

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA TRELIÇADA E DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO

Iray Fialho Martins¹; Domingos Jorge Ferreira da Silva²
iray.martins@gmail.com¹; domingosjsilva@ufgd.edu.br²;

RESUMO – Os edifícios construídos em estrutura metálica apresentam diversas vantagens em relação aos de concreto armado. Uma de suas principais vantagens é o tempo de execução, uma vez que este método propicia bastante agilidade nas etapas de sua execução. O presente trabalho tem por objetivo dimensionar, utilizando estrutura metálica treliçada, uma edificação existente, construída em concreto armado. O projeto utilizado constitui uma edificação de dois pavimentos com cerca de 1091 m² por pavimento. Os cálculos foram feitos utilizando-se *softwares* e cálculo manual. Após o dimensionamento obteve-se os quantitativos de materiais e o levantamento dos preços dos mesmos por meio da tabela SINAPI da CAIXA e de uma das fornecedoras de estruturas metálicas da região. Ao fim do trabalho, observou-se que a edificação projetada em estrutura de aço é 19% mais barata que a de concreto.

Palavras-chave: Estruturas metálicas. Estrutura treliçada. Concreto armado.

ABSTRACT – The metallic structures buildings have several advantages over the reinforced concrete ones. One of its main advantages is the speed, since this method propitiates agility in the stages of its execution. The aim of this study is to design, using truss structure, an existing building, built on reinforced concrete. The project used is a building of two floors with about 1091 m² per floor. The calculations were made using software and manual calculation. After the design, were collected the material quantitative and its prices through CAIXA's SINAPI table and one of the region's steel structure suppliers. At the end of this comparison, it was observed that the building designed in steel structure is 19% cheaper than the conventional concrete.

Keywords: Metallic structures. Truss structure. Reinforced concrete.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é assunto presente em todas as discussões da atualidade. A indústria da construção civil, devido ao seu significativo impacto ambiental, é um dos setores que desempenha papel fundamental nas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. O aço, de um modo geral, é considerado um material menos nocivo ao meio ambiente quando comparado ao concreto. Possui um grande potencial de reciclagem. Além disso, a rapidez que caracteriza seu processo construtivo, contribui para a menor geração de resíduos. (Gervásio, 2008)

Conforme Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013) o aço, tal como outros materiais utilizados na construção civil, apresenta vantagens e desvantagens. Entre as principais vantagens estão:

- Redução das cargas atuantes na fundação;
- Redução do tempo de execução.

Entre as principais desvantagens podemos citar:

- Em muitos casos possui custo mais elevado que o concreto armado;
- Mão de obra especializada;
- Em certas regiões é mais difícil de encontrar determinados tipos de aço e perfis;
- Apenas é viável executar elementos lineares (para o caso de lajes, é necessário a associação com o concreto).

Segundo o Centro Brasileiro da Construção em Aço (2018), foram produzidas 697 mil toneladas de estruturas de aço em 2017. A região sudeste apresenta mais da metade da produção, sendo o estado de São Paulo responsável por $\frac{1}{4}$ da produção nacional.

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), os principais aspectos positivos do uso do Concreto Armado na construção civil são:

- Boa trabalhabilidade;
- Permite estruturas monolíticas;
- Menor custo;
- Durabilidade;
- Resistência ao fogo;
- Permite pré-moldagem

Os principais aspectos negativos são:

- Elementos de maiores dimensões
- Bom condutor de calor e som;

- Necessidade de sistemas de fôrmas e escoramentos.

Isto posto, o objetivo deste trabalho é realizar um comparativo entre os custos de uma edificação já existente construída em estrutura de concreto armado, caso fosse dimensionada e construída utilizando-se estruturas de aço. Espera-se com isto avaliar a viabilidade do uso do aço para as edificações que, em sua maioria, são dimensionadas em concreto armado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AÇO ESTRUTURAL

2.1.1 HISTÓRIA DO AÇO

O aço, como material de construção, possibilitou enormes avanços em soluções de arquitetura ao longo da história. Segundo Bellei, Pinho e Pinho (2008), a primeira obra importante em aço foi a Ponte sobre Severn, em Coalbrookdale, em 1779 na Inglaterra, com 30 metros de vão. Conforme Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), o uso do aço em escala industrial apenas teve início com a primeira revolução industrial, em países como Inglaterra, França e Alemanha. A sua aplicação em edificações, teve como marco o Palácio de Cristal em Londres, em 1851. Seu sistema de fabricação e montagem muito se assemelha ao utilizado atualmente.

Segundo Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), na primeira fase de uso do aço no Brasil, não existiam indústrias siderúrgicas no país, portanto, o material era importado em grandes quantidades da Inglaterra. A segunda fase, na qual construiu-se o primeiro parque siderúrgico nacional, se deu devido a paralisação de importações devido as guerras mundiais, por este motivo, tornou-se necessário produzir aço em território nacional. Hoje o Brasil é o sétimo maior produtor de aço, as siderúrgicas brasileiras evoluíram em qualidade e quantidade.

2.1.2 VANTAGENS DO USO DO AÇO ESTRUTURAL

De acordo com Bellei, Pinho e Pinho (2008), o uso do aço estrutural como material de construção apresenta as seguintes vantagens:

- Menor Custo Administrativo: Em muitos casos o custo administrativo é menor devido ao menor número de funcionários, menor necessidade de limpeza e menor tempo para a execução da obra.

- Economia nas Fundações: Devido a maior resistência por unidade de volume, as estruturas em aço acabam resultando em peças mais esbeltas e leves, por conseguinte, a carga atuante nas fundações é menor.
- Menor Consumo de Revestimento: Por consequência de um maior controle tecnológico na fabricação do aço, estas estruturas necessitam de uma espessura menor de revestimento.

2.1.3 DESVANTAGENS DO USO DO AÇO ESTRUTURAL

Segundo Pinheiro (2005) as principais desvantagens do uso do aço estrutural são:

- Limitação de execução em fábrica: devido a necessidade de transporte até o local de montagem final, as dimensões das peças no momento de sua fabricação são limitadas.
- Necessidade de tratamento superficial das peças: devido ao contato dos elementos estruturais com o ar atmosférico, se faz necessário tratar as superfícies contra a oxidação.
- Necessidade de mão-de-obra e equipamentos especializados: diferentemente do concreto armado, que é uma tecnologia relativamente dominada em todas as partes do país, o aço necessita de mão-de-obra e equipamentos especializados para sua fabricação e montagem.

2.1.4 PROCESSO CONSTRUTIVO DO AÇO

Segundo Bellei, Pinho e Pinho (2008) uma edificação construída utilizando-se estruturas metálicas é o resultado das seguintes etapas:

- Arquitetura: trata-se da etapa na qual é desenvolvido o estudo da obra (materiais, dimensões, formato, etc.)
- Projeto Estrutural: etapa na qual realiza-se o dimensionamento e verificação das peças. Esta etapa tem como resultado uma lista de materiais contendo o peso total previsto para a edificação.
- Detalhamento: esta etapa visa detalhar todas as peças e seus respectivos tipos de ligação, visando facilitar o trabalho de fabricação e montagem.
- Fornecimento e fabricação: etapa na qual ocorre a fabricação de todas as peças necessárias para a execução. A confecção deve atender as recomendações do projeto.

- Limpeza e proteção: é necessário que as peças recebam o tratamento adequado contra a corrosão antes de serem transportadas para o canteiro. Após a limpeza, as peças podem ser pintadas ou deixadas em estado natural.
- Transporte: ainda na fase de projeto, é preciso ter atenção as dimensões da peça de modo a reduzir os custos de transporte até o local de montagem.
- Montagem: etapa no qual as peças serão conectadas uma a uma de modo a formar a estrutura.
- Proteção contra o fogo: dependendo do tipo de ocupação e altura, pode ser necessário fazer uma verificação para saber se é necessário proteger a estrutura contra a ação do fogo em caso de incêndio.

2.2 CONCRETO ARMADO

2.2.1 HISTÓRIA DO CONCRETO ARMADO

De acordo com Carvalho e Figueiredo Filho (2014), o francês Joseph Aspdin possibilitou o uso do concreto armado ao fabricar o cimento Portland em 1824. A primeira casa em concreto armado, foi construída pelo americano William Ward em 1873, que existe até os dias de hoje. Em 1904 são publicadas na Alemanha as primeiras “Instruções provisórias para preparação, execução e ensaio de construções de concreto armado”.

2.2.2 VANTAGENS DO USO DO CONCRETO ARMADO

Conforme Carvalho e Figueiredo Filho (2014), as principais vantagens da escolha do concreto armado são:

- Trabalhabilidade: o concreto pode assumir a forma desejada pelo projetista, dando assim maior liberdade de criação;
- Estruturas monolíticas: o material possui esta característica devido ao fato de o concreto endurecido possuir aderência com o concreto lançado posteriormente;
- Resistência ao fogo: quando executado com adequado controle de qualidade, possui resistência a incêndio superior ao aço e madeira;
- Pré-moldagem: quando utilizada, permite economia de tempo na execução e maior eficiência.

2.2.3 DESVANTAGENS DO USO DO CONCRETO ARMADO

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014) os principais aspectos negativos são:

- Elementos com maiores dimensões: o material possui elevado peso específico (25 kN/m²) o que acaba resultando em peças maiores e com maior peso do que o aço;
- Condutor de calor e som: tal característica muitas vezes obriga o projetista a fazer associação com outros materiais;
- Sistemas de fôrmas e escoramentos: quando executado *in loco* é necessário utilizar fôrmas e escoramentos até que o concreto atinja a resistência prevista em projeto.

2.2.4 PROCESSO CONSTRUTIVO DO CONCRETO ARMADO

O processo construtivo das estruturas em concreto armado é composto pelas seguintes etapas:

- Execução do sistema de fôrmas
- Distribuição das armaduras
- Concretagem
- Cura
- Retirada das fôrmas

O processo abrange também as atividades relacionadas a inspeção, documentação e análise de controle de resistência do concreto. (ABNT, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

O presente trabalho é constituído por um estudo comparativo entre estruturas metálica trelaçada e de concreto armado em uma edificação existente. A edificação em questão foi executada utilizando-se elementos estruturais de concreto armado. A comparação foi feita por meio das informações obtidas por um projeto estrutural hipotético, efetuado por meio do software Strap e do projeto estrutural executado, fornecido pela prefeitura universitária da UFGD.

A edificação estudada está localizada na Rodovia Dourados-Itahum, km 12, unidade II do campus da Universidade Federal da Grande Dourados, ao lado do Bloco D. Suas vigas e pilares foram construídos em concreto armado e a laje é do tipo pré-moldada. A edificação do presente estudo possui 1091 m² nos pavimentos térreo e superior.

Foi utilizado estrutura metálica trelaçada formada a frio para as vigas e pilares do projeto estrutural hipotético. Escolheu-se este tipo de estrutura, pois, segundo BELLEI (1998), as estruturas trelaçadas apresentam baixo peso por unidade de área (kg/m²). As lajes escolhidas são do tipo painel misto estruturado. Segundo RIBEIRO (2017), as lajes

em painel misto estruturado apresentam diversas vantagens tais como: baixo peso próprio, racionamento de água e rapidez de execução. Todos os elementos estruturais serão soldados. Tanto para os pilares quanto para as vigas, foi utilizado perfil U para os banzos superiores e inferiores e perfil cantoneira para as montantes e diagonais. As telhas consideradas são do tipo sanduíche trapezoidal.

Os cálculos e dimensionamento da estrutura metálica foi realizado utilizando o *software* para estruturas metálicas STRAP, cuja licença é de propriedade de uma empresa da iniciativa privada da região.

3.2 NORMAS UTILIZADAS

As seguintes normas foram utilizadas na elaboração do projeto estrutural:

- **ABNT NBR 8800/2008** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- **ABNT NBR 14762/2010** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfil formado a frio;
- **ABNT NBR 6123/1988** – Forças devidas ao vento em edificações;
- **ABNT NBR 6120/1980** – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- **ABNT NBR 8681/2003** – Ações e segurança nas estruturas;

3.3 PROGRAMAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

A seguir a lista de ferramentas e softwares utilizados neste trabalho:

- Strap – utilizado para o dimensionamento
- AutoCad – utilizado para a representação em desenho técnico
- Excel – utilizado para o dimensionamento
- Cálculo Manual – para o dimensionamento

3.4 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Foi utilizado aço do tipo ASTM-A36 f_y (resistência ao escoamento) = 250 Mpa; f_u (resistência a ruptura) = 400 Mpa para toda a edificação. Segundo Bellei (1998), este é o tipo de aço mais utilizado nas estruturas.

3.5 AÇÕES

As cargas devido ao peso próprio da estrutura foram calculadas pelo software Strap.

Considerou-se no cálculo o peso devido a telhas do tipo sanduiche trapezoidal. O valor utilizado foi de 12 kgf/m² (ABCCEM, 2009)

As lajes adotadas foram do tipo painel misto estruturado. A carga utilizada foi de 38 kgf/m². (ETERNIT, 2008).

Utilizou-se o peso específico da água para calcular o valor do peso da água no reservatório. O valor calculado foi de 510 kgf/m².

O valor utilizado para a carga devido ao piso cerâmico e contrapiso foi de 100 kgf/m² conforme NBR 6120 (ABNT, 2019).

Para as paredes, foi utilizado bloco de concreto celular autoclavado de 10cm de espessura e 1 cm de revestimento. Valor utilizado: 100 kgf/m², conforme NBR 6120 (ABNT, 2019).

Considerou-se uma sobrecarga de 25 kgf/m² sobre a cobertura. (ABNT, 2008)

Foram utilizados os seguintes parâmetros e equações para o cálculo da pressão dinâmica sobre a edificação, conforme NBR 6123 (ABNT, 1988)

- $V_0 = 48$ m/s (Velocidade básica do vento em Dourados, MS)
- $S_1 = 1$ (Fator topográfico para terreno fracamente acidentado)
- $S_2 = 0,94$ (Rugosidade do Terreno, Categoria II, Classe C, $z = 8,78$ m)
- $S_3 = 1,00$ (Edificação com alto fator de ocupação)

A velocidade característica (V_k) e a pressão dinâmica do vento (p_{din}) são calculadas por meio das seguintes equações:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3 \text{ (m/s)} \quad (1)$$

$$p_{din} = 0,0613 V_k^2 \text{ (kgf/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Deste modo, os valores encontrados foram:

- $V_k = 45,12$ m/s
- $p_{din} = 124,80$ kgf/m²

A seguir os coeficientes utilizados para o cálculo do Coeficiente de Pressão Externa (C_{pe})

- Maior dimensão em planta $a = 66,31$ m

Edifício em Estrutura Metálica Treliçada

- Menor dimensão em planta $b = 15,97$ m
- Altura $h = 8,78$ m (altura da edificação)
- Inclinação da cobertura $i = 10\%$
- $h/b = 0,55$
- $a/b = 4,15$

Tabela 1 - Pressão dinâmica nas paredes 0°

Coeficientes		Pressão Dinâmica - (kgf/m ²)
A1	-0,90	-112,3
A2	-0,40	-49,9
A3	-0,20	-25,0
B1	-0,90	-112,3
B2	-0,40	-49,9
B3	-0,20	-25,0
C	+0,70	+87,4
D	-0,30	-37,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Pressão dinâmica nas paredes 90°

Coeficientes		Pressão Dinâmica - (kgf/m ²)
A	+0,70	+87,4
B	-0,60	-74,9
C1	-0,90	-112,3
C2	-0,50	-62,4
D1	-0,90	-112,3
D2	-0,50	-62,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3 - Pressão dinâmica na cobertura 0°

Coeficientes		Pressão Dinâmica - (kgf/m ²)
E	-0,89	-111,1
G	-0,89	-111,1
F	-0,60	-74,9
H	-0,60	-74,9
I	-0,20	-25,0
J	-0,20	-25,0

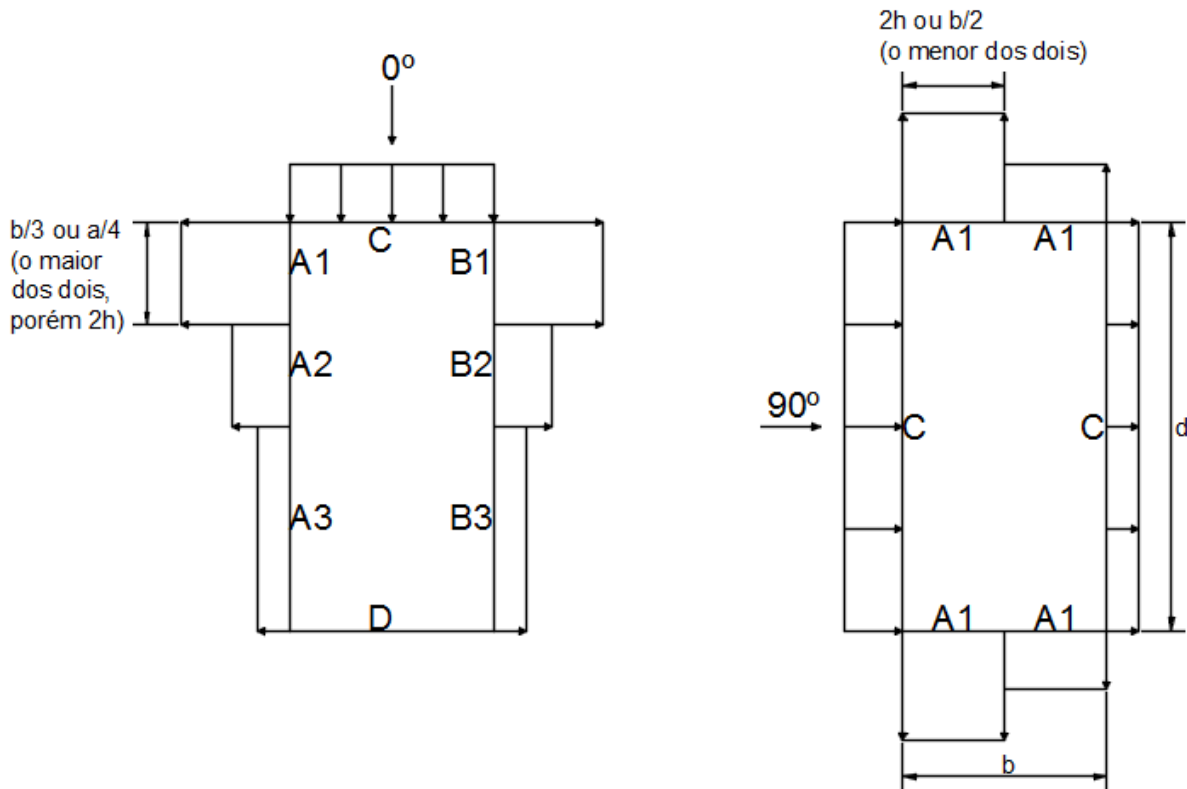
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Pressão dinâmica na cobertura 90°

Coeficientes		Pressão Dinâmica - (kgf/m ²)
E	-0,93	-116,1
G	-0,93	-116,1
I	-0,93	-116,1
F	-0,60	-74,9
H	-0,60	-74,9
J	-0,60	-74,9

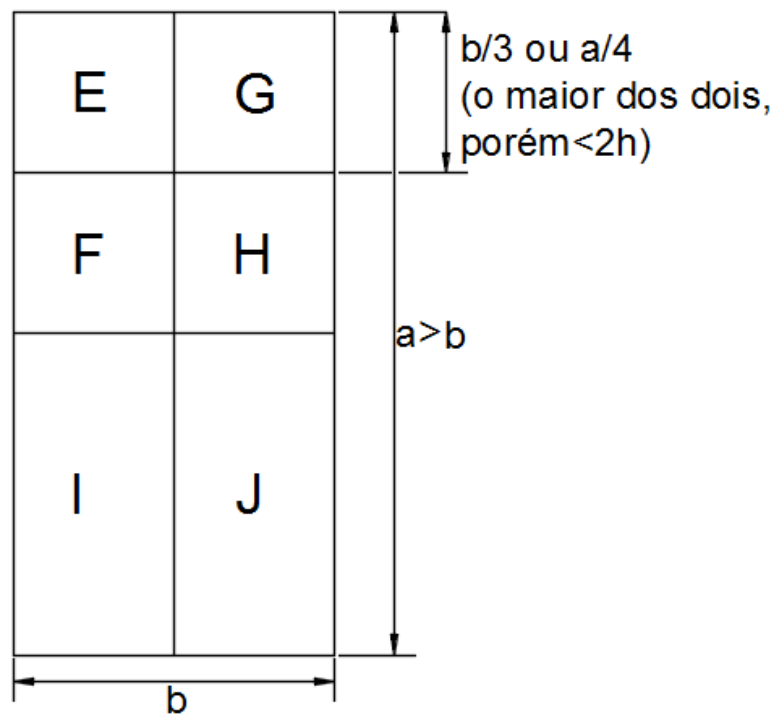
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1 - Coeficientes de pressão dinâmica nas paredes



Fonte: Adaptado da NBR 6123, (1988)

Figura 2 - Coeficientes de pressão dinâmica na cobertura



Fonte: Adaptado da NBR 6123, (1988)

3.5 QUANTIFICAÇÃO E ORÇAMENTO

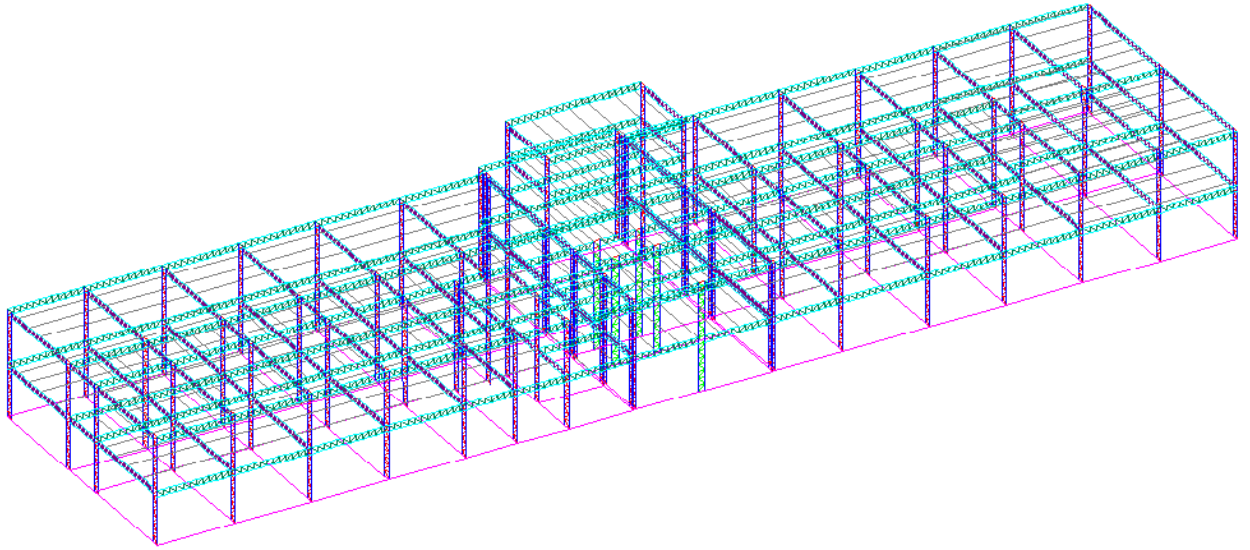
As informações referentes aos custos da estrutura executada em concreto armado foram obtidas junto a prefeitura universitária da UFGD. Entretanto, por tratar-se de valores referentes ao ano de 2011, foi necessário atualizar estes valores. Com base nas tabelas SINAPI da Caixa Econômica Federal, foi possível obter os valores de execução para o mês de outubro do ano de 2019.

Os valores referentes a estrutura de aço foram obtidos por meio de estimativa de custo fabricação, montagem e execução, realizada por uma metalúrgica da região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

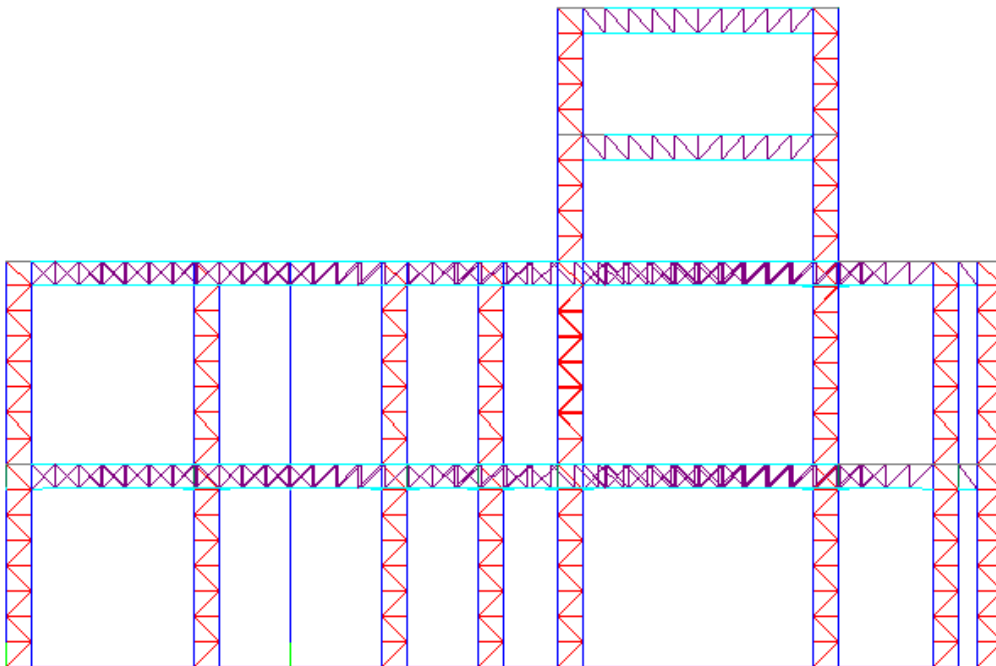
Após a realização do dimensionamento, obteve-se todas as informações necessárias para efetuar a análise comparativa. Verificou-se os materiais empregados para a estrutura em concreto e para a estrutura de aço de modo a identificar qual teria menor custo na estrutura, desconsiderando-se acabamentos executados posteriormente. As figuras 3 e 4 mostram uma vista isométrica e frontal do modelo estrutural gerado por meio do *software* Strap. A figura 5 apresenta uma renderização, igualmente, gerada pelo *software*.

Figura 3 – Vista isométrica da estrutura da edificação



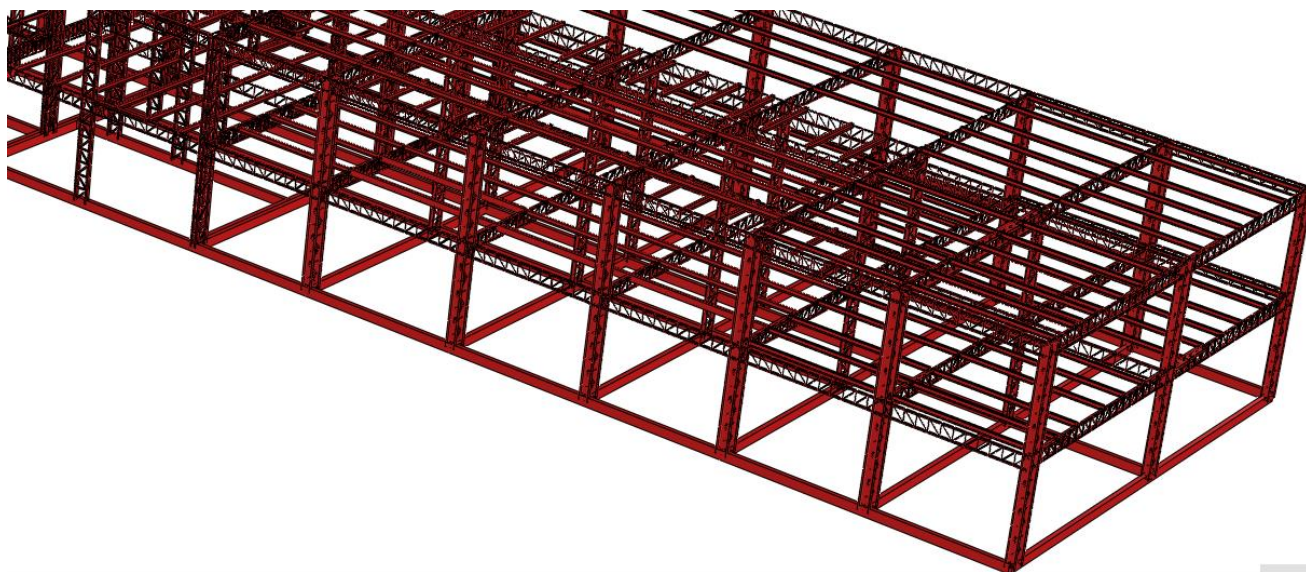
Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Strap, (2019)

Figura 4 – Vista frontal da estrutura da edificação



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Strap, (2019)

Figura 5 - Renderização gerada pelo software *Strap*



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software Strap* (2019)

Segundo Bellei (1998), o peso das edificações construídas em estrutura metálica (em kg/m^2), pode variar de 30 kg/m^2 , classificadas pelo autor como estruturas muito leves, até 400 kg/m^2 , classificadas como muito pesadas. A edificação dimensionada neste trabalho resultou em 32 kg/m^2 , portanto, é condizente com os valores encontrados na literatura.

O quadro a seguir mostra os valores obtidos de peso e custo de fabricação e instalação de todos os tipos de seções utilizadas no projeto.

Quadro 1 – Valores finais da estrutura em aço

Valores Finais da Estrutura em Aço				
Seção	Comprimento (m)	Peso (ton)	Sub-total (ton)	Valor (R\$)
U dobr. 150x50x3.00	338,08	1,912		14.122,03
U dobr. 150x53x3.75	142,80	1,024		7.121,86
U dobr. 150x55x4.75	54,40	0,496		3.746,70
U dobr. 150x58x6.30	115,60	1,402		10.548,64
U dobr. 250x85x3.00	13,60	0,131		956,29
U dobr. 250x88x6.30	13,60	0,273		1.985,39
U dobr. 300x100x3.00	102,00	1,177		8.553,75
U dobr. 300x103x3.75	27,20	0,395		2.783,41
U dobr. 300x108x6.30	129,20	3,165		22.914,95
U dobr. 350x100x3.00	6,80	0,086		623,91
U dobr. 350x108x6.30	142,04	3,830	13,892	21.554,02
2Uef# 150x50x17#2.00	1046,74	8,903		32.585,12
2Uef# 200x60x20#2.00	130,23	1,418		5.155,46
2Uef# 250x85x25#2.00	321,20	4,608		16.635,28
2Uef# 300x85x25#2.00	47,67	0,759		2.779,17
2Uef# 350x100x30#8.00	3,7	0,260	15,948	956,13
L dobr. 25X25X2.00	2341,18	1,717		12.876,02
L dobr. 35X35X4.75	1227,41	2,846		22.333,27
L dobr. 45X45X4.75	73,35	0,225		724,52
L dobr. 50X50X4.75	18,32	0,063		473,47
L dobr. 55X55X4.75	0,60	0,002		37,34
L dobr. 65X65X4.75	2,21	0,010		53,34
L dobr. 105X105X4.75	22,11	0,167	5,030	511,69
Serviço de Instalação				78.792,16
TOTAL Chapa dobrada			34,87	268.832,92

Fonte: Elaborado pelo autor

De posse dos valores dos insumos referentes a estrutura metálica trelaçada, é possível comparar com sua equivalente em concreto armado:

Quadro 2 – Valores finais da estrutura em concreto armado

Valores Finais da Estrutura em Concreto				
Insumo	Quantidade	Unidade	Peso (kg)	Preço(R\$)
Concreto Usinado	171,71	m ³	429.275	181.741,69
Armação em Aço	14.180	kg	14.180	149.175,70
Total:			443.455	330.917,39

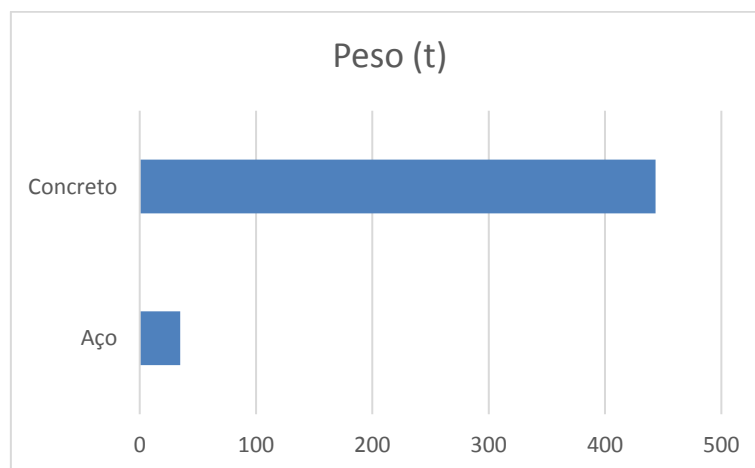
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nesses dados, a estrutura em aço apresentou enorme vantagem no quesito peso próprio. Conforme esperado, a estrutura metálica resultou em elementos mais leves. A estrutura metálica trelaçada é significativamente mais leve que sua contraparte em concreto armado na superestrutura como um todo.

No critério valor, a estrutura metálica trelaçada também apresentou vantagem em relação a sua equivalente em concreto armado. Conforme orçamento fornecido por uma metalúrgica da iniciativa privada da região, a estrutura em aço é 19% mais barata que a estrutura em concreto.

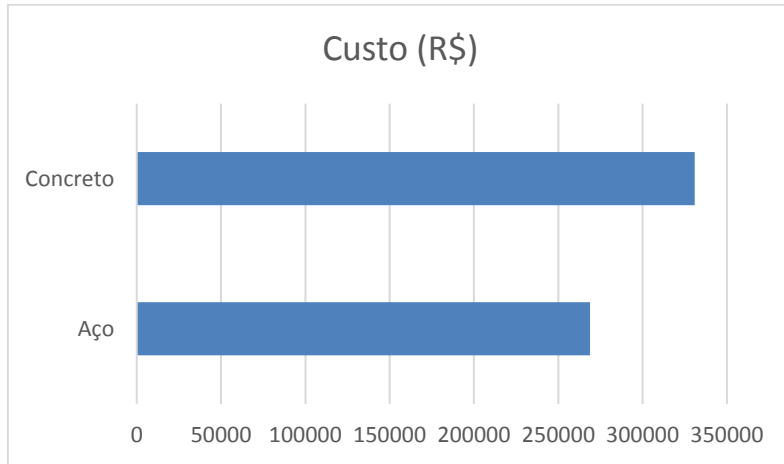
A partir dos números apresentados nas tabelas 1 e 2, foi possível construir os seguintes gráficos.

Figura 6 - Comparativos dos pesos entre estruturas de aço e concreto



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software *Excel*

Figura 7 - Comparativo dos custos entre estruturas de aço e concreto



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software *Excel*

5 CONCLUSÃO

Sem dúvida, os dois métodos construtivos estudados apresentam vantagens em quesitos diferentes que devem ser levados em conta no momento da escolha de qual tipo de material será utilizado.

Comparando-se o peso próprio dos dois tipos de estruturas, fica evidente que a estrutura em aço teve um melhor desempenho frente a estrutura em concreto armado. A estrutura em aço apresentou peso próprio 18 vezes menor que sua contraparte.

Com base na comparação de custo, a estrutura em aço também levou vantagem em relação ao concreto, tendo custado 19% a menos que a estrutura em aço.

Ao fim deste estudo, conclui-se que o cliente e o executor devem fazer um estudo detalhado elencando todas as vantagens e desvantagens dos dois métodos construtivos. Bem como avaliar qual tipo de estrutura se encaixa melhor em sua realidade, uma vez que cada técnica possui suas particularidades em relação a execução. Fatores como tempo de execução, disponibilidade de mão-de-obra e impacto ambiental também devem ser levados em conta ao se decidir qual método é mais vantajoso como um todo. Espera-se que este trabalho sirva como incentivo, para que, ao iniciar-se um projeto, avalie-se também materiais e técnicas alternativas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família por ter me apoiado e me ajudado a superar todas as dificuldades e desafios no decorrer deste curso.

Ao professor Domingos Jorge Ferreira, meu orientador neste trabalho, pela orientação indispensável e por todos os conhecimentos compartilhados.

Ao meu amigo José Emanuel da Silva Montiel pelo companheirismo e ajuda prestada durante a realização deste trabalho.

À Metalúrgica Dourados pela presteza ao disponibilizar as informações que eram necessárias para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos de turma. Juntos sempre superamos todas as dificuldades devido a laboriosa rotina de estudos deste curso.

Agradeço também aos meus colegas de república. Obrigado a vocês por terem tornado o caminho mais fácil e mais leve quando possível. Obrigado por terem dividido os prazeres da vida universitária e por terem feito desta um momento único de nossas vidas.

Por fim, a todos os familiares, colegas, amigos e professores que direta ou indiretamente contribuíram durante este período de minha formação. Sem eles nada disso seria possível.

REFERÊNCIAS

ABCEM. **MANUAL TÉCNICO DE TELHAS DE AÇO**. São Paulo: ABCEM, 2009. 36 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438: Blocos de concreto celular autoclavado**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfil formado a frio**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

BELLEI, Ildony H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. **Edifícios de Múltiplos Andares em Aço**. São Paulo: Pini, 2008.

BELLEI, ILDONY H. **EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS EM AÇO: Projeto e Cálculo**. 2. ed. rev. São Paulo: Pini, 1998. 483 p.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Segundo a NBR 6118:2014**. 4 Ed. São Carlos: edUFSCAR, 2014.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Cenário dos Fabricantes de Estrutura de Aço**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/biblioteca-digital/publicacoes-abcem>. Acesso em: 26 maio 2019.

CHAMBERLAIN, Zacarias; FICANHA, Ricardo; FABEANE, Ricardo. **Projeto e Cálculo de Estruturas de Aço**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ETERNIT. **CATÁLOGO TÉCNICO : PAINEL WALL**. São Paulo: ETERNIT, 2008. 32 p.

GERVÁSIO, H.. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. In: CONSTRUMETAL, 2008, São Paulo. **Anais...** Disponível em: http://www.construmetal.com.br/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf Acesso em: 10. Out. 2019.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas Metálicas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

Edifício em Estrutura Metálica Trelaçada

RIBEIRO, PRISCILLA IZABEL DOS SANTOS. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UM SISTEMA DE PISO EM AÇO COM LAJES SECAS**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.