

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE TELHADOS RESIDENCIAIS EM ESTRUTURA DE AÇO E DE MADEIRA

Pedro Paulo Vilasanti da Luz ¹; Domingos Jorge Ferreira da Silva²
pedrovilasanti@gmail.com¹; domingosjsilva@ufgd.edu.br ²;

RESUMO - No Brasil o material mais usado nas construções de telhados de uma residência é a madeira. Porém o seu custo está sendo elevado pela oferta do material no mercado. O uso do aço em instalações industriais já é bastante comum e pela sua disponibilidade e versatilidade o seu uso vem se tornando mais presente em residências também. O estudo visou em orçar os projetos de coberturas treliçadas em residências de baixo, médio e de alto padrão e comparar os custos. Foram dimensionadas as seções dos materiais e orçados por levantamento de preço de mercado da região de Dourados-MS. Os resultados foram claros e os custos entre as coberturas evidenciados, onde a estrutura de madeira obteve o menor custo para todos os padrões de residência.

Palavras-chave: Estrutura de madeira, Telhado residencial, Estrutura de aço.

ABSTRACT - In In Brazil the most used material in the construction of roofs of a residence is wood. But its cost is being raised by the supply of the material in the market. The use of steel in industrial facilities is already quite common and due to its availability and versatility its use is becoming more present in homes as well. The study aimed to budget truss roofing projects in low, medium and high standard homes and to compare costs. The sections of the materials were dimensioned and budgeted by market price survey of the Dourados-MS region. The results were clear and the costs among the roofs showed, where the wood structure obtained the lowest cost for all housing standards.

Keywords: Wood structure; Residential roof; Steel structure.

1 INTRODUÇÃO

Os projetos de coberturas do tipo telhado em residências são executados, em suma, com estrutura de madeira. Apesar da madeira ser mais utilizada, o aço vem ganhando espaço nessa categoria devido a sua versatilidade e entre outras características, de forma a competir no mercado (FLACH, 2012).

Em qualquer projeto, deve-se estabelecer critérios para poder avaliar se todas as solicitações foram devidamente atendidas, podem ser eles: custo, tempo de construção, mão de obra e entre outros. Esses critérios se relacionam e necessitam de um balanceamento entre eles (AZEVEDO, 2011).

A construção civil no Brasil cresce em confiabilidade e sua capacidade de produção aumentou no último ano (NAKAMURA, 2019). Neste atual cenário não se pode investir um capital sem um estudo minucioso de viabilidade de projeto. Diante desta situação percebe-se a necessidade de comparar diferentes materiais e métodos para o planejamento de uma obra, pois devemos ter o conhecimento de qual tecnologia empregar no projeto para este tornar-se adequado às solicitações estruturais e econômicas.

O objetivo deste trabalho foi orçar os projetos do telhado de três residências, com padrões de tamanho diferentes, e comparar os seus custos finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cobertura é a parte superior da edificação que protege das intempéries (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1988). Acrescenta ainda às coberturas a função de isolante térmico e acústico da edificação, visando o conforto do usuário, citando também suas funções econômicas e estéticas (GUERRA, 2010).

De acordo com as suas características estruturais, determinadas pela aplicação de uma técnica construtiva, as mesmas podem ser classificadas de diferentes formas, sendo algumas delas:

- Telhado: constituído usualmente de telhas, geralmente inclinadas em relação ao horizonte, segundo uma ou mais vertentes (MORETTI FILHO, 1956);
- Lajes planas: laje de concreto armado impermeabilizada com declividade menor ou igual a 5% (LEONHARDT, 1977);
- Cascas: laje em concreto armado, impermeabilizadas, em formato de arco ou casca (LEONHARDT, 1977);
- Terraço: cobertura de ambientes habitáveis que disponibiliza sua área, em parte ou em todo, por meio de acesso, para desenvolvimento de atividades (ABNT NBR 15575-5, 2013).

Chama-se vulgarmente de telhado qualquer tipo de cobertura em uma edificação. Porém, o telhado, rigorosamente, é apenas uma categoria de cobertura. Utilizam-se as seguintes definições para a estrutura do telhado:

- Estrutura principal de apoio: têm a função de receber e distribuir adequadamente as cargas do trama ao restante do edifício e podem ser compostas por treliças, vigas ou pontaletes (HELLMEISTER, 1977);
- Estrutura secundária ou trama: é constituído pelas peças que recebem as telhas, quer sejam cerâmicas, de fibrocimento, de alumínio, ferro galvanizado, madeira ou outras. O trama se apoia sobre as tesouras e é composto por terças, ripas e caibros (HELLMEISTER, 1977);
- Telhamento: constituído por telhas de diversos materiais (cerâmica, fibrocimento, concreto, aço e outros) e dimensões, tendo a função de vedação (CARDÃO, 1981).

Segundo Guerra (2010), os telhados ainda podem ser classificados quanto a sua forma:

- Simples ou de uma água: essas coberturas possuem uma só vertente (água) que cobre uma pequena área edificada, formando um plano inclinado que encaminha a água para uma das fachadas;
- Duas águas: esta cobertura inclinada é composta por duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano) (GUERRA, 2010);
- Quatro águas: é caracterizada por coberturas de edificações quadriláteras de formas regulares ou irregulares, cujas vertentes se intersectam definindo uma cumeeira e quatro rincões (GUERRA, 2010);
- Múltiplas águas: são determinadas por superfícies poligonais quaisquer, onde a determinação do número de águas é determinada pelo processo do triangulo auxiliar (GUERRA, 2010).

Os telhados existem em vários formatos, mas todos, de uma forma geral, são constituídos pela composição de planos inclinados. Normalmente a inclinação das águas de um telhado correspondem às necessidades climáticas da região no qual é construído e para diferentes inclinações são utilizados tipos diversos de telhas. Entretanto, também são utilizadas inclinações projetadas a partir da estética que o telhado proporcionará (PEREIRA, 2016).

As ações sobre uma estrutura devem seguir rigorosamente as definições contidas nas normas regulamentadoras. Desta forma, assegurando o projeto contra erros de dimensionamento.

A carga permanente da estrutura é composta pela soma do peso dos elementos estruturais utilizados na edificação, todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes (ABNT NBR 6120, 1980). Estes valores de peso próprio são atribuídos sobre a estrutura pela massa específica do material utilizado e sua dimensão, definidos pela norma e projeto, respectivamente.

Uma parcela das solicitações sobre a estrutura é a ação devido ao vento, que é uma força variável e de curta duração. Segundo a norma ABNT NBR 6123 (1988), esta ação produz efeitos dinâmicos na estrutura e, para o seu cálculo, são utilizados coeficientes de pressão que levam em consideração a topografia, velocidade do vento na região e ocupação da edificação. Para efeito de comparação das estruturas projetadas, a ação do vento que será utilizada neste trabalho será igual para todas as edificações.

A principal carga acidental ao qual a estrutura do tipo telhado está sujeita é a força do vento. Em alguns casos, a ação do vento sobre a estrutura solicita um elemento na direção não contida no plano do mesmo, necessitando-se do emprego de uma estrutura secundária auxiliar que terá a função de resistir a esse esforço. Esta estrutura é chamada de contraventamento (LOGSDON, 2002).

Além da ação do vento sobre a estrutura, o telhado está sujeito a uma sobrecarga nas terças de apoio. Esta ação é definida pela norma brasileira, afim de garantir a estabilidade da estrutura por eventuais forças em função de seu uso.

2.1 ESTRUTURAS DE TELHADO EM MADEIRA

Tradicionalmente no Brasil, as coberturas de projetos residenciais eram feitas somente de madeira, resultado da grande disponibilidade existente. É um insumo amplamente utilizado hoje em dia principalmente pelo acabamento que se tem em projeto (FLACH, 2012).

Apesar de sua popularidade, o seu uso tende a se tornar cada vez menos vantajoso, visto que a sua produção é muito mais demorada e possui uma série de limitações se comparada a materiais industrializados.

A execução de uma estrutura de madeira é realizada, normalmente, por carpinteiros que montam os elementos de madeira de forma artesanal, com seus elementos serrados in loco. É recomendado, para que o custo do insumo seja menor, o uso de seções comerciais da madeira (BORGES, 2009).

2.2 ESTRUTURAS DE TELhado EM AÇO

O uso do aço para estruturas de cobertura está bastante associado a grandes áreas a serem cobertas, como em áreas industriais. Este fato se dá pela estrutura poder vencer grandes vãos com uma carga de peso próprio relativamente baixo (PFEIL, 2008).

A execução da cobertura em aço, além de ser muito prática e durável, possui outra característica: o material é totalmente reciclável, podendo retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade (PINHEIRO, 2003).

Outra vantagem acerca do uso do aço na estrutura de telhado está no retorno dos investimentos. Com significativa diminuição do tempo de obra o material garante confiabilidade de prazo e tempo de retorno no investimento (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2015).

Considerando que o segmento residencial possui grande demanda em coberturas, e que o aço ainda é pouco explorado nesse quesito, observa-se que há um grande potencial de crescimento nesse importante mercado.

3 METODOLOGIA

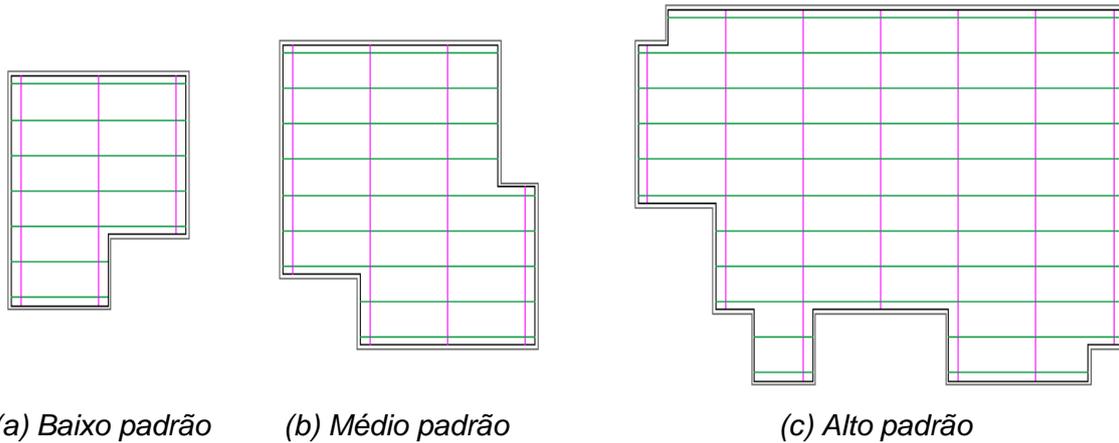
Foram selecionados os materiais a serem utilizados em cálculo no projeto. Com base em pesquisa de mercado realizado por levantamento do autor, a madeira mais utilizada em estruturas de telhado é da espécie cambará e o aço mais utilizado é o A-36.

A madeira da espécie cambará é classificada pela norma ABNT NBR 7190, tendo sua resistência como de classe C40 (ABNT NBR 7190, 1997; LOGSDON, 2007). O aço A-36 é uma liga de aço-carbono de alta resistência, com suas propriedades discriminadas pela norma americana ASTM A-36.

Os projetos que serão dimensionados consistem em três padrões de residências, classificados com base no valor de sua área total. Conforme a ABNT NBR 12721, os tamanhos definidos são de 58,64m², 106,44m² e 224,82m², para padrão de residência unifamiliar baixo, normal e alto, respectivamente. Para cada planta será dimensionado uma estrutura em madeira e uma estrutura em aço.

As plantas apresentadas na Figura 1 foram desenhadas para se obter valores próximos ao padrão da norma, sendo as mesmas apenas modelos representativos e não necessariamente projetos executados. As áreas totais dos projetos de residências que serão dimensionados são de 65,2m² para a Figura 1 (a), Figura 1 (b) com 121,0m² e 286,2m² em Figura 1 (c).

Figura 1 – Planta baixa da cobertura de cada padrão de residência.



(a) Baixo padrão

(b) Médio padrão

(c) Alto padrão

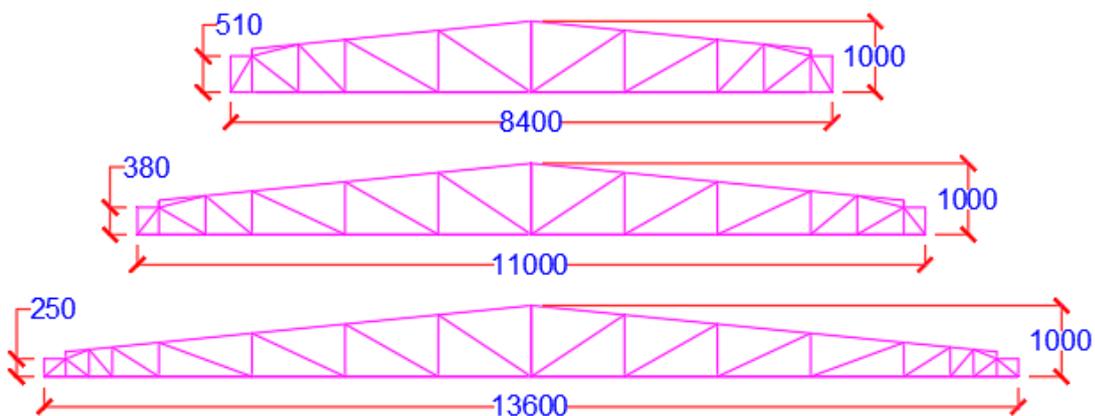
Fonte: Autor.

A concepção estrutural das coberturas é do tipo telhado composto por treliças, as telhas utilizadas são do modelo trapezoidal com isolamento termoacústico (TP40) produzidas pela empresa Kingspan Isoeste, possuem duas águas e a inclinação é de 10%. As estruturas secundárias das edificações que serão calculadas são compostas por terças, vencendo vãos de 4,00 metros e espaçadas entre si em 1,30 metros.

As dimensões e espaçamentos dos elementos estruturais citados são iguais para o cálculo da estrutura de madeira e de aço, dessa forma, pode-se diminuir as variáveis dos projetos para apenas o material em comparação do telhado, de acordo com o padrão.

Para a realização do cálculo de dimensionamento foi utilizado a tesoura com o maior vão de cada planta, porque estas estarão com as cargas mais críticas (ABNT NBR 8681, 2003). Com isso, a dimensão da treliça calculada atendeu a todas as solicitações de esforços das demais tesouras da estrutura. A Figura 2 apresenta, de cima para baixo, a treliça do projeto de mais baixo padrão para o mais alto.

Figura 2 – Tesouras com os maiores vãos de cada padrão de residência.



Fonte: Autor.

Para realizar o cálculo dos esforços da estrutura, verificações e dimensionamentos dos perfis utilizados no projeto foram utilizados os programas de análise estrutural STRAP, na versão 2017, com a licença da empresa PROMETAL ESTRUTURAL, fabricado pela ATIR Engineering Software Development Ltd, Excel, na versão 2016, com a licença do autor, da empresa Microsoft e o FTOOL, que é um software livre criado pelo professor Luiz F. Martha do departamento de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Por fim, para a realização do desenho da planta baixa e o unifilar das treliças foi utilizado o programa AutoCAD, na versão 2019 para estudantes, da empresa Autodesk.

3.1 AÇÕES

Para as ações devido a cargas gravitacionais nas estruturas de madeira foram considerados em cálculo o peso próprio da estrutura principal, secundária e telhas. Estas cargas da estrutura principal e secundária foram calculadas pelas dimensões comerciais e de projeto dos materiais, atribuindo o peso específico da madeira de classe C40. O modelo da telha, bem como o valor de seu peso próprio distribuído ao longo da estrutura foi obtido pelo catálogo de produtos da Kingspan Isoeste.

A treliça da residência de padrão baixo possui 8,75kgf/m² de peso próprio, a de padrão médio e alto possuem 10,86kgf/m² e 12,96kgf/m², respectivamente, calculados através da Equação 1.

$$Peso = 2,45 * (1 + 0,33 * B) \quad (1)$$

Onde:

B = Comprimento da treliça (banzo inferior).

As terças produzem um esforço de 5,26kgf/m² sobre a estrutura. É considerado, segundo norma NBR 7190, uma carga de utilização sobre a cobertura de 100,0kgf aplicada no meio do vão da terça.

Para as ações de cargas gravitacionais nas estruturas de aço foram considerados em cálculo o peso próprio da estrutura principal, obtido pelo programa STRAP. O peso das terças considerado foi de 5,0kgf/m², o peso dos contraventamentos foi de 2,0kgf/m², valores que foram obtidos por meio de média de projetos estruturais executados pela empresa PROMETAL ESTRUTURAL.

A ação permanente na estrutura de aço é composta pelo peso próprio da telha utilizada e pelas estruturas auxiliares de travamento. Foi considerado uma carga de utilização da estrutura de 25,0kgf/m², referente a normativa da ABNT NBR 8800.

O modelo TP40 de telhas possui peso próprio de 13,0kgf/m², obtido do catálogo de produtos da Kingspan Isoeste.

A ação do vento utilizada para o cálculo das edificações de madeira e de aço foi estabelecida através de médias dos projetos executados pela PROMETAL ESTRUTURAL para a região de Dourados/MS. Adotando-se como coeficiente de pressão o valor de 1,0 à barlavento e de 0,5 à sota-vento, a carga de vento gerada na estrutura será de 80,0kgf/m² e 40,0kgf/m² de sucção, ou seja, aliviando as cargas de peso próprio da estrutura principal e secundária.

3.2 COMBINAÇÕES

Para obter-se a solicitação mais crítica sobre a estrutura, fez-se necessário o uso das combinações das cargas, segundo norma de estrutura de madeira e de aço. As ações variáveis são divididas em dois grupos, as principais ($F_{Q1,k}$) e as secundárias ($F_{Qj,k}$) com seus valores reduzidos pelo coeficiente (φ_{0j}), que leva em conta a baixa probabilidade de ocorrência simultânea das ações variáveis. Para as ações permanentes devem ser feitas duas verificações, a favorável e a desfavorável, por meio do coeficiente (γ_Q).

Seguindo a norma de estruturas de madeira NBR 7190, as combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, onde para cada combinação aplica-se a Equação 2.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} * F_{gi,k} + \gamma_Q * F_{Q1,k} + (\sum_{j=2}^n \varphi_{0j} * F_{Qj,k}) \quad (2)$$

A Tabela 1 mostra as combinações últimas normais utilizadas no dimensionamento das estruturas dos projetos de madeira.

Tabela 1 – Combinações últimas normais para madeira.

Combinação (n°)	Peso próprio (F _{g,k})	Sobrecarga (F _{Q,k})	Vento (F _{Q,k})
1	1,40	1,40	-
2	0,90	-	1,05

Fonte: Autor.

Para as combinações de serviço com média duração, que é utilizada no controle usual de deformações das estruturas, foi utilizado a equação 3.

$$F_{d,uti} = \sum_{i=1}^m F_{gi,k} + \varphi_1 * F_{Qj,k} + (\sum_{j=2}^n \varphi_{2j} * F_{Qj,k}) \quad (3)$$

A tabela 2 mostra as combinações limites de utilização para o dimensionamento das estruturas dos projetos de madeira.

Tabela 2 – Combinações de limite de utilização para madeira.

Combinação (n°)	Peso próprio (F _{g,k})	Sobrecarga (F _{Q,k})	Vento (F _{Q,k})
1	1,00	0,30	-
2	1,00	-	0,20

Fonte: Autor.

Seguindo a norma de estruturas de aço NBR 8800, a combinação última normal é utilizada aplicando-se a equação 4.

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} * F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} * F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} * \varphi_{0j} * F_{Qj,k}) \quad (4)$$

A tabela 3 mostra as combinações últimas normais utilizadas no dimensionamento das estruturas dos projetos de aço.

Tabela 3 – Combinações últimas normais para aço.

Combinação (n°)	Peso próprio (F _{g,k})	Ação permanente (F _{g,k})	Sobrecarga (F _{Q,k})	Vento (F _{Q,k})
1	1,25	1,40	1,50	-
2	1,00	1,00	-	1,40

Fonte: Autor.

Para as combinações frequentes de serviço, ou seja, aquelas que se repetem muitas vezes durante o período de vida útil da estrutura, foi utilizado a equação 5.

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \varphi_1 * F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\varphi_{2j} * F_{Qj,k}) \quad (5)$$

A tabela 4 mostra as combinações limites de utilização para o dimensionamento das estruturas dos projetos de aço.

Tabela 4 – Combinações de limite de utilização para aço.

Combinação (n°)	Peso próprio (F_{g,k})	Ação permanente (F_{g,k})	Sobrecarga (F_{Q,k})	Vento (F_{Q,k})
1	1,00	1,00	0,70	-
2	1,00	1,00	-	0,30

Fonte: Autor.

Através dos projetos dimensionados com o auxílio dos programas STRAP e Excel, foram atribuídos os perfis estruturais propostos pelo cálculo de solicitação. Com os perfis dos materiais e o modelo da telha metálica escolhidos, as coberturas puderam ser orçadas e comparadas.

3.3 ORÇAMENTO

Os materiais foram orçados com média de valores pesquisados na região de Dourados/MS, por comércios locais e também pela empresa Isoeste Metálica, por meio de um representante da região. Foi atribuído também na média o valor de fabricação das estruturas de madeira pelas tabelas de composições SINAPI.

O orçamento final de cada projeto foi composto pelo processo de fabricação, montagem das estruturas e dos materiais. As telhas foram utilizadas apenas para a obtenção das cargas e dimensionamento da estrutura, porém não será orçada por não haver distinção delas nas estruturas comparadas.

Os valores obtidos nos orçamentos foram comparados de forma direta, ressaltando o valor final de cada estrutura nos quadros inseridos neste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COBERTURAS DE RESIDÊNCIAS EM ESTRUTURA DE MADEIRA

Os elementos estruturais de madeira obtidos no dimensionamento pelo programa Excel estão listados, com suas respectivas dimensões, no Quadro 1.

Quadro 1 – Coberturas de madeira – Perfis e respectivas dimensões.

ESTRUTURA BAIXO PADRÃO		ESTRUTURA MÉDIO PADRÃO		ESTRUTURA ALTO PADRÃO	
ELEMENTO	Compr. (m)	ELEMENTO	Compr. (m)	ELEMENTO	Compr. (m)
BANZOS (5X10)	115	BANZOS (5X10)	178	BANZOS (5X10)	381
TERÇAS (6X12)	60	TERÇAS (6X12)	112	TERÇAS (6X12)	257
DIAGON. (5X10)	38	DIAGON. (5X10)	57	DIAGON. (5X10)	116
MONT. (5X10)	15	MONT. (5X10)	24	MONT. (5X10)	54

Fonte: Autor.

Os Quadros 2,3 e 4 apresentam o valor unitário do material, com o seu custo de fabricação, montagem e eventuais adicionais embutidos na mão de obra, com o custo final da cobertura em função da quantidade de material obtidos pelo Quadro 1.

Quadro 2 – Cobertura de madeira de padrão baixo – Orçamento.

Produto	Comprimento (m)	Valor Unitário (R\$/m)	Preço (R\$)
Viga (5x10)	168	10,70	1.797,60
Viga (6x12)	60	12,29	737,40
Mão de obra	-	-	2.924,90
TOTAL			R\$ 5.459,90

Fonte: Autor, (2019).

Quadro 3 – Cobertura de madeira de padrão médio - Orçamento.

Produto	Comprimento (m)	Valor Unitário (R\$/m)	Preço (R\$)
Viga (5x10)	259	10,70	2.771,30
Viga (6x12)	112	12,29	1.376,50
Mão de obra	-	-	5.445,00
TOTAL			R\$ 9.595,80

Fonte: Autor, (2019).

Quadro 4 – Cobertura de madeira de padrão alto - Orçamento.

Produto	Comprimento (m)	Valor Unitário (R\$/m)	Preço (R\$)
Viga (5x10)	551	10,70	5.895,70
Viga (6x12)	257	12,29	3.158,50
Mão de obra	-	-	12.735,00
TOTAL			R\$ 21.792,20

Fonte: Autor, (2019).

4. 2 COBERTURAS DE RESIDÊNCIAS EM ESTRUTURA DE AÇO

Os perfis metálicos obtidos no *STRAP* estão listados, com seus respectivos pesos, no Quadro 5.

Quadro 5 – Coberturas de aço – Perfis e respectivos pesos.

ESTRUTURA BAIXO PADRÃO		ESTRUTURA MÉDIO PADRÃO		ESTRUTURA ALTO PADRÃO	
PERFIL	PESO (kg)	PERFIL	PESO (kg)	PERFIL	PESO (kg)
U75x40#2,65	141	U75x40#2,65	222	U100x40#2,65	583
LL1.1/4"x1/8"	144	LL1.1/4"x1/8"	207	LL1.1/4"x1/8"	426
UE100x50x17#2,0	188	UE100x50x17#2,0	346	UE100x50x17#2,0	797
Estruturas aux.	29	Estruturas aux.	52	Estruturas aux.	120
TOTAL:	502	TOTAL:	827	TOTAL:	1.926

Fonte: Autor.

Os Quadros 6,7 e 8 apresentam o valor unitário do material, com o seu custo de fabricação, montagem e eventuais adicionais embutidos, com o custo final da cobertura em função da quantidade de material obtidos pelo Quadro 5.

Quadro 6 – Cobertura de aço de padrão baixo - Orçamento.

Produto	Peso (kg)	Valor Unitário (R\$)	Preço (R\$)
Material + Fabricação	502	8,50	4.267,00
Montagem	502	3,50	1.757,00
TOTAL			R\$ 6.024,00

Fonte: Autor, (2019).

Quadro 7 – Cobertura de aço de padrão médio - Orçamento.

Produto	Peso (kg)	Valor Unitário (R\$)	Preço (R\$)
Material + Fabricação	827	8,50	7.029,50
Montagem	827	3,50	2.894,50
TOTAL			R\$ 9.924,00

Fonte: Autor, (2019).

Quadro 8 – Cobertura de aço de padrão alto - Orçamento.

Produto	Peso (kg)	Valor Unitário (R\$)	Preço (R\$)
Material + Fabricação	1.926	8,50	16.371,00
Montagem	1.926	3,50	6.741,00
TOTAL			R\$ 23.112,00

Fonte: Autor, (2019).

O Quadro 9 apresenta o comparativo entre os diferentes materiais utilizados nos projetos, para cada padrão de residência. Este quadro expõe a diferença em percentual de custos dos projetos discriminados.

Quadro 9 – Comparativo orçamentário entre os padrões de residência por material.

Padrão de residência	Madeira (R\$)	Aço (R\$)	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Baixo	5.459,90	6.024,00	564,10	10,33
Médio	9.595,80	9.924,00	328,20	3,42
Alto	21.792,20	23.112,00	1.139,80	6,06

Fonte: Autor, (2019).

O Quadro 9 apresentou uma diferença de custos significativa na residência de baixo padrão, com o projeto realizado em aço sendo 10,33% mais caro em relação ao de madeira. Essa diferença diminui para 3,42% conforme a residência muda para o médio padrão. Nas residências de alto padrão as diferenças dos materiais aumentam novamente para 6,06% em seu custo final de projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a discriminação dos valores enunciados pelos orçamentos a diferença de custo entre os projetos ficou clara. As estruturas de madeira possuem um custo menor se comparadas as estruturas de aço, para todos os padrões de residência.

Pode-se concluir que o uso da madeira tem um custo aproximado ao do aço e vem diminuindo essa diferença até o alto padrão. Devido à mudança de seção dos perfis de aço na maior treliça dos projetos apresentados, a estrutura da residência de alto padrão torna a aumentar a diferença de custo em relação à madeira.

SUGESTÕES

Para estudos futuros relacionados a este trabalho, é sugerido:

- Comparar outras concepções estruturais para os materiais estudados;
- Buscar outros referenciais teóricos que enriqueçam o estudo;
- Atribuir outros parâmetros ao estudo, como: valor presente líquido, tempo de execução e manutenção;
- Alterar o espaçamento entre os apoios das estruturas de modo a extrair o maior resistido para cada material.

AGRADECIMENTOS

Quero aqui ser grato aos colegas acadêmicos pela contribuição com conselhos e auxílio na execução deste trabalho. Grato também ao professor Me. Domingos Ferreira, que me orientou e teve compreensão para que eu pudesse ter êxito em meu trabalho de conclusão de curso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIASSÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1980). NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro.

ASSOCIASSÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1988). NBR 6123: **Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro.

ASSOCIASSÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). NBR 7190: **Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro.

ASSOCIASSÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR 8681: **Ações e segurança nas estruturas**. Rio de Janeiro.

ASSOCIASSÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2008). NBR 8800: **Projetos de estruturas de aço**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2013). NBR 15575-5: **Edificações habitacionais**: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro.

ASTM A36 / 36M. **Standard Specification for Carbon Structural Steel**: Annual Book of ASTM Standards. USA: [s.n.]. 2008. 4p.

AZEVEDO, Rogério Cabral et al. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. *Ambient. constr.* (Online), Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 85-104, Mar. 2011.

BORGES, A de C. **Prática das pequenas construções**. Revisão: José Simão Neto e Walter Costa Filho. 9 ed. revista e ampliada. São Paulo: Blucher, 2009, v. 1.

Blog da Engenharia. A utilização do aço na construção civil. **Instituto de engenharia**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2015/10/06/a-utilizacao-do-aco-na-construcao-civil/>.

CARDÃO, C. **Técnica da construção**. São Paulo: Blucher. 1981.

FLACH, R. S. **Estrutura para telhados**: Análise técnica de soluções. 2012. Trabalho de conclusão de curso. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUERRA, J.; MAGALHÃES, B.; GOMES, M.; & FONSECA, R. **Materiais de construção II: coberturas**. São Paulo, 2010.

HELLMEISTER, J. C. **Estruturas de madeira**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1977.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas**: manual de execução. São Paulo: Sinduscon-SP, 1988.

LEONHARDT, F.; MONNIG, E. **Construções de concreto**: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado. 1. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1977. v. 1.

LOGSDON, N. **Estruturas de madeira para coberturas**, sob a ótica da NBR 7190/1997. 2002. Trabalho de conclusão de curso. Cuiabá: Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Mato Grosso.

LOGSDON, N; FINGER, Z; ROSA, L. **Caracterização da madeira de Cambará**, *Vochysia guianensis* Aubl. Cuiabá, 2007.

MORETTI FILHO, J. **Considerações sobre telhados de edifícios**. Piracicaba, 1956.

NAKAMURA, J. Tendências da construção civil. **Buildin: Construção & informação**. 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/tendencias-da-construcao-civil-2/>.

PEREIRA, C. Telhados. **Escola Engenharia**, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/telhados/>.

PFEIL, W. **Estruturas de Aço**: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. Rio de Janeiro: GEN. 2008.

PINHEIRO, M. **Construção Sustentável** - Mito ou Realidade? Lisboa, 2003.