

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA EM RELAÇÃO AO DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

COMPARATIVE COST-BENEFIT ANALYSIS BETWEEN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND METALLIC STRUCTURES IN RELATION TO THE SIZING OF BEAMS

MATOS, Karla de Souza¹
JUNIOR, Adilson Corte Souza²
BONELLI, Thiago Scremin³
RODRIGUES, Lucas Albuquerque⁴

Recebido: jul. 2021; Aceito: nov. 2021

Resumo: A construção civil dispõe de vários métodos construtivos para a execução de vigas nas edificações residenciais, dois deles são o concreto armado e a estrutura metálica. Este artigo tem por objetivo realizar análise de qual meio, entre os dois citados anteriormente, é mais viável para a região de Alta Floresta, MT. A metodologia utilizada nessa pesquisa foi qualitativa por meio de cálculos através de *softwares* e pesquisas de campo para auxiliar na opção entre o convencional concreto armado ou perfis metálicos. Culturalmente, o ser humano tem a tendência de utilização dos mesmos métodos, por isso a importância de avaliar se o modo de execução é o mais econômico e benéfico.

Palavras-chave: Vigas. Comparativos. Construções Residenciais.

Abstract: Civil construction has several constructive methods for the execution of beams in residential buildings, two of them are reinforced concrete and metallic structure. This article aims to analyze which medium, between the two mentioned above, is more viable for the region of Alta Floresta, MT. The methodology used in this research was qualitative through calculations through software and field research to assist in the choice between conventional reinforced concrete or metallic profiles. Culturally, human beings tend to use the same methods, hence the importance of evaluating whether the mode of execution is the most economical and beneficial.

Keywords: Beams. Comparatives. Residential Buildings.

1 INTRODUÇÃO

Santos Lauro (1997) afirma que as vigas são utilizadas desde à pré-história, ou seja um dos elementos estruturais mais antigos do mundo. Cumprem papel fundamental na divisão de carga nas estruturas das construções, é necessário ponderar sobre o custo-benefício do material a ser utilizado

¹ Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

² Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL (2017), Especialista em MBA em Gestão de Projetos pela Universidade Anhangüera – UNIDERP (2018).

³ Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2010), Mestre em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2013) e Doutor em Ciências na área de Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2017).

⁴ Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ (2018); Especialista MBA em Engenharia de Edifícios até 4 Pavimentos pelo Centro Universitário da Grande Dourados - UNIGRAN (2019); Especialista em Engenharia de Estruturas - UNYLEYA (2020).

para a sua confecção. As estruturas mais utilizadas na execução de uma viga são concreto armado e os perfis metálicos, o estudo explorou qual a melhor opção entre as duas citadas previamente levando em consideração os diversos comprimentos dos vãos nas construções.

Portanto, o problema fundamental da pesquisa pode ser resumido como: “Qual o comprimento de vão que torna mais vantajoso, em Alta Floresta – MT, a utilização de estrutura metálica ao invés da estrutura convencional de concreto armado?”

Analisar quantitativamente a relação do custo-benefício com a utilização de vigas em concreto armado e aço em diferentes comprimentos de vão, levando em consideração sua resistência aos esforços, a mão de obra, a facilidade de execução, economia de tempo e espaço e, principalmente, simplicidade em sua manutenção.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a. calcular a quantidade de insumos para estruturas de diferentes vãos;
- b. comparar o custo de cada material de acordo com a quantidade utilizada segundo os cálculos anteriormente citados;
- c. analisar a partir de que ponto as dimensões do concreto armado tornam-se inviáveis, tornando a estrutura metálica mais rentável na execução;
- d. representar de forma gráfica e/ou tabelada os dados obtidos através dos cálculos e análises para registro e utilização prático.

Esta pesquisa se justifica por se tratar de um componente essencial para a estrutura de qualquer edificação, seja ela comercial ou residencial. No atual cenário da construção civil, é predominantemente utilizado o concreto armado para a maioria dos componentes estruturais por questões culturais ou, até mesmo, por falta de conhecimento técnico de outros métodos construtivos mais eficazes e rentáveis.

Sendo assim, a comparação de rentabilidade dos dois métodos construtivos sugeridos será de extrema importância na ruptura de certos preconceitos, além de trazer informações úteis para a escolha de um mecanismo mais assertivo, funcional e prático no projeto estrutural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Chaves (2007), a estrutura metálica exige conhecimento específico tanto para sua instalação (demanda uso de equipamentos como guias e guindastes) quanto para cuidados característicos com o aço (oxidação, por exemplo), por essa razão existem empresas que trabalham exclusivamente com esse setor.

Já o concreto não exige mão de obra especializada e nem muitos cuidados específicos. Ele não é montado mas executado *in loco*, ou seja, no canteiro de obras, por este motivo, necessita de cálculos criteriosos e acompanhamento por parte de um profissional da engenharia civil para que a execução esteja de acordo com o projetado.

Tratando-se da construção civil, qualquer atividade deve ser desempenhada segundo condutas pré-estabelecidas e boas práticas. Vale lembrar que é imprescindível haver os cuidados necessários para segurança e conforto de todos os trabalhadores envolvidos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é uma entidade privada fundada em 1940 com o objetivo de reger as normas técnicas no Brasil, fornecendo matérias-primas para o desenvolvimento tecnológico do país.

As normas denominadas Normas Brasileiras (NBR), são estudadas e analisadas por profissionais e pesquisadores experientes da área antes de serem lançadas definitivamente. As normas acerca do concreto e estrutura metálica são, respectivamente, NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, e 8.800/2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Outras normas também podem ser citadas para ocasiões distintas de cada obra:

Quadro 1 - Algumas Normas Brasileiras para dimensionamento estrutural em aço e concreto armado

| NBR | Descrição |
|------------|---|
| 6118 | Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimento |
| 14323 | Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios em Situação de Incêndio – Procedimento |
| 8800 | Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios em Situação de Incêndio – Procedimento |
| 14762 | Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio - Procedimento |
| 7480 | Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado |
| 8681 | Ações e Segurança nas Estruturas |
| 6123 | Forças Devido ao Vento em Edificações |
| 6120 | Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações |

Fonte: Adaptado de Lima (2017).

2.1 CONCRETO ARMADO

O concreto, segundo Mehta e Monteiro (2008), é o material mais utilizado do mundo na construção civil. Resumidamente, composto por Cimento Portland, água, areia, brita e, ocasionalmente, aditivos, acrescentados à mistura com o objetivo de melhora ou inibição de determinadas características (FRANÇA, 2004), o concreto tem uma alta resistência à compressão, além de baixo custo e mão de obra abundante.

Associado às armações com barras de aço, as quais cumprem o papel de resistência a tração, tem-se o concreto armado em sua forma utilizada nas estruturas (CARVALHO, 2005), a aderência entre ambos garante o trabalho em conjunto para que suas características individuais se transformem em conjunto.

Ademais, essa combinação só é possível pois os dois materiais têm o coeficiente de dilatação praticamente do mesmo valor ($\alpha_{concr.} = 1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $\alpha_{aço} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), além do mais o concreto garante proteção, em condições normais, para as ferragens contra oxidação e temperaturas elevadas.

Assim como os demais materiais, o concreto também possui desvantagens, pode-se citar o seu peso específico elevado ($\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$), bem como suas dimensões as quais normalmente são maiores comparados aos perfis metálicos. O processo de cura pode ser evidenciado também como desvantagem, considerando que, além de demorada, a realização errônea compromete toda a estrutura vinculada a ele.

O Cimento Portland (ligante utilizado no concreto), segundo Petrucci (1975), é um pó fino originado da combustão de calcário e argila, passando pelo processo de moedura e adição de sulfatos de cálcio, obtidos através da moagem do clínquer, e, eventualmente, de outros aditivos.

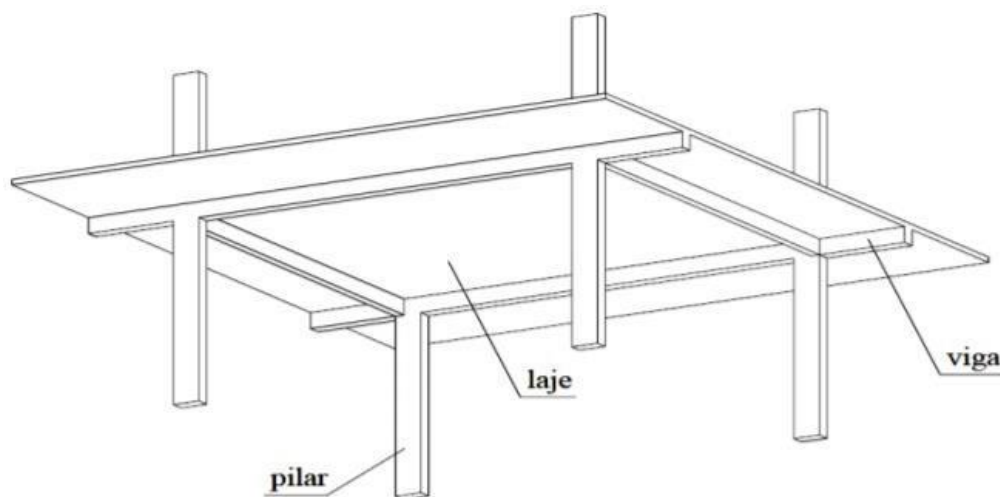
As correções feitas através de acréscimos de materiais químicos feríferos, silicosos e

sluminosos, é definido como quimismo por Battagin (2011). Tais correções assegura as características aglomerantes do cimento. Quando não encontrado todos os componentes necessários em apenas uma rocha, “[...] eventuais aditivos corretivos, como o minério de ferro, a areia, a bauxita, são utilizados” (BATTAGIN, 2011, p. 189).

2.1.2 Elementos Estruturais em Concreto Armado

As estruturas frequentemente compostas por concreto armado são as lajes, os pilares e as vigas, sendo a última o foco de estudo da vigente pesquisa.

Figura 1 – Representação esquemática de uma estrutura com laje convencional



Fonte: Smiriglio (2015).

Observa-se, pela Figura 1, que as lajes recebem as cargas acima delas, geralmente de coberturas ou pavimentos superiores, as quais são transmitidas para as vigas, logo são transferidas para os pilares, chegando, assim, na fundação e distribuídas para o solo.

Segundo a NBR 6118/2014 (*Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*), são denominadas vigas estruturas horizontal, geralmente localizada acima das paredes e apoiada por dois pilares, com objetivo de sustentação da laje e distribuição igualitária do peso advindo da cobertura entre as colunas abaixo dela.

Já os pilares, são considerados os mais importantes da edificação, tendo em vista que sua finalidade está relacionada com a estabilidade de toda a estrutura a qual está inserido. Tratam-se de elementos no eixo vertical e retos que recebem as cargas das vigas e transferem para o alicerce.

2.2 ESTRUTURAS METÁLICAS

2.2.1 Aço

De acordo com Bellei (2003), o uso do aço tem se destacado em meio a obras comerciais e industriais devido a sua resistência, leveza e ductibilidade, alcançando, assim, comprimentos de vãos maiores que a estrutura convencional de concreto armado. O aço é um composto obtido da mistura do

ferro com certas quantidades de carbono (entre 0,008 e 2,11%) que lhe acrescenta maior resistência mecânica.

“Os aços estruturais devem ter tensão de escoamento máxima de 450 Mpa e sua relação de tensão de ruptura e escoamento não pode ser inferior a 1,18. O módulo de elasticidade do aço é de 200 Gpa” (PFEIL, 2009).

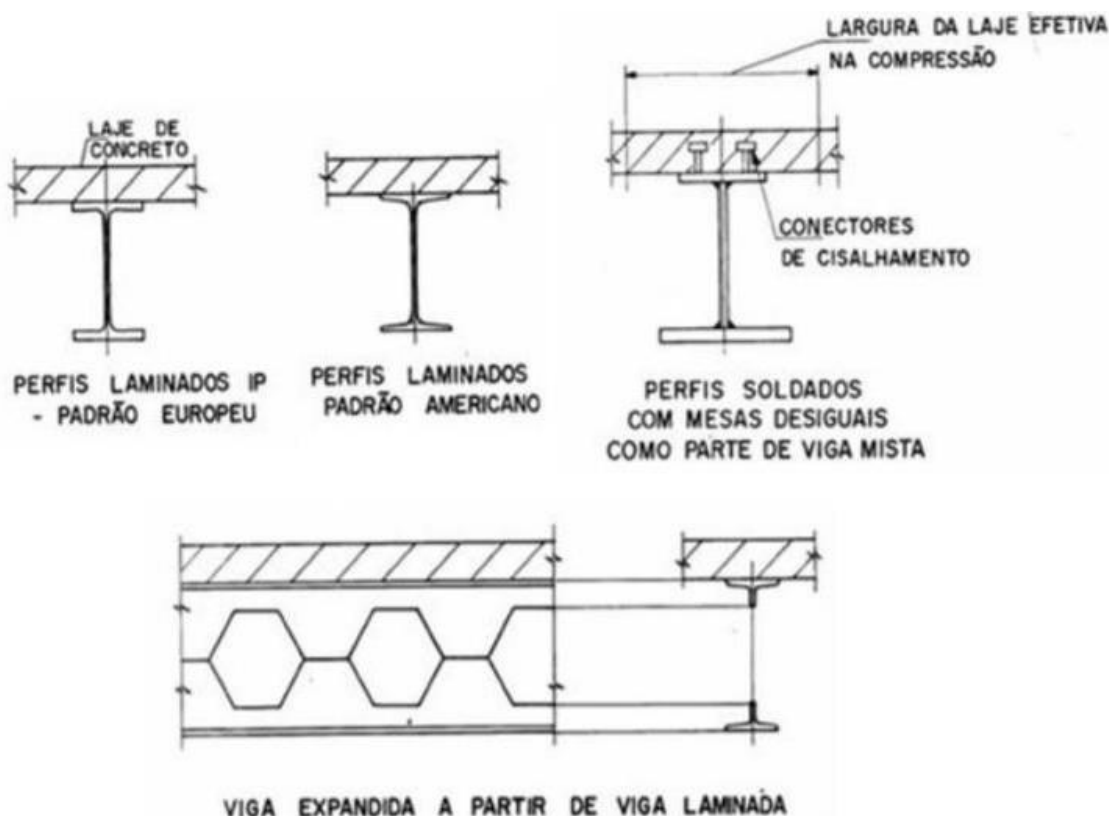
O aço é dividido em dois grupos distintos consoante sua composição química, o aço carbono (mais utilizado no canteiro de obras) e de baixa liga. A diferença se dá devido a uma modificação térmica entre ambos, sem alterar suas propriedades de homogeneidade, ductibilidade e soldabilidade porém acrescentando resistência. Para garantir resistência a oxidação, acrescenta-se, também, o cobre.

Pfeil (2009) discorre que, a porcentagem limite de carbono é 2%, de manganês é 1,65%, de silício 0,6% e de cobre é 0,35%, sendo que a resistência do aço é proporcional a quantidade de carbono, contudo, o excesso o torna menos dúctil e prejudica o processo de soldagem.

2.2.2 Perfis Estruturais

Os perfis estruturais se diferenciam em relação ao pilar e a viga. Dado que os pilares devem resistir a compressão, o perfil mais utilizada é em “H” já que tem largura da seção principal semelhante a da aba e apresentar alta inércia em ambas as direções. Já as vigas são projetadas para anular a flecha lateralmente, precisam apresentar abas menores em formato de “W” e “I” para que a laje seja apoiada (PFEIL, 2009).

Figura 2 -Vigas e Lajes



Fonte: Met@lica (2018).

Dado que utiliza-se mais perfis laminados na parte estrutural das edificações, é dado mais ênfase no estudo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente projeto tem como tema: “Análise comparativa de custo-benefício entre estrutura de concreto armado e estrutura metálica em relação ao dimensionamento de vigas”, tratando-se de uma análise quantitativa de dois métodos comuns na construção civil na cidade de Alta Floresta – MT a fim de facilitar na hora da escolha mais rentável e segura na elaboração das vigas, especificamente.

Desenvolvido através de um comparativo entre o dimensionamento de vigas de um pavimento tipo em concreto armado e também em estrutura metálica, elaborando-se um protótipo para análise dos vãos de um pavimento tipo, sendo eles de 3 m, de 6m e de 9m.

Para o concreto armado foi utilizado o *software* Eberick v8 Gold⁵ e o *software* CYPE 3D, conhecido como “metálicas 3D”, para as estruturas metálicas. O programa AutoCAD foi utilizado para criar aos modelos, primeiramente, em 2D e depois importá-los nos programas e estruturá-los tridimensionalmente.

Para as flechas em concreto armado, de acordo com a NBR 6118/2014, deve-se calcular o deslocamento limite (flecha máxima) para conforto visual através da formula:

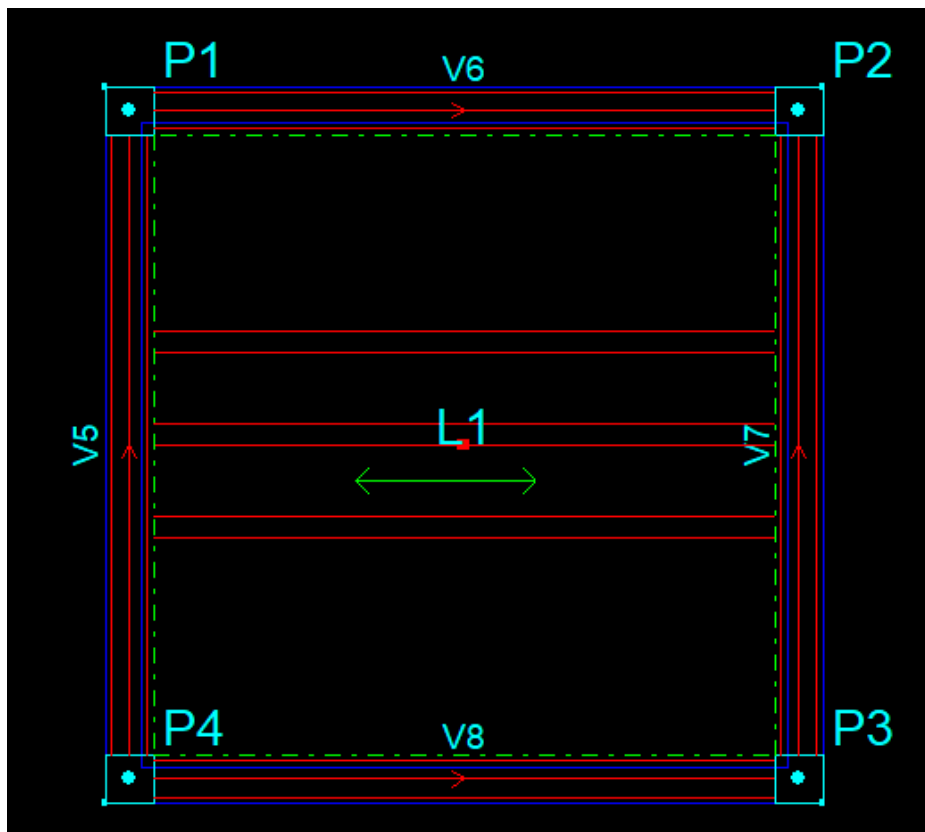
$$f_{\text{máx}} = \frac{P}{250},$$

onde P é dado pelo comprimento da viga.

A princípio, os três modelos foram lançados para análise e cálculo, obedecendo as NBR 6118/2014 e NBR 16775/2020 “*Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e de concreto, coberturas e fechamentos de aço – Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem – Requisitos*”, em seus respectivos programas, considerando apenas o peso próprio das vigas e acarga de uma laje de 12 cm de EPS Unidirecional com dimensões de B8/30/125 com aproximadamente 2.500kg/m³.

⁵ Trata-se de um *software* desatualizado (2004), portanto suas configurações foram atualizadas para a NBR 6118/2014 para cálculos mais precisos.

Figura 3 – Representação esquemática de um dos modelos (vão de três metros) calculados



Fonte: O Autor (2021).

Os insumos considerados dos sistemas foram:

- Concreto;
- Aço;
- Fôrmas/caxarias de madeira;
- Perfis de aço dobrado em formato U.

3.2.1 Cálculos para concreto armado

Após executado o programa, foi importado o arquivo .dwg com o vão de três metros. A princípio, a fim de verificação, foi utilizado uma seção de viga de 15x25 cm a qual, segundo o programa, estava dimensionada incorretamente para a carga analisada (o deslocamento foi acimado do permitido), sendo necessário aumentar sua altura para 30 cm para ser aprovada.

Em seguida, o arquivo .dwg do vão de seis metros foi importado e utilizado a mesma seção da viga anterior (15x30 cm) e o dimensionamento foi reprovado, segundo os cálculos do programa. Após outras tentativas com intervalos de 5 em 5 cm, somente com uma dimensão de 15x50 a viga foi validada pelo *software*.

Por último, já com o arquivo de nove metros importado, iniciou-se o cálculo com uma seção de 15x30 cm, mas foi reprovada com vários erros de dimensionamento, a estrutura não suportaria à flecha provocada em duas das vigas devido ao peso da laje. A seção inicial foi substituída por 15x35 cm e ainda apresentou os mesmos erros. O dimensionamento mínimo foi aceito com dimensão de 15x75 cm.

Após levantado o quantitativo, por meio dos próprios programas, foram orçados os materiais pelas empresas da região e adotado um valor médio. O valor da mão de obra também foi uma média após pesquisa de algumas construtoras locais. Seguidamente, os valores e quantidades foram organizados em tabela para melhor observação de viabilidade de qual método tem o menor custo para implementação no município de Alta Floresta – MT.

3.2.2 Cálculos para estrutura metálica

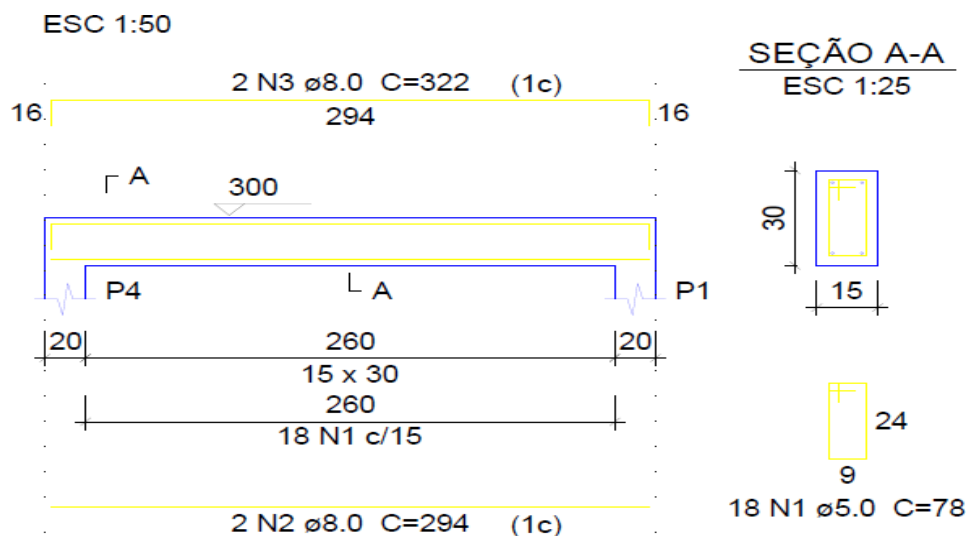
O aço utilizado foi de chapas dobradas em formato U. A dimensão inicialmente utilizada foi com altura de 30cm e montantes 50 cm distantes entre si. Para o vão de três metros, essas dimensões foram aceitas, já os vãos de seis e nove metros, tiveram erros no dimensionamento. O vão de seis metros, para ser aprovado, foi adotado uma distância dos montantes de 30cm e a altura de 35cm e o vão de nove metros, passou nos cálculos com altura de 70 cm e 30cm de distância dos montantes.

Tal qual para a estrutura de concreto armado, os valores adotados para os insumos calculados foram através de uma média orçamentária após pesquisa e cotação em empresas do município vigente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

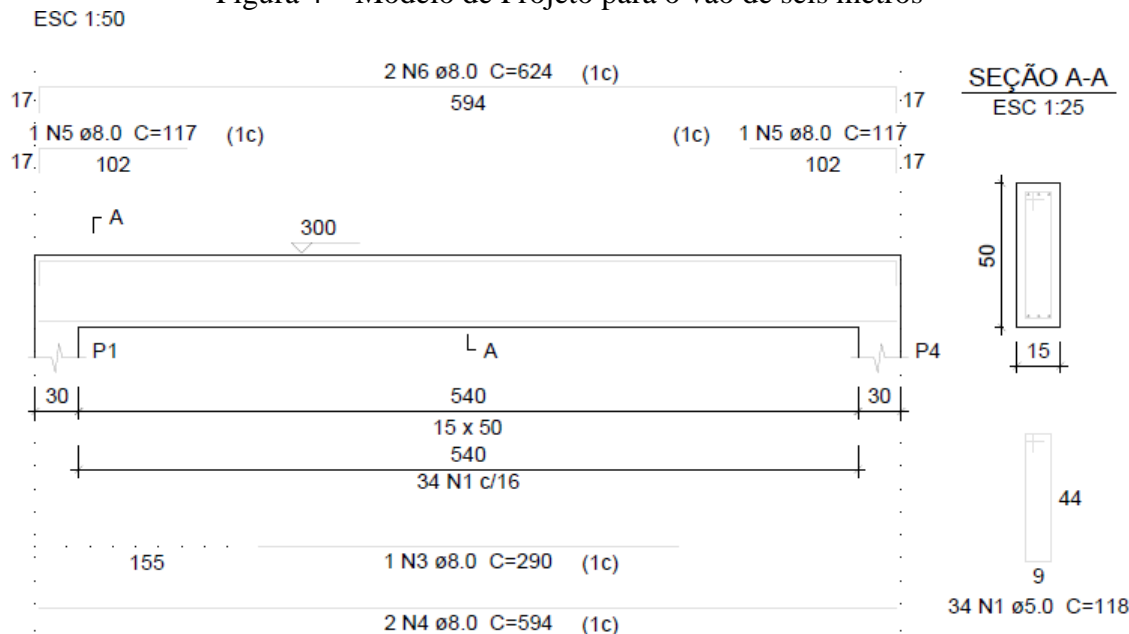
Segue abaixo os modelos de projeto das vigas obtidos através do Eberick:

Figura 3 – Modelo de Projeto para o vão de três metros



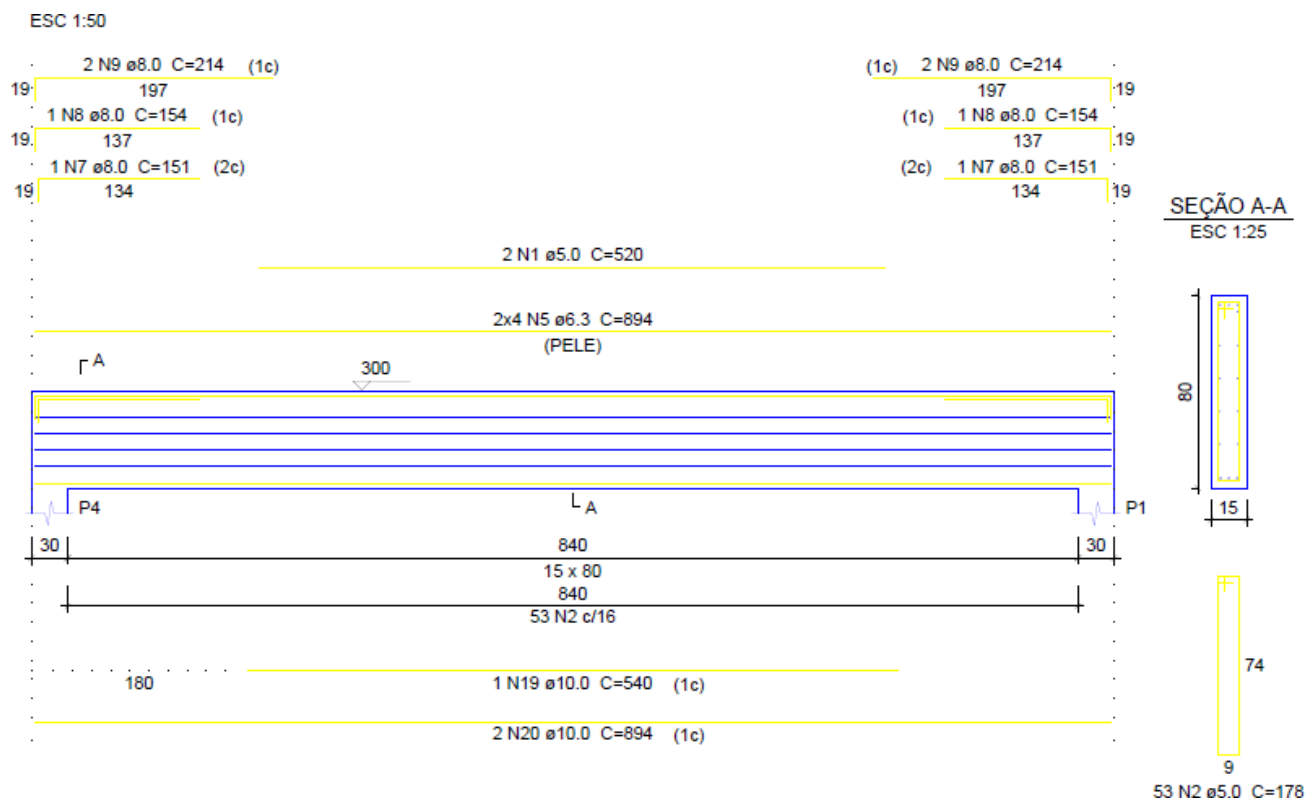
Fonte: O Autor (2021).

Figura 4 – Modelo de Projeto para o vão de seis metros



Fonte: O Autor (2021).

Figura 5 – Modelo de Projeto para o vão de três metros



Fonte: O Autor (2021).

Em seguida, têm-se os dados obtidos através dos programas e pesquisa de campo, primeiro para os modelos de concreto armado:

Tabela 1 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura de concreto armado para vão de três metros

| Vão: 3m | | | | | |
|---------------|----|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| Material | | Quantidade +10% | Custo Unitário (R\$) | Valor Total - Materiais (R\$) | Mão de Obra(R\$) |
| Concreto (m³) | | 0,14 | 590,00 | 82,60 | |
| CA50 | 8 | 12,33 | 47,00 | 579,51 | |
| Aço (m) | mm | | | | 450,00 |
| | 5 | | | | |
| CA60 | mm | 14,05 | 25,90 | 363,90 | |
| Fôrma (m²) | | 0,14 | 23,11 | 3,24 | |
| Total | | | | | R\$ 1.479,24 |

Fonte: O Autor, 2021.

Tabela 2 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura de concreto armado para vão de seis metros

| Vão: 6m | | | | | |
|---------------|-----------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| Material | | Quantidade +10% | Custo Unitário (R\$) | Valor Total - Materiais (R\$) | Mão de Obra(R\$) |
| Concreto (m³) | | 0,45 | 590,00 | 265,50 | |
| Aço(m) | CA50 8 mm | 27,55 | 47,00 | 1.294,85 | |
| | | | | | 950,00 |
| | 5 | | | | |
| | CA60 mm | 42,53 | 25,90 | 1.101,53 | |
| Fôrma (m²) | | 6,9 | 23,11 | 159,46 | |
| Total | | | | | 3.771,34 |

Fonte: O Autor, 2021.

Tabela 3 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura de concreto armado para vão de nove metros

| Vão: 9m | | | | | |
|---------------|------------|------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|
| Material | | Quantidade + 10% | Custo Unitário (R\$) | Valor Total - Materiais (R\$) | Mão de Obra (R\$) |
| Concreto (m³) | | 1,08 | R\$ 590,00 | 637,20 | |
| | 8 mm | 29,68 | R\$ 47,00 | 1.394,96 | |
| Aço(m) | CA50 10 mm | 13,3 | R\$ 70,00 | 931,00 | |
| | | | | | 1250,00 |
| | 6,3 mm | 72,2 | R\$ 32,00 | 2.310,40 | |
| | CA60 5 mm | 108,55 | R\$ 25,90 | 2.811,45 | |
| Fôrma (m²) | | 15,75 | R\$ 23,11 | 363,98 | |
| Total | | | | | R\$ 9.698,99 |

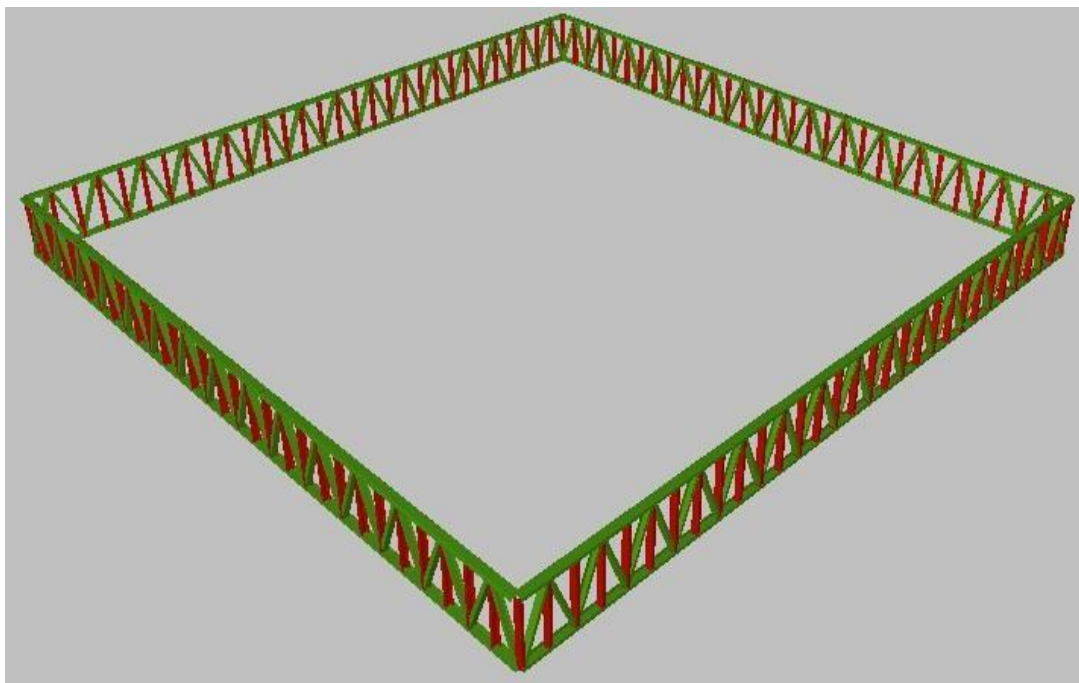
Fonte: O Autor (2021).

Analisando os valores das estruturas em concreto armado, o produto de maior custo unitário é o concreto dosado em central (CDC), conhecido popularmente como concreto usinado (sem apresentar grande importância no valor total para o consumidor final), o segundo a mão de obra, seguido pelo valor do aço para as armações (variando de acordo com seus diâmetros) e, por fim, as fôrmas de madeira para as caxarias.

Considerando-se o montante final, o material mais oneroso, nos três casos analisados, trata-se do aço, com uma representação média de 83,33% do valor total do orçamento.

Como trata-se de três modelos seguindo o mesmo padrão, variando unicamente as distâncias dos vãos, segue abaixo apenas um dos modelos de projeto das vigas obtidos através do Cype3D:

Imagem 1 – Modelo das Vigas no vão de 9x9m no Cype3D.



Fonte: O Autor (2021).

Logo abaixo, têm-se os dados obtidos através dos programas e pesquisa de campo, primeiro para os modelos de perfis metálicos:

Tabela 4 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura metálica para vão de três metros

| Material (Perfis) | Quantidade(barras) | Custo Unitário | Mão de Obra | Valor Total (Materiais) | |
|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-------------------------|------------|
| U50x25 #11 | 2 | R\$ 194,00 | R\$ 320,00 | R\$ | 388,00 |
| | | | | Total | R\$ 708,00 |

Fonte: O Autor (2021).

Tabela 5 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura metálica para vão de seis metros

| Material (Perfis) | Quantidade(barras) | Custo Unitário | Valor Total(Materiais) | Mão de Obra | |
|-------------------|--------------------|----------------|------------------------|-------------|--------------|
| U75x40 #11 | 2 | R\$ 352,00 | R\$ 704,00 | | |
| U75x40 #12 | 2 | R\$ 295,00 | R\$ 590,00 | R\$ | 700,00 |
| U100x40 #11 | 7 | R\$ 540,00 | R\$ 3.780,00 | | |
| | | | | Total | R\$ 5.774,00 |

Fonte: O Autor (2021).

Tabela 6 – Resumo da quantidade e valores dos materiais e mão de obra da estrutura metálica para vão de nove metros

| Material (Perfis) | Quantidade (barras) | Custo Unitário | Valor Total (Materiais) | Mão de Obra | |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------------|-------------|--------------|
| U75x40 #11 | 8 | R\$ 352,00 | R\$ 2.816,00 | | |
| | | | | R\$ | 1.100,00 |
| U100x40 #11 | 3 | R\$ 540,00 | R\$ 1.620,00 | | |
| | | | | Total | R\$ 5.536,00 |

Fonte: O Autor (2021).

Já a cotação das estruturas metálicas, a mão de obra para montagem é o valor maior importância e, em seguida, os valores dos perfis metálicos, de acordo com suas dimensões e espessuras.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando-se os valores das estruturas, nota-se que o método comumente adotado é o mais

oneroso, tendo em vista que, para todos os vãos, o valor final da estrutura metálica manteve-se mais baixo.

Após a realização do trabalho, entende-se que a construção civil da região é influenciada por questões culturais (outros métodos construtivos não são amplamente explorados) associado a localização do município, posto que a região não dispõe da produção dos perfis metálicos, trazidos, em sua grande maioria, da capital (Cuiabá), agregando um valor maior em seu custo para o consumidor final.

Vale ressaltar também, que é dada preferência a mão de obra de empresas externas as quais oferecem melhor qualidade em sua montagem, encarecendo mais o método construtivo que utilizam a estrutura metálica.

Portanto, considerando que em todos os vãos calculados na pesquisa a estrutura metálica manteve-se com valores mais baixos, pode-se concluir que o concreto armado é amplamente utilizado pela construção civil por tratar-se de um método construtivo antigo e mão de obra abundante, transmitido pelas gerações e dificultando a inovação no canteiro de obras mesmo com as novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

AGONILHA, Marcelo Dias; CARVALHO, Laisa Cristina. **Comparação entre método construtivo de concreto armado e estruturas metálicas**: estudo de caso de dois projetos com dois pavimentos em São Gonçalo do Sapucaí/MG. **Tecnoblog**, 2018. Disponível em: <https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/>. Acesso em: 03 de jun. de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7007**: Aços carbono e microligados para uso estrutural e geral. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16.775**: Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço – Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem – Requisitos. Rio de Janeiro, 2020.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Cimento Portland: Generalidades. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011. Cap. 6. p. 185-232.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço**. 6. ed. São Paulo: PINI, 2010.

BELLEI, ILDONY H. **Edifícios de múltiplos Andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

BUSANELLO, Jordano. **Estudo de comparativo entre estrutura de concreto armado e estrutura metálica mista na construção de edifício comercial**. 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fdeposito.rockefeller.edu.br%2Fjsps%2Fbitstream%2F1%2F12807%2F1%2FCT_GEOB_XXV_2019_12.pdf&clen=357776. Acesso em: 20 jun. 2021.

CAMPOS, Hugo Elias Bernini e MESQUITA, Leonardo Carvalho. **Estrutura metálica versus estrutura em concreto armado**: estudo comparativo orçamentário de um edifício comercial. Ecv, 2018. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.ecv.crp.ufv.br%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F06%2FHugo-Campos-Leonardo-Mesquita.pdf&clen=575604&chunk=true>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CARVALHO, Robert Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento 492 de estruturas usuais de concreto armado**: segundo NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

CHAVES, M. R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões leves**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

FRANÇA, Esdras Poty de. **Tecnologia básica de concreto para estudantes**. Apostila curso Engenharia de Produção Civil. Belo Horizonte: CEFET, 2004. p. 7-13.

KLEIN, Tiago Augusto. **Estudo comparativo entre edificações com estrutura em concreto armado e alvenaria estrutural**. Univates, 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.univates.br%2Fbdu%2Fbitstream%2F10737%2F989%2F1%2F2015TiagoAugustoKlein.pdf&clen=2558930>. Acesso em: 20 jun. 2021.

LIMA, João Lucas Rufino de. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação**: estudo de caso. 2017. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.uniceub.br%2Fjspui%2Fbitstream%2Fprefix%2F13187%2F1%2F21113328.pdf&clen=3213827>. Acesso em: 03 jun. 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. Tradução: Paulo Helene R. L. São Paulo: Editora Pini, 1994. 345p.

PETRUCCI, Eladio G. R.. **Concreto de cimento Portland**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1975.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço**: dimensionamento prático. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

ROSSATTO, Bárbara Maier. **Estudo comparativo de uma edificação em estrutura metálica/concreto armado**: estudo de caso. 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.ct.ufsm.br%2Fengcivil%2Fimages%2FPDF%2F1_2015%2FTCC_BARBARA%2520MAIER%2520ROSSATTO.pdf&clen=13601623&chunk=true>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SANTOS, Raquel Simone dos. **Comparativo entre estruturas de aço e concreto armado**. Lyceumonline, 2007. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Flyceumonline.usf.edu.br%2Fsalavirtual%2Fdocumentos%2F1050.pdf&clen=486318&chunk=true>.

