

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE ESTRUTURAS DE COBERTURA PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO E METÁLICAS EM GALPÕES COMERCIAIS EM SINOP/MT

LUANDER DE OLIVEIRA CARLOS¹
RAFAEL GOULART DE ANDRADE SANTOS²

RESUMO: Realizar uma boa gestão de custos é extremamente essencial para se obter êxito e resultados satisfatórios ao final da obra. Neste sentido, este trabalho realizou um comparativo orçamentário de custos de materiais e mão de obra entre estrutura metálica e estrutura em concreto armado para cobertura de galpões na cidade de Sinop/MT. Portanto, como foi proposto, realizar um processo de cotação entre 3 empresas dos custos de cada método compondo os materiais e mão de obra necessários, permitindo saber qual a viabilidade da utilização de ambos os métodos, considerando o custo/benefício. Para projeto do galpão foram utilizados os softwares Eberick V4 e Tekla Structures, entretanto, a análise de custos e quantitativos se dará através de planilhas eletrônicas. Este estudo comparativo entre os dois sistemas construtivos deixa explícita a importância do estudo preliminar. Dessa forma, para esse caso o método economicamente viável foi o de estruturas metálicas, deixando evidente uma diferença significativa de valores.

Palavras-chave: Método construtivo; Comparação; Custo, benefício.

COMPARATIVE COST ANALYSIS BETWEEN PRE-MOLDED CONCRETE AND METALLIC COVERING STRUCTURES IN COMMERCIAL WAREHOUSES IN SINOP / MT

ABSTRACT: Performing a good cost management is extremely essential to obtain success and satisfactory results at the end of the work. As this is a case study, a budgetary comparison of materials and labor costs will be carried out between metallic structure and reinforced concrete structure for covering warehouses in the city of Sinop / MT. It is proposed, therefore, to carry out a quotation process between 3 companies on the costs of each method, composing the necessary materials and labor, allowing to know the feasibility of using both methods, considering the cost / benefit. The Eberick V4 and Tekla Structures software was used to design the warehouse, however, the cost and quantitative analysis will be done using Excel budget spreadsheets. This comparative study between the two construction systems makes explicit the importance of the preliminary study. Thus, for this case, the economically viable method was that of metal structures, making evident an expressive difference in values, this difference being explained in the results and discussion.

Keywords: Constructive method; Comparison; Cost benefit.

¹Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: luander.oliveira@hotmail.com;

²Professor Mestre, em matemática, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: rafaelgoulart12@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

No panorama atual, a demanda de grandes construções tem requerido novos métodos construtivos, que permitam maior rapidez e menor custo de execução. Nesse sentido, muitas edificações passam a ser executadas com métodos que possibilitem essas vantagens. Por outro lado, deve-se ressaltar que não é de forma simples que se escolhe um método construtivo para uma edificação, sendo necessária uma análise detalhada pelos engenheiros responsáveis.

Cardoso (2014) afirma que o sistema estrutural deve ser escolhido não só em função dos custos para execução, mas também levar em conta os benefícios de cada sistema. Fatores como peso próprio da estrutura, sustentabilidade, tempo de execução e interesses do cliente devem ser levados em conta para poder se levar em consideração qual sistema estrutural é mais eficiente.

Nessa toada, profissionais do ramo da construção civil têm cada vez mais se especializado em estruturas que possibilitam rapidez na execução. Estudos realizados pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), em 2015, dão conta que o uso de estruturas metálicas já atingiu 15% no setor de construção civil no país, com potencial para chegar a 20% nos próximos 5 anos. Isso evidencia que a cada dia o emprego de estruturas metálicas vem somando força no setor de edificações.

De acordo com Moura (2019), o concreto armado é a junção do concreto simples – agregado graúdo, agregado miúdo, cimento e água – com a armadura de aço. Essa junção de elementos melhora o desempenho das peças estruturais, tendo em vista que o concreto possui baixa resistência à tração. Assim, a mistura de aço e concreto se tornou uma das estruturas mais usadas na construção civil, por possibilitar suportar as cargas de maneira suficiente sem aumentos expressivos no custo da obra.

Alinhado com as qualidades do concreto, o concreto armado (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão*, ao fogo e à água) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão), permite construir elementos com as mais variadas formas e volumes, com relativa rapidez e facilidade, para os mais variados tipos de obra (BASTO, 2019).

Compreende-se por cobertura o grupo que é formado por: telhas; terçamento, tesouras, e toda estrutura que serve de apoio às telhas. Essas estruturas podem ser maciças, treliçadas entre outros modelos, porém, em todas elas, com o objetivo de manter o equilíbrio do conjunto, o contraventamento também se engloba no conjunto.

Conforme citado por Weirich (2012), telhado é a composição de cobertura e armação que se destina a proteger a edificação das intempéries, tais como chuva, vento e impedir a entrada de poeiras e ruídos.

Em especial a cobertura e sua estrutura são elementos de imensa importância para construção de barracões. Os barracões assumem um papel muito importante na região norte do estado de Mato Grosso, no qual se percebe uma grande demanda por esse modelo construtivo por causa do grande crescimento econômico e de empreendimentos agrícolas. Sendo assim, faz-se necessário uma escolha adequada de material para tipo específico de construção que se almeja.

Neste sentido, este trabalho fará uma análise comparativa entre orçamentos de estruturas metálica e estruturas de concreto pré-moldado, buscando o método mais apropriado para a demanda proposta de um galpão comercial na cidade de Sinop/MT. Esta análise será realizada por meio de comparação entre os métodos, em que se avaliará, por intermédio de cotações, o custo dos materiais, o tempo de fabricação e a montagem das estruturas no canteiro de obra.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estruturas de coberturas em galpões

De acordo com SCHULTE et al.(1978), a função básica dos galpões leves em duas águas é a de transmitir aos pilares, por meio das tesouras, as cargas resultantes do peso próprio e as provenientes da cobertura.

Torna-se importante, portanto, conhecer todas as tipologias dos galpões em pórtico e suas características, de forma a empregar sempre a concepção mais adequada e econômica para a obra. Observar também que, em alguns casos, uma nova concepção, mistura de duas outras, pode juntar características interessantes e melhorar ainda mais a solução para o galpão. Todas as tipologias podem ser de vão único, para pequenos vãos; grandes vãos livres sem colunas internas; vãos múltiplos, para grandes áreas cobertas ou quando o tipo de ocupação permite colunas intermediárias (PINHO, 2005).

Os galpões industriais são edifícios projetados adequadamente para a instalação de atividades do tipo industrial como: fábricas, oficinas, depósitos, etc. De grande importância é o estudo detalhado dos edifícios industriais, pois sua disposição estrutural e arquitetônica, plenamente funcional, é condição fundamental para a eficiência do trabalho a ser desenvolvido e para o êxito da produção (SANTOS, 1977).

2.2 Utilização de elementos pré-moldados em coberturas

Segundo a (ABNT, 2006), o elemento pré-moldado é aquele elemento moldado antes e fora do local no qual será definitivamente utilizado na estrutura e em instalações temporárias; e o elemento pré-fabricado é moldado industrialmente e em instalações fixas de empresa destinada para essa atividade, sob um rigoroso controle de qualidade.

Conforme PRATTI (2015), conjuntos de elementos podem ser pré-montados na indústria, planejadamente e de forma mecanizada, o que evita erros, e reduz tempo de construção no canteiro, reduzindo assim, tempo e custo total da obra;

O sistema construtivo de pré-fabricados de concreto armado não é novo, contudo, está sofrendo constantes inovações, com muitas pesquisas oriundas de instituições acadêmicas e empresas privadas. Com as suas vantagens e rápido retorno, esse método está se tornando cada vez mais fundamental na construção civil. (KLOSTER, 2019).

Consoante Soares (1998), os elementos pré-fabricados em concreto e o sistema estrutural de um pórtico com telhado em duas águas para galpões no Brasil, apresentam ótima funcionalidade e alta competitividade econômica.

As estruturas de concreto pré-moldado caracterizam-se por apresentar facilidade de execução e de controle de qualidade dos elementos pré-moldados. Por outro lado, a necessidade de realizar as ligações entre os elementos constitui um dos principais problemas a serem enfrentados no seu emprego (EL DEBS, 2017).

Os galpões ou edifícios industriais são construções em aço geralmente de um único pavimento, constituídos de sistemas estruturais compostos por pórticos regularmente espaçados, com cobertura superior apoiada em sistemas de terças e vigas ou tesouras e treliças, com grandes áreas cobertas e destinadas ao uso comercial (lojas, estacionamentos, centros de distribuição, entre outros), industrial, agrícola ou outras aplicações (CBCA,2010).

Existe uma combinação entre como projetar, calcular, fabricar, transportar e montar uma estrutura de aço, que fornece a solução mais econômica e mais eficiente, porém, deve ser estudada e integrada a todas essas fases do projeto, desde a concepção até a sua manutenção para atingir a vida útil esperada (CBCA, 2010).

Conforme PRATTI (2015), as estruturas metálicas no geral são mais leves, pois utilizam menos elementos e possuem maiores vãos, mesmo com massa específica alta em relação a outros materiais. Isso gera uma economia no custo das fundações.

2.3 Solicitações em função do vento em coberturas

Segundo Pfeil, Pfeil (2009), os elementos lineares alongados são denominados hastes ou barras, os quais apresentam dimensões transversais pequenas em relação ao comprimento, como tirantes, colunas ou escoras, vigas e eixos. Elementos bidimensionais, planos, como placas ou chapas constam de dimensões de espessura menores em relação à largura e ao comprimento, além disso são os principais elementos estruturais metálicos.

Bellei (2008), baseado na ABNT NBR 8800:2008, assevera que para o dimensionamento de estruturas de aço, os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS) devem ser considerados. Os ELU relacionam-se à segurança da estrutura, sujeita à combinação mais desfavorável durante a construção e vida útil da estrutura; os ELS relacionam-se ao desempenho da estrutura de acordo com as condições normais de utilização.

De acordo com a ABNT (NBR 6123:1988), as forças estáticas devidas ao vento são determinadas do seguinte modo:

a) A velocidade básica do vento, V_0 , adequada ao local onde a estrutura será construída é a velocidade de uma rajada de 3 s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano.

b) A velocidade básica do vento é multiplicada pelos fatores $S_1 S_2$ e S_3 , para ser obtida a velocidade característica do vento, V_k , para a parte da edificação em consideração conforme terreno plano ou fracamente acidentado: $s_1 = 1,0$ ou taludes e morros $V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$.

c) A velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela expressão: ($Q = 0,623 V_k^2$) sendo (unidades SI): q em N/m^2 e V_k em m/s .

Segundo MARTINS (1993), o conhecimento da direção predominante dos ventos e das velocidades médias que ocorrem num local fornece informações importantes para o posicionamento de quebra ventos, orientações na construção de estábulos, distribuição das diferentes culturas no campo e principalmente, no posicionamento e dimensionamento das torres para a utilização desta fonte de energia natural.

De acordo com a ABNT (NBR 6123:1988), como a força do vento depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo, os coeficientes de pressão são dados para superfícies externas e superfícies internas, além do dimensionamento de estruturas de cobertura em concreto armado

Consoante Queiros (2007), para desenvolver adequadamente o projeto estrutural, os projetistas devem conhecer o fluxo de tensões ao longo da estrutura quando submetida a ações, bem como compreender como as ligações interagem com os outros elementos dentro do sistema estrutural como um todo, pelo fato de uma das principais funções dos elementos e a transmissão de esforços entre eles.

O objetivo dessas três etapas (dimensionamento, verificação e detalhamento), que se desenvolvem logo após a análise estrutural, é garantir segurança, em relação aos estados ELU e de serviço ELS, das estruturas como um todo e de cada uma de suas partes (ABNT, 2003).

Toda essa complexidade que está por trás da análise de efeitos de segunda ordem deve-se ao fato de o concreto armado apresentar um comportamento em relação à sua constituição, chamado de não linearidade física, assim como, também por apresentar comportamento não linear em relação à sua geometria, denominado não-linearidade geométrica. Tais efeitos podem ser determinados por meio de uma análise na qual se considera a estrutura na sua configuração final de equilíbrio (PINTO, 1997).

2.4 Dimensionamento de estruturas de coberturas metálicas

A concepção estrutural pode levar em consideração diversos métodos e formas de modelagem. Os edifícios industriais costumam ser constituídos de sistemas estruturais compostos por pórticos regularmente espaçados, com o telhado apoiado em terças dispostas no sentido longitudinal, que por sua vez se apoiam em vigas ou treliças dispostas no sentido transversal (BELLEI, 2004).

Isso possibilita a construção de grandes áreas cobertas, podendo ser utilizadas como áreas industriais, agrícolas e comerciais, bem como para lojas, estacionamentos e centros de distribuição (CBCA, 2010).

Por serem leves e esbeltas, um dos carregamentos mais importantes a ser considerado em estruturas metálicas é a ação do vento, principalmente se não houver a ação de pontes rolantes (BELLEI, 2004). Bellei (2004) expõe que nesses casos, esses esforços de sucção que são gerados pelo vento possuem efeitos significativos, assim, a negligência ao se tratar de carregamentos pode colocar a estruturas sob risco de colapso.

CBCA (2017) comenta que a verificação dos critérios de resistência é o mais importante quando se trata de dimensionamento de estruturas. Por meio de um conjunto de critérios é garantida a capacidade que o elemento resiste. Dessa forma, ele salienta que o esforço solicitante aplicado à estrutura deve ser menor do que referida estrutura é capaz de resistir (CBCA, 2017).

2.5 Orçamento e levantamento de custos na construção civil

Orçamento e orçamentação não são sinônimos. Enquanto o orçamento é o produto, a orçamentação é o processo de determinação deste. Para que qualquer projeto apresente um resultado positivo, é necessária uma orçamentação eficiente. Assim, a orçamentação é uma das principais áreas no negócio da construção (MATTOS, 2006).

Conforme Tisaka (2011), o orçamento, ao ser elaborado, deverá conter todos os serviços a serem executados na obra, compreendendo o levantamento dos quantitativos físicos do projeto e da composição dos custos unitários de cada serviço, das leis sociais e encargos complementares, apresentados em planilha.

O Instituto de Engenharia (2011) caracteriza o planejamento como elaboração de condições para a execução dos serviços, como os métodos a serem utilizados, volume ou porte do serviço, prazos de execução, equipamentos necessários, jornada de trabalho e todos os fatores envolvidos para a realização do empreendimento.

O conhecimento dos serviços necessários à realização da obra dá ao engenheiro de custos condições de estabelecer a lista dos custos unitários que deverão ser compostos para a formação do orçamento. O levantamento das quantidades é efetuado a partir da análise do projeto, especificações técnicas e suas plantas construtivas (DIAS, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho realizou uma comparação de custo de material utilizado para a construção da cobertura de um galpão. O galpão tomado para estudo é de uso comercial e abrigará um centro logístico no setor industrial LIC, na cidade de Sinop/MT, esse barracão está situado em lugar estratégico visto que o bairro contempla apenas áreas industriais, facilitando a logística e o setor comercial da empresa.

É válido ressaltar que a composição do valor final de cada método construtivo será formada por intermédio de custos de materiais, mão de obra de fabricação, mão de obra de montagem e serviços de transportes, sendo cada um destes detalhados nos resultados.

A empresa em questão, já possuía os projetos sendo estes elaborados por um engenheiro civil que presta serviços à empresa contratada para execução da estrutura. Assim, houve a iniciativa de realizar uma comparação orçamentária, uma vez que a empresa tinha a possibilidade de apresentar ao cliente essas duas opções de métodos construtivos. Nos projetos as seguintes informações a respeito dos materiais que foram utilizados para análise.

- **Concreto armado**

- ✓ Concreto usinado Fck 40Mpa
- ✓ Armação de aço Ca-50/ 60 com taxa armadura de 80kg/m³
- ✓ Agregados miúdos e graúdos do concreto
- ✓ Viga tesoura pré-moldada seção T 30x60cm com beiral
- ✓ Terças pré-moldadas seção I 11x17cm
- ✓ Tirantes de 3/8 para Contraventamento

- **Metálica**

- ✓ Aço Carbono AS TM A36
- ✓ Perfil U 120x50#3,00mm para os banzos
- ✓ Perfil U 115x50#2,00mm para os montantes
- ✓ Ligações dos perfis por soldas
- ✓ Terças metálicas perfis cartola 20x75x40x75x20#2,65mm
- ✓ Tirantes de 3/8 para Contraventamento

Além disso, foi considerado o pé direto dos pilares do barracão de 7m de altura, sendo estes pré-moldados de concreto. A edificação totaliza uma área de 375 m² com suas dimensões de 15x25m, (Anexos 1, 2, 3 de 4), para ambos os métodos foi considerado a mesma tipologia de fundação, pilares e vigas (Figuras 2 e 3 em anexo). As telhas utilizadas foram trapezoidais Galvalume 0,50mm onda alta, para ambos os métodos. O layout adotado para as peças de ambos os métodos é apresentado nos anexos 1,2,3 e 4.

Para realização da comparação orçamentária, realizaram-se os quantitativos e cotação dos materiais necessários para execução da cobertura com estrutura pré-moldada de

concreto e estrutura metálica, ademais foram realizados três orçamentos em diferentes indústrias da região para definição dos valores conforme listado nas Tabelas 1, 2,3 e 4.

A quantificação dos perfis e telhas foi realizada pela quantidade extraída por modelagem dentro do software Tekla. Já para quantificação da estrutura de concreto foi utilizada uma planilha eletrônica para determinar a quantidade dos materiais utilizados por metro de peça pré-moldada. Para determinação da quantidade de aço utilizada foi relacionado o peso total por diâmetro de barra.

Para quantificação do tempo empregado para cada serviço foram levantados os dados de acordo com outras obras executadas pela empresa, conforme apresentado nas discussões e resultados posteriormente.

Após realizada a quantificação, foi feita uma cotação dos materiais utilizados em 3 empresas de Sinop e os dados foram comparados por meio de tabelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pré-moldado em concreto armado

4.1.1 Custo de Materiais

A empresa que irá executar a obra possui concreteira própria, assim o concreto é produzido dentro da própria fábrica. Todas as peças foram fabricadas com o concreto com resistência a compressão de $fck = 40\text{Mpa}$. Conforme dados fornecidos pela empresa o valor de fornecimento final deste produto é de R\$ 475,00 por metro cúbico.

Para levantamento dos custos do quilograma dos aços utilizados na estrutura foi realizada uma cotação em 3 empresas do ramo da construção civil, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cotação de preços de aço (kg), no município de Sinop

| Bitola | ArcelorMittal | Gerdau | Todimo |
|--------|---------------|----------|----------|
| 4.2 | R\$ 5,29 | R\$ 5,62 | R\$ 4,66 |
| 5.0 | R\$ 4,81 | R\$ 5,11 | R\$ 5,13 |
| 6.3 | R\$ 4,68 | R\$ 4,97 | R\$ 4,97 |
| 8.0 | R\$ 4,47 | R\$ 4,97 | R\$ 4,83 |
| 10.0 | R\$ 4,26 | R\$ 4,60 | R\$ 4,58 |
| 12.5 | R\$ 4,26 | R\$ 4,38 | R\$ 4,48 |
| 16.0 | R\$ 4,26 | R\$ 4,52 | R\$ 4,54 |
| 20.0 | R\$ 4,26 | R\$ 4,52 | R\$ 7,01 |
| 25.0 | R\$ 4,26 | R\$ 4,52 | R\$ 7,01 |

Fonte: Própria, 2020.

Realizada a cotação dos materiais no mês de março de 2020, foram listadas todas as quantidades necessárias de acordo com cada bitola de aço, ressaltando que essa quantificação

foi realizada com base no peso por metro linear de barra, da mesma forma foi considerada para cotação de acordo com as Tabelas 3 e 4.

Tabela 2 – Consumo de materiais para execução com estruturas pré-moldadas concreto

| ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA CONCRETO | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------------|---|---------------------|
| Item | Bitola | | | | | | Peso total (Kg) | Volume de concreto (m ³) FCK 40 | Quantidade TT (und) |
| | 5.0 | 6.3 | 8.0 | 10.0 | 16.0 | 20.0 | | | |
| Tesouras pré-moldada 30X60cm | - | 1170,0 | 4320,0 | 414,0 | 1011,6 | 3240,0 | 10155,6 | 8,1 | |
| Terças I 11X17 cm - pré-moldadas | 72,0 | - | | | | | 72,0 | 3,5 | |
| Ferro mec. 3/8`` - 12m | | | | | | | 69,8 | - | 7 |
| Telha Galvalume 0,50mm 1x7,9m | - | - | | | | - | | | 52 |
| Parafuso Alto brocante 3/4x1/4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1300 |

Fonte: Própria, 2020.

Conforme exposto na tabela, foram listados todos os materiais necessários para realização da fabricação das peças da estrutura de cobertura pré-moldado em concreto armado de acordo com o projeto.

Após a etapa de levantamento dos quantitativos, passamos para elaboração dos custos dos insumos de acordo com as respectivas quantidades listadas. Ressaltando que, para elaborar esses custos foram considerados os menores preços dentre as 03 empresas.

Tabela 3 – Custo dos insumos – Estrutura pré-moldada concreto

| Produto | Unidade | Quantidade | Valor Unitário | Valor total |
|----------------------|----------------|------------|----------------|---------------|
| Concreto | m ³ | 11,6 | R\$ 475,00 | R\$ 5.510,00 |
| Aço Ø 5,0mm | kg | 72,0 | R\$ 5,15 | R\$ 370,94 |
| Aço Ø 6,3mm | kg | 1170,0 | R\$ 5,00 | R\$ 5.847,66 |
| Aço Ø 8,0mm | kg | 3257,0 | R\$ 4,83 | R\$ 15.731,31 |
| Aço Ø 10,0mm | kg | 414,0 | R\$ 4,54 | R\$ 1.880,39 |
| Aço Ø 16,0mm | kg | 1011,6 | R\$ 4,38 | R\$ 4.430,81 |
| Aço Ø 20,0mm | kg | 1900,0 | R\$ 4,38 | R\$ 8.322,00 |
| Fio cp 175 RB 4 | kg | 18,0 | R\$ 7,59 | R\$ 136,62 |
| Fio cp 175 RB 6 | kg | 45,0 | R\$ 7,35 | R\$ 330,75 |
| Contravento | und | 7,0 | R\$ 20,10 | R\$ 140,70 |
| Telha galv. 0,50 | und | 52,0 | R\$ 57,13 | R\$ 2.970,76 |
| Parafusos 3/4x1/4 Ab | und | 1300,0 | R\$ 0,23 | R\$ 299,00 |
| TOTAL | | | | R\$ 45.970,94 |

Fonte: Própria, 2020.

4.1.2 Custo de mão de obra

Para a fabricação de todas as vigas tesouras e terças pré-moldadas que estavam definidas em projeto, serão necessários 12 dias de concretagem. A empresa possui uma carga horária de 46,5 horas semanais, então, teremos um total de 102 horas para fabricação das peças.

O salário de um pedreiro, com base no piso salarial do Sindicato das Indústrias da Construção do Estado de Mato Grosso (Sinduscon-MT) em 2018 era de R\$ 1.530,14, isso equivale a R\$ 6,95 por hora trabalhada. Em maio de 2019 foi anunciado o reajuste de 4,62%, resultando no salário de R\$ 1.600,83, sendo R\$7,27 por hora trabalhada.

Para composição do salário é feita uma soma simples, conforme mostra a fórmula abaixo:

$$\text{Salário} = \text{Pisosalarial} + \text{horas extras} + 40\% \text{ de insalubridade}$$

Devido à carga horária de trabalho da empresa em questão e a adição de insalubridade, conforme regulamenta a NR15, o salário médio do pedreiro, com 198 horas trabalhadas no mês, de acordo com o raciocínio abaixo, é de:

$$\text{Salário pedreiro} = \text{R\$ } 1.600,00 + \text{R\$ } 72,76 + \text{R\$ } 640,33$$

$$\text{Salário pedreiro} = \text{R\$ } 2.313,92$$

Dividindo o salário mensal pela quantidade de horas trabalhadas, encontramos o custo de um pedreiro por hora.

$$\text{Salário pedreiro/hora} = \text{R\$ } 2.313,92/198$$

$$\text{Salário pedreiro/hora} = \text{R\$ } 11,68$$

Seguindo o mesmo raciocínio para o servente, temos:

$$\text{Salário servente} = \text{R\$ } 1.191,10 + \text{R\$ } 54,14 + \text{R\$ } 476,44$$

$$\text{Salário servente} = \text{R\$ } 1.721,68$$

$$\text{Salário servente/hora} = \text{R\$ } 1.721,68/198$$

$$\text{Salário servente/hora} = \text{R\$ } 8,69$$

Considerando que são necessários 1 pedreiro e 2 serventes para a execução do serviço, e que foram utilizadas 88 horas para fabricação das peças, conforme mencionado acima, temos:

$$\text{Custo mão de obra concreto} = 102x [\text{R\$ } 11,68 + \{\text{R\$ } 8,69x2\}]$$

$$\text{Custo mão de obra concreto} = \text{R\$ } 2.955,96$$

Para armação da ferragem das peças paga-se o valor de acordo com a quantidade de aço que é dobrada e armada, pois, a equipe de armação é terceirizada. O valor unitário é de R\$ 0,97 por kg que foi armado e dobrado.

$$\text{Custo mão de obra aço} = 7.824,60 \times \text{R\$ } 0,97$$

$$\text{Custo mão de obra aço} = \text{R\$ } 7.589,86$$

4.1.3 Custo de transporte e montagem

As peças pré-moldadas foram fabricadas em uma fábrica fora do canteiro de obra, assim, é necessário o transporte até o local de instalação, o que nesse caso, com um caminhão munck grande, é o suficiente para transportar as peças.

Para realizar o transporte foram necessárias 02 (duas) viagens. O caminhão munck tem um custo de R\$ 5,00 por km rodado e R\$ 1.500,00 o valor da diária. A distância da fábrica até o canteiro de obra são 5,2 km, assim, multiplicando o km rodado e o valor da diária tem um custo total de transportes das peças.

Em relação à montagem, para auxiliar nessa etapa foi utilizado o caminhão munck, sendo que possui um custo de R\$ 1500,00 por diária trabalhada. Dessa forma, multiplicando os 3 dias pela carga horária diária de trabalho de empresa, temos que foram necessárias 27 horas para montagem.

$$\text{Custo transporte} = [(5,2 \times 4) \times 2] \times \text{R\$ } 5,00$$

$$\text{Custo de transporte} = \text{R\$ } 208,00$$

$$\text{Custo montagem} = [1500,00 \times 3] \text{ (Diária munck)}$$

$$\text{Custo montagem} = \text{R\$ } 4.500,00$$

Tabela 4 – Custo final – Estrutura concreto pré-moldado armado

| ITEM | VALOR |
|----------------------|----------------------|
| Materiais | R\$ 45.970,94 |
| Mão de obra concreto | R\$ 2.955,96 |
| Mão de obra ferragem | R\$ 7.589,86 |
| Transporte | R\$ 208,00 |
| Montagem | R\$ 4.500,00 |
| TOTAL | R\$ 61.224,76 |

Fonte: Própria, 2020.

Sendo assim, após a realização de cada etapa podemos chegar a um custo final para o método de estruturas pré-moldadas em concreto armado, esse valor compõe materiais e mão de obra conforme explicado acima.

4.2 Estrutura metálica

4.2.1 Custo de materiais

O custo dos materiais para fabricação da estrutura metálica foi feito de acordo com o consumo de cada item, utilizando o valor mais barato encontrado no mercado, conforme realizado para estrutura pré-moldada em concreto armado.

Diferente dos vergalhões, os aços utilizados nas estruturas metálicas foram considerados perfis de barras de 6000mm por ser o mais usual nas empresas que comercializam esses produtos na cidade. A seguir temos o quantitativo dos materiais necessários para execução da obra e os respectivos valores de cada item para formulação da cotação, conforme listados nas Tabelas 5, 6.

Tabela 5 – Cotação de preços de aço no município de Sinop

| Perfil | Açometal | Açofer | Centro aço |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| U 120x50#11 | R\$ 218,75 | R\$ 224,64 | R\$ 269,00 |
| U 115x50#11 | R\$ 216,49 | R\$ 219,24 | R\$ 250,00 |
| Cartola 20x75x40#12 | R\$ 158,51 | R\$ 193,66 | R\$ 240,00 |
| Contravento 3/8 | R\$ 28,54 | R\$ 26,61 | R\$ 29,00 |
| Telha TP 40 - 0,50mm | R\$ 57,13 | R\$ 62,64 | R\$ 64,87 |
| Parafuso 3/4x1/4 Ab | R\$ 0,23 | R\$ 0,26 | R\$ 0,26 |
| Disco corte 7"x1/6mm | R\$ 8,49 | R\$ 7,74 | R\$ 10,00 |
| Eletrodo 60-13 3,25mm 1kg | R\$ 25,86 | R\$ 16,00 | R\$ 20,00 |

Fonte: Própria, 2020.

Realizada a cotação dos materiais no mês de março de 2020, foram listadas todas as quantidades necessárias de acordo com cada produto, nessa cotação os valores apresentados na tabela são referentes ao unitário de cada produto.

Tabela 6 – Consumo de materiais para execução com estruturas metálica

| ESTRUTURA METÁLICA | | | | |
|-------------------------------|------------------------|------------|--------|--------------------|
| Item | Perfil | Compr. (m) | Barras | Observações |
| Tesouras | U 120X50#11 | 6m | 32 | Banzos |
| Tesouras | U 115X50#14 | 6m | 38 | Montantes |
| Terças | Cartola 20x75x40#12 | 6m | | Montantes |
| Contraventamento | Ferro mec. 3/8" | 12m | 7 | |
| Telha Galvalume 0,50mm 1x7,9m | Galvalume 0,50mm TP-40 | 1x7,90m | 52 | Cobertura |
| Parafuso fix. Telha | Alto brocante 3/4x1/4 | - | 1300 | Fixação das telhas |

Fonte: Própria, 2020.

Concluída a etapa de quantitativos e cotação dos materiais, prosseguimos com a elaboração do custo final de cada insumo de acordo com as quantidades listadas, compondo um valor total de materiais para fabricação das estruturas metálicas conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Custo dos insumos – Estrutura Metálica

| Produto | Unidade | Quantidade | Valor Unitário | Valor total |
|-----------------------|---------|------------|----------------|---------------|
| U 120X50#11 | und | 32 | R\$ 218,75 | R\$ 7.000,00 |
| U115x50#14 | und | 38,0 | R\$ 216,49 | R\$ 8.226,62 |
| Cartola 20x75x40#12 | und | 67,0 | R\$ 158,51 | R\$ 10.620,17 |
| Contravento | und | 7,0 | R\$ 26,61 | R\$ 186,27 |
| Telha galv. 0,50 | und | 52,0 | R\$ 57,13 | R\$ 2.970,76 |
| Parafusos 3/4x1/4 Ab | und | 1300,0 | R\$ 0,23 | R\$ 299,00 |
| Disco corte 7`x1/6mm | und | 50,0 | R\$ 7,74 | R\$ 387,00 |
| Eletrodo 60-13 3,25mm | kg | 40,0 | R\$ 16,00 | R\$ 640,00 |
| Tinta - Zarcão cinza | 18L | 3,0 | R\$ 205,49 | R\$ 616,47 |
| Thinner | 18L | 2,0 | R\$ 178,00 | R\$ 356,00 |
| TOTAL | | | | R\$ 31.302,29 |

Fonte: Própria, 2020.

4.2.2 Custo de mão de obra

O salário de um soldador, com base no piso salarial fornecido pelo site SALÁRIO, que utiliza dados dos sindicatos da construção para formar base de dados é de R\$ 1.555,40 e do ajudante segue o mesmo piso salarial citado acima.

Para a fabricação de todas as tesouras metálicas que estavam definidas em projeto, serão necessários 02 dias. A empresa possui uma carga horária de 44 horas semanais, então, teremos um total de 16 horas para fabricação das peças.

Dividindo o salário mensal pela quantidade de horas trabalhadas, encontramos o custo de um soldador por hora.

Seguindo o mesmo raciocínio que utilizamos na estrutura em concreto, temos:

$$\text{Salário} = \text{Pisosalarial} + 40\% \text{ de insalubridade}$$

$$\text{Salário soldador} = R\$ 1.555,40 + R\$ 622,16$$

$$\text{Salário soldador} = R\$ 2.177,56$$

$$\text{Salário soldador/hora} = R\$ 2.177,56/198$$

$$\text{Salário soldador/hora} = R\$ 10,99$$

Seguindo o mesmo raciocínio para o ajudante, temos:

$$\text{Salário ajudante} = R\$ 1.200,00 + R\$ 480,00$$

$$\text{Salário ajudante} = R\$ 1.680,00$$

$$\text{Salário ajudante/hora} = R\$ 1.680,00/198$$

$$\text{Salário ajudante/hora} = R\$ 8,48$$

Considerando que são necessários 1 soldador e 2 ajudantes para a execução do serviço, e que foram utilizadas 16 horas para fabricação das peças, conforme mencionado acima, temos:

$$\text{Custo mão de obra fabricação} = 24x [R\$ 10,99 + R\$ \{8,48x 2\}]$$

$$\text{Custo mão de obra fabricação} = \mathbf{R\$670,80}$$

4.2.3 Custo de transporte e montagem

Para realizar o transporte foi necessária 01 viagem. O caminhão munck tem um custo de R\$ 5,00 por km rodado e R\$ 1.500,00 o valor da diária. A distância da fábrica até o canteiro de obra são 6,2 km, assim, multiplicando o km rodado e os valores da diária têm um custo total de transportes das peças.

$$\text{Custo transporte e munck} = [(6,2 \times 2)] \times R\$ 5,00 + [1500,00 \times 4] \text{ (Diária munck)}$$

$$\text{Custo transporte e munck} = \mathbf{R\$6.062,00}$$

Em relação à montagem, para auxiliar nessa etapa foi utilizado o caminhão munck. A empresa em questão possui um custo de R\$ 260,00 por hora trabalhada de montagem. Multiplicando os 4 dias pela carga horária diária que de trabalho de empresa, temos que foram necessárias 32 horas para montagem da cobertura.

Nesse custo por hora de montagem, a empresa engloba alimentação, transporte e EPIs para os colaboradores e a margem de lucro.

$$\text{Custo montagem} = 260,00 \times 32$$

$$\text{Custo montagem} = \mathbf{8.320,00}$$

$$\text{Custo transporte e montagem} = \mathbf{R\$ 14.382,00}$$

Tabela 8 – Custo final – Estrutura metálica

| ITEM | VALOR |
|------------------------|----------------------|
| Materiais | R\$ 31.302,29 |
| Mão de obra fabricação | R\$ 670,80 |
| Transporte e munck | R\$ 6.062,00 |
| Montagem | R\$ 8.320,00 |
| TOTAL | R\$ 46.355,09 |

Fonte: Própria, 2020.

Na comparação desenvolvida, a utilização de estruturas metálicas mostrou ótimos resultados quando comparamos com a estrutura de pré-moldado em concreto armado. Conforme relatado por Alves (2018), no estudo de caso em que se realizou uma análise comparativa entre projeto de estruturas em aço carbono e estruturas de concreto armado do

Lucas Victor Alves Luiz, embora, a estrutura metálica ainda seja pouco utilizada em relação ao concreto armado, o aço vem mostrando uma excelente alternativa disponível no mercado.

Uma importante observação que pode ser vista quando comparamos os 02(dois) métodos construtivos foi que a estrutura em aço consegue vencer o vão proposto no projeto sem necessitar um aumento da sua seção, uma vez que na estrutura pré-moldada em concreto armado não se pode adotar a mesmas características devido à necessidade de aumento da seção, ou aumento da quantidade de aço. Sendo assim, essa é uma das explicações que evidencia a diferença de custos entre ambos.

No que se refere aos orçamentos elaborados para os 02 (dois) métodos, pode-se perceber que os custos da estrutura pré-moldada em concreto armado se mostraram muito elevados por seu tempo de fabricação e dos materiais utilizados, evidenciando as vantagens da estrutura metálica para este tipo de estrutura estudada.

De acordo com Neves (2019), em seu estudo comparativo do custo benefício de uma edificação entre estrutura de aço e concreto armado, é essencial a análise do tempo de execução, devido à espera que é necessária na estrutura de concreto como: tempo da cura, escoramento da estrutura, o que tem como consequência um tempo maior na execução, e gera maiores despesas, além de evidenciar, mais uma vez, a diferença de custos quando comparado a estruturas metálicas.

5. CONCLUSÃO

Com base no exposto acima concluímos que a realização da comparação orçamentária entre os dois métodos utilizados na cidade de Sinop/MT, expõe a importância de um estudo preliminar da edificação a ser executada, pelo fato de mostrar qual a opção viável e econômica, assim, evitando erros, perda de tempo e prejuízos financeiros.

Dessa forma, a análise comparativa entre os métodos construtivos resultou na escolha do método que apresentou celeridade da obra por se tratar de uma obra comercial, gerou uma economia na quantidade de mão de obra, tornando eficaz e expondo uma ausência no desperdício de matérias primas na fabricação e montagem da estrutura.

Assim, temos que para o caso de estrutura pré-moldado em concreto armado um custo final de R\$ 61.224,76, e o caso analisado em estrutura metálica temos um custo final de R\$ 46.355,09, no final teremos uma diferença quando comparados ambos os métodos de R\$ 14.889,67.

Portanto, para esse caso o método economicamente viável foi o de estruturas metálicas, evidenciando uma diferença expressiva de valores, sendo essa diferença explicada nos resultados e discussão.

Em outra ocasião fica sugestão a continuidade para trabalhos futuros, um estudo comparando desde a concepção do projeto, cálculos estruturais e execução da obra.

REFERÊNCIAS

Basto, Thiago Silva Costa de. Análise da confiabilidade de projeto de fundação por estaca escavada, a partir de metodologia sem empírica aplicado em caso real de obra. Delmiro Gouveia – AL, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/5320/1/An%20a%20lise%20da%20confiabilidade%20de%20projeto%20de%20funda%20a%207%20a%203o%20por%20estaca%20escavada%20a%20partir%20de%20metodologia%20semiemp%20adrica%20aplicada%20em%20caso%20real%20de%20obra.pdf>>. Acesso em abr./2020.

Bellei, Ildony Hélio. Bellei, Humberto N. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/luana/Downloads/Manual_Edificios-em-aco_web2.pdf>. Acesso em 20 jun/2020.

Cardoso Júnior, Sander David. **Sistema computacional para análise não linear de pilares de concreto armado**. 2014. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://docero.com.br/doc/n8v8xsn>>. Acesso em 29 jun/2020.

Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em 20 mar/2020.

Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em 20 mar/2020.

Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em 20 mar/2020.

Dias, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://paulorobertovileladias.com.br/wp/downloads/Engenharia%20de%20custos.pdf>>. Acesso em 02 Jul/2020.

Instituto de engenharia. **Norma técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**, [s.l.] 2011 Disponível em: <<http://www.sinaenco.com.br/downloads/norma.pdf>>. Acesso em 01 Jul/2020.

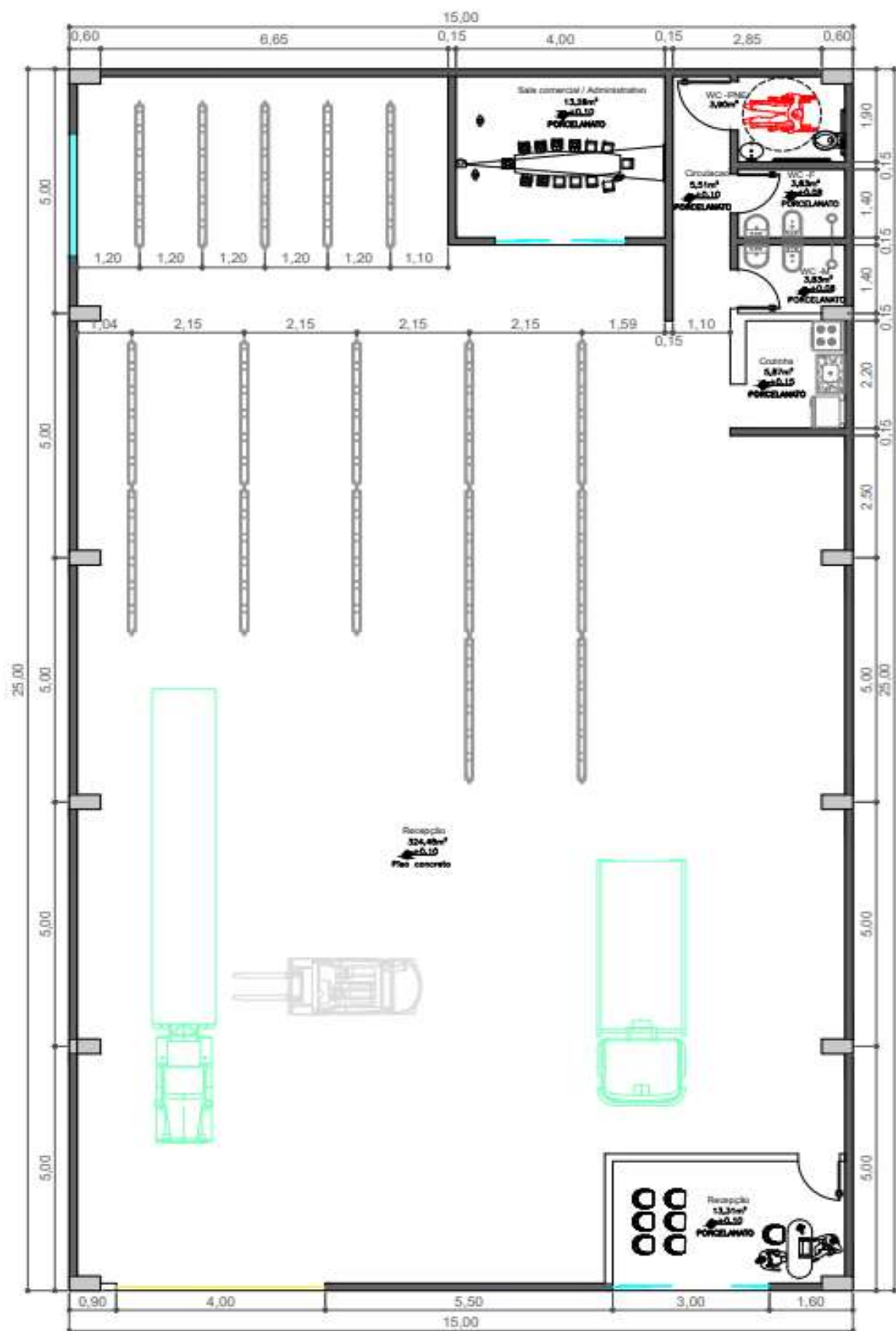
Mattos, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006. Disponível em: <<https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/08/como-preparar-orc3amentos-de-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>>.

Moura, Portela Rodrigo de. **Orçamento de uma habitação unifamiliar em alvenaria de bloco de concreto aparente**. Curitiba, 2019. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12840/1/CT_GEOB_XXV_2019_20.pdf>. Acesso em 17 mar/2020.

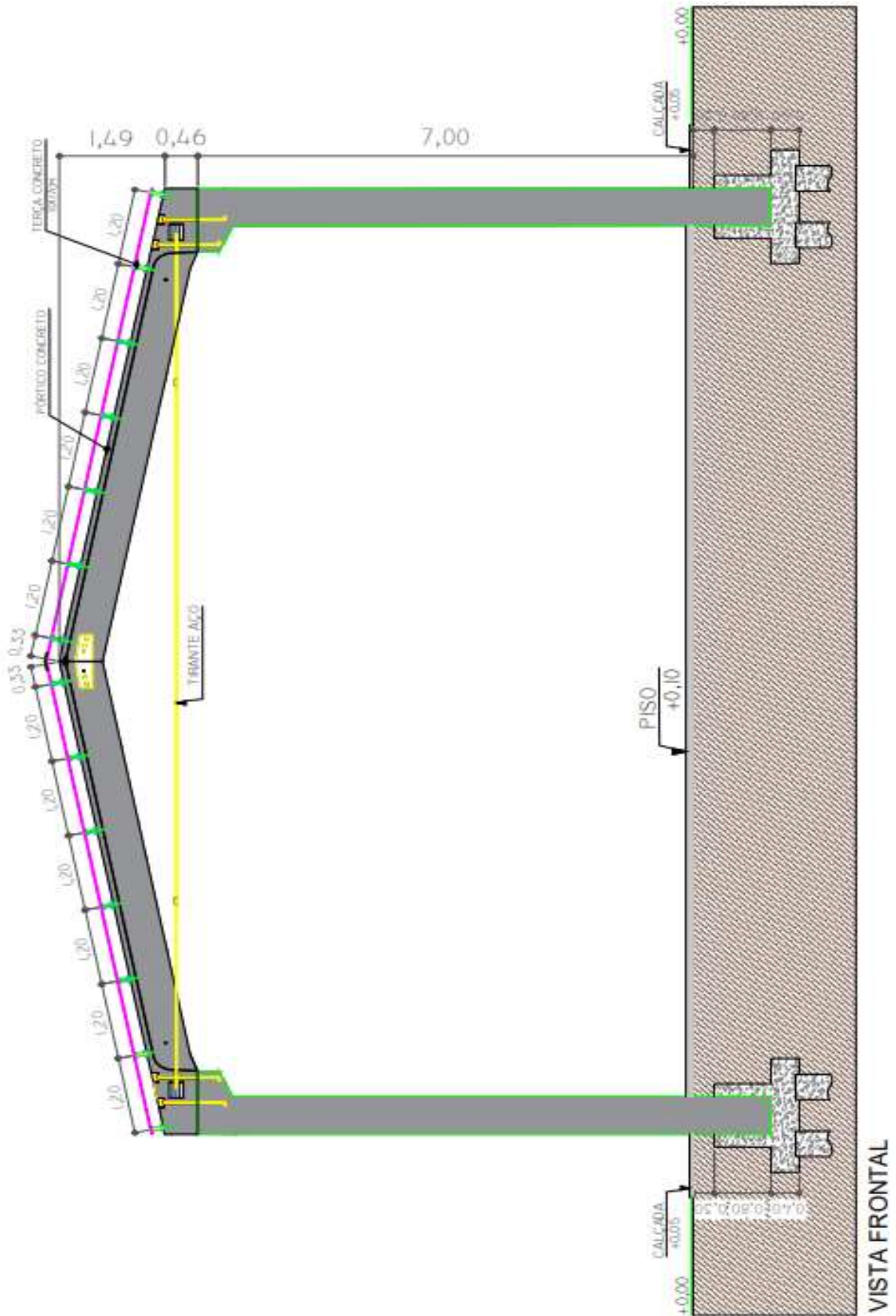
Tisaka, Maçahiko. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

Weirich, Patrick. **Análise comparativa do volume de madeira empregado em telhados convencionais e no sistema wood-frame**. Pato branco, 2012. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/444/1/PB_COECI_2012_1_05.pdf. Acesso em 20 mar/2020.

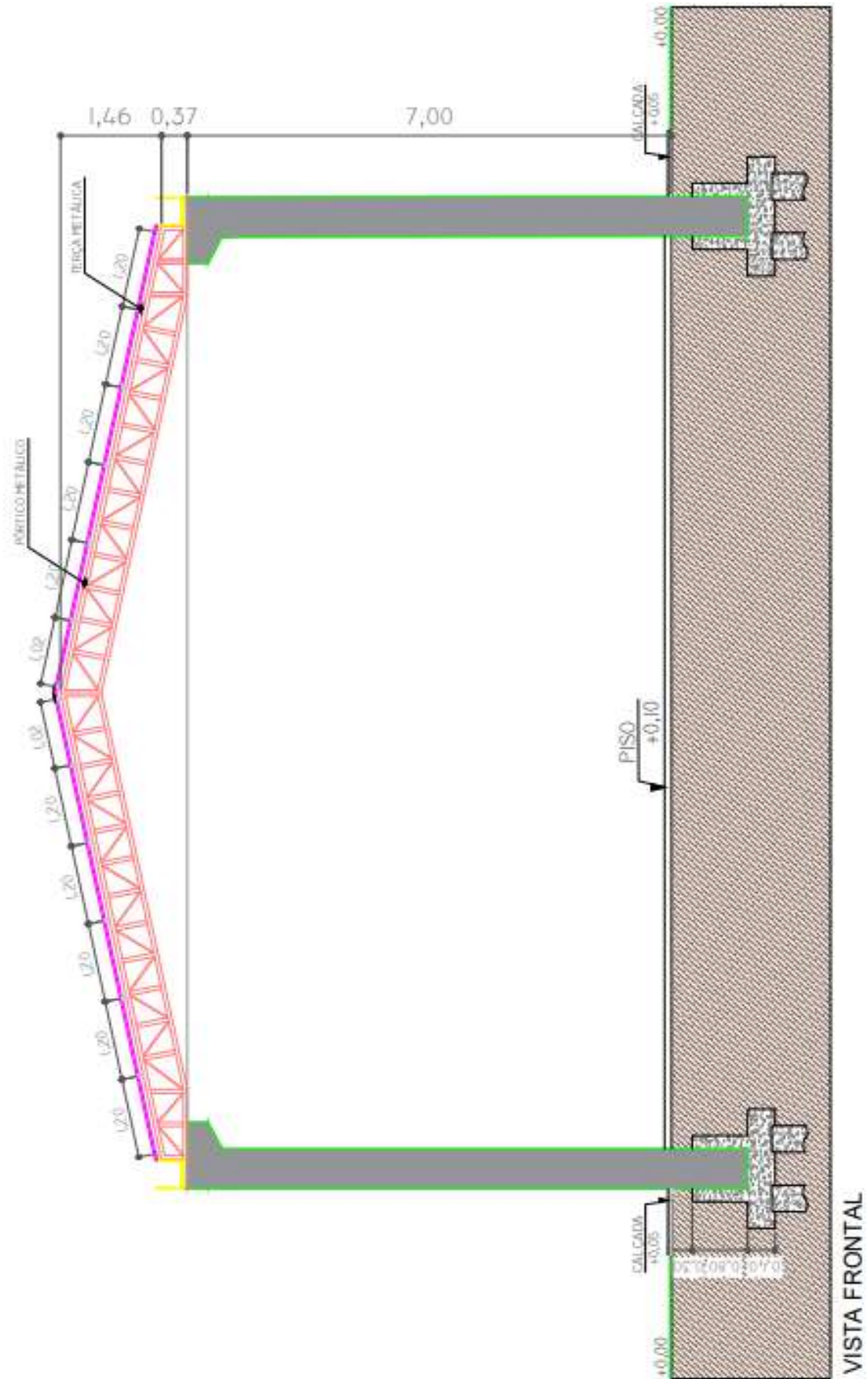
ANEXOS



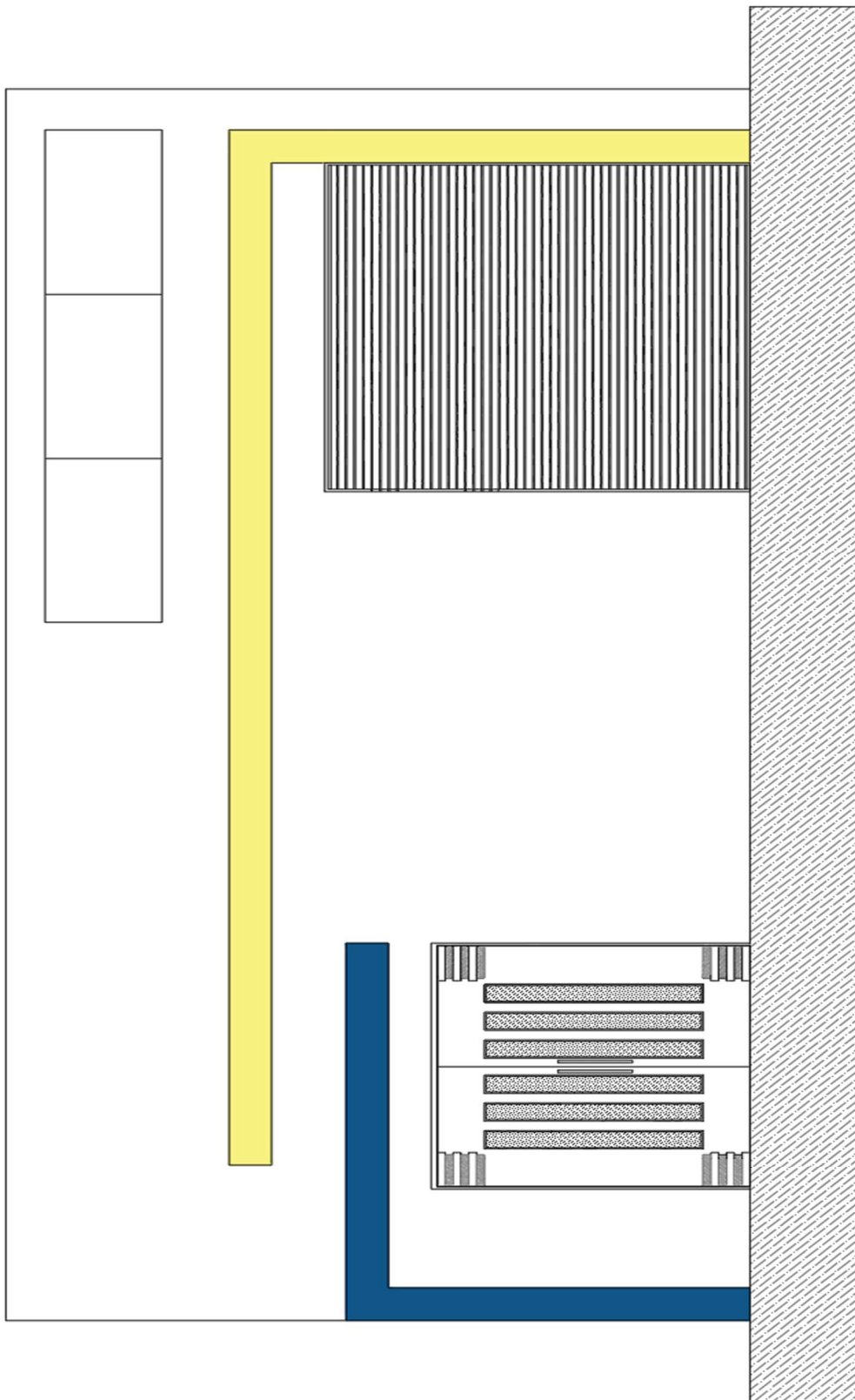
Planta layout Galpão



Estrutura de cobertura em concreto pré-moldada



Estrutura cobertura metálica – Pórtico com treliça de banzo paralelos (Bp)



Fachada do galpão comercial