.1 Conclusões.....	60
5.2 Sugestões para trabalhos futuros .....	61
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>62</b>
<b>7 APÊNDICES</b> .....	<b>63</b>
APÊNDICA A - Planilha de formação de cálculo de venda .....	64

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Tema da pesquisa**

Esquadrias externas para edificações residenciais.

## **1.2 Delimitação do tema**

Este trabalho trata da uma comparação e da análise de desempenho, potencialidades e limitações dos materiais utilizados na fabricação de esquadrias externas, em três tipos de edificações: uma residência padrão popular, uma residência de alto padrão e um edifício residencial, multipavimentado.

## **1.3 Formulação da questão de estudo**

Qual a esquadria externa mais adequada para atender a relação custo/benefício nas três tipologias de edificações residenciais propostas?

## **1.4 Definição dos objetivos de estudo**

### **1.4.1 *Objetivo geral***

Este estudo tem como objetivo geral analisar as potencialidades e limitações dos materiais utilizados na fabricação de esquadrias externas, visando o seu emprego em três padrões diferentes de edificações residenciais.

### **1.4.2 *Objetivos específicos***

- ✓ Análise dos diferentes tipos de materiais empregados na atualidade na fabricação de esquadrias externas para edificações residenciais;
- ✓ Caracterização das necessidades de vedação dos vãos das edificações selecionadas como estudo de caso e especificação técnica das esquadrias externas;
- ✓ Análise de custo-benefício das diferentes materiais que atendem as necessidades das edificações selecionadas como estudo de caso para este trabalho.

### **1.5 Justificativa**

Percebendo-se a falta de conhecimento técnico sobre especificações de esquadrias houve interesse em desenvolver um trabalho que contemplasse as variáveis que interferem na especificação do tipo de esquadria e material que deve ser utilizado em edificações residenciais respeitando os condicionantes de cada situação (tipo de edificação).

Na atualidade existe tecnologia para fabricação de esquadrias com cinco tipos de materiais, que são eles: madeira, alumínio, aço / ferro, vidro temperado e PVC. Cada material tem suas características físicas e econômicas, as quais devem ser levadas em consideração no momento da especificação do tipo de material e do tipo de esquadria a ser utilizado em uma obra.

Muitos profissionais da área não têm clareza sobre as propriedades, características, funcionalidades e viabilidade econômica de cada material e sua melhor utilização em determinados vãos e casos, tornando deficiente a etapa da especificação de materiais e componentes. Dependendo do projeto e do padrão da obra, as esquadrias podem representar um percentual considerável do orçamento total da obra.

Tendo em vista a busca do melhor investimento, foram escolhidos três tipos – padrões de obras residenciais (uma residência unifamiliar popular, de 48 metros quadrados; uma

residência unifamiliar de alto padrão, de 432,31 metros quadrados e um edifício multifamiliar de médio padrão com área total de 5.564,52 metros quadrados, com dez pavimentos, sendo oito pavimentos tipo de uso residencial) para análise dos projetos, e com base nesta análise foi proposto um projeto de esquadrias adequado, levando em consideração o tipo de esquadria e o material mais adequado para cada caso, analisando as necessidades, como: custo, durabilidade, manutenção, tamanho de vão necessário, conforto térmico/acústico adequado às condições sócio-econômicas.

### **1.6 Sistematização do Trabalho**

O trabalho está organizado da seguinte forma:

1º capítulo – Apresenta-se o tema da pesquisa junto com sua delimitação, seguida da questão de estudo, dos objetivos, geral e específico, justificativa e sistematização do estudo;

2º capítulo – Neste capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica que permite uma compreensão das características de cada material utilizado na fabricação das esquadrias externas.

3º capítulo – Apresenta-se a metodologia, com os dados coletados e o método de análise destes e de realização dos orçamentos.

4º capítulo – Apresenta-se os resultados com a caracterização das necessidades de cada projeto, a especificação das esquadrias e seus croquis, os orçamentos de cada projeto para cada tipo de material e uma análise de custo benefício para as esquadrias especificadas de cada projeto.

5º capítulo – São apresentadas as conclusões juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

## **2 MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE ESQUADRIAS EXTERNAS**

Neste capítulo são apresentados assuntos que deram embasamento à pesquisa, abordando temas como: história dos materiais utilizados na fabricação de esquadrias (madeira, aço / ferro, vidro temperado, alumínio e PVC), suas características, potencialidades e limitações.

As esquadrias são o meio de contato com o exterior quando se está dentro das edificações. Uma esquadria mal dimensionada pode tornar o ambiente escuro e fluido, ou quente e sem controle de iluminação. Um terço da energia gasta para condicionamento dos ambientes é devido à má-vedação das janelas. Além do conforto acústico, as esquadrias permitem fachadas diferenciadas e modernas e grandes possibilidades de adequação em reformas. Consideradas um produto caro, as esquadrias possuem preço bastante variado, determinado de acordo com fatores como complexidade do projeto, tipologia, robustez dos perfis, padrões dos componentes e tratamento da superfície. A junção dos atributos estéticos e funcionais faz a relação custo/benefício extremamente positiva. As esquadrias proporcionam maior conforto ambiental, acústico, térmico, economia com ar-condicionado, energia e segurança (FLEXEVENTOS, 2006).

Independentemente do tipo de esquadria (fixa, de correr horizontal e vertical, pivotante horizontal e vertical, basculante, guilhotina, abrir, maxim-ar ou camarão), todas são obrigadas pela norma recém-revisada NBR 10821 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a garantir um limite mínimo de vedação ao ar, estanqueidade à água e suportar a pressão dos ventos. Além disso, devem atender as necessidades de iluminação, acústica e resistência mecânica ao manuseio, muitas vezes determinando o design do empreendimento (FLEXEVENTOS, 2006).

Yazigi (2004) salienta que os materiais e acessórios utilizados nos caixilhos das esquadrias precisam estar de acordo com as normas a eles pertinentes. Cabe ao responsável pelo projeto das janelas atender às exigências do usuário e das normas técnicas, selecionando e recomendando a janela adequada ao local de uso. As condições principais são:

- ✓ Estanqueidade ao ar: proteger os ambientes interiores da edificação das infiltrações de ar que possam causar prejuízo ao conforto dos usuários e/ou gastos adicionais de energia para climatização do ambiente, tanto no calor como no frio.
- ✓ Estanqueidade à água: proteger o ambiente interior da edificação das infiltrações de água provenientes de chuva, acompanhada ou não de vento.
- ✓ Resistência a cargas uniformemente distribuídas: suportar pressões de vento estabelecidas nas normas técnicas e que tem que ser compatibilizadas pelo projetista segundo o local de uso.
- ✓ Resistência a operações de manuseio: suportar os esforços provenientes de operações de manuseio prescritas nas normas técnicas.
- ✓ Comportamento acústico: Atenuar, quando fechada, os sons provenientes de ambientes externos. O projetista encontrará a compatibilização entre o caixilho escolhido e as condições de uso.
- ✓ Inspeção: feita no local de fabricação, onde se confere se as características da janela estão de acordo com a especificação à luz das exigências definidas pelo projetista.

As esquadrias devem ser fornecidas com todos os acessórios originais, necessários ao seu funcionamento perfeito, e os demais componentes que devem manter todas as características. Os acessórios devem ser de materiais compatíveis com aquele utilizado na fabricação da janela, não podem sofrer alterações químicas, físicas ou mecânicas que prejudiquem o seu desempenho durante a sua vida útil. Os perfis precisam ser adequados à fabricação das janelas e atender às exigências de normas específicas. Os perfis e os processos construtivos utilizados não podem apresentar defeitos que comprometam a resistência e desempenho da esquadria (YAZIGI, 2004).

A qualidade na construção pode ser caracterizada como a reunião de condições que levam o contratante a confiar que: [i] a construção ficará conforme o projeto apresentado e dentro do prazo planejado; [ii] os custos obedecerão aos orçamentos apresentados; [iii] a

manutenção futura, os impactos ambientais salutar e outras características prometidas reunirão condições de merecer elogios; [iv] e as equipes prometidas e o lucro previsto resultarão em reconhecimento positivo da obra realizada. A falta de qualidade, no atendimento ao cliente, é generalizada no Brasil em todos os setores. Dizem alguns que uma das razões é falta de educação do homem na linha de produção e no atendimento geral do cliente. Muitos empresários gostariam de saber com antecedência qual seria a economia obtida no imóvel depois de realizada uma construção com qualidade. Atualmente, o consumidor é mais exigente quanto à eficiência da construção (HIRSCHFELD, 1996).

Hirschfeld (1996) salienta oito mandamentos da qualidade na construção civil: Comprometer a alta administração da empresa com os programas de incentivos à qualidade; identificar o nível de satisfação dos clientes; diagnosticar a empresa para descobrir os “gargalos”; estabelecer um plano de ação, definindo prioridades; trabalhar de forma participativa, montando equipes de qualidade; estabelecer treinamento para implantação das propostas; medir os resultados alcançados; implantar na empresa a cultura de melhoria contínua.

Uma esquadria externa dimensionada e posicionada com rigor pode definir a qualidade da construção, tanto do ponto de vista do caráter arquitetônico, como no que diz respeito aos ambientes interiores. A iluminação deve contribuir para o bem estar, assegurando ótimas condições para os olhos em termos de quantidade e de repartição de luz, evitando tanto os ofuscamentos como as sombras. A qualidade do conforto luminoso está ligada a uma escolha ponderada da transmissão luminosa, distribuição, orientação e as dimensões dos vidros (ANUÁRIO DE TECNOLOGIA E VIDRO, 2003).

Na etapa do projeto, o arquiteto deve ter o máximo cuidado na projeção das esquadrias externas, prevendo o sentido de abertura das portas e janelas, dependendo do cômodo (funcionalidade ou destino), ou da parede (se é divisa do terreno, calçada ou outra peça), de modo que as esquadrias favoreçam a arrumação dos móveis e o atendimento as demais necessidades (luminosidade, ventilação, estética). É aconselhável reduzir o número de portas externas, de ingresso, sob o aspecto da segurança (melhorar a fiscalização e economizar em dispositivos de alarme). Os componentes de uma porta são: Contra batente, batente, folha, guarnição, sôcolo e mata-junta. As possíveis ferragens são dobradiças, fechaduras, espelho,

cruzetas, testa, contra-testa, maçanetas, tarjetas, rodízios, conchas, ferrolho, molas. As janelas compõem-se das seguintes peças: caixilho, venezianas, batente, guarnição, e ferragens (dependendo do modelo) (AZEREDO, 2004).

Yazigi (2004) salienta algumas recomendações a respeito das esquadrias na etapa do projeto arquitetônico: estabelecer alguns critérios de especificação, de racionalização dos vãos de maneira sistêmica; considerando a coordenação modular de forma integral e a repetição possível, para obter ganhos de produtividade na execução de todas as etapas; definir antecipadamente os detalhamentos desejados nas esquadrias, forma de apresentação, padrão de acabamento, conforto, etc. Estabelecer critérios de seleção de fornecedores, considerando não somente o preço inicial, mas também a capacitação tecnológica, experiência anterior, referências de outros clientes, condições de fornecimento, prazos de entrega, instalação, situação financeira, etc. Fornecer ao fabricante das esquadrias os croquis detalhados das esquadrias, com elevações, cortes e especificação dos materiais de acabamento das paredes com as respectivas espessuras. Definir com o fornecedor todas as informações necessárias para operação e manutenção adequada das esquadrias.

As esquadrias, muito mais do que apenas uma designação genérica para portas e janelas são verdadeiras molduras por onde enxerga-se ou por onde chega-se ao mundo exterior. Dependendo das circunstâncias, são também as guardiãs que nos protegem contra a invasão de elementos externos indesejáveis. Vistas sob essa ótica, passam a ter um papel que vai muito além do estético ou do funcional. É por isso que assegurar manutenção é muito mais do que uma questão de economia, mas uma garantia de segurança e bem estar.

O uso de esquadrias no mercado brasileiro está cada vez mais difundido, seja pela descoberta de novos materiais, seja pela atenção à sua função protetora e ao seu valor estético. Dentre as vantagens das esquadrias, estão os avanços na produtividade, qualidade e desempenho, além da possibilidade de serem pré-fabricadas, o que garante grande redução no tempo da construção e elimina o desperdício, obtendo-se um custo final menor da edificação. Dessa forma, a utilização desses produtos pode significar economia, segurança e beleza. Segundo dados da Afeal - Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio -, estima-se que o mercado de esquadrias no Brasil seja composto da seguinte maneira: 19% alumínio; 1% PVC; 40% madeira; e 40% aço/ferro (FLEXEVENTOS, 2006).



Segundo a Flexeventos (2006), o grande impulso do setor ficou por conta das exigências do mercado interno, globalização e internacionalização da economia, que tiveram como consequência a chegada ao Brasil de empresas européias e americanas, exigindo escritórios e habitações nos mesmos padrões de seus países de origem. A procura por produtos de baixa manutenção e alto desempenho provocou o aperfeiçoamento do setor da construção. Ao mesmo tempo, competitividade, déficit habitacional e investimentos internacionais fazem do Brasil um país de grandes perspectivas para o setor.

## 2.1 Madeira

Proporcionando um toque requintado e confortável, as esquadrias de madeira se adaptam as condições do clima, sendo bom isolador térmico, evitando a condensação de umidade em sua superfície numa situação de grande diferença de temperatura entre os ambientes que a esquadria separa. Também conta com as vantagens de possibilitar vários desenhos, acabamentos e detalhes, com custo geralmente menor do que o de outros materiais - levando em conta o tipo de madeira utilizada. Hoje o setor de beneficiamento madeireiro do país colabora para a exploração e beneficiamento sustentável dos recursos naturais. A esquadria de madeira, no entanto, requer pintura periódica e cuidados em relação à degradação biológica (insetos, bactérias, fungos etc.) e física (intemperismo, produtos químicos, poluição) para sua manutenção e conservação.

A madeira pode ser considerada um material excepcional, é uma matéria-prima industrial de múltiplo aproveitamento, que vêm acompanhando e sustentando a civilização desde seus primórdios. Diferentes espécies lenhosas adaptam-se desde as zonas tropicais até as fronteiras árticas. Será praticamente inesgotável, quando as reservas florestais existentes deixarem de ser consideradas simplesmente como áreas cultivadas que podem e devem ser renovadas. Mais do que qualquer outro recurso natural, é preciso lembrar que sua vital função de suporte biológico a todos os seres vivos. Em países onde não se alcançou um estágio avançado na tecnologia dos materiais, pretende-se ver ainda nas madeiras, em decorrência de sua vulnerável durabilidade, um material destinado a papéis secundários em subempregos, acessórios provisórios e de breve amortização (BAUER, 1994).

### ***2.1.1 Características***

A madeira é provavelmente o mais antigo material de construção utilizado pelo homem. Precedeu a própria pedra, tendo sido usada nas construções palafíticas. A facilidade de obtenção e a facilidade de adaptação aos fins previstos permitiram o seu emprego por populações primitivas, mesmo com os escassos meios então disponíveis (PETRUCCI, 1979).

Conforme afirma Bauer (1994), na condição de material de construção, as madeiras incorporam todo um conjunto de características técnicas, econômicas e estéticas que dificilmente se encontram em outro material existente. Como:

- ✓ Apresenta resistência mecânica tanto a esforços de compressão como aos esforços de tração na flexão: foi o primeiro material de construção a ser utilizado tanto em colunas como em vigas e vergas;
- ✓ Tem resistência mecânica elevada, superior ao concreto, com vantagem do peso próprio reduzido;
- ✓ Resiste excepcionalmente a choques e esforços dinâmicos: sua resiliência permite absorver impactos que romperiam ou estilhaçariam outros materiais;
- ✓ Apresenta boas características de isolamento térmico e absorção acústica; seco, é satisfatoriamente dielétrico;
- ✓ Tem facilidade de afeiçoamento e simplicidade de ligações: pode ser trabalhado com ferramentas simples;
- ✓ Têm custo reduzido de produção, reservas podem ser renovadas e, quando convenientemente preservada, perdura em vida útil prolongada a custo de manutenção;
- ✓ Em seu estado natural, apresenta uma afinidade de padrões estéticos e decorativos;
- ✓ A madeira somente adquiriu reconhecimento como moderno material de construção, em condições de atender às exigências de técnicas construtivas recentemente

desenvolvidas, quando tantos outros processos de beneficiamento permitiram anular as características negativas que apresenta seu estado natural;

✓ A degradação de suas propriedades e o surgimento de tensões internas, decorrentes de alterações em sua umidade são anuladas pelos processos de secagem artificial controlada;

✓ A deteriorização, quando em ambientes que favoreçam o desenvolvimento de seus principais predadores é contornada com os tratamentos de preservação;

✓ A marcante heterogeneidade e anisotropia, próprias de sua constituição fibrosa orientada, assim como a limitação de suas dimensões são resolvidas pelos processos de transformação nos laminados, contraplacados e aglomerados de madeira.

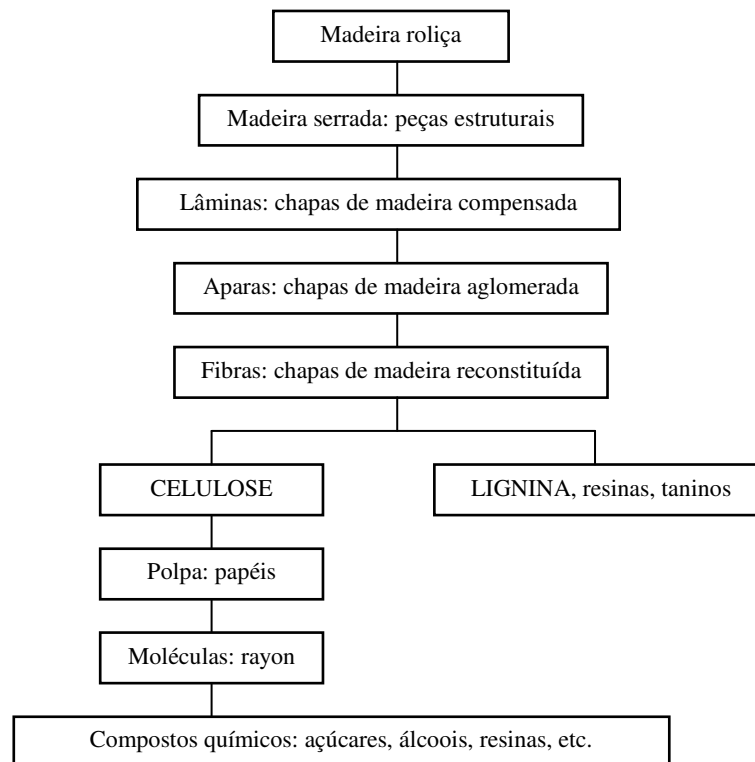
Pode-se classificar as madeiras de várias formas, uma delas, adaptada às finalidades tecnológicas: *Madeiras finas*, empregadas em marcenaria e em construção corrente, na execução de esquadrias, marcos, etc. (louro, cedro, vinheira). *Madeiras duras ou de lei*, empregadas em construção como suportes e vigas (grápia, angico, cabriúva). *Madeiras resinosas*, empregadas quase que exclusivamente em construções temporárias ou protegidas de intemperismo (pinho). *Madeiras brandas*, de pequena durabilidade, porém de grande facilidade de trabalho, não são usadas em construção (timbaúva) (PETRUCCI, 1979).

Bauer (1994) salienta que a madeira como material de construção tem a importância de ser, depois do aço, o segundo material de maior consumo, mesmo no adiantado desenvolvimento norte-americano. Podem participar nessa condição, provisória ou definitivamente, em todas as partes de uma construção, desde as fundações, estrutura, pavimentos, vedações, esquadrias e revestimentos, até a cobertura. É um material tecnicamente adequado e economicamente competitivo para todas as obras de engenharia, desde lastro de vias férreas até galerias, torres, pontes e estruturas de cobertura em grandes vãos.

Bauer (1994) destaca que as substâncias básicas na composição química das madeiras são a holocelulose e a lignina, em proporções aproximadas de 60% e 25%. Outros constituintes, em bem menores proporções, estão contidos nas cavidades das células ou são

produzidos por modificações das mesmas: óleos, resinas, açúcares, amidos, taninos, substâncias nitrogenadas, sais inorgânicos e ácidos orgânicos. Pode-se dizer que a madeira, nas paredes das células lenhosas, é quimicamente composta por hidratos de carbono.

O fluxograma de seu rendimento industrial atende ao seguinte desenvolvimento:



**Figura 1:** Fluxograma de Rendimento Industrial da madeira

Fonte: (BAUER, 1994).

### ***2.1.2 Produção das madeiras***

A produção das madeiras de obra, que são peças de madeira natural serradas inicia-se com o corte das árvores e desenvolve-se na toragem, falquejamento, desdobro e aparelhamento das peças. Na exploração bem conduzida de reservas florestais, a operação de corte das árvores é sempre precedida por um levantamento dendométrico que esclarece sobre o aproveitamento econômico adequado, avaliação e cubagem dos exemplares a serem abatidos (BAUER, 1994, PETRUCCI, 1979).

Bauer (1994) e Petrucci (1979) salientam que são normalmente examinadas: a umidade, a retratibilidade, a densidade, a condutibilidade elétrica, térmica e fônica e a resistência ao fogo. Definem o comportamento do material e as alterações que sofre seu estado físico quando ocorrem variações de umidade, de temperatura ou outras em seu ambiente de emprego. São comuns as seguintes expressões no que diz respeito à umidade:

- ✓ Madeira verde – com teor de umidade acima do ponto de saturação ao ar, normalmente acima de 30%;
  
- ✓ Madeira semi-seca – inferior ao ponto de saturação, acima de 23%;
  
- ✓ Madeira comercialmente seca – entre 13 e 18%;
  
- ✓ Madeira dessecada – entre 0 e 13%;
  
- ✓ Madeira completamente seca – com 0%.

O emprego das madeiras, com responsabilidade de economia e segurança, exige a obtenção de um grau de umidade nas peças, representando uma garantia contra o aparecimento de conseqüências da retratibilidade (empenos, rachas) e uma maximização de suas disponibilidades de resistência mecânica. A durabilidade das madeiras é a resistência que apresentam aos agentes de alteração e destruição de seu tecido lenhoso: fungos, insetos, bactérias, entre outros. Configura-se a durabilidade natural nas madeiras como uma característica extremamente relativa, pois depende não somente de fatores decorrentes da

própria natureza do material – espécie lenhosa, cerne ou alburno, presença de taninos, óleos e resinas em seus vasos lenhosos – como também de fatores externos, relacionados às condições do ambiente de emprego: umidade, temperatura, arejamento, etc. (BAUER, 1994. PETRUCCI, 1979).

## 2.2 Vidro

Em edificações residenciais, de trabalho e lazer, intimamente ligado à luz, o vidro é presença constante, muitas vezes anônima, que garante segurança, higiene e beleza. É a solução para as mais complexas necessidades da vida moderna: arquitetura, decoração, construção civil, embalagens, indústria automobilística e de eletrodomésticos, aplicações industriais em geral. Reutilizável e 100% reciclável é um elemento básico de beleza que aliado à praticidade é a receita de sucesso deste material, conhecido desde o tempo dos antigos egípcios, unindo numa ponte segura e luminosa, o passado ao futuro.

O vidro é um material tão comum em nossas vidas que, muitas vezes, nem percebemos o quanto ele está presente. Porém, basta um olhar à nossa volta com um pouco de atenção e vamos encontrá-lo nas janelas, nas lâmpadas, na mesa de refeições, na forma de garrafas, copos, pratos, travessas entre outros. Muitas pessoas vêm através de óculos com lentes de vidro. E o que faz este material ter tantas aplicações e continuar sendo usado por milhares de anos? Segundo definição aceita internacionalmente, "o vidro é um produto inorgânico, de fusão, que foi resfriado até atingir a rigidez, sem formar cristais". O elemento básico do vidro é a sílica, fornecida pela areia, óxidos fundentes, estabilizantes, e substâncias corantes.

Tanto nas construções do passado como nas de hoje, o vidro é utilizado primeiro pela sua transparência, sinônimo de luz e de comunicação, das quais o homem tem necessidade. Símbolo de modernidade arquitetônica desde o século XIX, o vidro é igualmente um material tecnologicamente avançado, funcional e refinado, podendo-se tirar partido das suas qualidades de transparência de forma plena ou discreta. Graças a pesquisas e desenvolvimentos, nestas últimas décadas o vidro contribuiu também de forma acentuada para a melhoria do conforto do lar. A diversidade dos vidros e das suas funções, o crescimento de suas aplicações interiores proporciona hoje ao projetista uma grande liberdade para pôr em

prática uma verdadeira arquitetura de luz, que satisfaz plenamente às exigências do conforto moderno (ANUÁRIO DE TECNOLOGIA E VIDRO, 2003).

Encontram-se no mercado hoje diversos tipos de vidros, como: Acidado, anti-reflexo, antivandalismo, aramado, autolimpante, baixo-emissivo, colorido, craquelado, curvo, degrau de vidro, espelhos, espelho antiembaçante, float, impresso, impresso espelhado, insulado ou duplo, insulado com persiana interna, jateado, laminado, laminado de impressos, laminado de temperados, laminados especiais, lapidado ou bisotado, metalizado a vácuo, opacado eletronicamente, para revestimento, pirolítico, piso de vidro, resistente a balas, resistente ao fogo, serigrafado, temperado e visores de piscinas (ANUÁRIO DE TECNOLOGIA E VIDRO, 2003).

### ***2.2.1 Composição***

Uma das razões de o vidro ser tão popular e duradouro, talvez esteja na sua análise, pois os vidros mais comuns, aqueles usados para fazer os vidros planos e as embalagens, que tecnicamente são denominados "sodocálcicos", têm uma composição química muito parecida com a da crosta terrestre, que é a camada externa do planeta. A composição química do vidro pouco mudou nesses 5.000 anos. O vidro mais usado no mundo, o calco-sódico, conta com 70% de SiO<sub>2</sub>, 15% de óxido de sódio (Na<sub>2</sub> O), 10% de óxido de cálcio (CaO) e com 5% de outros óxidos. Na realidade, o sódio e o cálcio são adicionados como carbonatos e perdem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), formando óxido de sódio e de cálcio (BAUER, 1994).

Bauer (1994) salienta que no século XX, as pesquisas das propriedades físicas e químicas possibilitaram o desenvolvimento de novos tipos de vidros e de novas indústrias: vidros temperados, vidros laminados, fibras de vidro, fibras óticas e vidro cerâmico. O vidro Sodo-Cálcico é aplicado em embalagens de uso geral (garrafas, potes e frascos); o vidro plano é aplicado na indústria automobilística, construção civil e em eletrodomésticos; o boro-Silicato é aplicado em utensílios domésticos resistentes a choque térmico; o chumbo é aplicado em copos, taças, cálices, ornamentos, peças artesanais (o chumbo confere mais brilho ao vidro).

### 2.2.2 Cor

Uma das características mais interessantes do vidro é a cor. Os vidros podem se apresentar desde o mais puro incolor até em infinitas cores, que também podem variar desde uma leve tonalidade até a total opacidade. A cor do vidro pode ter uma função apenas estética, e não por isso menos importante. Basta se lembrar dos vitrais e de todas as peças artísticas e decorativas que causam prazer em admirar. Em questões de marketing a cor também é muito importante, pois ajuda muito na escolha do produto. Um exemplo são os frascos de perfumes que existem nas mais diferentes formas e cores para chamar a atenção dos clientes.

Além da função estética, a cor do vidro tem também uma função utilitária. Quando um vidro apresenta determinada cor é porque ele contém em sua composição química alguns elementos que interferem ou filtram a luz que nele está incidindo. Por exemplo, um vidro é verde porque a luz do sol ou de lâmpadas, que incide nele, contém todas as cores, mas ao atravessar o vidro, que no caso contém cromo, é filtrada, passando somente a porção verde da cor sendo as demais retidas. Então se vê o vidro verde (SAINT-GOBAIN, 2007).

O vidro é o único material que possibilita a visualização do produto que ele contém, ao mesmo tempo em que o protege contra radiações que o deteriorariam. No caso dos vidros planos de janelas, de prédios ou veículos, se utiliza o mesmo princípio. Colore-se o vidro de maneira que ele impeça a passagem da radiação responsável pelo aquecimento (infravermelha), mas permita a passagem da luz visível, possibilitando a visão através das janelas. Desta maneira, o ambiente aquece menos e ao mesmo tempo não se torna necessário utilizar iluminação artificial durante o dia, economizando energia na iluminação e no ar condicionado.

Este também é o princípio dos vidros reflexivos, que são empregados nos prédios modernos, durante o dia parece um enorme espelho. Na verdade, além de bonitos estes vidros refletem boa parte da radiação solar que de outra forma estaria entrando e aquecendo o ambiente. Nestes mesmos prédios, durante a noite, quando as salas estão iluminadas, é possível enxergar de fora o seu interior, pois não há a radiação intensa do sol que se reflete e ofusca a luz visível que sai do interior para o exterior (SAINT-GOBAIN, 2007).



### **2.2.3 A descoberta**

Não se sabe exatamente a data ou o lugar onde o vidro foi descoberto. Alguns historiadores julgam que o primeiro vidro produzido pelo homem veio da Síria, aproximadamente 3000 anos antes de Cristo. Outros apontam o Egito, cerca de 2500 a.C. Sabe-se, que em 1400 a.C. os egípcios produziam vasos, enfeites e outros objetos similares numa fábrica descoberta em Tel el Armona. Posteriormente, os romanos, com o auxílio de artesãos egípcios e sírios, produziram vasos, garrafas, jarras e outros objetos de adorno. Também o empregaram como janelas, como se vê nas ruínas de Pompéia. Evidência de envidraçamento de casas também foi encontrada nas ruínas romanas da Inglaterra. As primeiras janelas foram produzidas aproximadamente no primeiro ou segundo século da era cristã. (BAUER, 1994).

Alguns autores supõem que o vidro foi descoberto pelos primeiros fundidores de metais ou até pela vitrificação acidental de uma peça de barro cozido. O historiador Caio Plínio II (27-79 d.C.), em sua obra "História Natural", atribuiu o descobrimento do vidro a mercadores fenícios que desembarcaram nas costas da Síria e, necessitando de fogo, improvisaram fogões, usando blocos de salitre (trona) sobre a areia. Passado algum tempo, notaram que do fogo escorria uma substância líquida e brilhante, que se solidificava imediatamente: o vidro. Os Fenícios teriam, então, se dedicado à reprodução daquele fenômeno, chegando à obtenção de materiais utilizáveis (SAINT-GOBAIN, 2007).

### **2.2.4 Evolução**

Até 1500 a.C., o vidro tinha pouca utilidade prática e era empregado principalmente como adorno. A partir desta época, no Egito, começaram a ser produzidos recipientes da seguinte maneira: a partir do vidro fundido, faziam-se filetes que eram enrolados em forma de espiral em moldes de argila. Quando o vidro esfriava, tirava-se a argila do interior, obtendo-se um frasco que, pela dificuldade de obtenção, era somente acessível aos muito ricos. Por volta de 300 a.C., uma grande descoberta revolucionou o vidro: o sopro, que consiste em colher uma pequena porção de vidro com a ponta de um tubo (o vidro fundido é viscoso como o mel) e soprar pela outra extremidade de maneira a se produzir uma bolha no interior da massa, que

passará a ser a parte interna da embalagem. A partir daí, ficou mais fácil à obtenção de frascos e recipientes em geral. Para termos noção da importância desta descoberta, basta dizer que, ainda hoje, mais de 2000 anos depois, utiliza-se o princípio do sopro para moldar embalagens, mesmo nas mais modernas máquinas (SAINT-GOBAIN, 2007).

Também a partir de gotas, colhidas na ponta de tubos e sopradas, passou-se a produzir vidro plano. Depois que a bolha estava grande, cortava-se o fundo, deixando a parte que estava presa no tubo e, com a rotação deste, produzia-se um disco de vidro plano, que era utilizado para fazer vidraças e vitrais. No século I a.C., os melhores vidros vinham da Alexandria e já eram obtidos por sopro. Graças à contribuição dos romanos, iniciou-se a produção de vidro por sopro dentro de moldes, aumentando em muito a possibilidade de fabricação em série das manufaturas. Foram eles, também, os primeiros a inventar e usar o vidro para janelas. Com a queda de Roma, o vidro praticamente desapareceu da Europa, mas se desenvolveu enormemente na Síria e no Egito, com a fabricação de vitrais, lâmpadas e outros objetos de fino acabamento (SAINT-GOBAIN, 2007).

Bauer (1994) diz que na época em que Tibério era imperador romano, entre 23 e 37 d.C., um artesão inventou um tipo maleável de vidro, que poderia ser flexionado, martelado como metal e atirado ao chão sem se quebrar. O inventor foi levado à presença do imperador e as qualidades notáveis do novo vidro foram demonstradas. Tibério, por motivos desconhecidos, ordenou a morte do inventor no próprio local. Assim, uma das grandes descobertas da humanidade foi perdida há quase dois mil anos. Nunca ficaremos sabendo como era esse vidro, mas o vidro temperado, que se desenvolveu principalmente a partir de 1930, possui quase todas as qualidades deste.

A partir deste vidro claro e límpido, puderam ser criadas lentes e, com elas, foram inventados os binóculos (1590) e os telescópios (1611), com os quais pode-se começar a desvendar os segredos do universo. Também nesta época, graças à produção dos recipientes especiais e termômetros de laboratório, houve um grande desenvolvimento na química. No início, foi utilizada a tecnologia veneziana de sopro, mas, a partir de 1685, através de um método novo, que consistia na deposição da massa líquida de vidro sobre uma grande mesa metálica, sobre a qual era passado um rolo, da mesma maneira como se faz massa de pastel. O vidro assim obtido era polido para a produção de espelhos. No século passado, devido à

demanda de novos vidros no campo da ótica, muitos desenvolvimentos foram realizados nesta área, principalmente pelos alemães (SAINT-GOBAIN, 2007).

Em 1880, inicia-se a produção mecânica de garrafas e, em 1900, tem início à produção de vidro plano contínuo, através de estiramento da folha na vertical. Em 1952, é inventado o processo float, utilizado até hoje, em que o vidro fundido é escorrido sobre um banho de estanho líquido e sobre ele se enrijece. Apesar de todos estes avanços, ainda hoje, em Murano, continua a tradição da produção de vidros manuais, decorativos e utilitários, nas mais diversas cores, apreciados em todo mundo. No Brasil em Poços de Caldas, em Minas Gerais, onde se concentram diversos artistas vidreiros. Hoje, o desenvolvimento de novas tecnologias permite ao vidro ocupar um lugar de destaque, mantendo-se como um material de inúmeras aplicações, cada vez mais utilizado em todas as atividades e empreendimentos que signifiquem beleza, modernidade e inovação (SAINT-GOBAIN, 2007).

Segundo Bauer (1994), o uso do vidro na construção praticamente explodiu no século XX, e hoje são comuns grandes áreas envidraçadas. A causa principal do aumento do emprego do vidro na construção foi à redução do seu custo. O material vidro está presente na arquitetura sob diversas formas. Desde sua aplicação mais conhecida em janelas, sob a forma de lâminas ou chapas planas e curvas, até sua utilização na forma de blocos ou mesmo fibras.

### ***2.2.5 Vidro Temperado - Autoportante***

Segundo Bauer (1994), dois grandes mercados, a indústria automobilística e a indústria da construção civil, impulsionaram a produção de vidros de segurança, bem como o desenvolvimento de técnicas mais avançadas de fabricação. A diferença fundamental é que o vidro de segurança, ao ser fraturado, produz fragmentos menos suscetíveis de causar ferimentos graves do que o vidro recozido em iguais condições. São três os tipos de vidros de segurança: o temperado, o laminado, e o aramado, porém cada um deles apresenta características próprias de fabricação e desempenho.

O vidro temperado tem esse nome por analogia ao aço temperado. Ambos têm sua resistência aumentada pela têmpera, um processo que consiste em aquecer o material a uma

temperatura crítica e depois resfriá-lo rapidamente. Porém os efeitos desse tratamento são muito diferentes para os dois materiais. O vidro permanece um material de uma única fase e sua dureza não varia. A têmpera no vidro produz um sistema de tensões que aumenta a resistência, induzindo tensões de compressão na sua superfície. Isso acontece porque o vidro, como a maior parte dos materiais frágeis, tem grande resistência à compressão, porém pouca resistência à tração (BAUER, 1994).

A têmpera do vidro é obtida da seguinte forma: o vidro é aquecido a uma temperatura próxima ao seu ponto de amolecimento e rapidamente resfriado por meio de jatos de ar. Como o vidro é mal condutor de calor, as superfícies externas resfriam-se e contraem-se, enquanto o interior permanece fluido a alta temperatura. À medida que se resfria a massa interna, ela tende a se contrair, o que é impedido pelas partes externas que já estão rígidas. Quando a temperatura se equilibra com o ambiente, desenvolvem-se fortes tensões de compressão na superfície, e de tração na parte interna. A forma das tensões induzidas e os valores máximos de compressão e de tração dependem da temperatura inicial, da velocidade de resfriamento, das propriedades térmicas do vidro usado e da forma do objeto a ser temperado (BAUER, 1994).

Segundo Bauer (1994), as deformações devem respeitar tolerâncias dimensionais de fabricação. Em relação à largura e ao comprimento, a tolerância é de 3 mm. Para medir-se o empenamento, coloca-se a chapa de vidro na posição vertical e mede-se o afastamento máximo em relação a uma régua apoiada nas extremidades da peça. Em razão das deformações admissíveis de fabricação, recomenda-se, para o bom funcionamento das peças de vidro temperado em instalações autoportantes (ou seja, quando não são utilizados caixilhos), que as seguintes distâncias entre as bordas das chapas de sejam respeitadas:

- ✓ Entre peças móveis, 2 a 4 mm;
- ✓ Entre peças móveis e fixas, 3 a 5 mm;
- ✓ Entre peças móveis e piso, 7 a 8 mm;
- ✓ Entre peças fixas, 2 a 3 mm.

### ***2.2.6 Instalações Autoportantes***

Nas instalações autoportantes, a montagem e fixação das chapas de vidro temperado são feitas através de ferragens. As ferragens são os elementos de ligação entre vidros, ou vidros e estrutura de sustentação (alvenaria, concreto, madeira, aço, alumínio, entre outras), sendo responsáveis pela transmissão de esforços, fixação e funcionamento de uma instalação autoportante. As ferragens são peças metálicas (latão, bronze, ferro ou alumínio), adaptadas aos furos e recortes previamente executados nos vidros temperados. Entre essas peças e os vidros, deve-se interpor materiais imputrescíveis, não higroscópicos e que não escoem com o tempo sob pressão (fitas plásticas adesivas, cartões tratados etc.). Quanto maior a área de contato entre vidro e ferragem, mais segura será a instalação e melhor o seu funcionamento, já que haverá melhor transmissão dos esforços, evitando-se concentrações indesejáveis (BAUER, 1994).

Segundo Bauer (1994), os vidros de segurança temperados produzidos no Brasil podem ser lisos ou impressos. É possível realizar opacação leve nos vidros temperado através de jatos de areia ou ácido hidrofúorídrico, desde que o polimento atinja, no máximo, 0,3mm de profundidade. Convém ressaltar que, nesses casos, a resistência do vidro é consideravelmente reduzida. As bordas dos vidros temperados podem ser simplesmente filetadas ou escantilhadas para aplicação em caixilhos, ou lapidadas, com lapidação reta ou redonda, nas instalações autoportantes.

Conforme afirma Bauer (1994), os vidros de segurança temperados são especialmente indicados onde o projeto especifique vidros em locais sujeitos a impactos, choques térmicos ou utilização sob condições adversas, que requeiram resistência mecânica. Especificamente, são utilizados em locais onde o projeto arquitetônico requeira o máximo de transparência, com um mínimo, ou mesmo ausência, de estruturas horizontais ou verticais de sustentação. Exemplos de sua aplicação são as fachadas de edifícios, divisórias, portas, janelas, boxes para banheiros, vitrines, tampos de mesa etc.

É considerado vidro de segurança porque evita a ocorrência de acidentes graves. Em caso de quebra, seja qual for o ambiente, o vidro se fragmenta em pequenos pedaços de

bordas pouco cortantes, minimizando o risco de ferimento profundo (ANUÁRIO DE TECNOLOGIA E VIDRO, 2003).

Apesar de possuir grande resistência mecânica, não suporta impacto de balas. Como o vidro temperado não pode sofrer recortes, perfurações ou lapidação, salvo polimento leve, é de suma importância que seu projeto leve em conta as dimensões finais dos vãos acabados, condições de nível e prumo, materiais que compõem os vãos onde serão aplicadas as peças de fixação (pedra, mármore, concreto, alvenaria, ladrilho, taco, forro falso etc.) e movimentações de estrutura (BAUER, 1994).

### 2.3 Aço / Ferro

De fácil acesso, o ferro ainda é muito utilizado em esquadrias, seja pelo baixo custo ou pela facilidade de se adequar a vários tipos de projeto, uma vez que pode ser moldado por meio de soldas de fogo. Porém, o fato de oxidar facilmente, perdendo sua resistência, sobretudo se estiver próximo ao mar, é um dos fatores que influenciam a escolha de outro material. É necessária a conservação com pintura, para evitar o progresso da corrosão e conseqüente degradação do material. Com a mesma característica de custo e ainda a possibilidade de ser mais leve e permitir conformar o material na geometria conveniente ao projeto da esquadria, a chapa de aço possibilita maior variedade de tipos, porém, os cuidados de conservação são os mesmos necessários nos perfis de ferro laminado, apesar de a composição da matéria-prima incluir outros metais, como o cobre, para melhorar sua resistência à corrosão (FLEXEVENTOS. 2006).

A metalurgia do ferro tomou o nome especial de siderurgia, do grego *sideros* (ferro) *ergo* (trabalho), daí a designação de produtos siderúrgicos para aqueles feitos com ferro e suas ligas. O ferro é, indiscutivelmente, o metal de maior aplicação na indústria da construção. Devido a seu elevado módulo de resistência, permite vencer grandes vãos com peças relativamente delgadas e leves. É usado puro ou em ligas na armação de abóbadas, vigas, esquadrias, trilhos, coberturas, painéis, condutores, grades, etc. Bastante conhecido até mesmo dos egípcios e dos assírios e babilônios, tanto que caracterizou uma idade da Pré-história, foi normalmente, procedido da mineração do ouro, prata, cobre e bronze. Os povos primitivos da

América, por exemplo, já trabalhavam estes últimos metais, mais ainda não tinham utilizado-o (BAUER, 1994).

### ***2.3.1 Minério de ferro***

Os minérios de ferro apresentam-se sob a forma de carbonatos (siderita), óxidos (magnetita, hematita, limonita) e sulfetos (pirita). Os maiores produtores mundiais de ferro são, atualmente, Brasil, Austrália, Rússia, França e Suécia. O Brasil tem 22% das reservas mundiais conhecidas do minério. Sua ocorrência se dá em Minas Gerais, Mato Grosso, Amapá, Goiás e Bahia. Só a Serra do Caraça, em MG, pode abastecer o mundo durante 150 anos, supondo-se um consumo médio de 50 bilhões de toneladas anuais. Existem locais onde os minérios cobrem centenas de quilômetros quadrados, formando camadas de até 200 metros de espessura. Já em 1590 existiam fornos fabricados na Espanha e montados no Brasil. A extração do minério é geralmente feita a céu aberto, visto que a sua ocorrência é em grandes massas (BAUER, 1994).

Segundo Bauer (1994), a classificação tradicional do ferro e suas ligas têm sido pelo teor de carbono:

- ✓ Aço doce, quando têm na sua composição menos de 0,2% de carbono;
- ✓ Aço ao carbono, quando esse teor fica entre 0,2 e 1,7%;
- ✓ Ferro fundido, quando esse teor de situa entre 1,7 e 6,7%.

O aço se distingue do ferro por ser mais duro, admitir têmpera, ser mais fusível e quebradiço.

## 2.4 Alumínio

O alumínio mostrou-se extremamente vantajoso para a construção civil como matéria-prima para esquadrias, devido a características como leveza, função estrutural, baixa manutenção e fabricação de esquadrias nas mais variadas tipologias, com design atualizado e geometria livre. O material é resistente à corrosão e, quando submetido aos tratamentos superficial, tais como a anodização ou pintura apropriada, sua resistência é ampliada, além de não oxidar como o ferro e não perder o brilho. É exatamente pela durabilidade que o emprego do alumínio tem crescido na confecção de esquadrias.

O custo do material está sempre além do custo da madeira e do ferro, mas resiste melhor às condições naturais, tem fácil aplicação, dispensa lixamento, pintura e conservação periódica, o que resulta em economia. Já se tem produzido no Brasil linhas de perfis exatamente como é utilizado na Europa e Estados Unidos. São tipologias muito atraentes, que permitem boas combinações de tamanho, controle da iluminação e ventilação, com limpeza prática. Isto sem mencionar que a arquitetura já pode contar com perfis que impedem a passagem da temperatura, do ambiente externo com o interno propiciando um conforto térmico com economia de energia, uma vez que propicia o uso de vidros duplos com até 41 mm de espessura. Com essa espessura mais a tipologia adequada há também o ganho acústico (FLEXEVENTOS 2006).

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre (8,13 %) e, logo a seguir ao oxigênio e silício, o terceiro elemento mais abundante. Devido à elevada afinidade para o oxigênio, não é costume encontrá-lo como substância elementar, mas sim, em formas combinadas tais como óxidos ou silicatos (NAUTILUS, 2006).

### 2.4.1 História

O nome do metal deriva do latim *alumen* (alúmen). Em 1761, L.B.G. de Morveau propôs o nome *alumine* para a base do alúmen, e em 1787, Lavoisier identificou-o definitivamente como o óxido do metal ainda por descobrir. Em 1807 Sir Humphey Davy propôs o nome de *aluminium* para este metal, e mais tarde concordou em alterá-lo para *aluminum*. Pouco tempo depois, o nome *aluminium* (alumínio) foi adaptado para concordar



com a terminação do nome da maior parte dos elementos, generalizando-se esta designação por todo o mundo (NAUTILUS, 2006).

Atualmente julga-se que Hans Christian Oersted foi o primeiro a preparar alumínio metálico, em 1825, através do aquecimento de cloreto de alumínio anidro com uma amálgama de potássio. Frederick Wöhler melhorou este processo entre 1827 e 1845, substituindo a amálgama por potássio e desenvolvendo um método mais eficaz para desidratar o cloreto de alumínio. Em 1854, Henri Sainte-Claire Deville substituiu o relativamente caro potássio pelo sódio, usando um cloreto de alumínio-sódio em vez do cloreto de alumínio, produzindo numa fábrica-piloto perto de Paris as primeiras quantidades comerciais de alumínio. Várias fábricas usando essencialmente este processo foram, posteriormente, construídas na França e na Grã-Bretanha, mas nenhuma sobreviveu quando do advento, em 1886, do processo eletroquímico que passaria a dominar a indústria (NAUTILUS, 2006).

Segundo Nautilus (2006), o desenvolvimento deste processo remonta a Sir Humphrey Davy, que, em 1807, tentou sem êxito eletrolisar uma mistura de alumina e potassa. Mais tarde, em 1854, Robert Wilhelm Von Bunsen e Sainte-Claire Deville prepararam independentemente alumínio por eletrólise a partir de cloreto de alumínio-sódio fundido; no entanto, esta técnica não foi explorada devido à falta de uma fonte barata de eletricidade. A invenção do dínamo por Gramme em 1886 solucionou este problema, abrindo caminho à descoberta de novos métodos.

Nautilus (2006) destaca que em 1886, Charles Martin Hall de Oberlin (Ohio) e Paul L. T. Héroult de França, ambos com 22 anos, descobriram e patentearam, quase simultaneamente, o processo em que alumina é dissolvida em criolite fundida e decomposta eletroliticamente. Este técnica de redução, geralmente conhecida por *processo de Hall-Héroult*, subsistiu até aos nossos dias, sendo atualmente o único processo de produção de alumínio em quantidades comerciais.

O alumínio, apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é o metal mais jovem usado em escala industrial. Mesmo utilizado milênios antes de Cristo, o alumínio começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos. Sua produção atual supera a soma de todos os outros metais não ferrosos. Esses dados já mostram a importância

do alumínio para a nossa sociedade. Antes de ser descoberto como metal isolado, o alumínio acompanhou a evolução das civilizações. Sua cronologia mostra que, mesmo nas civilizações mais antigas, o metal dava um tom de modernidade e sofisticação aos mais diferentes artefatos (ABAL, 2006).

Segundo ABAL (2006), hoje, os Estados Unidos e o Canadá são os maiores produtores mundiais de alumínio. Entretanto, nenhum deles possui jazida de bauxita em seu território, dependendo exclusivamente da importação. O Brasil tem a terceira maior reserva do minério no mundo, localizada na região amazônica, perdendo apenas para Austrália e Guiné. Além da Amazônia, o alumínio pode ser encontrado no sudeste do Brasil, na região de Poços de Caldas (MG) e Cataguases (MG). A bauxita é o minério mais importante para a produção de alumínio, contendo de 35% a 55% de óxido de alumínio.

#### ***2.4.2 Utilização***

O alumínio é amplamente utilizado pela indústria de diversas maneiras. Tal versatilidade se deve às suas propriedades e excelente desempenho na maioria das aplicações. Suas técnicas de fabricação permitem a manufatura do produto acabado a preços competitivos. Cada segmento utiliza o metal na forma mais adequada às suas finalidades, de acordo com os diferenciais e propriedades de cada produto (ABAL, 2006).

É um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do metal, por meio da passagem entre dois cilindros de aço ou ferro fundido com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos. Esta seção transversal é retangular e refere-se a produtos laminados planos de alumínio e suas ligas, compreendendo desde chapas grossas com espessuras de 150 mm, usadas em usinas atômicas, até folhas com espessura de 0,005 mm, usadas em condensadores. Existem dois processos tradicionais de laminação de alumínio: laminação a quente e laminação a frio. Atualmente, na indústria também se utiliza a laminação contínua (ABAL, 2006).

Segundo ABAL (2006), os principais tipos de produtos laminados são: chapas planas ou bobinadas, folhas e discos. Esses semi-manufaturados têm diversas aplicações em setores como transportes (carrocerias para ônibus, equipamentos rodoviários, elementos estruturais,

etc.), construção civil (telhas, perfis para esquadrias, fachadas, calhas, rufos, etc.), embalagens (latas, descartáveis e flexíveis) e bens de consumo (painéis, utensílios domésticos, etc.).

O grande número de fabricantes de esquadrias de alumínio torna a qualificação de fornecedores uma tarefa complexa, tendo em vista as dificuldades em se obter dos projetistas um detalhamento de projeto que permita a contratação de serviços com critérios técnicos e econômicos bem definidos. Fabricantes que se encontram em um estágio tecnológico adiantado oferecem o serviço de projeto das esquadrias com estudo de soluções técnicas e economicamente vantajosas para a obra. Partindo das especificações dos projetistas, esses fabricantes têm melhores condições de otimizar o projeto e o uso dos perfis, por meio de sistemas informatizados, assegurando o cumprimento das normas técnicas nas fases de projeto, produção e instalação (YAZIGI, 2004).

As características do alumínio permitem que ele tenha uma diversa gama de aplicações. Por isso, o metal é um dos mais utilizados no mundo todo. Material leve, durável e bonito, o alumínio mostra um excelente desempenho e propriedades superiores na maioria das aplicações. Produtos que utilizam o alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora. Característica essencial na indústria de transportes representa menor consumo de combustível, menor desgaste, mais eficiência e capacidade de carga. Para o setor de alimentos, traz funcionalidade e praticidade às embalagens por seu peso reduzido em relação a outros materiais (ABAL, 2006).

ABAL (2006) salienta que o alumínio é um excelente meio de transmissão de energia, seja elétrica ou térmica. Um condutor elétrico de alumínio pode conduzir tanta corrente quanto uma de cobre, que é duas vezes mais pesado e, conseqüentemente, caro. Por isso, o alumínio é muito utilizado pelo setor de fios e cabos. O metal também oferece um bom ambiente de aquecimento e resfriamento. Trocadores e dissipadores de calor em alumínio são utilizados em larga escala nas indústrias alimentícia, automobilística, química, aeronáutica, petrolífera, etc. Para as embalagens e utensílios domésticos, essa característica confere ao alumínio a condição de melhor condutor térmico, o que na cozinha é extremamente importante.

Segundo ABAL (2006), característica fundamental para embalagens de alumínio para alimentos e medicamentos. O alumínio não permite a passagem de umidade, oxigênio e luz. Essa propriedade faz com que o metal evite a deterioração de alimentos, remédios e outros produtos consumíveis. Importante para a indústria automotiva e de transportes, confere um desempenho excepcional a qualquer parte de equipamento de transporte que consuma energia para se movimentar. Aos utensílios domésticos oferece uma maior durabilidade e manuseio seguro, com facilidade de conservação.

O aspecto externo do alumínio, além de conferir um bom acabamento apenas com sua aplicação pura, confere modernidade a qualquer aplicação por ser um material nobre, limpo e que não se deteriora com o passar do tempo. Por outro lado, o metal permite uma ampla gama de aplicações de tintas, anodizações e outros acabamentos, mantendo sempre o aspecto original e permitindo soluções criativas de design. O alumínio oferece uma excepcional resistência a agentes externos, intempéries, raios ultravioleta, abrasão e riscos, proporcionando elevada durabilidade, inclusive quando usado na orla marítima e em ambientes agressivos (ABAL, 2006).

A alta maleabilidade e ductibilidade do alumínio permitem à indústria utilizá-lo de diversas formas. Suas propriedades mecânicas facilitam sua conformação e possibilitam a construção de formas adequadas aos mais variados projetos. O alumínio tem uma auto-proteção natural que só é destruída por uma condição agressiva ou por determinada substância que dissipe sua película de óxido de proteção. Essa propriedade facilita a conservação e a manutenção das obras, em produtos como portas, janelas, forros, telhas e revestimentos usados na construção civil, bem como em equipamentos, partes e estruturas de veículos de qualquer porte. Nas embalagens é fator decisivo quanto à higienização e barreira à contaminação (ABAL, 2006).

Ao mesmo tempo em que o alumínio possui um alto grau de maleabilidade, ele também pode ser trabalhado de forma a aumentar sua robustez natural. Com uma resistência à tração de 90 MPa, por meio do trabalho a frio, essa propriedade pode ser praticamente dobrada, permitindo seu uso em estruturas, com excelente comportamento mecânico, aprovado em aplicações como aviões e trens. Seja pela anodização ou pela pintura, o alumínio assume a aparência adequada para aplicações em construção civil, por exemplo, com

acabamentos que reforçam ainda mais a resistência natural do material à corrosão (ABAL, 2006).

Uma das principais características do alumínio é sua alta reciclabilidade. Depois de muitos anos de vida útil, segura e eficiente, o alumínio pode ser reaproveitado, com recuperação de parte significativa do investimento e economia de energia, como já acontece largamente no caso da lata de alumínio. Além disso, o meio ambiente é beneficiado pela redução de resíduos e economia de matérias-primas propiciadas pela reciclagem (ABAL, 2006).

## 2.5 PVC

O desenvolvimento das resinas de PVC (Policloreto de Vinila) teve início em 1835, com Justus Von Liebig, mas o primeiro registro da polimerização do MVC (Monômero Cloreto de Vinila) e obtenção do PVC aconteceu em 1872 por E. Baumann. A primeira produção comercial do PVC ocorreu nos Estados Unidos nos anos 20. Os alemães conseguiram produzi-lo nos anos 30, enquanto a produção britânica teve início nos anos 40 e no Brasil, a produção comercial teve início em 1954. Os produtos de PVC têm importante papel na qualidade de vida da sociedade moderna, por meio de soluções com excelente relação custo/benefício destinadas à infra-estrutura e à construção civil, além de seu emprego em calçados, embalagens, brinquedo, laminados técnicos e outros bens duráveis (ANTONIO RODOLFO, 2002).

O PVC é o segundo termoplástico mais consumido em todo o mundo, com uma demanda mundial de resina superior a 27 milhões de toneladas no ano de 2001, sendo a capacidade mundial de produção de resinas de PVC estimada em cerca de 31 milhões de toneladas o ano, dessa demanda total, 22% foram consumidos nos Estados Unidos, 22% nos países da Europa Ocidental e 7% no Japão. O Brasil foi responsável pelo consumo de cerca de 2,5% da demanda mundial de resinas de PVC. A grande versatilidade do PVC deve-se em parte, também à sua adequação aos mais variados processos de moldagem, podendo ser injetado, extrudado, calandrado, espalmado, que são algumas alternativas de transformação. Uma vez que a resina de PVC é totalmente atóxica e inerte, a escolha de aditivos com essas

mesmas características permite a fabricação de filmes, lacres e laminados para embalagens, brinquedos e acessórios médico-hospitalares (ANTONIO RODOLFO, 2002).

### **2.5.1 Utilização**

Antonio Rodolfo (2002) destaca que as aplicações diretamente ligadas à construção Civil (tubos e conexões, perfis e cabos) somam aproximadamente 64% da demanda total de PVC no Brasil. Nessas aplicações, o PVC mostra excelente relação custo - benefício se confrontando com a de materiais concorrentes como à madeira, metais e cerâmicas, além de apresentar vantagens facilmente perceptivas em quesitos como comportamento anti-chama, resistência química e ao intemperismo, isolamento térmico e acústico, facilidade de instalação, baixa necessidade de manutenção e excelente acabamento e estética, dentre outras. Vale destacar que o segmento de perfis, o qual engloba chapas rígidas, é o maior potencial de crescimento no Brasil, alavancado por aplicações em esquadrias, revestimentos internos e externos, diversos perfis de acabamento e *displays* para comunicação visual.

A aplicação do PVC em esquadrias aconteceu pela primeira vez em meados de 1950 na Alemanha. O objetivo era a proteção contra o frio. O material entrou no Brasil por volta dos anos 80 e apenas agora começa a conquistar espaço no país. O preço das esquadrias de PVC é em geral de 10% a 12% maior que as similares em alumínio. Profissionais da área e consumidores utilizam este tipo de esquadrias na Europa e nos EUA, e voltam ao Brasil procurando fabricantes locais (FLEXEVENTOS, 2006).

### **2.5.2 Composição**

O PVC é normalmente associado ao plástico, que para o brasileiro transmite idéia de produto descartável, de baixa qualidade. Mas fabricantes e profissionais que têm utilizado o PVC em esquadrias garantem que a realidade é inversa. O PVC é o único material plástico que não é 100% originário do petróleo. Contêm, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio – sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo) (FLEXEVENTOS, 2006).

O cloro presente na estrutura molecular do PVC é proveniente do sal marinho ou salgema ou cloreto de sódio, uma fonte praticamente inesgotável de matéria prima. Além do

uso na produção PVC, correspondente a cerca de 34% de sua demanda mundial, o cloro é utilizado em aplicações nas indústrias de cosméticos, purificação de água, papel e celulose, desinfetantes, agricultura, dentre outras. Devido a seu processo de obtenção, baseado na eletrólise de uma mistura de sal e água, o cloro deve ser utilizado em balanço com a soda cáustica. O processo ainda fornece hidrogênio, normalmente utilizado como combustível nas próprias plantas de eletrólise para geração de energia (ANTONIO RODOLFO, 2002).

### ***2.5.3 Esquadrias***

Segundo a Flexeventos (2006), o PVC, um termoplástico, é muito utilizado em regimes de clima rigoroso, principalmente pela sua característica de isolante térmico. Produto novo no mercado brasileiro, embora já em uso na Europa há vários anos, possuem aço galvanizado em sua estrutura e a moldura corre sobre roldanas de poliuretano que possui rebarbas de lã que impedem a entrada e acúmulo de poeira, o que as torna bastante resistentes. O PVC aplicado em esquadrias vem cada vez ganhando mais força no mercado nacional. Detentor de aproximadamente 37% do mercado europeu e mais de 40% do americano o material talvez não seja ainda mais utilizado no Brasil por causa de fatores culturais. Ao contrário dos canos e tubulações, feitos de material reciclado, o PVC de esquadrias é feito com matéria-prima virgem. Mesmo assim, depois de utilizadas, o material pode ser reciclado.

As esquadrias são construídas utilizando-se perfis extrudados, de variedade limitada - devido ao alto custo do ferramental -, que é compensado pela estética e pelo conforto. Duráveis, leves, resistentes a maresia, cupins e intempéries, fáceis de instalar e limpar, as esquadrias de PVC não exigem manutenção. As portas e janelas em PVC não propagam chamas e têm melhor desempenho em isolamento térmico e acústico do que os materiais metálicos, devido a sua própria microestrutura. Além disso, uma das principais características do material é o toque agradável, pela ausência de arestas ou mesmo farpas pontiagudas. No Brasil, as esquadrias de PVC só podem ser vendidas na cor branca ou imitando madeira, uma vez que o pigmento das coloridas não resiste à alta incidência de raios ultravioletas (FLEXEVENTOS, 2006).

As esquadrias em PVC são indicadas para grandes vãos e espaços. Produzidas em muitas folhas, há projetos de vãos de até oito metros, fechados por janelas de vidro. Além de bonito o ambiente ganha praticidade com a possibilidade de abertura total. O projeto de esquadrias em geral tem como premissa básica sempre o atendimento das necessidades funcionais, incluindo segurança. Porém, existem linhas de produtos para construções de alto padrão que foram desenvolvidas principalmente com a preocupação estética. No caso das esquadrias de PVC, cujos perfis possuem câmeras de ar interna, é grande a variedade de topologias que se adaptam aos projetos sem modificações que impliquem em perda de beleza. Ainda assim, o ideal é que o produto conjugue funcionalidade que garanta o seu desempenho e cuidado estético para proporcionar conforto ao usuário (FLEXEVENTOS, 2006).

O custo - benefício é inestimável, o mercado em geral, ainda trabalha em processo artesanal de produção, onde a experiência e o capricho do operário determinam a qualidade final do produto. Mesmo assim, a importação de tecnologias européias e americanas prevalece quando o assunto é tecnologia e processos produtivos. Para as esquadrias de PVC, são utilizados processos automatizados de extrusão, usinagem, solda por termofusão e processo manual de montagem final. Mas, no mercado brasileiro, existem dois segmentos distintos de produção: de esquadrias especiais e padronizadas. No caso das especiais, ao projetar um edifício ou casa comercial, residencial, industrial ou institucional, o profissional define os vãos e o tipo de esquadria. Já as padronizadas são produzidas em escala, obedecendo a diversos modelos, de acordo com catálogos de cada fabricante, geralmente, são mais utilizadas em obras de grande porte, como edifícios comerciais (FLEXEVENTOS, 2006).

A qualidade dos materiais e as técnicas construtivas tiveram um avanço significativo, devido à competitividade do mercado, à necessidade de redução de custos e, principalmente, à conscientização do consumidor no direito de exigir produtos de melhor qualidade. Neste contexto, o contramarco da esquadria, utilizado para gabaritar o vão, destoa com a necessidade real do consumidor. O seu custo deveria ser convertido em melhoria da qualidade da esquadria em si (FLEXEVENTOS, 2006).

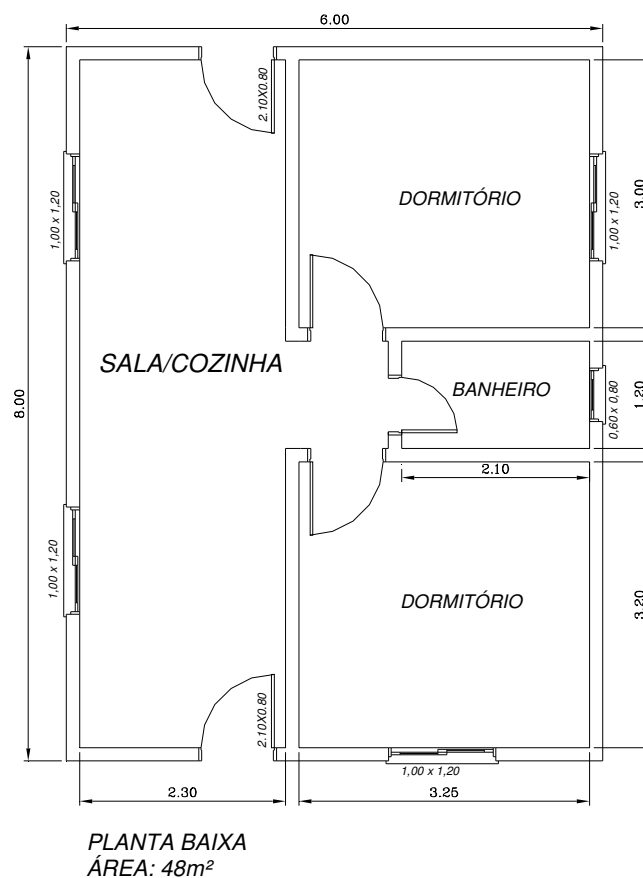


### 3 METODOLOGIA

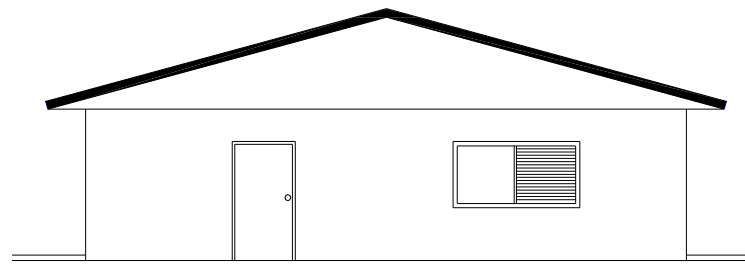
#### 3.1 Dados coletados

Foram selecionados e analisados os projetos arquitetônicos de três edificações residenciais de diferentes padrões. O projeto 1 é uma residência popular; seu projeto foi fornecido pela secretaria de obras da Prefeitura municipal de Ijuí; o projeto 2 é uma residência de alto padrão, sendo que o projeto foi fornecido pelo proprietário da obra; o projeto 3 é um edifício residencial de classe média alta e foi fornecido pela construtora.

**Projeto 1:** Trata-se de uma residência popular, com 48 metros quadrados, de alvenaria de tijolo furado, acabamentos simples, e cobertura de telha de fibrocimento. As Figura 2 e 3 correspondem à planta baixa e fachada respectivamente.



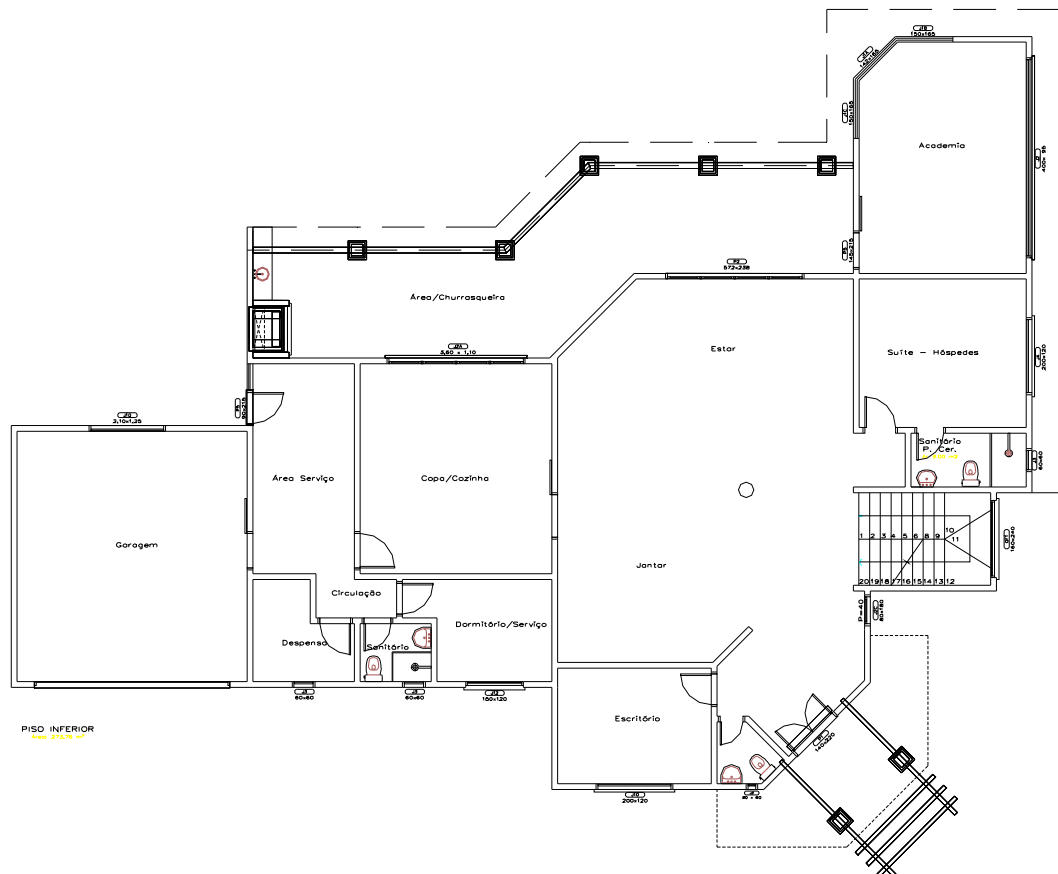
**Figura 2:** Planta baixa – Projeto 1

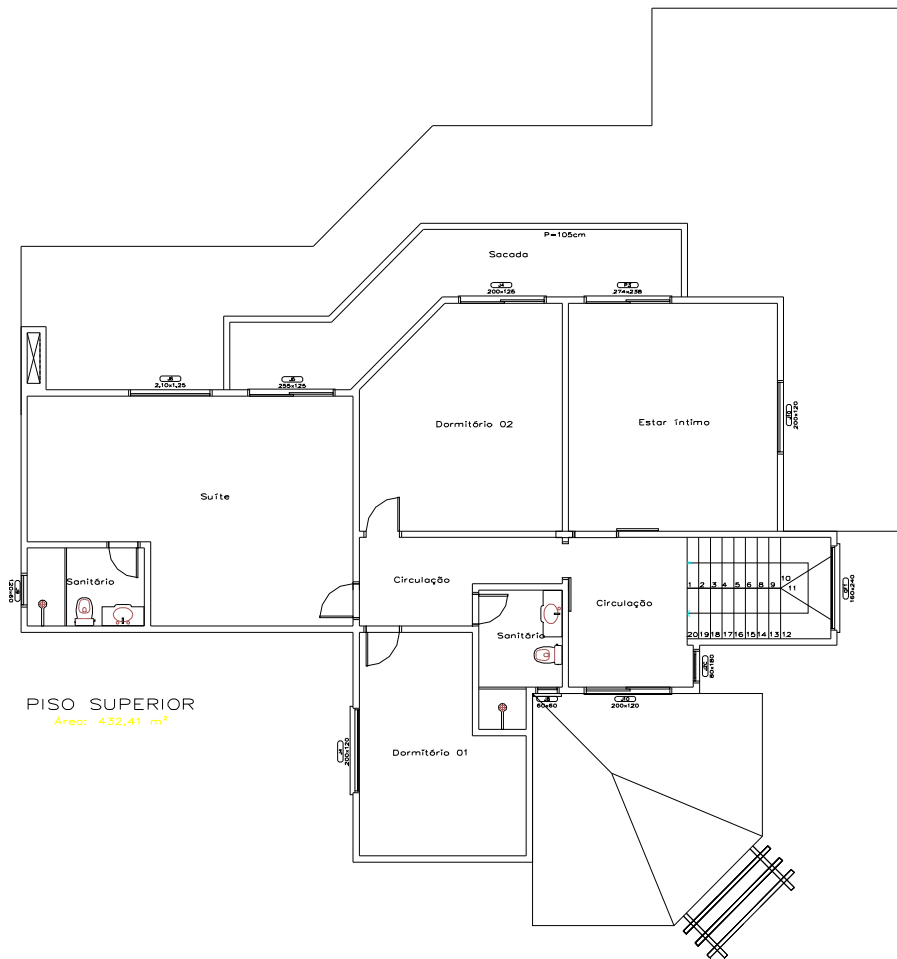


FACHADA

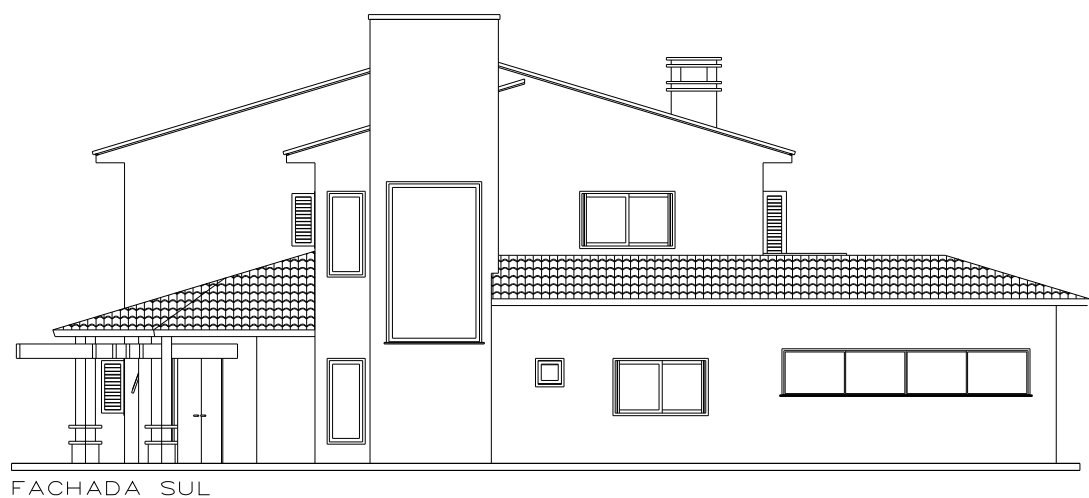
**Figura 3:** Fachada principal – Projeto 1

**Projeto 2:** Trata-se de uma residência de classe média alta, com 432,31 metros quadrados, de alvenaria estrutural, blocos de cimento, padrão de acabamento excelente, cobertura de telhas cerâmicas de alto padrão. As Figuras 4 e 5, correspondem à planta baixa e fachada respectivamente.

**Figura 4:** Planta baixa – pavimento térreo – Projeto 2



**Figura 5:** Planta baixa – pavimento superior – Projeto 2

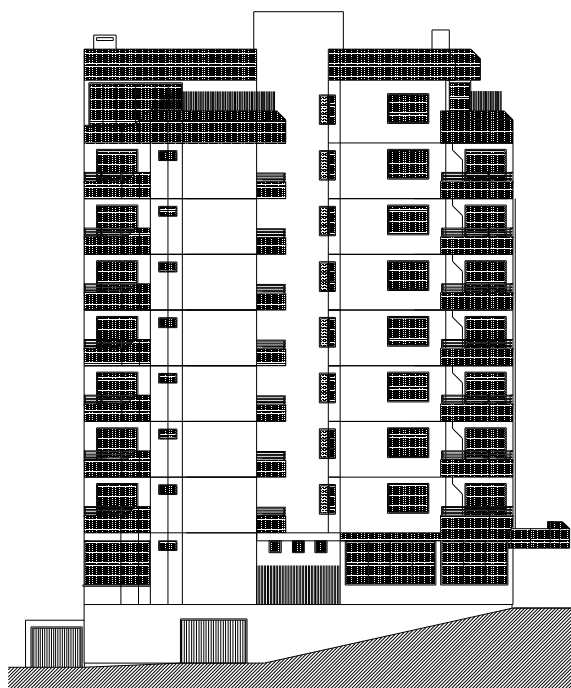


**Figura 6:** Fachada principal - Projeto 2

**Projeto 3:** Trata-se de um prédio residencial de classe média alta, de oito pavimentos tipo com 5.564,52 metros quadrados de área construída, construído em concreto armado e fechamento de alvenaria de tijolos. As Figura 6 e 7 correspondem à planta baixa do pavimento tipo e fachada respectivamente.



**Figura 7:** Planta baixa pavimento tipo – Projeto 3



**Figura 8:** Fachada – Projeto 3

### 3.2 Análise dos dados

De posse dos três projetos arquitetônicos selecionados, da revisão bibliográfica e de conhecimentos anteriormente adquiridos no trabalho em empresa fabricante de esquadrias foi realizada a análise da classe sócio-econômica a que se destina cada um dos projetos analisados, para, assim, identificar as necessidades de cada caso. O objetivo dessa caracterização foi dar subsídios à especificação das esquadrias, considerando: custo/benefício, conforto, luminosidade, ventilação e estética.

Os orçamentos foram realizados de formas distintas, uma vez que cada material tem um método específico. Na realização do orçamento das esquadrias de PVC foi utilizado o *software* Procam, para cálculo da quantidade e tipo de perfis e acessórios necessários para cada projeto; a partir deste valor (custo de perfis e acessórios) é calculado o valor de venda utilizando-se uma planilha eletrônica montada no *software* Excel.

Os orçamentos das esquadrias de alumínio seguem o mesmo método, porém é utilizado o *software* Cemlight para cálculo dos perfis e acessórios. Estes *softwares* possuem um banco de dados com todas as esquadrias existentes e possíveis de se fabricar nestes

materiais com seus respectivos perfis e acessórios necessários. Teve-se acesso a estes programas devido ao conhecimento adquirido em cursos especiais sobre orçamentos destes produtos realizados na própria fábrica de extrusão dos perfis de PVC, e trabalho anterior exercido em empresa de fabricação de esquadrias.

Os orçamentos das esquadrias de madeira foram obtidos através de um cálculo padrão, realizado pelos fabricantes locais, por metro quadrado (este cálculo por metro quadrado já fornece o valor de venda, incluindo todas as despesas e lucro). Da mesma forma, por metro quadrado, realizou-se os orçamentos das esquadrias de vidro temperado. Os orçamentos das esquadrias de aço/ferro foram realizados de acordo com os valores das esquadrias de produção em larga escala, disponíveis em lojas comerciais que representam estes fabricantes.

A representação gráfica dos projetos e das esquadrias foi realizada através dos softwares Autocad, Paint e Corel. A composição do valor de venda das esquadrias de PVC e alumínio foi realizada através da planilha eletrônica, montada no *software* Excel. Os itens considerados são: custo da matéria-prima, custo da mão-de-obra, fretes, impostos, custos de montagem (máquinas e despesas afins), lucro, impostos, demais despesas (instalação, hospedagem, de acordo com a exigência de cada obra), conforme Anexo 1.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização das necessidades dos projetos selecionados**

Baseando-se na bibliografia apresentada, na experiência de trabalho em fábrica de esquadrias e no senso comum, entende-se que as necessidades que as esquadrias externas devam suprir nas edificações relacionam diretamente a classe social que se destina cada projeto. Estas necessidades referem-se a área construída, as condições sócio-econômicas e ao padrão arquitetônico.

*Projeto 1 - Residência popular:* As esquadrias externas devem ser funcionais, proporcionar apenas o mínimo necessário de claridade e ventilação no interior da residência, gerando o menor custo possível.

*Projeto 2 - Residência de alto padrão:* As esquadrias externas devem atender as expectativas do projeto, proporcionar excelente claridade e ventilação no interior da residência, dar a obra o resultado estético projetado, ser funcional, não gerando manutenções periódicas, ter um padrão de acabamento sofisticado, pagando o valor necessário para atender tais exigências.

*Projeto 3 – Edifício residencial:* As esquadrias externas devem atender as expectativas do projeto, proporcionar boa claridade e ventilação no interior dos apartamentos, devido à altura, proporcionar estanqueidade adequada, ter médio padrão de acabamento e gerar o mínimo possível de manutenção. Devido ao grande número de esquadrias necessárias, o menor custo é desejável, devendo atender aos requisitos que o porte da obra exige.

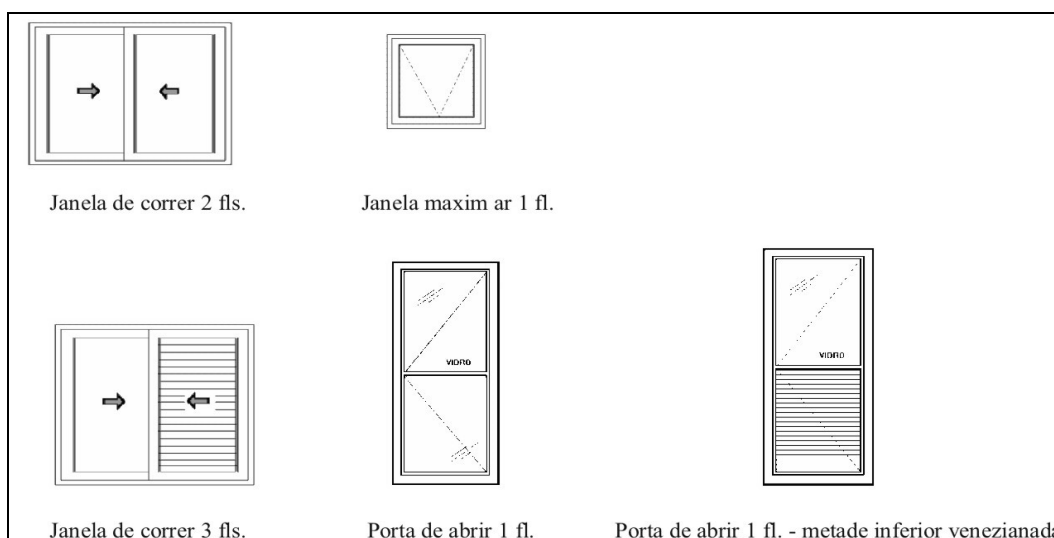
### **4.2 Projeto 1 – Residência popular**

Apresenta-se a especificação das esquadrias externas propostas (quadro 1), os croquis das mesmas (figura 9) e os orçamentos por tipo de material (quadro 2).

Os orçamentos das esquadrias especificadas por tipo de material para as edificações solicitadas foi montado de acordo com o modo de cálculo de cada material, sendo transformados todos os valores (dimensões e preço) por metro quadrado para um melhor entendimento e comparação.

**Quadro 1:** Listagem das Esquadrias Propostas para o Projeto 1 – Residência Popular.

ESQUADRIAS	DIMENSÃO	QUANT	LOCALIZAÇÃO
Janela de correr 2 fls. com veneziana	1,00 x 1,20	02	Dormitório
Janela de correr 2 fls.	1,00 x 1,20	02	Estar/ cozinha
Janela maxim ar 1 fl.	0,60 x 0,80	01	Banho
Porta de abrir 1 fl.	0,80 x 2,20	01	Cozinha
Porta de abrir 1 fl.	0,80 x 2,20	01	Estar



**Figura 9:** Croqui das Esquadrias Propostas para o Projeto 1 - Residência Popular.

**Quadro 2:** Orçamentos das Esquadrias Propostas para o Projeto 1 – Residência Popular

MATERIAL	CUSTO DAS ESQUADRIAS/m <sup>2</sup>	VALOR TOTAL DAS ESQUADRIAS DA OBRA
Madeira	R\$ 300,00	R\$ 2.112,00
Alumínio	R\$ 439,73	R\$ 3.096,00
Vidro temperado	R\$ 230,00	R\$ 1.619,20
Aço	R\$ 150,73	R\$ 1.061,14
PVC	R\$ 568,81	R\$ 4.004,42

De acordo com o projeto arquitetônico original a área total das esquadrias externas equivale a 7,04 metros quadrados.



A madeira utilizada para cálculo foi a Castanheira, madeira de padrão médio, com um padrão de acabamento e acessórios simples.

A linha utilizada para cálculo das esquadrias de alumínio foi à linha padrão popular, master (linha 20). Por serem poucas esquadrias o metro quadrado das esquadrias de alumínio para este tipo de residência se torna mais oneroso devido ao volume de sobras (mau aproveitamento) das barras de perfis.

No orçamento das esquadrias de vidro temperado foi utilizado o valor do metro quadrado do vidro temperado incolor 6 mm. Seu valor está de acordo com o valor cobrado por empresas da região revendedoras de esquadrias de vidro. Sua produção é realizada em chapas pelos fabricantes, e o valor das esquadrias também é dado de acordo com o aproveitamento destas.

A linha utilizada para orçamento das esquadrias em aço, foi a de chapas de aço, adquiridas em lojas revendedoras. O valor é tabelado por peça, portanto como são fabricadas em tamanhos padrões, em larga escala e não sob medida como as demais esquadrias dos outros materiais, seu valor é inferior.

A linha utilizada para orçamento das esquadrias de PVC foi à linha simples para janelas, – VERSATILE e a mais robusta para portas – SPLENDORE. Por serem poucas esquadrias, o metro quadrado das esquadrias de PVC para este tipo de residência se torna mais oneroso devido ao volume de sobras (mau aproveitamento) das barras de perfis;

Pelo Quadro 4, pode-se observar que as esquadrias mais adequadas são as de aço. No caso deste tipo de projeto o fator predominante é o menor custo. Observa-se que as esquadrias de aço neste caso, são 50% mais econômicas que as de madeira; 65,7 % que as de alumínio; 34,4% que as de vidro e 73,6% que as de PVC.

Como as necessidades que as esquadrias devem suprir nesta residência (o mínimo de claridade e ventilação), e devido ao pequeno número de esquadrias necessárias, os materiais como, alumínio e PVC, não tem um bom aproveitamento das barras (tamanho padrão de 6m a

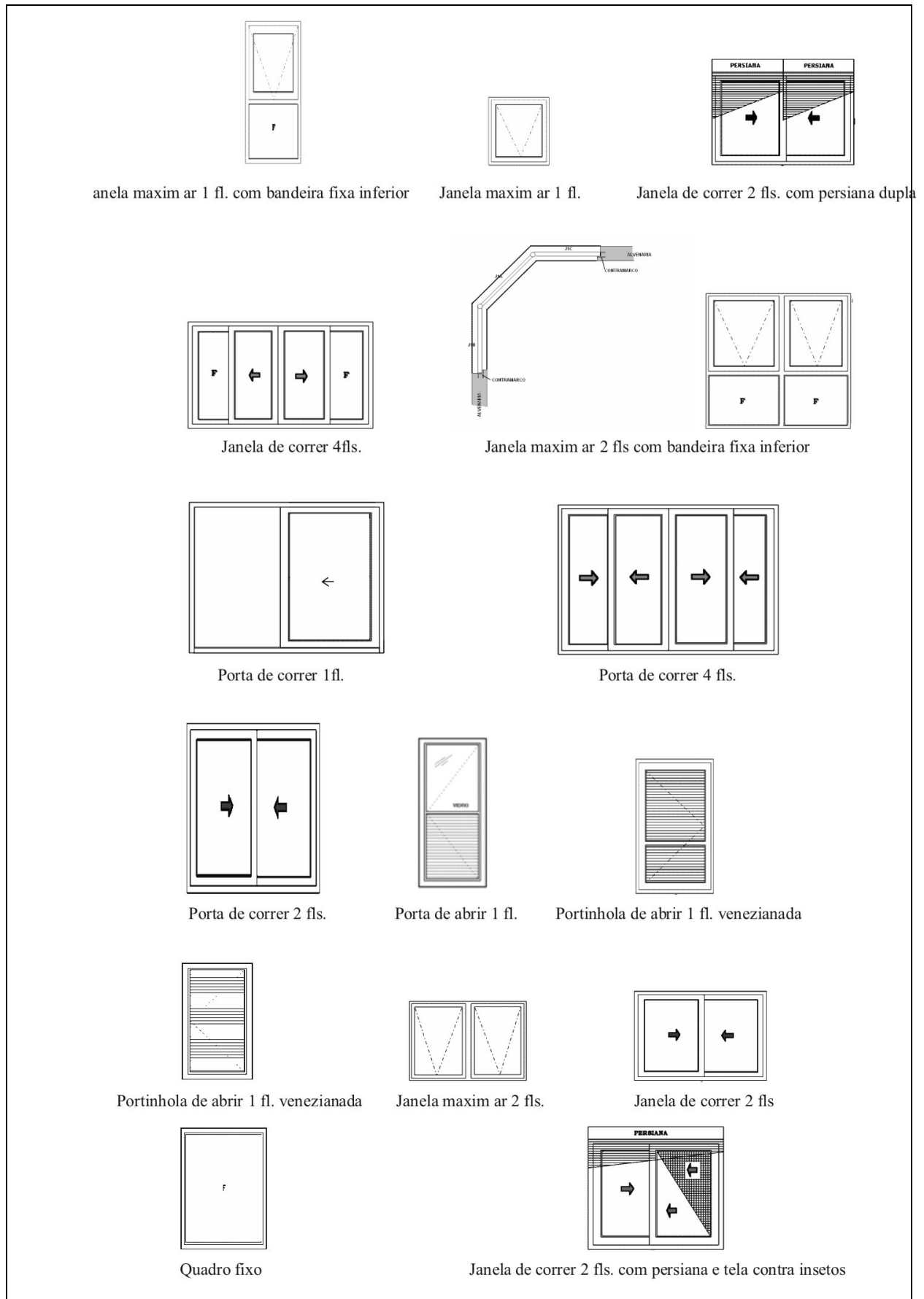
barra, tendo que ser cobrado também o custo das sobras). A madeira representa neste caso, um custo a mais, desnecessário.

### 4.3 Projeto 2 – Residência de alto padrão

Apresenta-se a especificação das esquadrias externas propostas (quadro 3), os croquis das mesmas (figura 10) e os orçamentos por tipo de material (quadro 4).

**Quadro 3:** Listagem das Esquadrias Propostas para o Projeto 2 – Residência Alto Padrão.

ESQUADRIAS	DIMENSÃO	QUANT.	LOCALIZAÇÃO
Janela maxim ar 1 fl. com bandeira fixa inferior de 0,80 cm	0,80 x 1,80	02	Hall entrada e quartos
Janela maxim ar 1 fl. com tela recolhível	0,60 x 0,60	02	Banho hospede/social
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	2,00 x 1,25	01	Dormitório menino
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	2,05 x 1,25	01	Dormitório menina
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	2,05 x 1,20	01	Dormitório hóspede
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	2,55 x 1,25	01	Suíte casal
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	2,10 x 1,25	01	Suíte casal
Janela maxim ar 1 fl.	0,30 x 0,60	01	Lavabo
Janela maxim ar um fl.	0,60 x 0,60	03	Banhos
Janela de correr 4 fls.	4,05 x 0,95	01	Academia
Janela de correr 4 fls.	3,60 x 1,10	01	Cozinha
Janela de correr 4 fls.	2,50 x 1,20	01	Sala íntima
Janela maxim ar 2 fls. com fixo inferior	1,42 x 1,65	01	Academia
Janela maxim ar 2 fls. com fixo inferior	1,50 x 1,65	01	Academia
Janela maxim ar 2 fls. com fixo inferior	1,50 x 1,65	01	Academia
Porta de correr 1 fl.	1,45 x 2,15	01	Academia
Porta de correr 4 fls.	5,72 x 2,38	01	Sala estar
Porta de correr 2 fls.	2,74 x 2,38	01	Sala estar
Porta de abrir 1 fl. com metade inferior venezianada	0,90 x 2,15	01	Área de serviço
Janela de correr 3 fls., 2 c/ vidro e 1 c/ tela e persiana.	1,50 x 1,20	01	Dormitório empreg.
Portinhola de abrir 1 fl. venezianada	0,60 x 0,70	01	Alçapão
Janela maxim ar 2 fls. com tela recolhível	1,20 x 0,60	01	Suíte casal
Janela de correr 2 fls.	2,05 x 1,20	01	Escritório
Janela de correr 2 fls.	2,05 x 1,25	02	Sala íntima/garagem
Janela de correr 2 fls.	2,00 x 1,20	01	Hall quartos
Quadro fixo 1 fl.	1,60 x 2,40	01	Escada
Porta de abrir 1 fl. venezianada	0,80 x 2,15	02	Banho churrasqueira



**Figura 10:** Croqui das Esquadrias Propostas para o Projeto 2 - Residência Alto Padrão.

**Quadro 4:** Orçamentos das Esquadrias Propostas para o Projeto 2 – Residência Alto Padrão

MATERIAL	CUSTO DAS ESQUADRIAS/m <sup>2</sup>	VALOR TOTAL DAS ESQUADRIAS DA OBRA
Madeira	R\$ 450,00	R\$ 35.649,00
Alumínio	R\$ 496,36	R\$ 39.322,00
Vidro temperado	R\$ 230,00	R\$ 18.220,60
Ferro	R\$ 150,73	R\$ 11.941,02
PVC	R\$ 539,67	R\$ 42.753,32

De acordo com o projeto arquitetônico original a área total das esquadrias externas equivale a 79,22 metros quadrados.

A madeira utilizada para cálculo foi o Louro Freijó, madeira de alto padrão, com um alto padrão de acabamento e acessórios.

A linha utilizada para cálculo das esquadrias de alumínio foi de alto padrão (linha d'ouro). Das linhas de alumínio esta oferece o melhor padrão de acabamento, espessura e encaixe e estanqueidade, para assim chegar mais perto do padrão que a obra exige. É uma linha de maior valor, mas a quantidade de esquadria e seus tamanhos proporcionam um bom aproveitamento dos perfis.

No orçamento das esquadrias de vidro temperado foi utilizado o valor do metro quadrado do vidro temperado incolor 6 mm. O valor esta de acordo com o valor cobrado por empresas da região revendedoras de esquadrias de vidro. A produção é realizada em chapas pelos fabricantes, e o valor das esquadrias também é dado de acordo com o aproveitamento destas.

Para orçamento das esquadrias em aço, foram escolhidas as de chapa de aço, adquiridas em lojas revendedoras. O valor é tabelado por peça, portanto como são fabricadas em tamanhos padrões, em larga escala e não sob medida, seu valor é inferior aos demais materiais. Para se utilizar as esquadrias de aço nesta obra, o projeto das esquadrias deve ser quase todo alterado, deixando de atender algumas exigências do padrão da obra.

A linha utilizada para orçamento das esquadrias de PVC foi a mais robusta (SPLENDORE), adequada às esquadrias projetadas. Por serem na maioria, grandes esquadrias

com poucas folhas, exigem que sejam utilizados perfis mais robustos; a quantidade de esquadrias e seus tamanhos proporcionam um bom aproveitamento de material, podendo-se assim utilizar somente esta linha de melhor qualidade.

No projeto 2, pode-se concluir que os materiais mais adequados são o PVC, a madeira e o alumínio. O PVC, no entanto atende todas as necessidades desta obra, não deixando a desejar em alguns aspectos como o alumínio e a madeira (estanqueidade térmica e acústica, padrão de acabamento, manutenção, etc.). Observa-se pelo quadro 5 que as esquadrias de PVC são 16,61% mais caras que as de madeira e 8% que as de alumínio.

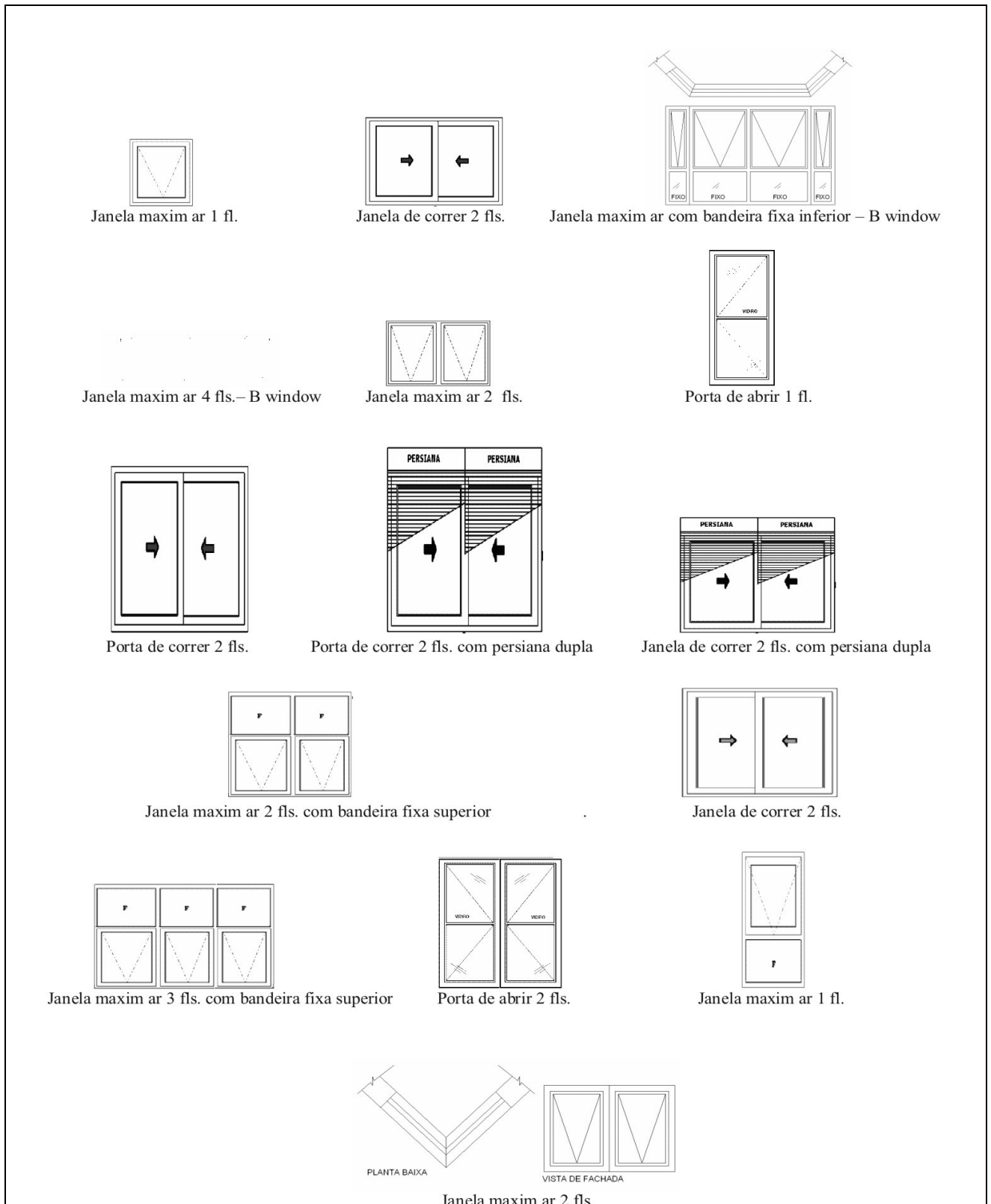
Pelo padrão do projeto, o custo inicial a mais pode ser considerado custo /benefício ao longo dos anos. Com mais de trinta esquadrias, um custo a mais de em média R\$ 138,60 por metro quadrado, comparando ao valor total da obra, não faz grande diferença, além de que este custo inicial a mais, representa um investimento em tecnologia e conforto (são as esquadrias mais modernas do mercado atual), sendo visto como um custo-benefício, pois as esquadrias em PVC, não geram a manutenção em lixamento e pintura periódica que as esquadrias de madeira exigem, mantendo assim intacta a estética do projeto com o passar dos anos. As esquadrias de aço não se encaixam em praticamente nenhum padrão de exigência desta obra, pois o projeto das esquadrias deveria ser totalmente modificado, conforme os padrões de fabricação, alterando toda a estética e conforto necessário.

#### **4.4 Projeto 3 – Edifício de médio padrão residencial**

Apresenta-se a especificação das esquadrias externas propostas (quadro 5), os croquis das mesmas (figura 11) e os orçamentos por tipo de material (quadro 6).

**Quadro 5:** Listagem das Esquadrias Propostas para o Projeto 3 – Edifício Residencial.

ESQUADRIAS	DIMENSÃO	QUANT	LOCALIZAÇÃO
Janela de correr 2 fls.	1,00 x 1,15	29	Área de serviço
Janela maxim ar BWindow	1 x (1,40 x 1,20) + 2 x (0,30 x 1,20)	08	Cozinha e cobertura
Janela maxim ar 1 fl.	0,60 x 0,60	29	Banho
Janela maxim ar BWindow	1 x (1,40 x 0,60) + 2 x (0,30 x 0,60)	07	Banho
Janela maxim ar BWindow	1 x (1,40 x 0,60) + 2 x (0,30 x 0,60)	07	Banho
Janela maxim ar 2 fls.	1,50 x 1,20	08	Circulação
Porta de abrir 1 fl.	0,85 x 2,30	07	Dormitório
Porta de correr 2 fls.	1,80 x 2,30	21	Dormitório e estar
Porta de correr 2 fls. com persiana	1,80 x 2,30	28	Dormitório e estar
Janela de correr 2 fls. com persiana	2,00 x 1,20	43	Dormitórios
Janela de maxim ar 2 fls. com fixo superior	1,00 x 1,40	09	Escada
Janela de maxim ar 3 fls. Com fixo superior	2,00 x 1,15	14	Cozinha
Janela maxim ar 1 fl. conjugada	(0,60 x 0,60) + (0,60x 0,60)	28	Banho
Porta de abrir 2 fl.	2,00 x 2,30	02	Estar – cobertura
Janela de correr 2 fl.	1,10 x 1,30	04	Estar - cobertura
Janela de correr 2 fl.	2,00 x 1,20	04	Estar - cobertura
Janela de correr 2 fl.	4,00 x 1,20	02	Estar - cobertura
Janela maxim ar 1 fl. com fixo inf	0,60 x 1,20	01	Cobert prox churrasqueira



**Figura 11:** Croqui das Esquadrias Propostas para o Projeto 3 – Edifício Residencial.

**Quadro 6:** Orçamentos das Esquadrias Propostas para o Projeto 3 – Edifício Residencial

MATERIAL	CUSTO DAS ESQUADRIAS/m <sup>2</sup>	VALOR TOTAL DAS ESQUADRIAS DA OBRA
Madeira	R\$ 400,00	R\$ 202.228,00
Alumínio	R\$ 324,71	R\$ 164.166,90
Vidro temperado	R\$ 230,00	R\$ 116.281,10
Ferro	R\$ 150,73	R\$ 76.204,56
PVC	R\$ 456,27	R\$ 230.678,58

De acordo com o projeto arquitetônico original a área total das esquadrias externas equivale a 505,57 metros quadrados.

A madeira utilizada para cálculo foi o Itaúba / Castanheira, madeira de médio padrão, com padrão médio de acabamento e acessórios.

A linha utilizada para cálculo das esquadrias de alumínio foi de médio padrão (Suprema linha 25). Por ser um grande número de esquadrias, com dimensões padronizadas o aproveitamento das barras dos perfis é muito melhor. Esta linha é capaz de atender as necessidades de um edifício deste porte. As linhas de padrão inferior poderiam deixar a desejar em alguns aspectos, como estanqueidade ao vento e a chuva, manutenção e funcionalidade.

No orçamento das esquadrias de vidro temperado, para este estudo foi utilizado o valor do metro quadrado do vidro incolor 6 mm (ideal para os tipos de esquadrias propostas, existem várias outras possibilidades em cores e espessuras, mas optou-se por esta para não tornar o estudo muito complexo). O valor está de acordo com o valor cobrado por empresas da região revendedoras de esquadrias de vidro. Sua produção é realizada em chapas pelos fabricantes, e o valor das esquadrias também é dado de acordo com o aproveitamento destas.

Para orçamento das esquadrias em aço, foram escolhidas as de chapa de aço, adquiridas em lojas revendedoras. O valor é tabelado por peça, portanto como são fabricadas em tamanhos padrões, em larga escala e não sob medida, seu valor é inferior aos demais materiais.



A linha utilizada para orçamento das esquadrias de PVC foi a linha simples para janelas – VERSATILE e a mais robusta para portas – SPLENDORE. Mesmo sendo grande o número de esquadrias, no PVC se torna mais oneroso, devido a grande quantidade de esquadrias de maior porte (portas) as quais necessitam de perfis mais pesados, sendo o preço equivalente ao peso do material.

No Projeto 3, assim como no projeto 1, um dos fatores mais importantes é o custo, sendo neste caso o material mais indicado para as esquadrias externas o alumínio, pois atende todas as necessidades da obra. A madeira não se torna viável devido ao custo/benefício e a manutenção periódica necessária; o PVC atende as necessidades técnicas, mas o custo se torna elevado, e as esquadrias de aço deixam a desejar, pois tem um padrão de acabamento muito inferior para um edifício deste porte, além de exigir uma mudança significativa do projeto original.

Observa-se pelo quadro 6 que as esquadrias de alumínio são 18,8% mais econômicas que as de madeira e 28,8% que as de PVC.

Analisando-se comparativamente os Quadros de orçamentos e levando-se em consideração as necessidades de cada projeto, chegou-se a conclusão de que a simples escolha do material para a fabricação das esquadrias externas para as três obras residenciais selecionadas, envolve vários fatores (necessidades, recursos financeiros disponíveis, matéria prima, custo/benefício), os quais devem ser de conhecimento do profissional, para a orientação adequada ao cliente.

#### **4.5 Análise da relação custo/benefício dos materiais especificados para fabricação das esquadrias externas nas edificações selecionadas**

O Quadro 7 apresenta um resumo dos atributos dos materiais propostos neste estudo.

Observa-se que as esquadrias em vidro temperado não são indicadas para nenhum dos projetos selecionados, mesmo tendo diversas vantagens expressivas, como alta durabilidade, baixa manutenção e baixo custo. Suas características não atendem as necessidades de nenhum

dos projetos: no projeto 1 não oferece a vedação necessária, e seu custo é maior que as esquadrias de aço; nos projetos 2 e 3, não proporciona o padrão de qualidade, vedação e acabamento que as obras exigem; seria uma indicação provável caso estivéssemos propondo um misto de materiais para fabricação das esquadrias dos projetos.

As esquadrias de madeira, neste estudo, seriam indicadas apenas para o projeto 2, sua maior desvantagem neste caso é a manutenção e as restrições quanto ao tamanho das esquadrias exigidas no projeto. Para o projeto 1, representa um custo adicional desnecessário, pois as esquadrias de aço são mais acessíveis e suprem as exigências de qualidade e necessidades da obra. No projeto 3, também não atende as necessidades do projeto; os fatores que tornam desaconselhável sua indicação são: maior custo inicial e a manutenção.

Como se pode verificar no Quadro 7, todos os materiais apresentem um certo tipo de restrição no que se refere a fabricação de certa tipologia de esquadria, por exemplo, em PVC não são fabricadas venezianas estilo sanfonada (camarão), e nos demais materiais há limitações para o tamanho dos vãos, de acordo com cada tipologia de esquadria. A manutenção e o acabamento variam de acordo com cada material, destacando-se a madeira que necessita de pintura e lixamento periódico; já o PVC e o vidro temperado exigem manutenção somente de ferragens esporadicamente e não possuem acabamento externo. A questão do custo e da oferta de matéria prima para fabricação das esquadrias em madeira, alumínio, vidro temperado, ferro e PCV é bastante delicada, mas de acordo com a bibliografia pesquisa e conhecimentos adquiridos no trabalho realizado em uma fábrica de esquadrias, na parte de orçamento e compra de material, pode-se definir o material que tem matéria prima abundante e a situação do seu custo no mercado; como por exemplo, o alumínio, não é um material muito abundante, pois provém essencialmente de minério, então seu custo sofre constante elevação. O custo médio do metro quadrado para cada material foi calculado de acordo com os projetos das esquadrias; tendo o ferro o menor custo, de R\$ 150,73/m<sup>2</sup>; e o PVC o maior, R\$ 521,60/m<sup>2</sup>.

**Quadro 7:** Resumo dos atributos dos materiais utilizados na fabricação das esquadrias externas

<b>MATERIAL</b>	<b>RESTRICÇÕES NA FAB. DE ESQUADRIAS</b>	<b>MANUTENÇÃO/ DURABILIDADE</b>	<b>ACABAMENTO</b>	<b>OFERTA DE MATÉRIA PRIMA / CUSTO</b>	<b>CUSTO MÉDIO DO M²</b>
Madeira	Grandes vãos-muita subdivisões	Alta manutenção, média durabilidade.	Pintura ou selador	Baixa oferta, com custo alto e tendência a subir.	R\$ 383,00
Alumínio	Grandes vãos-muita subdivisões	Baixa manutenção, média durabilidade.	Anodização ou pintura eletrostática	Média oferta, com custo alto e tendência a subir.	R\$ 420,23
Vidro Temperado	Grandes vãos-muita subdivisões	Baixa manutenção, alta durabilidade.	Não tem	Alta oferta, custo médio e tendência a estabilidade.	R\$ 230,00
Ferro	Grandes vãos-muita subdivisões	Média manutenção, baixa durabilidade.	Pintura	Alta oferta, custo baixo e tendência à estabilidade.	R\$ 150,73
PVC	Venezianas camarão	Baixa manutenção, alta durabilidade.	Não tem	Alta oferta, custo alto e tendência a baixar.	R\$ 521,60

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

Através deste estudo, conclui-se que os materiais utilizados na fabricação de esquadrias externas (madeira, aço-ferro, vidro temperado, alumínio e PVC), têm características próprias, as quais determinam as limitações e vantagens de cada material. Cada edificação tem necessidades e características que devem ser analisadas na etapa de projeto e pré-orçamento, antes da especificação definitiva das esquadrias, para que neste item importante da composição do custo de uma obra, seja realizada a melhor indicação de material para fabricação das esquadrias em relação ao seu custo/benefício.

Desta forma entende-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos, e que a metodologia utilizada foi adequada, pois os programas orçamentários utilizados são próprios para este fim. No entanto, verificou-se a possibilidade de complementação deste estudo com a inserção de no mínimo mais um projeto residencial de classe média, com aproximadamente 150 metros quadrados de área construída. Salienta-se também a possível indicação de um misto de materiais na fabricação das esquadrias externas, para se suprir as necessidades e o custo/benefício das residências. Neste trabalho não foi o caso, mas não se descarta esta possibilidade.

Destaca-se a dificuldade encontrada nas referências bibliográficas sobre o tema. Muitos autores apresentam questões pertinentes à técnica de instalação e montagem de esquadrias o que não foi o alvo desse trabalho, destacam em contrapartida, apenas as características genéricas dos materiais utilizados na fabricação de esquadrias, o que justifica as referências de endereços eletrônicos.

✓ Com este estudo verificou-se a pequena oferta de materiais para fabricação de esquadrias e a possível escassez de matéria prima no futuro. Como a maior parte dos materiais utilizados passa por um processo tecnológico de produção, gerando diferentes impactos ambientais. Diante da atual reflexão e debate, sobre a construção sustentável, questiona-se

sobre a sustentabilidade dos materiais estudados neste trabalho acreditando-se ser um tema a ser pesquisado. Entende-se ainda que devam ser realizadas análises das dimensões das esquadrias propostas em projeto visando o melhor aproveitamento do material selecionado para fabricação das esquadrias.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros:

✓ A comparação do custo-benefício dos diferentes materiais utilizados na fabricação de esquadrias externas ou até mesmo internas para outras tipologias de edificações (comerciais e industriais), incluindo talvez questões pertinentes como a insolação adequada, o problema de ruído, do clima em que se encontra a obra, entre outros.

✓ Visto a limitação de materiais utilizados na fabricação das esquadrias, sugere-se estudos visando à utilização de novos materiais alternativos, como a madeira plástica, texturizada e pigmentada, por exemplo, que eliminaria o problema de manutenção com pintura, das tradicionais esquadrias de madeira.

## REFERÊNCIAS

ABAL. Disponível em <<http://www.abal.org.br>>, acesso em setembro/06.

AZEREDO, H. A., **O edifício e seu acabamento**. 7ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2004.

BAUER, L.A., FALCÃO. **Materiais de construção**. vol. 2, 5ª edição, Mg: Livros Técnicos e Científicos, 1994.

FLEXEVENTOS. Disponível em <<http://www.flexeventos.com.br>>, acesso em setembro/06.

HIRSCHFELD, H., **A construção civil e a qualidade**. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

JÚNIOR, A. R., **Tecnologia do PVC**. 18ª edição, São Paulo: pro editores, 2002.

NAUTILUS. Disponível em <<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/eleme01300.html>>, acesso em setembro/06.

NBR 10821, Caixilho para edificação – janela – especificação. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1968.

PETRUCCI, E.G. R., **Materiais de construção**. 4ª edição, Porto Alegre: Editora Globo, 1979.

SAINT-GOBAIN-VIDROS. Disponível em <<http://www.saint-gobain-vidros.com.br>>, acesso em janeiro/07.

TUDOSOBREIMOVEIS. Disponível em <<http://www.tudosobreimoveis.com.br>>, acesso em setembro/06.

YAZIGI, W., **A técnica de edificar**. 6ª edição, São Paulo: Editora Pini, 2004.

# APÊNDICES

# APÊNDICE A

Planilha de formação de cálculo de venda