

## **ESTUDO DE CUSTEIO E VIABILIDADE ENTRE OBRA METÁLICA NACIONAL E OBRA DE EXPORTAÇÃO**

**Autor 1 – Eduardo Bussolotto – Junho de 2024**

184039@upf.br

**Autor 2 – Professor Me. Guilherme Reschke do Nascimento**

guilhermenascimento@upf.br

**Comissão Examinadora – Dr. Marcio Walber, Dr. Fabio Goedel**

### **RESUMO**

Uma estrutura metálica é uma opção versátil e eficiente para a construção de edificações, pontes, galpões industriais e outras aplicações. Neste contexto, foi realizado um estudo comparativo entre os orçamentos de uma obra a ser montada no Brasil e em outros países da América do Sul, considerando o transporte de materiais e equipamentos, bem como a disponibilidade de profissionais qualificados, que podem influenciar na viabilidade do projeto. Sabe-se que em determinadas regiões terrestres, a presença de fatores naturais como corrosão e qualidade do solo, podem influenciar no custo e na seleção de materiais. Ao longo deste estudo, analisou-se detalhadamente os custos envolvidos na fabricação, transporte e montagem da estrutura metálica tanto em âmbito nacional quanto para exportação. A análise evidenciou que, enquanto os custos de fabricação permanecem constantes para ambos os destinos, os custos de transporte e montagem variam consideravelmente devido a fatores como regulamentações alfandegárias e seguro de carga. Palavras-chave: Estrutura metálica; Orçamento; Construção metálica; Projeto; Materiais.

### **1 INTRODUÇÃO**

A utilização de estruturas metálicas na construção civil tem sido uma prática amplamente adotada tanto no cenário nacional quanto internacional. A versatilidade, durabilidade e resistência dessas estruturas se tornam uma opção atraente para uma variedade de aplicações, desde edifícios comerciais até pontes e instalações industriais. No entanto, à medida que a globalização continua a moldar o mercado da construção surge a necessidade de avaliar cuidadosamente os custos e a viabilidade associados à produção de estruturas metálicas no âmbito nacional em comparação com projetos de exportação.

Segundo Teixeira Júnior (2012), a indústria de estruturas metálicas, vem apresentando um expressivo crescimento no Brasil nos últimos anos, sendo que sua utilização está intrinsecamente ligada ao setor de construção civil, com destaque para montagem e construção de pontes, viadutos, pórticos e galpões industriais.

Os dados indicam que, no Brasil, o setor de estruturas metálicas está fortemente vinculado com o mercado interno. A expansão das exportações, por sua vez, resulta principalmente da demanda das grandes construtoras brasileiras, que optam por seus fornecedores nacionais de estrutura metálica em suas operações internacionais (TEIXEIRA JÚNIOR et al., 2012).

O presente estudo se propõe a explorar o custeio e a viabilidade de empreendimentos envolvendo estruturas metálicas, considerando tanto a execução de obras em território nacional quanto em países da América Latina. Para isso, serão analisados diversos fatores, incluindo a

importância e a influência da mão de obra na construção dessas estruturas, os custos envolvidos na execução de projetos nacionais em comparação com projetos de exportação e os desafios relacionados ao custo de transporte e a localidade da obra em questão.

### **1.1 Justificativa e descrição do problema**

Com a globalização dos mercados, tornou-se crucial entender as implicações financeiras, ambientais e logísticas envolvidas na escolha entre realizar uma obra metálica no Brasil ou exportá-la para um país da América Latina. Essa análise proporcionará uma base sólida para as decisões estratégicas de investidores, empresas e autoridades regulatórias, promovendo uma alocação eficiente de recursos e o desenvolvimento sustentável da indústria, expandindo o mercado brasileiro de estruturas metálicas internacionalmente.

A falta de avaliação adequada dos custos, viabilidade, mão de obra e fatores ambientais em projetos de construção metálica que envolvem países latino-americanos diferentes do Brasil, pode resultar em sérios problemas e prejuízos financeiros. Portanto, é fundamental conduzir estudos abrangentes para tomar decisões informadas e minimizar riscos e custos extras.

### **1.2 Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo geral comparar viabilidade e custos entre construções feitas em estruturas metálicas executadas no Brasil e em países da América Latina, abordando execução de fabricação, transporte e mão de obra para montagem.

### **1.3 Objetivos específicos**

Para auxiliar o entendimento do objetivo geral, são dados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar barreiras logísticas e a mão de obra disponível para montagem da estrutura;
- Comparar normas dos países e regulamentações de cada nacionalidade;
- Avaliar a viabilidade financeira;
- Analisar custos de execução.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo, serão apresentados fundamentos e conceitos teóricos, que embasaram a pesquisa para realização do presente estudo, considerando tópicos fundamentais para se obter referências de pesquisa sobre estruturas metálicas, destacando principalmente, a importância da indústria de estrutura metálica brasileira, atuando em obras nacionais, mas também sua contribuição para com o mercado exterior na utilização desse tipo de obra.

### **2.1 Metalúrgicas brasileiras no mercado atual**

Segundo Santos (2012), o setor metalúrgico brasileiro contribui com boa parte do saldo da balança comercial, além dos altos índices de empregabilidade que esse setor oferece, ele tem um papel importante na economia brasileira pelo seu potencial expressivo de exportação, servindo de base para outras atividades econômicas, como a indústria automobilística, autopeças, construção civil, entre outras. Em meio a grande demanda do mercado nacional e internacional, as empresas metalúrgicas necessitam adotar estratégias de melhorias e inovação que direcionem a empresa para a busca de vantagens competitivas e que permita a sua sustentação no mercado.

Quanto à competição com outros métodos de construção, o mercado no Brasil de construção civil, é dominado pelo uso do concreto armado. O concreto é usado por pelo menos 98% das

construções brasileiras. Sendo assim, o concreto também pode ser pré-fabricado, conferindo aspectos arquitetônicos e estruturais semelhantes aos das estruturas metálicas (TEIXEIRA JÚNIOR et al., 2012).

Sabe-se que a estrutura metálica e sua grande utilização no Brasil, se deve a sua versatilidade, eficiência e principalmente por sua durabilidade, resistência e sua rapidez de produção e montagem.

Conforme Teixeira Júnior (2012), a indústria brasileira de estruturas metálicas vem ganhando importância no setor de construção civil do país, o que se deve à busca por ganhos de produtividade em menos tempo de realização, nos últimos anos. O cenário tem sido favorável, mas há também grandes desafios, onde destaca-se a pressão da concorrência estrangeira, disputando clientes com outros métodos mais enraizados na cultura construtiva do país, impondo um padrão de concorrência baseado em guerra de preços.

## **2.2 Contexto nacional e internacional**

A expansão da demanda atenuou por certo tempo as duras condições competitivas que a indústria de estruturas metálicas enfrenta, isso faz com que há uma ruptura na rigidez cultural dos clientes, que puderam avaliar as vantagens e desvantagens de seus produtos serem produzidos em indústrias de outros países. Por outro lado, a necessidade das construtoras passa pela busca por métodos mais industrializados que reduzam a mobilização de mão de obra (TEIXEIRA JÚNIOR et al., 2012).

Segundo Teixeira Júnior (2012), entre os desafios que construtoras e clientes vêm enfrentando, destaca-se a escassez da mão de obra qualificada no canteiro de obra e a falta de capacidade profissional, tanto de engenheiros de obra, quanto projetistas e técnicos de montagem. Desafios estes, que levaram a buscar por novas fontes de investimentos e de métodos mais viáveis para a fabricação e execução de suas obras. E é a partir dessas buscas de construtoras por melhores benefícios e facilidades, que as empresas brasileiras se destacam. Com essa expansão comercial, a visibilidade de empresas brasileiras chegou a outros países sul-americanos, atraindo a atenção de clientes, que antes, enraizados pela cultura de seu país, pudessem confiar a essas empresas brasileiras, a confecção e execução de novas obras, que ali serão instaladas.

## **2.3 Viabilidade e logística**

A seleção do mais eficiente sistema estrutural, compatível com o processo de fabricação, é essencial para se otimizar os custos. Economia na fabricação e montagem só é possível como resultado de conexões bem elaboradas durante a fase de detalhamento.

Além disso, a proteção contra a corrosão é outro fator crucial, podendo representar, em muitas situações, até 30% dos custos totais da estrutura. Caso o projeto e a elaboração de detalhes técnicos não sejam realizados pela mesma empresa fabricante, e esta última seja desconhecida, é fundamental incluir alternativas no projeto para a utilização de conexões soldadas ou com parafusos, ou até mesmo permitir que o detalhamento proponha soluções alternativas adequadas ao processo de fabricação (BELLEI, 2008).

Segundo Pinho (2008), os custos variáveis são função da produção da obra, ou seja, se no mês foi produzido mais, gastam-se os insumos proporcionalmente e os custos fixos são independentes da quantidade produzida, ou seja, refere-se aos custos de manutenção do canteiro de obra, em compensação se ocorrer uma diminuição no tempo da obra, os custos fixos diminuirão proporcionalmente.

Em geral, os custos de uma estrutura metálica, podem ser apresentados da seguinte forma, segundo a Tabela 1.

Tabela 1 - Custos de uma estrutura metálica

Projeto estrutural	1% a 3%
Detalhamento	2% a 6%
Material e insumos	20% a 50%
Fabricação	20% a 40%
Limpeza e pintura	10% a 25%
Transporte	1% a 3%
Montagem	20% a 35%

*Fonte: Adaptado de Bellei (1998).*

Dois fatores são importantes de se considerar, que procedem a construção de qualquer tipo de obra, em estrutura metálica: arquitetura e projeto estrutural.

### **2.3.1 Projeto estrutural**

Nesse estágio, ocorre a elaboração abrangente do projeto, abordando detalhes como materiais de acabamento, dimensões, características de ventilação, iluminação, forma e outros aspectos. Uma arquitetura projetada especificamente para a utilização do aço aproveita as vantagens desse material, como sua notável resistência e as seções menores, tornando-o mais competitivo em comparação com outras opções (BELLEI, 2008).

A etapa de desenvolvimento estrutural é fundamental para dar forma ao projeto arquitetônico, envolvendo o cálculo dos elementos de sustentação, a determinação das principais conexões, a escolha dos tipos de aço, a avaliação das cargas sobre as fundações e a decisão sobre a técnica de união, seja soldada ou parafusada, entre outros aspectos cruciais. Este estágio é de extrema importância, uma vez que um projeto inadequado pode acarretar significativos prejuízos econômicos tanto para o fabricante quanto para o construtor (BELLEI, 1998).

### **2.3.2 Detalhamento**

Nesta fase, o projeto estrutural é minuciosamente elaborado, considerando cada componente individualmente, com o objetivo de estar em conformidade com o cronograma de produção e montagem, aderindo às diretrizes do projeto e procurando otimizar o agrupamento de peças sempre que possível. Dado que as fábricas apresentam particularidades diversas, tanto em relação aos tipos de equipamentos quanto ao porte, cada fabricante adota um método de detalhamento que melhor se adapta às suas necessidades específicas (BELLEI, 1998).

### **2.3.3 Fabricação**

Neste estágio, as várias componentes que compõem a estrutura são produzidas, seguindo as diretrizes do projeto em relação à soldagem, uso de parafusos, tolerâncias, controle de qualidade, entre outros aspectos. Cada fabricante possui seu próprio processo de fabricação, adaptado às suas especificidades. Após a conclusão da fabricação, as peças são preparadas para receber tratamento anticorrosivo. Após efetuada a devida limpeza, a estrutura pode ser pintada, galvanizada (especialmente em casos de obras destinadas à exportação localizadas em regiões litorâneas), ou mantidas no estado natural, dependendo do material utilizado (como o ASTM-A588 ou equivalente) e das condições locais (BELLEI, 1998).

### 2.3.4 Entrega da estrutura

Desde as primeiras etapas do projeto e detalhamento, é fundamental definir as dimensões das peças, com o objetivo de minimizar, na medida do possível, a necessidade de transporte especial, que tende a encarecer a estrutura. No local da obra, as peças são progressivamente unidas para formar a estrutura final, demandando um planejamento cuidadoso que inclui a especificação dos equipamentos a serem utilizados, as ferramentas necessárias e a sequência de montagem. Essa fase é o ápice de todo o empreendimento, pois é nesse momento que se verifica se o projeto foi bem-sucedido ou não. Uma vez que a obra esteja finalizada, é necessário estabelecer um plano de inspeção, o qual deve ser adaptado as características do local e ao propósito da estrutura. Um requisito de serviço crucial consiste na avaliação da vida útil da estrutura, considerando também os desafios relacionados a corrosão decorrente das condições atmosféricas, níveis de umidade e outros fatores ambientais. Ao elaborar seus projetos, o engenheiro deve adotar soluções que minimizem o acúmulo de água e sujeira, com o intuito de prevenir problemas de corrosão (BELLEI, 1998).

### 2.3.5 Aço para construção

É notável o expressivo aumento registrado no primeiro semestre de 2021, o qual, associado ao crescimento na taxa de câmbio do dólar, exerce um impacto substancial nos valores dos orçamentos de obras. Essa variação ocorreu principalmente devido ao aumento significativo no custo do aço, o qual está diretamente relacionado ao aquecimento do setor de construção civil em nosso país. Além disso, vale ressaltar que nos últimos meses tem havido um aumento na produção nacional de aço, acompanhando pelo crescimento do consumo interno desse material, o que, por sua vez, tem gerado uma contínua elevação do preço do insumo.

Na Tabela 2 a seguir, pode-se ter uma ideia da variação de custos por aço e por produto em relação a sua resistência, tendo como base o A36, tomando-se como custos dos aços, os valores médios que as usinas cobram. Sendo assim, um perfil A572, que apresenta uma resistência 38% maior do que o A36, tem seu custo elevado em apenas 23%.

Tabela 2 - Comparação dos custos dos aços por produtos

Produto	Tipo de aço	Fy tf/cm <sup>2</sup>	Relação de custos		Relação de resistências	
			Chapas	Perfis		
Perfis, chapas grossas e barras	ASTM A36	2,50	1,00	1,00	1,00	
	ASTM A572 - G50	3,45	1,23	1,27	1,38	
	ASTM A588	3,45	1,23	1,34	1,38	
	COS-AR-COR-400	2,50	1,16	—	1,00	
	USI-SAC-41	2,50	1,16	—	1,00	
Chapas finas	ASTM A570-G33	2,30	1,00	—	0,92	
	ASTM A570-G40	2,80	1,00	—	1,12	
Tubos	ASTM A500-GA	2,32	—	1,90	—	
	ASTM A106-GB	2,90	—	2,40	—	
Perfis de chapa dobrada	SAE 1020	2,40	—	1,70	0,96	
	ASTM A36	2,50	—	—	—	
Perfis soldados	ASTM A36	2,50	—	leves	1,34 a 1,56	1,00
				pesados	1,15 a 1,26	

Fonte: Adaptado de Bellei (1998).

Segundo Bellei (1998), o aço é predominantemente composto por ferro, constituindo cerca de 98% de sua composição. O Carbono é o elemento que exerce a maior influência sobre as propriedades do aço. Essas propriedades são claramente definidas, sendo caracterizadas por sua alta resistência mecânica e ductilidade. Os aços empregados em construções podem ser caracterizados em dois grupos principais: aços carbono, que são os tipos mais usuais, em estruturas utiliza-se aços com teor de carbono equivalente máximo de 0,45% para se permitir uma boa soldabilidade, sendo eles: o ASTM A36 e A570, e os ABNT NBR 7007, 6648; e os aços de baixa liga, que são os aços carbonos acrescidos de elementos de liga em pequena quantidade, que provocam um aumento de resistência do aço, através da modificação da microestrutura para grãos finos, com um teor de carbono da ordem de 0,20%, permitindo assim, uma boa soldabilidade. Entre eles, os mais usuais são: o ASTM A572, A441, e os ABNT NBR 7007 e 5000.

## 2.4 Transporte

Conforme Bellei (1998), A estrutura metálica utiliza todos os meios de transporte: rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial e aéreo, onde os dois primeiros se sobressaem. As cargas devem ser posicionadas no veículo de maneira a evitar danos durante o transporte. Para esse fim, são empregados calços de madeira ou materiais semelhantes como espaçadores entre as peças, servindo também como suportes para garantir uma distribuição uniforme de peso sobre a superfície do veículo.

Quando se considera o custo de um projeto na construção civil, é crucial ressaltar a influência da variação cambial do dólar e do preço do óleo diesel, uma vez que ambos impactam significativamente os custos da maioria dos insumos empregados nesse setor. A flutuação no preço do óleo diesel demonstra uma tendência frequente de elevação, exercendo uma influência direta sobre os custos de frete. Essa dinâmica, por sua vez, repercute na escalada dos preços de outros insumos (BELLEI, 1998).

Pode-se considerar as seguintes vantagens e desvantagens, sobre os meios de transporte, conforme será apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens quanto aos meios de transporte

<b>Meios de transporte</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Rodoviário	Porta a porta Pouco manuseio de carga Avaria praticamente nula Seguro por conta do transportador Regularidade-continuidade Rapidez no transporte	Percursos limitados Oscilações da oferta de veículos por parte dos carreteiros
Ferroviário	Grande capacidade de carga Fretes mais atraentes	Viagens mais demoradas Difícil controle
Marítimo e fluvial	Porto a porto Grande capacidade de carga Fretes mais baratos	Muito manuseio de carga Grandes avarias Saídas e chegadas irregulares
Aéreo	Maior rapidez Avarias praticamente nulas Regularidade de transporte	Fretes mais elevados Capacidade de carga limitada Número de aviões reduzido para transporte Atendimento setorial prejudicado

Fonte: Adaptado de Bellei (1998).

O orçamento de uma obra, tanto nacional quanto de exportação, sempre apresenta uma natureza aproximada, já que é construído com base em previsões. Mesmo que todas as variáveis sejam minuciosamente consideradas, ainda há uma parcela de estimativa envolvida. Portanto, é importante destacar que a precisão é mais relevante do que a exatidão no orçamento.

#### 2.4.1 Gabaritos rodoviários

Para o transporte rodoviário são consideradas normais as seguintes dimensões, conforme a Tabela 4 e representado pela Figura 1.

Tabela 4 - Gabaritos rodoviários

Largura máxima	2,60 m
Altura máxima	4,4 m (a partir do solo)
Comprimento da carga	12,00 m + 10%
Comprimento total veículo simples	13,20 m
Comprimento total veículo articulado	18,15 m
Comprimento total veículo com reboque	19,80 m

(Fonte: Adaptado de Bellei, 1998)

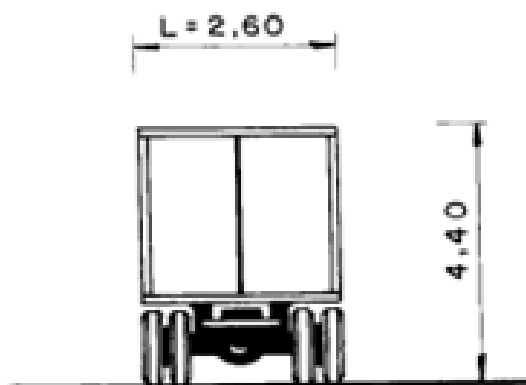


Figura 1 - Gabaritos carreta

(Fonte: Bellei, 1998)

Os limites quanto ao peso transportado, dependem de cada tipo de veículo. Os veículos mais comuns utilizados para esse tipo de carga, está ilustrado na Figura 2.

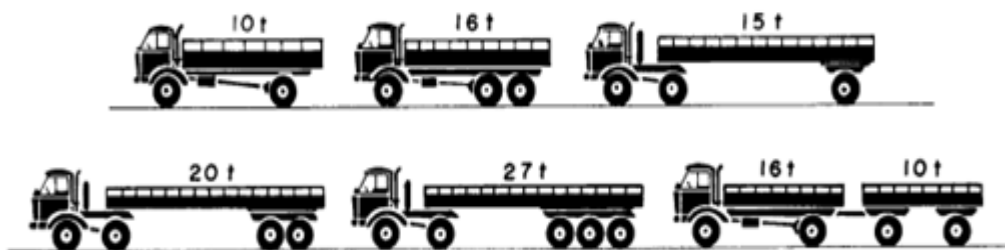


Figura 2 - Limitações de peso por veículo

(Fonte: Bellei, 1998)

Quando as dimensões ou as cargas excedem as indicadas, os transportes passam a ser considerados especiais e dependem da prévia autorização do DAER para serem utilizados.

Quando se trata de transportar uma estrutura metálica dentro do Brasil, é possível que haja obrigações fiscais, como o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), dependendo do tipo de estrutura, seu destino e a legislação estadual vigente. Para exportações, é comum que haja benefícios fiscais, isenções ou regimes especiais que reduzem a carga tributária, mas isso pode variar de acordo com o país de destino e os acordos comerciais. No transporte internacional, deve-se cumprir regulamentações aduaneiras específicas do país de destino, preenchendo documentos como a fatura comercial, a declaração alfandegária e outros documentos exigidos. Esses processos podem ser complexos e demorados, dependendo do país e do tipo de estrutura exportada.

O transporte internacional geralmente acarreta custos operacionais mais elevados devido a distâncias maiores, custos portuários, tarifas de frete internacional e despesas alfandegárias. Porém, como mencionado anteriormente, as isenções fiscais ou os benefícios fiscais podem compensar parte desses custos, porém como mencionado anteriormente, as isenções ou benefícios fiscais podem compensar parte desses custos. Muitas vezes, ao comparar um destino brasileiro com um destino com a mesma distância em um país sul-americano, por exemplo, esses custos podem resultar no mesmo valor final.

As exportações geralmente têm prazos mais longos devido as etapas adicionais envolvidas. Atrasos imprevistos podem ocorrer, afetando a entrega, por isso, o seguro de carga é essencial, o qual pode ser mais caro em operações internacionais para garantir a proteção adequada contra riscos durante o transporte.

## 2.5 Montagem

É o ato de unir as peças conforme especificado nos desenhos de projeto, sendo crucial para aliviar a qualidade do projeto. Um planejamento sólido é essencial, pois a estrutura pode sofrer danos devido a montagem inadequada ou a um projeto mal concebido. As montagens de estruturas metálicas destacam-se pela rapidez, precisão, adaptabilidade e confiabilidade (BELLEI, 1998).

Para qualquer obra existem vários fatores que podem interferir na escolha do processo de montagem. Muitas vezes esta escolha fica limitada em face das dificuldades de montagem ou por seu alto custo, impondo condições que determinam ou influem na elaboração do projeto. Deve-se considerar também, os equipamentos que devem ser utilizados, o acesso à obra, as condições topográficas locais e o prazo. Para se conseguir as soluções mais viáveis e econômicas. O início da montagem está relacionado ao término das fundações e, em alguns casos, a locação dos chumbadores. (BELLEI, 1998, p. 325).



É necessária uma verificação da estabilidade lateral das armações e das vigas, quando estas forem içadas pelo centro, pelas extremidades, ou por outros pontos, conforme mostra a Figura 3.

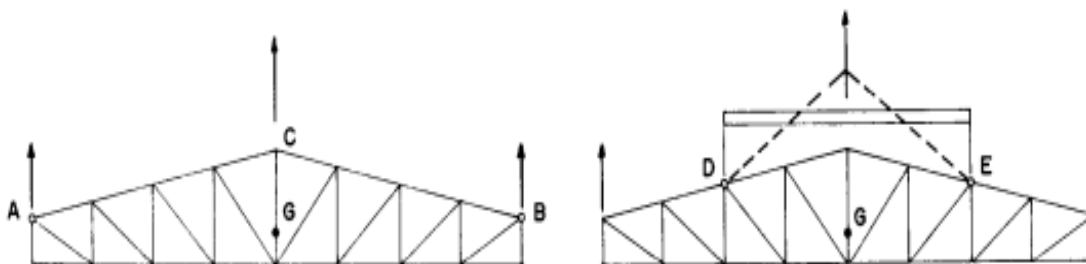


Figura 3 - Pontos de içamento da estrutura

(Fonte: Bellei 1998)

Se houver algum tipo de instabilidade lateral, devem ser tomadas decisões quanto a necessidade de reforçar os membros, adicionar algumas escoras ou travamentos provisórios, ou cabos de aço para estabilizar a estrutura. Sendo assim, o encarregado pela realização da obra deve garantir com total segurança que os suportes temporários não estejam expostos a possíveis impactos de veículos ou equipamentos que possam ocasionalmente passar pela zona de montagem. Isso poderia resultar em situações indesejáveis, inclusive no colapso da própria estrutura, com potenciais riscos à segurança dos trabalhadores (BELLEI, 1998).

Segundo Bellei (1998), o engenheiro responsável pela montagem da obra tem a responsabilidade de definir o sistema de montagem mais viável e econômico, dentro dos limites de segurança e do tempo disponível. Para isso, pode-se contar com alguns tipos de máquinas, cuja capacidade e manuseio, facilitem o trabalho.

Toda essa logística e contratação de máquinas sofisticadas, encarecem o custo final de montagem, que será pago pela empresa responsável da estrutura, ou pela empresa que exerce os serviços de montagem.

Entre as máquinas mais utilizadas para montagem de obras de grande porte, destacam-se: guindaste sobre pneus com lança fixa, guias torre sobre pneus e a grua com torre fixa, conforme apresentado a seguir na Figura 4, 5 e 6, respectivamente.

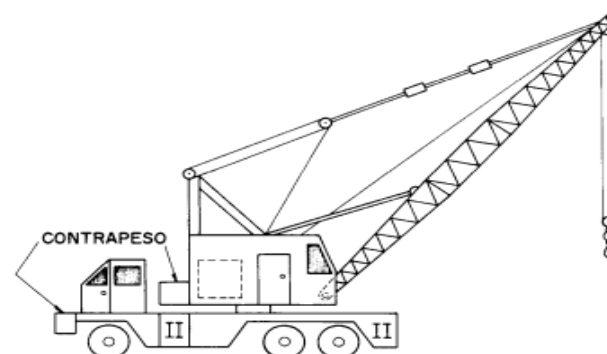


Figura 4 - Guindaste sobre pneus com lança fixa

(Fonte: Bellei, 1998)

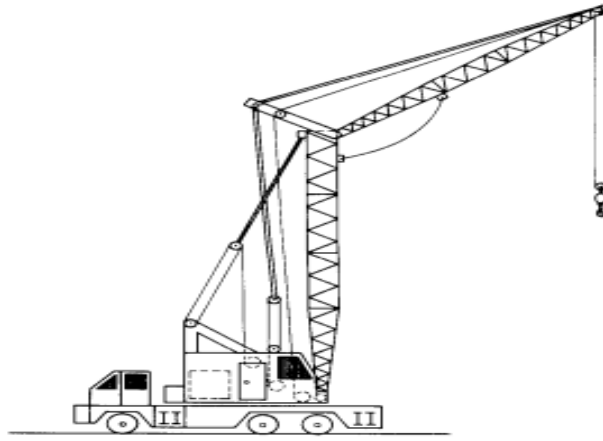


Figura 5 - Gruas torre sobre pneus

(Fonte: Bellei, 1998)

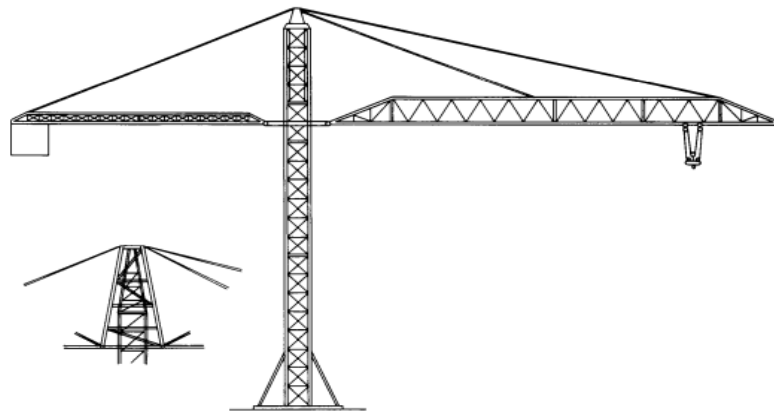


Figura 6 - Grua com torre fixa

(Fonte: Bellei, 1998)

De acordo com Guarnier (2009), para evitar a degradação da pintura, as peças devem ser mantidas afastadas do solo e dispostas sobre dormentes de madeira, a fim de prevenir tensões ou empenamentos. Por outro lado, é importante que as peças estejam sempre próximas do local de montagem, aproveitando assim a agilidade do processo proporcionada por estruturas metálicas. Além disso, a versatilidade das estruturas metálicas permite que um galpão tenha várias frentes de obra, o que facilita a locomoção e o transporte dos materiais necessários para a montagem.

### 2.5.1 Parafusos para montagem

As peças podem ser unidas de duas maneiras: através de parafusos ou solda. A união por parafusos é a mais comum na fabricação devido à padronização e automação, assim como na montagem no canteiro de obras devido a sua facilidade e agilidade. Para preservar os parafusos, porcas e outros componentes utilizados na conexão das peças, é recomendável armazená-los em uma caixa de madeira, a fim de protegê-los contra a umidade e sujeira do canteiro de obras. Apenas a quantidade necessária para a montagem deve ser retirada da caixa. Qualquer parafuso ou material que esteja sujo ou enferrujado deve ser limpo e, se possível, recuperado (RAAD JR, 1999).

Os parafusos ASTM A307 são comumente utilizados em aplicações gerais, predominantemente na montagem de terças, vigas de tapamento, entre outros, onde não há a

presença de esforços dinâmicos significativos. Por outro lado, parafusos do tipo ASTM A325, A490 ou equivalentes são geralmente empregados em conexões sujeitas a cargas significativas ou esforços dinâmicos (BELLEI, 1998).

### **2.5.2 Solda em campo**

Antes de iniciar o processo de soldagem, é fundamental realizar uma limpeza minuciosa dos elementos a serem soldados, removendo quaisquer substâncias que possam interferir no processo, como tintas, graxas e similares. Após a preparação, o soldador especializado terá à disposição todas as informações necessárias para a soldagem dos elementos, as quais estarão detalhadas nos diagramas de montagem e nas listas de eletrodos. O procedimento de solda incluirá instruções sobre a localização precisa dos elementos a serem soldados, o tipo de solda a ser utilizado, o tamanho do eletrodo e outras informações relevantes (BELLEI, 1998).

Segundo Bellei (1998), a estrutura metálica apresenta diversas vantagens. Sua produção ocorre na fábrica e é transportada para o canteiro de obras apenas durante a montagem, otimizando o tempo. Embora a mão de obra na estrutura metálica exija maior capacitação e seja mais bem remunerada, no geral, essa opção é mais econômica, uma vez que diminui a quantidade de trabalhadores e erros na obra. A estrutura metálica não ocupa espaço na obra até o momento da execução do projeto. Além disso, a estrutura metálica não sofre atrasos significativos, pois a parte estrutural é fabricada na empresa enquanto as fundações da obra são executadas. Uma das maiores vantagens da estrutura metálica é a sua flexibilidade e adaptabilidade as mudanças na obra. É possível aplicar reforços, furos e outras modificações, resultando em economia de custos e prazos.

## **2.6 Conclusão da revisão bibliográfica**

Em suma, a análise abrangente realizada neste capítulo, proporciona uma visão esclarecedora sobre a viabilidade e os custos envolvidos na utilização de estruturas metálicas na construção civil, tanto em âmbito nacional quanto internacional. A globalização dos mercados impulsionou a necessidade de avaliar cuidadosamente as implicações financeiras, logísticas e ambientais de realizar uma obra no Brasil ou em outros países da América Latina. Ao considerar os diversos fatores discutidos, desde a metalurgia brasileira até os aspectos logísticos e de montagem, fica evidente que a indústria de estruturas metálicas no Brasil tem um papel significativo tanto no mercado interno quanto no exterior. A versatilidade, durabilidade e eficiência das estruturas metálicas destacam-se como vantagens competitivas, especialmente quando comparadas com métodos tradicionais de construção, como o concreto armado.

A análise de custos detalhadas revela que, embora haja desafios logísticos e custos adicionais associados ao transporte internacional, a exportação de estruturas metálicas pode ser viável, especialmente com benefícios fiscais e isenções tributárias disponíveis em alguns países. Além disso, a flexibilidade e adaptabilidade das estruturas metálicas oferecem vantagens adicionais em termos de economia de custos e prazos durante a fase de montagem.

## **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo, é apresentada a metodologia do presente trabalho. Serão abordados os materiais utilizados, assim como o desenvolvimento de plano detalhado de como serão conduzidas as análises comparativas entre a viabilidade e os custos da obra metálica no Brasil e no Paraguai.

São descritos os procedimentos para avaliar as barreiras logísticas e a disponibilidade de mão de obra, comparar normas e regulamentações, e analisar a viabilidade financeira. Além disso, será abordado como serão examinados os custos de execução, considerando aspectos como fabricação estrutural, materiais, transporte e montagem.

A metodologia também apresenta informações sobre fontes de dados de valores e quantidades, técnicas de análise e ferramentas a serem utilizadas para garantir a precisão e a relevância dos resultados obtidos.

Na Figura 7 é exibido um fluxograma abrangendo todas as etapas do estudo, com respectivas tarefas a serem executadas.

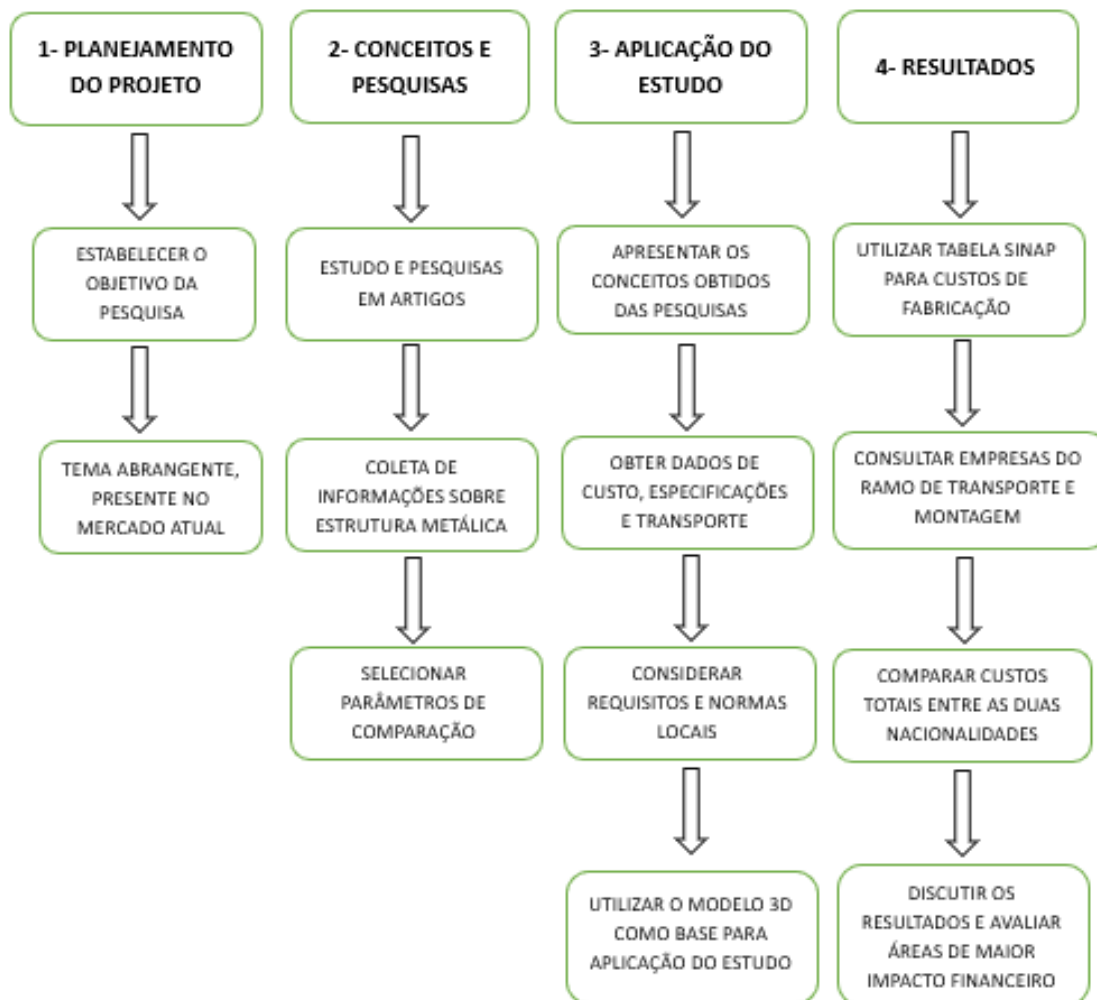


Figura 7 - Procedimento metodológico de estudo

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Conforme apresentado na Figura 7, o trabalho será dividido em 4 etapas, sendo:

- Planejamento de projeto: Nesta etapa define-se os planejamentos, como o tema principal de estudo e as etapas de andamento e evolução do projeto;
- Conceitos e pesquisas: Obtenção de dados e pesquisas referentes à estruturas metálicas que complementem os resultados esperados;
- Aplicação do estudo: Nesta etapa, aplica-se os valores e os dados obtidos a partir de tabelas como SINAP, atribuídos à quantidade de materiais, bem como o peso de cada item. Realizar cotação com empresas do ramo de transporte e montagem de estruturas metálicas para realizar o comparativo entre as duas nacionalidades;
- Resultados: Avaliar e discutir os resultados obtidos com o estudo e com as aplicações dos custos e peso, a partir do modelo 3D apresentado. Comparar os fatores que interferem no custo

final da estrutura, analisando fatores logísticos, como taxas alfandegárias, custos de montagem e de transporte.

### **3.1 Descrição do objetivo do estudo**

O objetivo do estudo é realizar uma comparação abrangente entre a construção de uma obra de estrutura metálica montada na cidade de São Paulo, no Brasil e na cidade de Assunção, no Paraguai. A escolha dos dois países escolhidos para a realização do comparativo, se deve ao fato de os dois apresentarem praticamente as mesmas condições climáticas, relevo, ações naturais do meio ambiente e distância compatível, fatores esses que sendo muito distintos, interfeririam no cálculo de custos de realização e também da própria estrutura, tornando um estudo de comparação muito amplo e longe das concepções da comparação que se deseja realizar.

O intuito dessa comparação é utilizar como base duas cidades com praticamente a mesma distância, tendo como origem a cidade de Nova Bassano, no Rio Grande do Sul, grande centro metalúrgico da região. Esse estudo de comparação, trará conhecimento de como uma obra montada no Brasil e uma obra montada em outro país sul-americano interferem nos custos finais de uma obra, levando em conta, transporte da estrutura no local da obra e os custos de mão de obra para montagem.

Usando como modelo e objeto de estudo, um galpão metálico, do qual será calculado, a partir do peso das peças utilizadas, seu custo de execução, até a montagem no local de obra, considerando vários aspectos-chave relacionados ao processo de construção e custos envolvidos. O estudo visa fornecer dados valiosos para tomada de decisão e para profissionais de indústrias da construção de estrutura metálica. Comparar os requisitos burocráticos, regulatórios e legais para a construção de uma estrutura metálica nos dois países, podendo incluir licenças, permissões, normas de construção e outros fatores que afetam a aprovação e execução do projeto. Avaliar a disponibilidade e eficiência dos meios de transporte, e a logística envolvida no transporte de materiais e equipamentos.

Após abordar todos os aspectos que interferem no custo de uma obra, dos quais são essenciais, com base em todas as informações coletadas e análises feitas, realizar uma comparação final entre a construção da obra realizada no Brasil e a obra realizada no Paraguai. Isso pode incluir uma avaliação detalhada dos custos totais, prazos de construção, complexidade burocrática, vantagens e desvantagens de cada local. O estudo pode ser útil para investidores, construtores, engenheiros e outros profissionais que desejam entender as implicações práticas e financeiras de realizar um projeto de construção em diferentes locais. Além disso, pode ser usado para identificar oportunidades de otimização de custos e eficiência no processo de construção.

### **3.2 Ferramentas utilizadas**

Para iniciar o trabalho, foi realizado o modelamento da estrutura metálica no software AutoCAD a partir de um cálculo pré-estabelecido. A utilização do software se deve ao fato dele permitir que os engenheiros e designers criem modelos complexos com facilidade, sua ampla gama de ferramentas de desenho e edição torna o processo de modelagem eficiente e preciso. Ele oferece ferramentas importantes para criação de perfis de aço, conexões soldadas e parafusadas, elementos de fixação, entre outros.

Após o modelamento da estrutura que será utilizada no presente estudo, foi utilizado o software TecnoMETAL. Com a utilização deste software é possível retirar dados do modelo, como por exemplo, peso unitário por tipo de perfil, a área em m<sup>2</sup>, comprimento de cada peça e analisar pontos de possíveis interferências no processo de montagem. O orçamento de transporte, confecção do aço e custo de fabricação é possível somente após o modelamento da estrutura, que está apresentada na Figura 8.

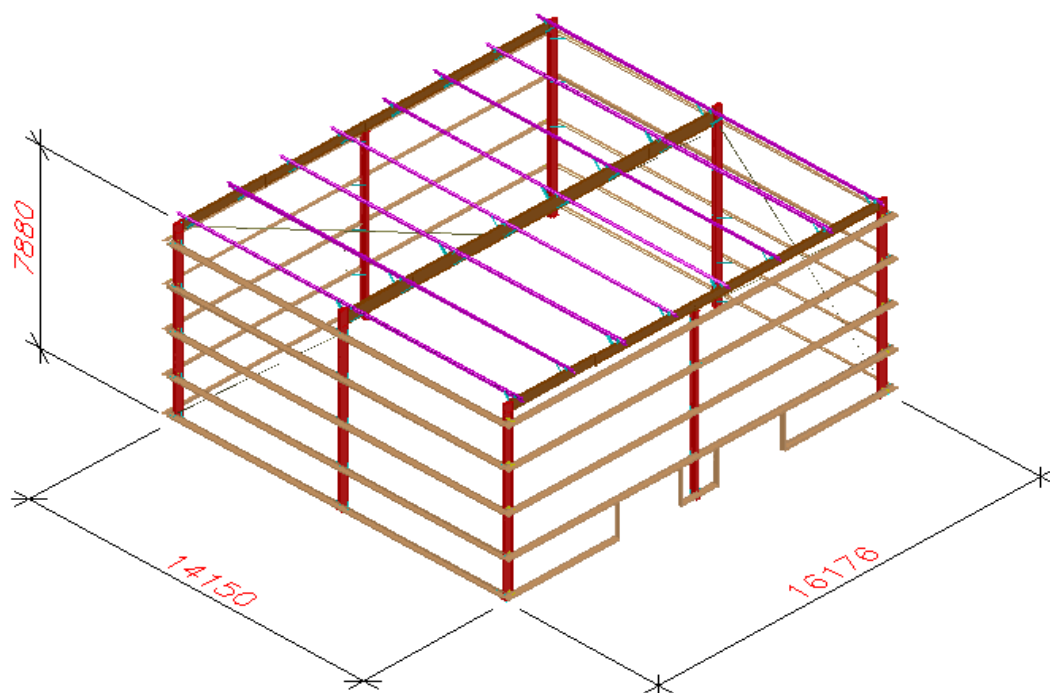


Figura 8 – Modelo da estrutura de estudo  
 (Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Pode-se analisar, também, a vista lateral dos contraventos e a vista frontal das aberturas das terças de fechamento, como representado nas Figuras 9 e 10 respectivamente a seguir.

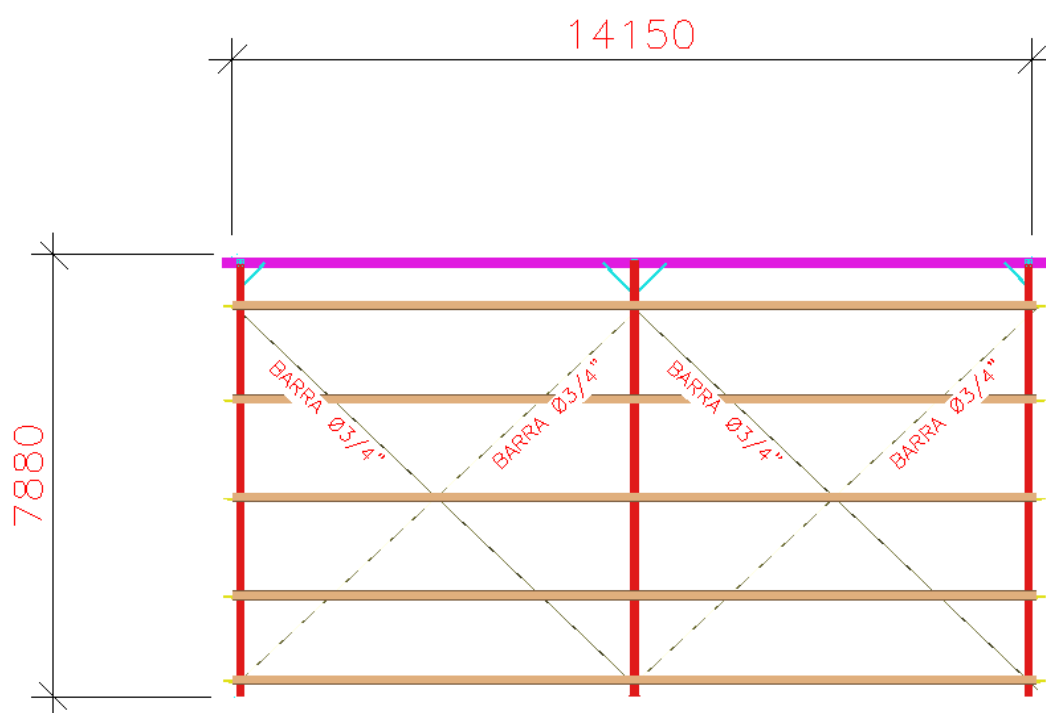


Figura 9 – Vista lateral dos contraventos  
 (Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

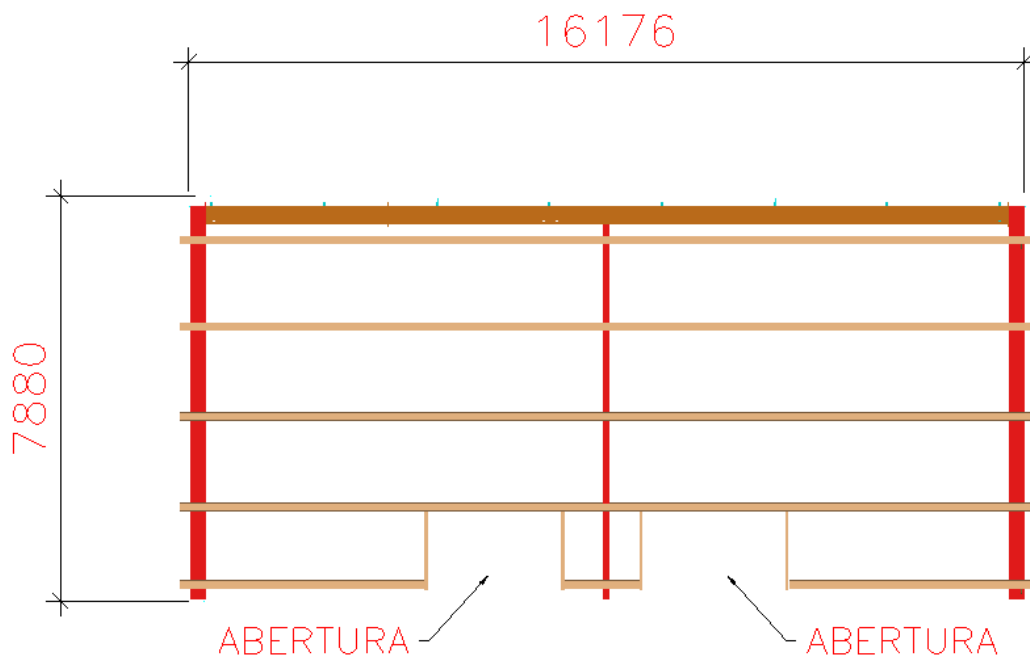


Figura 10 – Vista frontal das aberturas  
 (Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

A planta de locação dos pilares, é um projeto que permite os montadores anteciparem a fixação dos chumbadores que receberão os pilares metálicos no decorrer das etapas de montagem. A planta de locação dos pilares da obra em estudo, está representada na Figura 11.

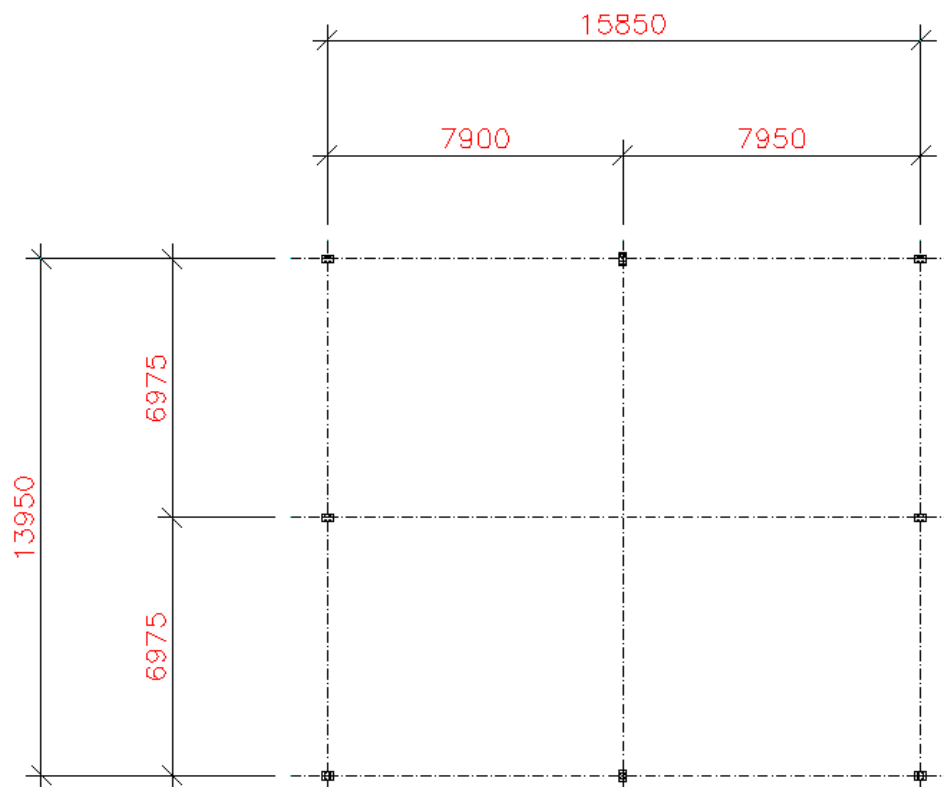


Figura 11 – Planta de locação dos pilares  
 (Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

As imagens auxiliam na visualização e idealizam as dimensões da obra, que favorecem os orçamentistas para a tomada de decisões importantes.

A estrutura apresenta dimensões de 16,1 metros de comprimento por 14,1 metros de largura e 7,8 metros de altura. Vale ressaltar que a comparação será realizada com a mesma estrutura em ambos os países, para se considerar o mesmo peso e geometria para transporte, e tendo assim, uma comparação mais exata de quais são os fatores econômicos que interferem no custo e na viabilidade da obra para cada país.

### **3.3 Normas de ventos e cálculo de estruturas metálicas**

É de grande importância, seguir as normas de ventos e cálculos estruturais quando se trata da execução de obras em países distintos. Essas normas desempenham um papel fundamental no projeto de construção de estruturas metálicas. As normas estabelecem critérios de segurança para garantir que as estruturas metálicas sejam capazes de resistir a ventos, terremotos, cargas de neve e outras forças naturais. Caso essas normas não sejam cumpridas, pode resultar em estruturas frágeis ou inseguras que apresentam riscos para a vida humana.

A maior parte dos países tem regulamentos e códigos de construção que exigem que as estruturas atendam as normas específicas. Portanto, como a estrutura que será utilizada no presente estudo de comparação de custos, será realizada no Brasil e no Paraguai, utiliza-se a norma referente a cada país.

Para a obra que será montada na capital Assunção no Paraguai, será considerado a norma Paraguaia NP Nº 196 – Ação dos ventos na construção. Já para a obra que será montada na cidade de São Paulo no Brasil, a norma considerada é a NBR 6123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações. É importante ressaltar que por se tratar de duas regiões semelhantes em fatores ambientais naturais e normativas para cálculo, a estrutura projetada atende as duas regiões sem necessitar alteração de perfis utilizados, portanto, a mesma estrutura atende aos requisitos normativos e poderá ser utilizada nos dois países que será realizado o comparativo. A norma que atende as ações dos ventos é individual e deve ser aplicada em cada país correspondente, entretanto, para fabricação e montagem da estrutura, ambos os países se aplicam a norma brasileira NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

Desta maneira, nos tópicos a seguir, estão escritas as informações para cálculo de vento que são iguais para as duas nacionalidades e que tornam a comparação mais exata, como descrito nos objetivos do presente estudo.

#### **3.3.1 Norma NBR 6123/1988 - Forças devidas ao vento em edificações**

Segundo a norma NBR 6123/1988, as forças devidas ao vento sobre uma edificação, estrutura ou componente devem ser calculadas separadamente para:

- Elementos de vedação e suas fixações (telhas, vidros, esquadrias, painéis de vedação etc.);
- Partes da edificação (telhados, paredes etc.)
- A edificação como um todo.

A força devida ao vento pode ser genericamente calculada conforme a seguinte equação (1).

$$F = q * C * A * f_v \quad (1)$$

Onde:



$q$  = é a pressão dinâmica;

$C$  = é um coeficiente aerodinâmico de força ou de pressão, especificado em cada caso;

$A$  = é uma área de referência, especificada em cada caso;

$f_v$  = é o fator de vizinhança, definido em 6,4.

A pressão dinâmica é determinada do seguinte modo:

- A velocidade básica do vento,  $V_0$ , é a velocidade de uma rajada de 3s, a 10m acima do terreno, em campo aberto e plano, excedida em média uma vez em 50 anos;
- 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, estrutura ou componente em consideração. Para encontrar o valor de  $V_k$ , é dada a equação (2).

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3 \quad (2)$$

Onde:

$V_k$  = é a velocidade característica do vento, expressa em metros por segundos (m/s).

- A velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela equação (3).

$$q = \frac{1}{2} p V_k^2 \quad (3)$$

Onde:

$p$  = é a massa específica do ar de referência, igual a 1,226 kg/m<sup>3</sup>;

$q = 0,613 V_k^2$ , expresso em Newton por metro ao quadrado (N/ m<sup>2</sup>).

Como regra geral é admitido que o vento básico pode soprar de qualquer direção horizontal. Em caso de obras excepcional importância é recomendado um estudo específico para determinação de  $V_0$ . Para incluir o efeito de direcionalidade do vento no cálculo das forças aerodinâmicas, a determinação de  $V_0$  deve considerar o tipo de evento meteorológico que dá origem aos valores máximos registrados de velocidade. O efeito da direcionalidade do vento não se aplica nos casos de vento originado de tempestades convencionais locais.

O fator topográfico  $S_1$ , considera as variações do relevo do terreno e é determinado do seguinte modo:

- Terreno plano ou fracamente acidentado, calculado pela equação (4);

$$S_1 = 1,0 \quad (4)$$

- Taludes e morros, calculado pela equação (5);

$$S_1 = 1,0 \quad (5)$$

- Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção, calculado pela equação (6).

$$S_1 = 0,9 \quad (6)$$

Se for necessário um conhecimento mais preciso do relevo, ou se aplicação destas indicações se tornam difícil pela complexidade do relevo, é recomendado o recurso de ensaios de modelos topográficos em túnel de vento ou a medidas anemométricas no próprio terreno.

O fator  $S_2$  considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação, estrutura, parte da estrutura ou componente em consideração;

O fator estático  $S_3$  é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação, estrutura ou componente. A velocidade básica  $V_0$  é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio  $T_p$  de 50 anos. A probabilidade de que a velocidade  $V_0$  seja igualada ou excedida neste período é de 63%.

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. Para os fins desta Norma, entende-se como pressão efetiva,  $\Delta p$ , em uma área muito pequena da superfície de uma edificação ou estrutura, o valor calculado conforme equação (7).

$$\Delta p = \Delta p_e - \Delta p_i \quad (7)$$

Onde:

$\Delta p_e$  = é a pressão efetiva externa;

$\Delta p_i$  = é a pressão efetiva interna;

Portanto:  $\Delta p = (C_{pe} - C_{pi}) q$ , sendo  $C_{pe}$  o coeficiente de pressão externa:  $C_{pe} = \Delta p_e/q$ , e  $C_{pi}$  o coeficiente de pressão interna:  $C_{pi} = \Delta p_i/q$ .

Os valores positivos dos coeficientes de pressão externa ou interna correspondem a sobrepressões e os valores negativos correspondem a sucções.

### 3.3.2 Norma NP N° 196 – Ação dos ventos na construção

Segundo a norma NP N° 196, a velocidade básica do vento deve ser multiplicada pelos fatores  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  para obter a velocidade característica do vento  $V_k$  para a parte da construção considerada. Para encontrar o valor de  $V_k$ , é dada a equação (8).

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3 \quad (8)$$

Sendo que o fator topográfico  $S_1$ , considera as variações do relevo do terreno e é determinado do seguinte modo:

- Terreno plano ou fracamente acidentado, calculado pela equação (9);

$$S_1 = 1,0 \quad (9)$$

- Taludes e morros, calculado pela equação (10);

$$S_1 = 1,0 \quad (10)$$

- Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção, calculado pela equação (11).

$$S_1 = 0,9 \quad (11)$$

O fator  $S_2$  considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura sobre o terreno e das dimensões da construção ou da parte considerada na mesma.

O fator estático  $S_3$  é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação, estrutura ou componente. A velocidade básica  $V_0$  é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio  $T_p$  de 50 anos. A probabilidade de que a velocidade  $V_0$  seja igualada ou excedida neste período é de 63%.

- A velocidade característica do vento,  $V_k$  permite determinar a pressão dinâmica mediante a equação (12).

$$q = 0,613 * V_k^2 \quad (12)$$

Como a força do vento depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo, os coeficientes de pressão estão determinados para cada ponto de ambas as superfícies.

Onde:

$C_{pe}$  = coeficiente de pressão externa =  $\Delta p_e/q$ ;

$C_{pi}$  = coeficiente de pressão interna =  $\Delta p_i/q$ .

Assim, para calcular  $\Delta p$ , é dada a equação (13).

$$\Delta p = \Delta p_e - \Delta p_i = (C_{pe} - C_{pi}) * q \quad (13)$$

Valores positivos dos coeficientes de pressão externa ou interna correspondem a pressões positivas e valores negativos correspondem a pressões negativas ou sucções. Um valor positivo para  $\Delta p$  indica uma pressão efetiva com o sentido de uma pressão positiva externa e um valor negativo para  $\Delta p$  indica uma pressão efetiva com o sentido de uma sucção externa.

A partir dos cálculos de vento para ambas as nacionalidades, pode-se observar a grande semelhança entre as mesmas, tornando possível um comparativo com as mesmas normas para ambas as regiões.

### 3.4 Quantificação da estrutura

Essa etapa é essencial para a elaboração de um orçamento preciso. Determinar o número de componentes que a compõem e buscar uma estimativa coerente do peso da estrutura resulta em um orçamento mais preciso. Porém, em orçamentos para estrutura metálicas, o peso considerado

frequentemente se afasta do peso real da obra. Portanto, o cálculo do peso no orçamento leva em conta aproximações em relação a quantidade de aço necessária.

Vale ressaltar, que o intuito do estudo é a comparação da viabilidade de uma obra fabricada no Sul do Brasil, ser transportada e montada em uma cidade nacional e uma cidade de exportação, tendo como base o peso e o custo final da estrutura, demonstrando a importância e a visibilidade da metalúrgica brasileira no mercado mundial, e não ao cálculo estrutural.

Portanto, a modelagem da estrutura bem como a consideração das forças e ventos da região em questão, já foram calculadas e seguidas conforme a norma de cada país.

A estrutura em estudo conta com os seguintes perfis:

- Pilares em cada canto: I 300x150x3,75x7,90
- Pilares laterais: I 300x175x3,75x7,90
- Pilares intermediários: I 300x125x3,75x4,75
- Vigas de cobertura laterais: I 350x125x3,75x6,35
- Vigas de cobertura centrais: I 500x150x3,75x6,35
- Terças de cobertura: Z185x2,00
- Mãos francesas: L51x51x3,00
- Contraventos de cobertura: ferro redondo Ø5/8"
- Contraventos laterais: ferro redondo Ø3/4".

### **3.5 Peso da estrutura**

O modelamento 3D é extremamente importante para o planejamento e visualização de estruturas metálicas. Ele desempenha um papel fundamental em várias etapas do processo, dando uma base de peso e custo da obra. Com o modelamento também é possível ter um planejamento de montagem da estrutura em obra, e avaliar pontos com divergências que venham ocorrer no desenvolvimento do projeto em estudo.

Após o modelamento é possível gerar uma tabela contendo os dados de peso para cada perfil da estrutura, e conseqüentemente, o peso total da estrutura finalizada. Ao ter um registro detalhado do peso de cada peça, é possível calcular com mais precisão os custos relacionados ao material, transporte e mão de obra necessários para a fabricação e montagem de estruturas metálicas.

Com a listagem de peças e seu respectivo peso e volume, os responsáveis pela logística podem estimar com maior precisão o número de viagens e o tipo de veículo necessário para transportar as peças, contribuindo para evitar atrasos e custos adicionais relacionados ao transporte. Esse controle de peças e pesos é possível de obter somente após o modelamento 3D e está representado na Tabela 5.

Tabela 5 - Peso unitário de perfis e peso total da estrutura

LISTA DE MATERIAIS						
PESO TOTAL: 5.4574 ton.				SUPERFÍCIE A TRATAR: 449.8 m <sup>2</sup>		
MARCA	QTD	DESCRIÇÃO	MATERIAL	Peso (Ton.)	Total	TRATAMENTO
				Unit.		
CV1	4	CONTRAVENTO VERTICAL FE3/4"	A36	0.0218	0.0873	PINTURA LIQUIDA
CV2	4	CONTRAVENTO VERTICAL FE3/4"	A36	0.0217	0.0868	PINTURA LIQUIDA
CV3	2	CONTRAVENTO HORIZONTAL FERRO 5/8	A36	0.0150	0.0299	PINTURA LIQUIDA
CV4	2	CONTRAVENTO HORIZONTAL FERRO 5/8 A36	A36	0.0174	0.0348	PINTURA LIQUIDA
MF1	16	MÃO FRANCESA COBERTURA L 51X51X3 x 593.3	CIVIL 350	0.0014	0.0218	PINTURA LIQUIDA
MF2	16	MÃO FRANCESA COBERTURA L 51X51X3 x 777.5	CIVIL 350	0.0018	0.0285	PINTURA LIQUIDA
MF3	20	MÃO FRANCESA FECHAMENTO L 51X51X3 x 494.4	CIVIL 350	0.0011	0.0226	PINTURA LIQUIDA
MF4	40	MÃO FRANCESA FECHAMENTO L 51X51X3 x 558.9	CIVIL 350	0.0013	0.0512	PINTURA LIQUIDA
PL1	1	PILAR I 300X150X3.75X7.90 x 7627	CIVIL 350	0.0246	0.0246	PINTURA LIQUIDA
PL2	1	PILAR I 300X175X3.75X7.90 x 7774.9	CIVIL 350	0.2569	0.2569	PINTURA LIQUIDA
PL3	2	PILAR I 300X125X3.75X4.75 x 7272.4	CIVIL 350	0.1383	0.2766	PINTURA LIQUIDA
PL4	1	PILAR I 300X150X3.75X7.90 x 7627	CIVIL 350	0.0246	0.0246	PINTURA LIQUIDA
PL5	1	PILAR I 300X175X3.75X7.90 x 7774.9	CIVIL 350	0.2569	0.2569	PINTURA LIQUIDA
PL6	1	PILAR I 300X150X3.75X7.90 x 7627.1	CIVIL 350	0.2232	0.2232	PINTURA LIQUIDA
PL7	1	PILAR I 300X150X3.75X7.90 x 7627.1	CIVIL 350	0.2232	0.2232	PINTURA LIQUIDA
SP1	44	SUPORTE L 160X63X6.35 x 126.0	CIVIL 350	0.0013	0.0585	PINTURA LIQUIDA
SP2	20	SUPORTE SOLDADO #6.35	CIVIL 350	0.0038	0.0760	PINTURA LIQUIDA
SP3	10	SUPORTE L 160X63X6.35 x 126.0	CIVIL 350	0.0013	0.0133	PINTURA LIQUIDA
SP4	4	PERFIL C 165x2.00	CIVIL 350	0.0078	0.0312	PINTURA LIQUIDA

Tabela 5 - Peso unitário de perfis e peso total da estrutura

MARCA	QTD	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (Unit)	Total	TRATAMENTO
TC1	8	TERÇA DE COBERTURA Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0821	0.6571	PINTURA LIQUIDA
TF1	10	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0800	0.7995	PINTURA LIQUIDA
TF2	1	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0082	0.0082	PINTURA LIQUIDA
TF3	1	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.267	0.267	PINTURA LIQUIDA
TF4	1	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0268	0.0268	PINTURA LIQUIDA
TF5	4	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0931	0.3726	PINTURA LIQUIDA
TF6	5	TERÇA DE FECHAMENTO Z185 - 2.00	CIVIL 350	0.0932	0.4659	PINTURA LIQUIDA
VG1	2	VIGA DE COBERTURA I 500X150X3.75X6.35 x 2751.3	CIVIL 350	0.1010	0.2019	PINTURA LIQUIDA
VG2	2	VIGA DE COBERTURA I 350X125X3.75X6.35 x 11974.6	CIVIL 350	0.2862	0.5725	PINTURA LIQUIDA
VG3	2	VIGA DE COBERTURA I 350X125X3.75X6.35 x 3515.0	CIVIL 350	0.0934	0.1867	PINTURA LIQUIDA
VG4	1	VIGA DE COBERTURA I 500X150X3.75X6.35 x 9974.6	CIVIL 350	0.3114	0.3114	PINTURA LIQUIDA

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

A Tabela 5 lista os pesos unitários dos diferentes perfis que compõem a estrutura metálica, bem como o peso total. Esses dados são cruciais para o cálculo dos custos de transporte e montagem, além de auxiliar na seleção dos equipamentos de içamento apropriados.

Posteriormente, com o peso e o volume total da estrutura, basta aplicar os custos do aço, do transporte e da mão de obra para montagem e realizar o comparativo de custos entre as duas regiões que serão realizadas a montagem da estrutura.

### 3.6 Orçamento da estrutura

Após a quantificação da estrutura, a realização do orçamento se baseou nas tabelas de composição SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices.

O SINAPI, gerido pelo Governo Federal, é a ferramenta por meio da qual a administração pública federal estabelece os valores dos insumos e serviços necessários para as obras de engenharia. Essa gestão é dividida entre duas instituições governamentais distintas: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Caixa Econômica Federal. A Caixa é encarregada

da base técnica de engenharia, do processo de dados e da publicação dos relatórios de preços e custos, enquanto o IBGE conduz a pesquisa de preços, trata os dados e elabora e divulga os índices.

A tabela SINAP de composição de perfis que foi utilizada para o presente estudo, está atualizada com os preços referente ao mês de fevereiro de 2024 para se ter resultados mais precisos e coerentes com o cenário atual.

### 3.6.1 Custo de matéria prima e fabricação

Para calcular o custo de fabricação da estrutura, baseou-se na tabela SINAP de composição de perfil, onde se pode desenvolver uma tabela, separado pelo tipo de material composto na obra, conforme representa a Tabela 6.

Tabela 6 – Custo de matéria prima e fabricação

Peça	Quantidade	Peso (kg) / Total	Matéria prima + Fabricação (R\$/kg)	Custo de Fabricação (R\$)
Pilares	8	1286,00	16,47	21180,42
Vigas Soldadas	7	1272,50	16,68	21225,3
Terças	30	2597,10	12,27	31866,417
Mãos Francesas	92	124,10	12,07	1497,887
Contraventos	12	238,80	15,00	3582
Suportes	74	147,80	14,21	2100,238
Perfil de portão C 165X2,00	4	31,20	11,91	371,592
			Total	81823,854

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Com base nos dados apresentados na Tabela 6, foi possível realizar uma análise abrangente do custo de fabricação da estrutura, utilizando a tabela SINAP de composição de perfil como referência. Os valores discriminados por tipo de material composto na obra revelam uma distribuição equitativa dos recursos, destacando-se os pilares e a vigas soldadas como elementos de maior peso financeiro.

Essa análise detalhada não apenas fornece uma estimativa precisa do investimento necessário para a construção da estrutura, mas também permite uma gestão mais eficiente dos recursos, identificando áreas que podem requerer ajustes para otimização do custo.

Em suma, a utilização da tabela SINAP demonstra sua utilidade como ferramenta indispensável para a tomada de decisões fundamentadas no planejamento e execução de projetos de fabricação.

### 3.6.2 Custo de transporte da estrutura

Após o cálculo do custo de fabricação das peças, a próxima etapa se refere ao orçamento de custos de transporte da estrutura fabricada, para ambas as nacionalidades. O custo de transporte de uma estrutura metálica pode variar significativamente entre diferentes nacionalidades devido a uma série de fatores, incluindo distância, regulamentações alfandegárias e tarifas de importação.

Vale ressaltar que o transporte da estrutura foi cotado com início do percurso na cidade de Nova Bassano, centro de origem de fabricação da estrutura em estudo. A distância entre Nova

Bassano e São Paulo é de 1.000 quilômetros, enquanto a distância entre Nova Bassano e a capital paraguaia Assunção é de 1.057 quilômetros. Essa distância favorece muito a comparação dos custos de frete/transporte pois pode-se considerar a mesma distância entre os dois destinos, com origem em Nova Bassano.

Conforme valor de mercado estimado através de cotação com empresas locais do ramo de transporte de estruturas metálicas, levando em consideração tarifas e taxas alfandegárias como aduaneiras, impostos e outras atividades relacionadas ao comércio internacional, o custo de transporte de Nova Bassano para São Paulo apresentou custos de R\$6.930,00 inicialmente, porém se acrescentarmos 22% de impostos internos de transporte nacional obteve-se o valor de R\$8.455,00 por carreta, do qual será aplicado para o custo nacional do presente estudo, enquanto que para a obra de exportação, o custo ofertado por carreta é de USD 3.441,88 (dólar), convertendo para reais, levando em consideração o valor do dólar de R\$4,90 e taxas adicionais de contenção por dia que a carreta poderá ficar parada na inspeção de aduana ou outro tipo de verificação da carga, obteve-se o valor de R\$ 17.209,41 para transporte de Nova Bassano até Assunção.

Sendo que cada carreta padrão para este tipo de transporte de estruturas metálicas tem capacidade de 22 toneladas de carga, não será necessário mais que uma carreta para transportar a estrutura completa da obra em estudo, visto que a mesma possui 5.4574 toneladas. Outros fatores que influenciariam no transporte, é o volume da estrutura, ou a geometria das peças, se caso fossem de um grau mais complexo de geometrias que ultrapassassem as dimensões limites da carreta, mas não é este caso do estudo.

Com isso, obteve-se a Tabela 7, comparando o preço de transporte para ambas as nacionalidades.

Tabela 7 – Custo de transporte da estrutura

	Obra Nacional / Brasil	Obra Exportação / Paraguai
Transporte	R\$ 8.455,00	USD 3.441,88 - R\$ 17.209,41

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Pode-se observar que, há uma diferença significativa no custo de transporte entre as duas nacionalidades, porém, deve-se levar em consideração o custo em reais para a obra nacional, e dólar para a obra de exportação. Considerando essa diferença de moeda entre os dois países sendo que cada um trabalha com sua respectiva moeda, o transporte para Assunção será mais barato, comparando com o transporte da estrutura para São Paulo. Um dos principais fatores para essa diferença é a isenção de impostos para exportação, exceto as tarifas aduaneiras, que representam um custo pequeno se comparado às taxas de impostos para transporte de Nova Bassano para São Paulo.

Vale ressaltar que, para trafegar em outro país, a empresa e a carreta devem ser habilitadas e autorizadas para rodar em determinado país. Além de já ser acrescentado margem no orçamento de transporte por conta da diária caso a carga ficar parada na contenção, outro fator que torna caro o transporte de estruturas para exportação, é o seguro da carga, pelo fato de ser de grande risco e da distância do país de origem.

### 3.6.3 Custo de montagem

Com a etapa de orçamentação de frete/transporte concluída, o próximo passo foi contatar uma equipe de montagem para executar o processo de montagem da obra. O valor de montagem varia de acordo com o país.



Para a estrutura que será montada na cidade de São Paulo, foi consultado uma empresa nacional do ramo de montagem de estruturas metálicas, enquanto que para a obra que será destinada a cidade de Assunção, no Paraguai, o serviço de montagem foi calculado com base nos custos de mercado de uma empresa local, ou seja, no caso de uma exportação, a empresa de montagem é contratada pelo próprio cliente, ou a empresa que fabricará a estrutura poderá incluir no orçamento os serviços de montagem de uma empresa do próprio país de execução, isso varia de acordo com o contrato entre metalúrgica que executará a fabricação da estrutura e o cliente que a contratou para prestar tais serviços.

Dado importante e de relevância sobre as equipes de montagem contratadas serem do país em que será montada a estrutura, se deve ao fato de as próprias equipes serem treinadas para trabalhar com as normas de ventos e condições naturais do próprio país em questão, além da mobilização de máquinas, equipamentos e trabalhadores.

A Tabela 8, apresenta os custos de montagem da estrutura para ambas as nacionalidades, destacando a variação de preços entre os dois países. Fatores como disponibilidade de mão de obra e normas locais de construção impactam esses custos, sendo essenciais na análise comparativa de viabilidade.

Tabela 8 – Custo de montagem da estrutura

	Obra Nacional / Brasil	Obra Exportação / Paraguai
Montagem	R\$ 10.833,46	USD 10.004,08 - R\$ 49.019,99

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Pode-se observar na Tabela 8, uma grande diferença entre os custos de montagem se convertendo para reais, na obra de exportação, porém neste caso, se trata de dólar, o que acaba sendo coerente com o preço nacional se levar em conta que cada país trabalha com a moeda de sua nacionalidade. Essa diferença de custos, se deve à escassez de empresas de montagem que atuem fora do Brasil e que atendem às normas necessárias para manter contratos com metalúrgicas brasileiras.

O custo de montagem corresponde, normalmente, à 12% do custo total de fabricação e montagem da obra, essa taxa é a mais utilizada em elaboração de orçamentos para esse tipo de estrutura. Vale ressaltar que a inclusão do IVA (imposto) para serviço de montagem que geralmente apresenta índices na casa do 10% do valor da montagem, fica a cargo do cliente bancar ou incluir no contrato, que será adicionado ao custo de execução, o que não se aplica ao presente caso em estudo.

O custo de montagem de obras de estruturas metálicas se torna muito mais viável e vantajoso quando se trata de obras de grande porte. Isso se deve ao fato de uma obra pequena apresentar os mesmos processos de locomoção de máquinas, equipamentos e mão de obra que uma obra de grande dimensão e proporção, portanto, obras relativamente pequenas, acabam sendo mais caras, se comparadas ao fator custo/volume com obras grandiosas. Sendo assim, pode-se concluir que, entre as duas nacionalidades, a obra destinada para exportação, ainda será mais viável para o cliente, se comparado com o custo que o cliente de São Paulo terá que desembolsar.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através do estudo e das pesquisas realizadas através de dados de empresas de transporte e montagem, para calcular o custo de ambas as obras.

#### 4.1 Comparativo entre obra nacional e obra de exportação

A seguir, será apresentada uma tabela comparativa detalhando os custos totais envolvidos nas duas opções de realização de obra. Esta análise abrangerá todos os principais elementos de custos, tais como fabricação, transporte e montagem.

A comparação entre esses custos permitirá uma avaliação da diferença entre uma nacionalidade e outra, bem como a grande dificuldade de metalúrgicas brasileiras se propagarem no mercado internacional. A Tabela 9, representa o comparativo de custos totais da obra, por setor, de cada nacionalidade.

Tabela 9 – Comparativo de custos entre as obras

	Obra Nacional / Brasil	Obra Exportação / Paraguai
Matéria Prima/Fabricação	R\$ 81.823,85	R\$ 81.823,85
Transporte	R\$ 8.455,00	R\$ 17.209,41
Montagem	R\$ 10.833,46	R\$ 49.019,99
<b>Total</b>	<b>R\$ 101.112,31</b>	<b>R\$ 148.053,25</b>

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Considerando os resultados apresentados na Tabela 9, fica evidente a disparidade nos custos de transporte e montagem entre a obra nacional e a de exportação. Enquanto os custos de fabricação permanecem iguais para ambas as opções, os gastos adicionais associados à exportação, como riscos do trajeto, aumentam consideravelmente os custos de transporte e montagem.

Esta tabela resume os custos totais de fabricação, transporte e montagem das estruturas metálicas nos dois países. A comparação evidencia as vantagens e desafios econômicos de realizar a obra em diferentes localidades, auxiliando na tomada de decisão estratégica para projetos internacionais.

A burocracia alfandegária e a dificuldade de estabelecer e manter relações comerciais com metalúrgicas estrangeiras também contribuem para a elevação dos custos. No entanto, apesar dos desafios logísticos e dos custos associados, a obra destinada ao Paraguai tem maiores chances de gerar lucro para a metalúrgica devido à escassez de serviços de qualidade no mercado exterior, onde as metalúrgicas brasileiras têm se destacado. Em contraste, a obra em São Paulo enfrenta uma competição mais acirrada e potencialmente custos mais baixos, mas com margens de lucro reduzidas devido às taxas e à concorrência local estabelecida. Essa disparidade é impulsionada pelos custos elevados de transporte com seguro e pela dificuldade de contratar empresas internacionais que atendem aos requisitos específicos das empresas brasileiras.

#### 4.2 Distribuição de custos da obra nacional

A partir dos dados obtidos da tabela SINAP para a elaboração do orçamento, podemos analisar o seguinte gráfico, que demonstra visualmente a distribuição percentual dos custos da obra, por áreas de custos, reforçando a análise quantitativa, assim temos:

- Matéria prima/Fabricação: A maior parte dos custos da obra nacional está associada à matéria-prima e à fabricação, totalizando 81%.
- Transporte: Os custos de transporte representam 8% do total.
- Montagem: Os custos de montagem somam 11% do total.

O percentual está representado visualmente na Figura 11 a seguir.



Figura 11 – Distribuição de custo obra nacional

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Este gráfico destaca que a maioria dos custos para a obra nacional é dedicada à fabricação, com transporte e montagem ocupando uma porção menor dos custos totais.

#### 4.3 Distribuição de custos da obra exportação

- **Matéria prima/Fabricação:** A fabricação continua sendo uma parte significativa dos custos, mas representa uma proporção menor (55%) em comparação com a obra nacional
- **Transporte:** Os custos de transporte são maiores na obra de exportação, representando 12% do total.
- **Montagem:** Os custos de montagem são significativamente mais altos na obra de exportação, somando 33% do custo total.

O percentual está representado visualmente na Figura 12 a seguir.

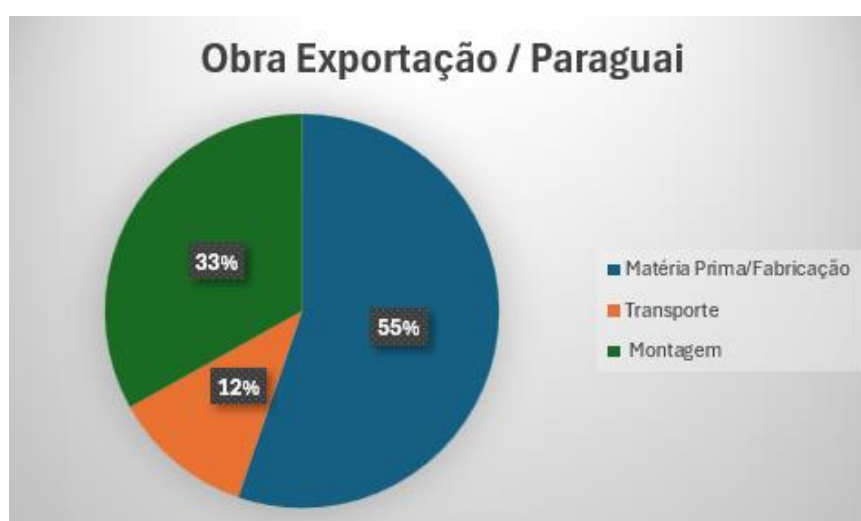


Figura 12 – Distribuição de custo obra exportação

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2024)

Este gráfico mostra que, na obra de exportação, os custos de montagem e transporte são relativamente mais altos, refletindo os desafios adicionais associados à exportação, como maiores riscos de trajeto, seguro da carga e a necessidade de cumprir requisitos internacionais.

Essas representações visuais ajudam a ilustrar como a distribuição de custos varia entre realizar uma obra nacional e uma obra em outro país da América Latina, e como há grandes dificuldades de empresas brasileiras se consolidarem em outros países, visto que a dificuldade de manter relações comerciais com altos custos de produção e transporte se torna um fator significativo. Destaca-se também áreas onde os custos aumentam significativamente ao considerar a exportação.

## 5 CONCLUSÕES

O fator que ressalta a semelhança entre as duas regiões, são as normas e cálculos de vento para ambas as nacionalidades, que são praticamente as mesmas. Essa semelhança, favorece para uma melhor avaliação de custos e comparação entre as duas regiões, visto que a estrutura pode ser considerada a mesma para ambas as regiões.

Pode-se concluir que, para a empresa metalúrgica que vender seus produtos para um país estrangeiro, terá uma grande demanda de custos adicionais, que poderão definir se o cliente irá contratá-la ou não. Se considerar o lado da empresa metalúrgica, a obra que se dirige ao Paraguai, seus gastos aumentam significativamente devido ao risco do trajeto, que encarecem o transporte de materiais e equipamentos através das fronteiras com grandes preços de seguros. Além disso, a burocracia alfandegária pode resultar em atrasos e despesas adicionais, mas também o preço elevado nos custos de montagem de uma empresa local com alto nível na qualidade da mão de obra.

A dificuldade de estabelecer e manter relações comerciais com metalúrgicas estrangeiras também contribui para elevar os custos, pois é necessário considerar despesas relacionadas à contratação de mão de obra estrangeira.

Dito isso, com todos os custos elevados de logística, transporte e montagem, a obra que será exportada para o Paraguai, terá maiores chances de gerar lucro para a metalúrgica que executará a obra, pois no mercado exterior, são escassos os serviços de empresas ou metalúrgicas de fabricação de obras em estruturas metálicas que atendem as normas prestando serviços de qualidade e de excelência, capacidade esta, da qual metalúrgicas brasileiras tem se aprimorado e se destacado ano após ano no mercado global.

Em contraste, para a obra destinada a São Paulo, embora existam desafios logísticos e custos associados ao transporte e montagem, como impostos, as taxas de importação são mais baixas para materiais e equipamentos. Além disso, a presença de metalúrgicas locais estabelecidas e especializadas contribui para uma competição mais acirrada e potencialmente custos e preços mais baixos para conseguir efetivar o contrato com o cliente, isso faz com que as margens de lucros para a empresa que executará a obra fiquem muito baixa ou praticamente nulas.

A grande diferença se deve às taxas de custos elevados de transporte com seguro e custos de trajeto. Além disso, há grande dificuldade de contratar e manter contratos ativos e duradouros com empresas internacionais de montagem que atendem os requisitos, normas e padrões de determinadas empresas brasileiras. Os resultados indicam que a exportação de estruturas metálicas pode ser mais custosa devido aos custos de transporte e montagem, mas pode gerar maior lucratividade para metalúrgicas brasileiras devido à falta de concorrência internacional. Desta maneira, fica clara a necessidade de investimentos do setor metalúrgico para expandir a visibilidade do potencial e da qualidade de metalúrgicas brasileiras no mercado global.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998.

BELLEI, Ildony H; PINHO, Fernando O; PINHO, Mauro O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas. 2009.

NORMA Paraguaia. NP196 – Accion del viento en las construcciones. Assunção, 1991.

PINHO, Fernando Ottoboni. **Viabilidade econômica**. Rio de Janeiro, 2008.

RAAD JÚNIOR, Antoine Aziz. Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas. 1999.

SANTOS, Márcia Amorim et al. Inovação aberta como estratégia de inovação e de crescimento: um estudo exploratório no setor metalúrgico brasileiro. 2012.

TEIXEIRA JÚNIOR, Job Rodrigues; FALEIROS, João Paulo Martin; SANTANA, Bruno Marques. O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas e o boom da construção civil: um panorama do período 2001-2010. **BNDES Setorial**, n. 35, mar. 2012, p. 47–84, 2012.