



6º CONCURSO CBCA/ABECE PARA ESTUDANTES DE
ENGENHARIA 2024

Galpões Logísticos em Estruturas de Aço.

São Paulo
2024

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2 FUNDAÇÃO PROFUNDA COM HÉLICE CONTÍNUA COM BLOCO DE COROAMENTO.....	11
FIGURA 1 FONTE: DOS MESMOS AUTORES.	11
FIGURA 3 CALHAS COM 450 MM DE LARGURA E 250 MM DE ALTURA.....	22
FIGURA 22 RESUMO TELHAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

SUMÁRIO

1	RESUMO.....	3
2	INTRODUÇÃO	4
2.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	4
2.2	OBJETIVOS	6
3	INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO	8
3.1	LOCALIZAÇÃO	8
3.2	CLIMA E RELEVO	8
3.3	GEOTECNIA.....	9
4	INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE O PROJETO	10
4.1	FUNDAÇÕES.....	10
4.2	MODELAGEM DA ESTRUTURA NO CYPECAD E METÁLICAS 3D	12
4.3	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	12
4.4	PISOS	13
4.5	PILARES	14
4.6	VIGAS	16
5	CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA.....	19
5.1	CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO	20
5.2	COBERTURA	20
5.2.1	CALHAS.....	21
6	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	23
6.2	ESFORÇOS SOLICITANTES.....	24
6.3	FLAMBAGEM.....	25
6.4	AÇO E SEU COMPORTAMENTO.....	26
6.5	SOLDAGEM.....	28
6.5.1	PROCESSOS DE SOLDAGEM	28

6.5.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE SOLDA	29
6 CHUMBADORES	30
7 PRÉ-DIMENSIONAMENTO.....	31
7.1 LEVANTAMENTO DOS CARREGAMENTOS	31
7.1.1 Cargas de vento	32
8 NORMAS REGULAMENTADAS CARREGAMENTO DE CARGAS.	37
9 DIMENSIONAMENTO.....	38
9.1 DADOS DO PROJETO	38
9.2 TELHAS DA COBERTURA E FECHAMENTO LATERAL.....	40
9.3 DIMENSIONAMENTO SOLDA	42
9.4 DIMENSIONAMENTO PILAR.....	43
9.5 DIMENSIONAMENTO DA TERÇA.....	46
9.6 DIMENSIONAMENTO DO ELEMENTO DE APOIO E DO CHUMBADOR.....	49
9.7 DIMENSIONAMENTO DA MARQUISE EM BALANÇO	52
10 CANTEIRO DE OBRAS	56
10.1 ÁREAS ADMINISTRATIVAS E NORMAS APLICADAS.....	56
10.2 ÁREAS OPERACIONAIS	57
10.3 ÁREAS DE VIVÊNCIA.....	59
11 MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO	61
11.1 TRANSPORTE	63
11.1.1 Guindaste.....	65
11.1.2 Grua	65
12 SEGURANÇA E MANUTENÇÃO	67
12.1 PROTEÇÃO DA EDIFICAÇÃO CONTRA CORROSÃO	68
13 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS NORMATIVAS CITADAS AO LONGO DO PROJETO:	71
14 CONCLUSÃO FINAL.....	73

1 RESUMO

Ressaltando a importância da proposta sugerida pelo CBCA em estruturas de aço no segmento galpões de logística, entendemos o quanto importantes nossos questionamentos, planejamentos, soluções e pesquisas, foram necessárias para ampliarmos nosso conhecimento dentro de um leque de oportunidades que podemos viver durante este projeto.

Atualmente em nossas buscas, nos colocamos de frente às experiências que nos foram concedidas, para expandir nossos conhecimentos como alunos e futuros engenheiros na descoberta do “mundo das estruturas em aço”, com melhor aprofundamento do tema, o que nos motivou a entrega e dedicação em cada estudo apresentado aqui.

Falando resumidamente sobre nosso tema, a construção industrial em galpões de logística, tem se destacado cada vez mais, trazendo soluções eficientes, versáteis, flexibilidade nos diversos designs apresentados, durabilidade, eficiência na rapidez de montagem, infraestruturas adaptáveis, trazendo praticidade ao atender as exigências operacionais de armazenamento e distribuição nas suas diversas aplicações dentro da construção civil.

2 INTRODUÇÃO

O uso do aço em grandes estruturas dedicadas a espaços industriais, tem crescido uma porcentagem significativa aqui no Brasil, integrando de maneira arquitetônica, grandes espaços, e sendo reconhecido pela versatilidade do material e suas composições e propriedades, se comportando de maneira ímpar, na junção com o vidro, o concreto, a madeira, e seus diversos design e resistência.

No cenário construtivo, as estruturas metálicas, assumi um novo papel de destaque, principalmente nas grandes indústrias, o que nos gera um certo conforto, assumindo um papel de destaque não só na indústria, como na execução em tudo que engloba alta qualidade, performance, segurança nos processos desenvolvidos dentro do comportamento deste material. Vale ressaltar, toda competência técnica de bons profissionais no mercado atual, que se coloquem a entender estes processos, e toda inovação, se fazendo necessário novas habilidades dentro das normas já publicadas, quanto as normas já revisadas.

2.1 Apresentação do projeto

A decisão de investigar o processo de execução de estruturas metálicas em galpões logísticos é fundamentada na crescente importância e aceitação desse sistema construtivo no contexto brasileiro. Ao longo do tempo, o aço tem se destacado não apenas por sua flexibilidade e eficácia, mas também pelos inúmeros benefícios que oferece, como segurança, rapidez, precisão e controle de custos.

É dentro desse contexto de inovação e progresso que este projeto busca explorar os intrincados processos envolvidos na execução de uma estrutura metálica, aderindo às normas que delineiam os contornos de uma construção que se ergue não apenas em aço, mas também em visão e competência técnica.

O atual cenário da construção civil no Brasil testemunha a cada dia, uma transformação significativa, na qual o uso do aço transcende seu papel tradicional em grandes empreendimentos, ganhando destaque nos projetos industriais.

Além disso, a presença de uma siderúrgica moderna, capaz de fornecer produtos de alta qualidade, aliada à crescente demanda do mercado, cria um cenário propício para explorar e compreender em detalhes o processo de execução de estruturas metálicas de acordo com as normas vigentes.

Portanto, este projeto se justifica como uma oportunidade de disseminar conhecimento sobre uma prática construtiva em ascensão, fornecendo insights valiosos para profissionais da área, estudantes e todos os interessados em compreender as nuances e desafios dessa modalidade construtiva.

Nossa Metodologia:

A abordagem metodológica deste projeto adota uma perspectiva holística, integrando normas técnicas, softwares especializados e ferramentas de projeto para o dimensionamento e análise de estruturas metálicas, especialmente considerando a ação dos ventos. As etapas fundamentais dessa metodologia:

- ✓ Revisão das normas técnicas
- ✓ Utilização de Softwares: (Autocad, CYPE 3D, Visual vento)
- ✓ Modelagem e análise estrutural
- ✓ **Dimensionamento e verificação:**

Com base nos resultados da análise estrutural, serão efetuados os cálculos de dimensionamento das diferentes componentes da estrutura metálica, conforme as prescrições das normas técnicas aplicáveis. Serão utilizadas tabelas de especificações das treliças e dados pré-definidos de projeto para selecionar os elementos estruturais mais adequados às exigências de carga e resistência.

- ✓ **Descrição do Projeto:**

O objeto de estudo, se classifica em um galpão de logística estruturado em pilares metálicos com perfis laminados soldados, nas dimensões (90x210m), com módulos básicos de 12 a 18m para a terça no sentido longitudinal x 15 a 25m para a tesoura no sentido transversal. Pé direito até a cumeeira, de 13,7m.

Cobertura em telha metálica sanduíche, com inclinação de 3,0%, duas águas, juntamente com a vedação em alvenaria de blocos de concreto

com $h=1,0\text{m}$ apoiada sobre o piso, juntamente com as venezianas a $h=1,20$, e fechamento metálico até o topo.

Classificamos, como galpão de logística (CD – Centro de Distribuição), focados em operações de e-commerce, com espaço para separação, embalagem e despacho de pedidos.

Como principal fator nesta tipologia, temos a principal característica do pé direito de $13,7\text{m}$, o que diferencia para classificar um galpão com alta capacidade de armazenagem na vertical.

✓ **Vantagens:**

Por possuir grandes espaçamentos entre os pilares (entre $22,5\text{m}$), atende e facilita a circulação interna e movimentação de cargas com empilhadeiras.

Posicionamento das docas de carga, automação e tecnologia de esteiras também contam como um diferencial neste tipo de estrutura, pois atendem muito bem, este sistema automatizado.

2.2 Objetivos

O galpão foi projetado para atender demandas de logística e distribuição, dentro de uma proposta de construção moderna e eficiente, para armazenar e distribuir mercadorias do formato e-commerce, mas podendo se adequar as futuras necessidades e instalações diferenciadas (como por exemplo a implantação futura de mezanino para administração do local, bem como a implantação de WC, instalações de elétrica e hidráulica).

A estrutura tem por finalidade, otimizar o fluxo operacional diário, fluxo de mercadorias, manuseio e operacional de transporte logístico, e futuros estudos de implementação para sistema de carga e descarga no formato de docas, respeitando os limites e normas que defendem a boa qualidade funcional de todo espaço, capacitando assim, uma melhor movimentação interna de máquinas, empilhadeiras e outros equipamentos de grande porte, que possam fazer parte da rotina do espaço.

Temos como objetivo, apresentar e descrever os processos executivo de uma estrutura metálica, de acordo com as normas e exigências, e que englobam desde o projeto inicial e ideias à execução final e entrega, garantindo qualidade e prazos.

3 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO

3.1 Localização

O projeto foi concebido de forma flexível, sem estar vinculado a um terreno específico. Sua versatilidade permite que ele seja implementado de maneira isolada ou em grupos, adaptando-se à disponibilidade de espaço em diversas localidades. No caso específico do local de obra em Guarulhos - SP, essa flexibilidade é especialmente vantajosa, pois permite que o projeto seja ajustado conforme as características do terreno e as condições urbanas da região. Assim, é possível otimizar o uso do espaço disponível, atendendo às necessidades específicas do local e garantindo a eficiência da construção.

3.2 Clima e Relevo

No cálculo e planejamento deste projeto, é essencial considerar uma série de ações conforme as normas técnicas aplicáveis. Para tratar as influências da ação do vento e da variação de temperatura, o edital da 6ª edição do CONCURSO CBCA/ABECE PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA 2024 especifica a adoção da cidade de Guarulhos, SP, como referência. Essa escolha permite uma análise precisa e contextualizada das condições climáticas específicas da região.

Embora o projeto não tenha um local previamente definido, é importante ressaltar que o terreno onde ele será implementado é totalmente plano, sem quaisquer desníveis. Isso facilita o processo de construção e garante uma base uniforme para a implementação do projeto.

Ao levar esses fatores em consideração, o projeto poderá ser desenvolvido e construído de maneira a assegurar sua durabilidade e eficiência diante das demandas

climáticas específicas de Guarulhos, SP. Dessa forma, a abordagem técnica utilizada refletirá uma atenção cuidadosa às condições ambientais e às normas aplicáveis, garantindo a qualidade e o desempenho global do projeto.

3.3 Geotecnia

A Geotecnia desempenha um papel fundamental na indústria da construção civil, servindo como a base para garantir que os projetos sejam seguros e bem estruturados. Essa disciplina envolve o estudo das propriedades do solo e das rochas, analisando como esses materiais se comportam em interação com as estruturas construídas. A realização de um estudo geotécnico detalhado da área de implantação de um projeto é extremamente importante.

Ao compreender as características geológicas do terreno, como a resistência do solo, sua capacidade de suporte e a presença de água, o estudo geotécnico permite o desenvolvimento de fundações adequadas e soluções de estabilização do solo. Isso previne problemas como colapsos, recalques e outros danos significativos que poderiam ocorrer ao longo do tempo.

Além disso, a análise geotécnica oferece informações cruciais sobre a viabilidade econômica do projeto, auxilia na escolha de materiais apropriados e na prevenção de desastres naturais, como deslizamentos de terra. Assim, é indispensável realizar um estudo geotécnico rigoroso antes de iniciar qualquer obra, para garantir a segurança, a durabilidade e o sucesso do empreendimento.

No entanto, como o edital do 6º Concurso CBCA para Estudantes de Engenharia 2024 prevê que o projeto seja desenvolvido sem a definição de um terreno específico, de modo a permitir sua implementação de forma isolada ou em grupo, conforme a disponibilidade de espaço em cada região, não foi necessário realizar um estudo geotécnico específico. Dessa forma, foram consideradas apenas diretrizes de interesse geral.

4 INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE O PROJETO

4.1 Fundações

As fundações desempenham um papel crucial na Engenharia Civil, independentemente do tamanho da edificação. Elas são fundamentais para garantir a estabilidade e durabilidade das construções, transmitindo as cargas da estrutura para o solo de maneira segura e estável. As fundações também distribuem as cargas de forma uniforme, evitando concentrações que possam causar recalques ou deslocamentos prejudiciais à estrutura.

O projeto de fundações enfrenta vários desafios, especialmente devido à variedade de tipos de solo encontrados em diferentes locais. Solos como argila, areia, rocha e outros exigem abordagens específicas para o projeto de fundações. Por isso, a escolha incorreta do tipo de fundação pode causar problemas graves no futuro, destacando a importância dos estudos geotécnicos detalhados.

Outro fator essencial é a carga da estrutura. O peso da edificação e a distribuição de cargas devem ser cuidadosamente avaliados para que as fundações sejam dimensionadas para suportá-las de forma eficaz. Em edificações menores, fundações superficiais, como sapatas e blocos, podem ser adequadas. Já para estruturas maiores, é necessário o uso de fundações profundas, como estacas ou brocas.

Nas áreas propensas a terremotos, a estabilidade sísmica é uma preocupação fundamental. As fundações devem ser projetadas para resistir a forças sísmicas, o que representa um desafio adicional.

Com base nas sondagens do terreno, o engenheiro geotécnico definiu uma solução de fundação com o uso de estacas do tipo hélice contínua, com diâmetro mínimo de 40 cm e comprimento médio estimado de 64 m. Esta escolha é especialmente indicada para solos que apresentam características específicas de resistência e estabilidade, proporcionando uma transferência de carga segura para camadas mais profundas e estáveis do solo.

A abordagem para o projeto de fundações varia conforme o porte da edificação e as condições do terreno. Estudos geotécnicos detalhados são essenciais para determinar as propriedades do solo e os parâmetros de projeto. A decisão entre fundações isoladas (sob cada coluna) ou contínuas (uma base contínua sob toda a estrutura) também é crucial, assim como o planejamento de drenagem e impermeabilização para evitar problemas relacionados à umidade e corrosão.

O monitoramento contínuo do comportamento das fundações ao longo do tempo, aliado à manutenção adequada, é vital para preservar a integridade das fundações e, por consequência, da edificação. Portanto, o projeto de fundações é uma parte essencial da Engenharia Civil, exigindo uma abordagem personalizada para cada projeto, considerando as condições do solo, a carga da estrutura e outros fatores relevantes para garantir a segurança e longevidade da construção.

Na imagem abaixo, concluímos que este tipo de fundação estipulada pelo edital como estaca hélice contínua com profundidade de 64m, e diâmetro de 40mm, para apoio dos pilares

Figura 2 Fundação profunda com hélice contínua com bloco de coroamento

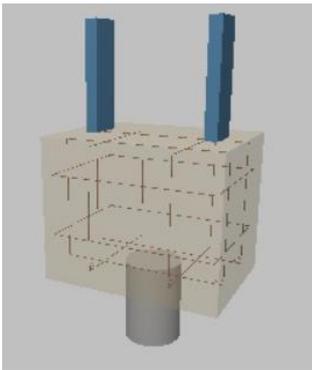


Figura 1 Fonte: dos mesmos autores.

4.2 Modelagem da estrutura no CypeCAD e Metálicas 3D

No dimensionamento estrutural, a utilização de softwares especializados, como o CypeCAD e o Metálicas 3D, é de grande valia para garantir a eficiência e segurança das estruturas construídas. Dentre as vantagens dessas ferramentas em relação às análises manuais é a precisão no cálculo das cargas, análise de tensões e dimensionamento de elementos estruturais. Em Primeiro lugar, o uso desses softwares permite uma análise detalhada e minuciosa das condições de carga que atuam sobre a estrutura, levando em consideração fatores como vento, peso próprio da estrutura, sobrecargas, entre outros. Essa precisão na análise ajuda a evitar o superdimensionamento ou subdimensionamento dos elementos estruturais, resultando em economia de materiais e, conseqüentemente, redução de custos. Outro ponto importante é a rapidez e eficiência no processo de dimensionamento. Softwares como o CypeCAD e o Metálicas 3D automatizam muitas etapas do cálculo, economizando tempo e reduzindo a margem de erro.

4.3 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

A vedação em alvenaria de blocos de concreto é uma técnica fundamental na construção civil, usada para criar divisórias internas e externas em edifícios. Esse tipo de alvenaria desempenha um papel crucial na definição dos espaços, proporcionando isolamento acústico e térmico, além de contribuir para a segurança e a privacidade dos ambientes.

Os blocos de concreto são amplamente utilizados em alvenaria de vedação devido às suas propriedades robustas e versatilidade. Eles podem ser sólidos ou vazados e são fabricados em diferentes tamanhos e formatos, dependendo das necessidades específicas do projeto.

Figura 2 alvenaria de vedação bloco de concreto



Fonte: <https://www.prantomix.com.br/post/como-fazer-um-muro-com-blocos-de-concreto>

A **ABNT NBR 16522** trata da alvenaria de blocos de concreto e estabelece as diretrizes para o projeto e a execução desse tipo de construção. Ela especifica requisitos técnicos para garantir a qualidade e a segurança das estruturas de alvenaria.

Aqui estão alguns pontos principais dessa norma:

Materiais e Blocos: Define os tipos de blocos de concreto, suas características e os requisitos mínimos de desempenho.

Projeto Estrutural: Orienta sobre o dimensionamento das paredes de alvenaria e a integração com outras partes da estrutura.

Execução: Estabelece as práticas recomendadas para a construção e a verificação da qualidade dos trabalhos realizados.

Controle de Qualidade: Inclui diretrizes para inspeção e ensaio dos blocos e das paredes para garantir a conformidade com os padrões estabelecidos.

4.4 Pisos

Os pisos armados para galpões metálicos são um componente essencial na construção de edifícios industriais e comerciais que utilizam estruturas metálicas. Esses pisos são projetados para suportar cargas pesadas e proporcionar durabilidade e segurança em ambientes de alta demanda, como fábricas, armazéns e centros de distribuição.

Pisos Armados: Definição e Propósito

Os pisos armados são construídos com uma camada de concreto reforçada com armaduras de aço para aumentar a resistência e a estabilidade do piso. Essa técnica é especialmente importante em galpões metálicos devido à necessidade de suportar grandes cargas e resistir ao desgaste contínuo.

Figura 3 piso concreto armado



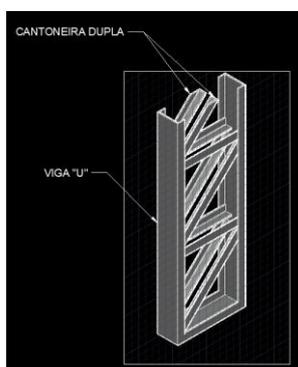
Fonte: <https://www.bombaserv.com.br/concretos/pisos-industriais/piso-industrial-de-concreto-armado/piso-industrial-de-concreto-armado-sapopemba>

4.5 Pilares

Os pilares treliçados são uma escolha eficiente e popular na construção de galpões metálicos devido à sua capacidade de suportar grandes cargas e permitir grandes vãos livres. Vamos explorar como eles são aplicados especificamente em galpões metálicos e quais são suas principais vantagens e considerações.

Pilares treliçados são estruturas que consistem em uma rede de barras conectadas em um padrão geométrico, geralmente triangular, formando uma treliça. Esse design permite que a carga seja distribuída de maneira eficiente, proporcionando uma estrutura forte e leve.

Figura 4 pilares treliçados



Fonte: <https://forums.autodesk.com/t5/revit-navisworks-autodesk/como-criar-familia-de-pilar-trelicado/td-p/9610314>

Capacidade de Carga: Em galpões metálicos, que frequentemente suportam equipamentos pesados, estantes de armazenamento e veículos, os pilares treliçados oferecem uma solução eficaz para distribuir essas cargas.

Distribuição de Forças: O padrão em treliça permite uma distribuição uniforme das forças, minimizando a necessidade de material excessivo e reduzindo o peso dos pilares.

Espaço Livre: A estrutura treliçada permite a criação de grandes vãos livres, essencial em galpões onde se deseja um espaço interno sem colunas intermediárias que possam obstruir o layout.

Flexibilidade no Layout: Com grandes vãos, é possível projetar layouts mais flexíveis para armazenamento e operação, adaptando-se às necessidades do negócio.

Redução de Peso: Comparados aos pilares sólidos, os pilares treliçados utilizam menos material para atingir a mesma resistência, o que reduz o peso total da estrutura.

Custo-Efetivo: A economia de material pode resultar em uma redução nos custos de construção, além de facilitar a montagem.

Aparência Moderna: A aparência dos pilares treliçados pode contribuir para um design arquitetônico moderno e atraente, especialmente em galpões onde a estética é uma consideração importante.

Integração com Estrutura Metálica: A combinação dos pilares treliçados com a estrutura metálica do galpão pode resultar em uma harmonia visual e estrutural.

Projeto e Engenharia:

Análise Estrutural: É crucial realizar uma análise estrutural detalhada para garantir que os pilares treliçados possam suportar as cargas esperadas e atender aos requisitos do projeto.

Desenho da Treliça: O design da treliça deve ser cuidadosamente planejado para otimizar a eficiência do material e garantir a estabilidade da estrutura.

Precisão: A fabricação dos pilares treliçados deve ser precisa para garantir a montagem correta e a integridade estrutural.

Montagem no Local: A montagem dos pilares treliçados deve ser realizada com cuidado para assegurar que todas as conexões e fixações estejam corretas.

Inspeção Regular: Inspeções periódicas são necessárias para verificar a integridade dos pilares e identificar quaisquer sinais de desgaste ou danos.

Tratamento de Corrosão: Em ambientes onde a corrosão é uma preocupação, é essencial aplicar tratamentos anticorrosivos e realizar manutenção para prolongar a vida útil dos pilares.

Carga Dinâmica e Estática: Os pilares treliçados devem ser projetados para suportar tantas cargas dinâmicas (como movimentação de equipamentos) quanto estáticas (como armazenamento pesado).

Condições Ambientais: O ambiente onde o galpão está localizado pode influenciar o tipo de material e tratamento necessário para os pilares, especialmente em áreas com alta umidade ou exposição a agentes corrosivos.

4.6 Vigas

As vigas treliçadas são um componente essencial na construção de galpões metálicos, desempenhando um papel crucial na sustentação e distribuição de cargas. Essas vigas são projetadas para suportar grandes vãos e cargas pesadas, proporcionando eficiência estrutural e flexibilidade no design dos galpões.

Vigas treliçadas são estruturas compostas por uma série de elementos interligados que formam um padrão geométrico, geralmente triangular. Esse design em treliça permite que as forças sejam distribuídas de maneira eficiente, resultando em uma estrutura robusta e leve.

Capacidade de Vão Livre: As vigas treliçadas permitem a construção de grandes vãos sem a necessidade de colunas intermediárias, o que é essencial em galpões metálicos onde se busca um espaço interno desobstruído.

Flexibilidade no Layout: A possibilidade de criar grandes espaços livres oferece flexibilidade para o layout do galpão, facilitando a instalação de equipamentos, estantes e sistemas de armazenamento.

Distribuição de Cargas: O design em treliça ajuda a distribuir as cargas de maneira uniforme, reduzindo o peso total da estrutura e minimizando o uso de material.

Economia de Material: Ao reduzir a quantidade de aço necessário sem comprometer a resistência, as vigas treliçadas podem resultar em economia de material e custos.

Aparência Moderna: As vigas treliçadas contribuem para um visual moderno e estilizado, o que pode ser desejável em alguns projetos de galpões metálicos.

Integração com a Estrutura: O design treliçado pode complementar a estética da estrutura metálica do galpão, criando uma harmonia visual e funcional.

Barra de Compressão e Tração: As barras que formam a treliça são projetadas para suportar forças de compressão e tração, garantindo que a viga funcione de forma eficiente.

Nós: Os pontos de interseção das barras, conhecidos como nós, são projetados para transferir as cargas de maneira eficaz e são muitas vezes soldados ou conectados com acessórios especiais.

Tratamento Anticorrosivo: Em ambientes suscetíveis à corrosão, as vigas treliçadas devem ser tratadas com revestimentos anticorrosivos para garantir a durabilidade a longo prazo.

Manutenção e Inspeção: Inspeções regulares são necessárias para verificar a integridade dos elementos da treliça e realizar reparos quando necessário.

Análise Estrutural: O projeto das vigas treliçadas deve incluir uma análise estrutural detalhada para garantir que as vigas possam suportar as cargas esperadas e atender aos requisitos do galpão.

Desenho da Treliça: O padrão da treliça deve ser projetado para otimizar a eficiência e garantir a estabilidade da estrutura.

Precisão na Fabricação: A fabricação das vigas treliçadas deve ser precisa para garantir a montagem correta e a integridade estrutural.

Montagem no Local: As vigas são montadas no local com cuidado para assegurar que todas as conexões estejam corretas e seguras.

Integração com Outras Estruturas:

Conexão com Pilares e Fundamentos: As vigas treliçadas devem ser integradas corretamente com os pilares e fundamentos do galpão para garantir uma estrutura estável.

Considerações para Cobertura: A integração das vigas com o sistema de cobertura deve ser planejada para garantir que a estrutura suporte as cargas do telhado e outros elementos.

Cargas Dinâmicas e Estáticas: As vigas treliçadas devem ser projetadas para suportar tantas cargas dinâmicas (movimentação de equipamentos e veículos) quanto estáticas (armazenamento e estrutura fixa).

Inspeção Periódica: Inspeções regulares são essenciais para garantir que as vigas permaneçam em boas condições e identificar problemas antes que se tornem graves.

Reparos e Reforços: Danos ou desgastes nas vigas devem ser reparados prontamente para evitar a deterioração da estrutura.

5 CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA

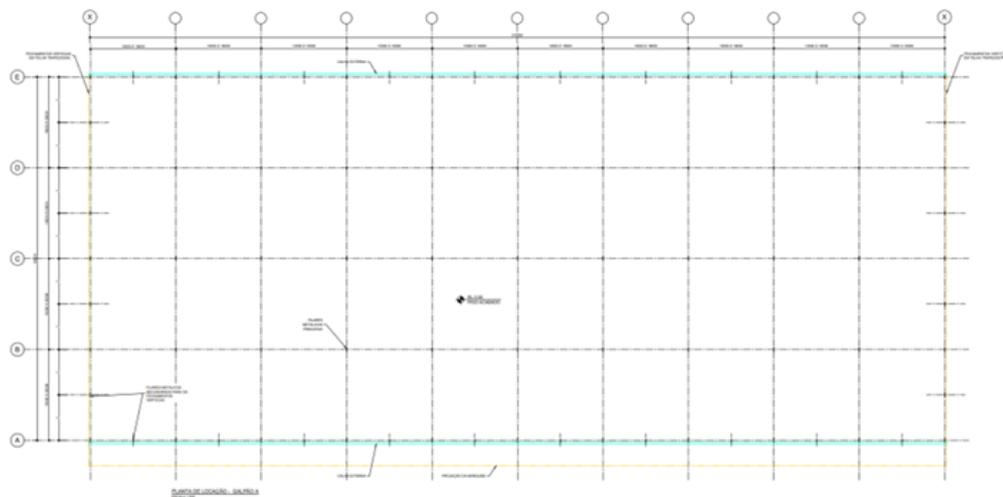


Figura 5 PLANTA DE LOCAÇÃO DO GALPÃO

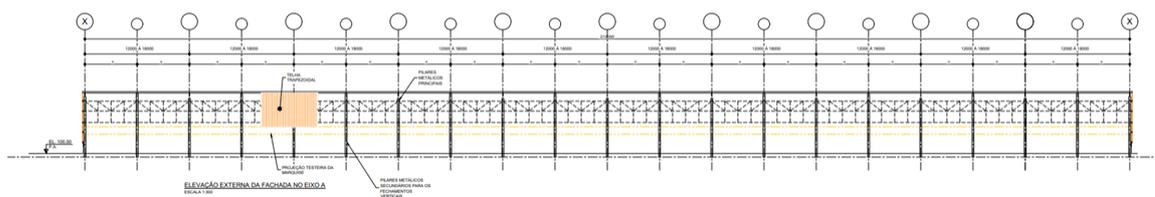


Figura 6 ELEVADO EXTERNA DA FACHADA NO EIXO A

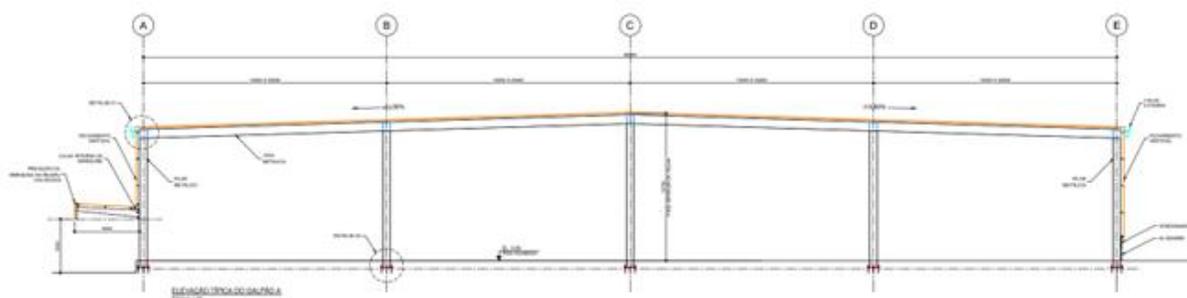


Figura 7 ELEVADO TÍPICA DO GALPÃO

5.1 Características da edificação

A estrutura do galpão pode ser projetada utilizando perfis laminados, soldados, tubulares ou formados a frio, conforme a análise mais adequada do grupo. A estrutura pode ser de aço ou mista, combinando aço e concreto. A escolha dos perfis deve considerar fatores como economia, versatilidade e eficiência da solução estrutural. O projeto da estrutura deve atender aos requisitos de segurança, estética e funcionalidade, conforme as diretrizes fornecidas. A eficiência da estrutura será avaliada com base no consumo de material, mas a viabilidade executiva também é crucial, levando em consideração aspectos de fabricação, transporte e montagem, incluindo o projeto das ligações.

A estrutura da cobertura deve ser detalhada, respeitando as especificações fornecidas, e incluir calhas com 450 mm de largura e 250 mm de altura. O projeto deve apresentar detalhes construtivos gerais, como a seção transversal de um trecho do telhado, e detalhes de interface e fixação à estrutura metálica, apresentados como seções verticais ou perspectivas 3D, em escala que permita uma leitura clara das informações.

5.2 Cobertura

Utilização de telhas metálicas tipo sanduíche, compostas por duas chapas metálicas galvanizadas de 0,43 mm de espessura, com isolamento de 40 mm de poliuretano (PUR) ou Poliisocianurato (PIR).

- Pilares metálicos: Utilização de perfis laminados, soldados ou tubulares.
- Tesouras metálicas: Utilização de perfis laminados, soldados ou tubulares.
- Terças metálicas: Emprego de perfis de chapa dobrada ou treliças planas aparafusadas.
- Longarinas de fechamento metálicas: Uso de perfis de chapa dobrada e seus respectivos acessórios.

- Contraventamentos horizontais e verticais: Uso de perfis laminados, de chapa dobrada e ferros redondos, onde necessário.
- Chumbadores: Em ferro redondo, com chapa ou porca de ancoragem.

Os carregamentos utilizados na análise estrutural devem ser compatíveis com os sistemas escolhidos para os elementos acima e estar de acordo com a **NBR 6120:2019**, que trata das cargas para cálculo de estruturas de edificações. Além disso, o projeto deve considerar as forças devidas ao vento conforme a **NBR 6123:12/2023**.

O projeto da estrutura deve atender aos requisitos de segurança, estética e funcionalidade, conforme as diretrizes fornecidas. A eficiência da estrutura será avaliada com base no consumo de material, mas a viabilidade executiva também é crucial, levando em consideração aspectos de fabricação, transporte e montagem, incluindo o projeto das ligações.

Figura 8 – Telha sanduíche para cobertura do galpão.



Fonte: <https://paraferro.com.br/loja/produto/telha-termoacustica-trapezoidal-eps-30mm/>

5.2.1 CALHAS

A estrutura da cobertura deve ser detalhada, respeitando as especificações fornecidas, e incluir calhas com 450 mm de largura e 250 mm de altura. O projeto deve apresentar detalhes construtivos gerais, como a seção transversal de um trecho do telhado, e detalhes de interface e fixação à estrutura metálica, apresentados como seções verticais ou perspectivas 3D, em escala que permita uma leitura clara das informações.

Figura 3 calhas com 450 mm de largura e 250 mm de altura.



Fonte <https://www.rissomadeiras.com.br/calha-moldura-28>:

6 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

6.1 EQUILÍBRIO E ANÁLISE DAS FORÇAS

Ao se projetar um membro estrutural, é primordial a análise das forças que atuam no mesmo. Para que um corpo permaneça em equilíbrio existem duas condições: o somatório das forças deve ser nulo para não haja translação e o somatório dos momentos deve ser zero para que não haja rotação. Se tratando de um corpo, a partir das forças externas é possível determinar as reações, sejam elas de apoio ou por contato entre os corpos. O diagrama de corpo livre é uma ferramenta um tanto quanto útil para esse estudo. Nele são especificados todos os esforços e é feita a decomposição deles de acordo com o eixo de coordenadas adotado.

Momento fletor: solicitação que provoca curvatura das seções. Por convenção, considera-se que quando a parte inferior da peça fletida é tracionada e a parte superior comprimida, este possui valor positivo. Caso contrário, é negativo

Para cada tipo de apoio presente, são determinadas as forças de apoio. Se for uma articulação móvel, o movimento na direção perpendicular à reta da vinculação fica impedido, ou seja, há apenas um esforço de reação. Já na fixa, o impedimento vale para todas as direções, sendo as reações tanto na vertical quanto horizontal. No caso do engaste, ficam impossibilitados tanto o movimento de translação quanto de rotação, provocando geração de duas forças de apoio (vertical e horizontal) e um momento. Na figura abaixo é mostrado cada um deles:

Figura 9 - Diagrama de corpo livre em uma viga

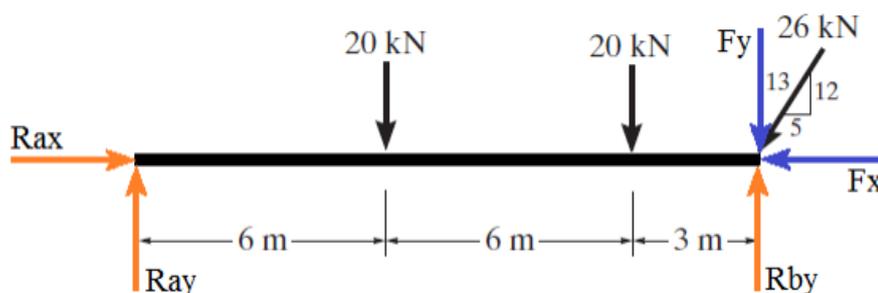
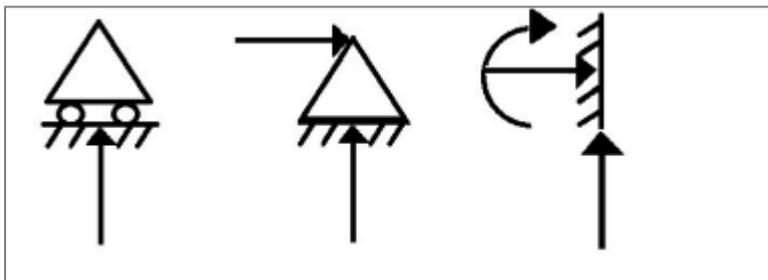


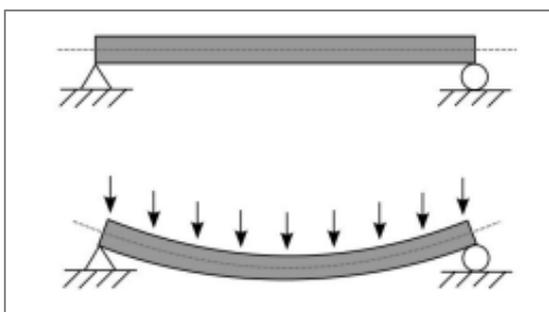
Figura 10 Apoios móvel, fixo e engaste respectivamente



6.2 ESFORÇOS SOLICITANTES

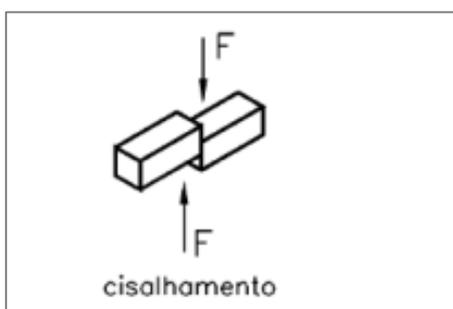
Momento fletor: solicitação que provoca curvatura das seções. Por convenção, considera-se que quando a parte inferior da peça fletida é tracionada e a parte superior comprimida, este possui valor positivo. Caso contrário, é negativo.

Figura 11 - Exemplo de flexão em uma viga



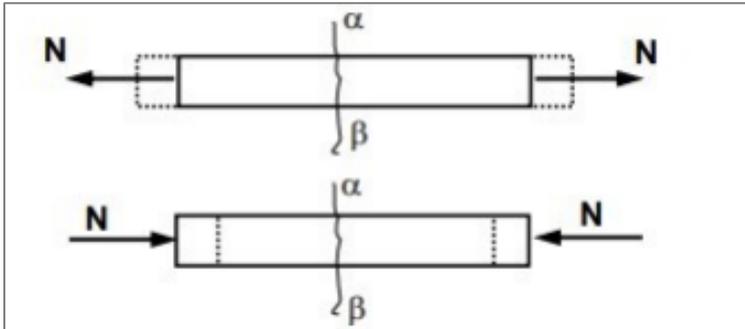
Força cortante: está diretamente relacionado ao momento fletor, visto que é caracterizado por atuar transversalmente ao eixo da peça, cilhando-a. Quando provoca rotação de sentido horário, é adotado o sinal positivo. Já para sentido anti-horário, toma-se o sinal negativo.

Figura 12 Cisalhamento de uma estrutura



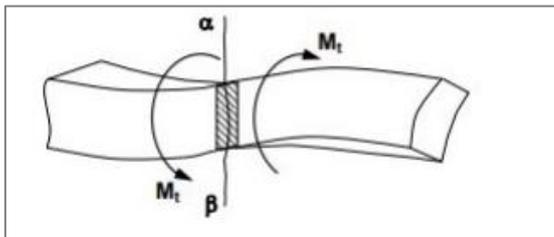
Força normal: Como o próprio nome indica, é um esforço ortogonal à seção. Se for de tração, tem valor positivo. Por outro lado, quando de compressão possui valor negativo.

Figura 13 - Forças normal de tração e compressão



Momento torçor: Se caracteriza por fazer parte do corpo girar em relação ao seu eixo. Esse giro provoca deformação que é definida pelo ângulo de torção.

Figura 13 - Forças normal de tração e compressão



6.3 FLAMBAGEM

Quando um membro estrutural é submetido à esforços compressivos, é possível que ele perca sua estabilidade e saia do estado de equilíbrio. Essa situação é mais provável de acontecer se a estrutura em análise for esbelta e comprida. Nesse caso ocorre o fenômeno da flambagem, o qual provoca uma deflexão do elemento. Por esse motivo, é fundamental que se verifique a capacidade da estrutura de suportar a carga aplicada sem defletir. Se necessário, é recomendado que se façam alterações no projeto de modo a mesma não flambe (colocar articulações, contraventamentos, escorar colunas, dentre outros). Este tema foi estudado pelo matemático Euler, que

analisou o equilíbrio de uma coluna comprimida. Em seu estudo ele considerou que ela é perfeita geometricamente, não possuindo, portanto, tensões residuais. Além disso, o material se comporta de forma elástico linear e a carga está perfeitamente centrada. Através de suas observações e considerações, ele conseguiu encontrar uma expressão para se quantificar a carga a partir da qual são percebidos deslocamentos laterais. Ela foi denominada carga crítica e determina a iminência do momento da flambagem. Seu valor é dado pela expressão:

Onde:

P_{cr} – carga axial máxima, a qual se excedida, é sucedida por flambagem;

E – Módulo de elasticidade do material;

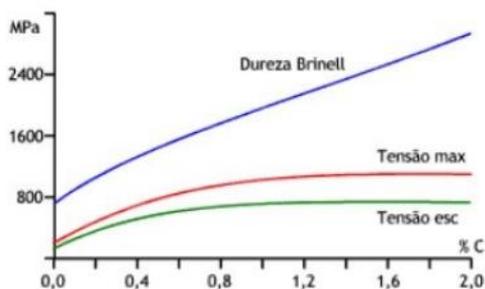
I – Menor momento de inércia da área da seção transversal;

L_e – comprimento equivalente, que depende das condições de apoio da estrutura.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2}$$

Na figura abaixo são mostradas outras condições de apoio:

Figura 14 Comprimento de flambagem para diferentes tipos de apoio



6.4 AÇO E SEU COMPORTAMENTO

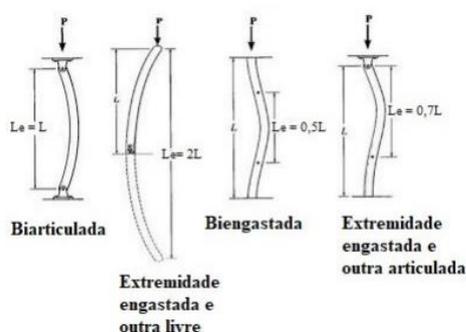
Aço é uma liga formada basicamente por ferro e carbono, sendo que este último componente tem concentração variável entre 0,008% até 2,11%. Possui ainda elementos residuais, os quais, se estiverem com teor acima do normal, influenciam de forma considerável as propriedades mecânicas do material (aços-liga). O aço pode

ser classificado de acordo com o teor de carbono. De acordo com Vicente Chiaverini, a classificação mais comum é:

- Aços doces: com carbono entre 0,15% e 0,25%;
- Aços meio-duros: com carbono entre 0,25 e 0,50%;
- Aços duros: com carbono entre 0,50 e 1,4%. A quantidade presente deste elemento possui caráter determinante no comportamento do aço. Quanto maior for, melhores serão a dureza, limites de escoamento e de resistência à tração. Por outro lado, piores serão sua ductilidade e tenacidade, ou seja, menor é a sua capacidade de absorver impactos.

Dependendo da aplicação a que se destina, o aço deve ser submetido ainda a tratamentos térmicos, tais como recozimento ou normalização. Já a introdução de elementos de liga permite melhorar diversos aspectos, tais como: aumentar dureza e resistência mecânica, diminuir peso, conferir resistência à corrosão, elevar a resistência ao calor e ao desgaste, dentre outros. Por aliar baixo custo com fácil manejo e disponibilidade, o aço é amplamente utilizado na indústria. No que diz respeito à engenharia estrutural, é aplicado tanto em elementos fixos (pontes, edifícios) como móveis (carros, navios, aviões). Para servir a este propósito, uma das características primordiais que ele deve apresentar é boa ductilidade. São também requeridas homogeneidade, soldabilidade e resistência razoável à corrosão. De modo a melhorar as condições de projeto, podem também sofrer adição de componentes, passando a receber o nome de aço de alta resistência e baixo teor em liga. No que diz respeito à construção civil, o interesse maior recai sobre os aços de média e alta resistência, já que possuem melhores tenacidade e tensão de escoamento. Por outro lado, é fundamental que também se leve em conta fatores como: localização da obra, disponibilidade do material, condições climáticas no local e os custos envolvidos.

Figura 15 Efeitos da concentração de carbono no aço



6.5 SOLDAGEM

Soldagem é o processo de unir permanentemente materiais, principalmente metais, sejam eles similares ou diferentes, garantindo a continuidade de suas propriedades físicas e químicas na junta. Essa técnica oferece diversas vantagens, como a ampla variedade de processos disponíveis, o aproveitamento total do material, a formação de estruturas mais rígidas, e a possibilidade de execução manual ou automática. No entanto, ela também apresenta desafios, como a necessidade de uma limpeza cuidadosa, mão de obra altamente qualificada, e um maior consumo de energia elétrica, entre outros.

6.5.1 PROCESSOS DE SOLDAGEM

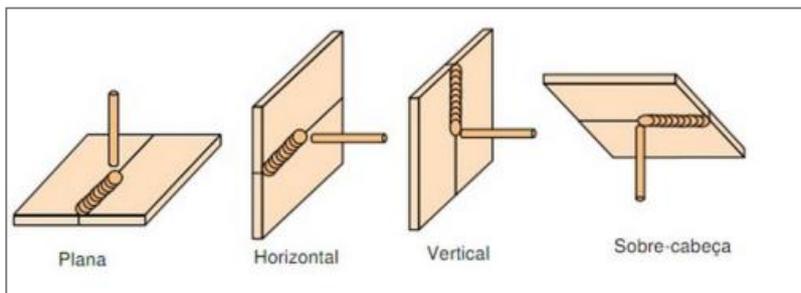
Existem inúmeros processos de soldagem, mas os mais utilizados são:

- ✓ Soldagem manual com eletrodo revestido: atualmente é o mais utilizado, devido a sua versatilidade. É um processo que consiste em uma máquina de solda que produz a corrente elétrica necessária para a produção do arco elétrico entre o eletrodo revestido e a peça a ser soldado.
- ✓ Soldagem a arco submerso: é um processo a arco elétrico em que o eletrodo (arame nu) é alimentado continuamente por equipamentos e funde-se no arco voltaico sob a proteção de um fluxo de pó (que substitui o revestimento dos eletrodos).
- ✓ Soldagem TIG, MIG, MAG ou soldagem em atmosfera gasosa: é um processo a arco elétrico em que os eletrodos são alimentados continuamente em uma atmosfera de gás inerte
- ✓ Soldagem Plasma: é um processo a arco elétrico pelo aquecimento do eletrodo não consumível e a peça de trabalho. É utilizado dois fluxos de gás separados: o gás plasma que fói a volta do eletrodo não consumível, formando o núcleo do arco plasma e o gás de proteção, que protege a área soldada contra os gases atmosféricos.

- ✓ Soldagem com eletrodo tubular: é um processo com características similares ao processo MIG/MAG, diferenciando-se pelo uso do arame/eletrodo tubular, na qual a proteção do arco é feita por um fluxo granular interno ao eletrodo, podendo ainda utilizar proteção gasosa ou não.

6.5.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE SOLDA

Figura 16 Classificação de soldas quanto à posição



Fonte: Chiaverini, V. Aços e ferros fundidos. 6. Ed

Quanto ao tipo, as soldas são classificadas em: filete, entalhe ou chanfro, ranhura e tampão. As soldas em filete são as mais utilizadas para cargas de pouca intensidade, devido à pouca preparação do material e por ser a mais econômica. Já as soldas de entalhe são bem aconselháveis por possuir resistência elevada com menor volume de solda. A solda de ranhura e tampão estão limitadas a casos especiais onde as soldas de filete e entalhe não são adequadas.

6 CHUMBADORES

Os chumbadores são elementos de fixação amplamente utilizados na construção civil e se dividem em dois tipos principais: mecânicos e químicos. O chumbador mecânico é um tipo de parafuso com porca, envolto por uma camada externa que se expande quando é aplicado torque ao parafuso, aumentando o diâmetro do chumbador e fixando-o no furo. Esses chumbadores são bastante comuns na construção civil, com uma grande variedade de modelos disponíveis no mercado.

Os chumbadores químicos, por sua vez, consistem em uma cápsula preenchida com produtos químicos que é inserida no furo no concreto. Quando a barra roscada é colocada, a cápsula se rompe e os produtos químicos se endurecem, fixando a barra permanentemente.

Podem ocorrer algumas falhas nos chumbadores, como a falha na expansão, que ocorre quando o esforço de tração aplicado ao chumbador excede a força de expansão do chumbador e do material-base; falha no chumbador, que acontece quando a carga aplicada supera a resistência do chumbador; e falha no material base, que ocorre quando a carga aplicada é maior que a resistência do concreto.

7 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

7.1 Levantamento dos carregamentos

O presente memorial descreve os procedimentos para determinação e aplicação dos carregamentos em uma estrutura de aço de acordo com a Norma Brasileira ABNT **NBR8800:2008** Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. De forma que a norma define diferentes tipos de carregamentos que devem ser considerados no projeto de uma estrutura de aço. Esses carregamentos podem ser divididos em três etapas: permanentes, variáveis e especiais, sendo adotado no projeto em questão os seguintes:

- ✓ Cargas Permanentes – conhecidas como cargas permanentes ou cargas mortas, são aplicadas sobre a estrutura, ao longo da sua vida útil, incluindo o peso dos próprios elementos estruturais e de outros componentes fixos do galpão como: *peso próprio da estrutura* (pilares, vigas, lajes, e concreto pré moldado); *cobertura e fechamento lateral* (peso dos materiais da cobertura e das paredes laterais); *Pisos Industriais* (como o piso é projetado para suportar grandes cargas como empilhadeiras, equipamentos e caminhões, também contribui para esta soma de carga permanente).
- ✓ Cargas Variáveis (Cargas acidentais) – São cargas que podem mudar ao longo do tempo, incluem as atividades e operações que ocorrem dentro do galpão e seus fatores externos que afetam a estrutura, como: *cargas de uso e ocupação* (carga gerada por pessoas, mercadorias, equipamentos, e operações no interior da estrutura); *cargas de equipamentos* (equipamentos como pontes rolantes, esteiras transportadoras, sistema de automação, podem gerar cargas dinâmicas significativas); *sobrecargas de vento* (validar localização geográfica, pois o galpão projetado em si, precisa resistir a força e ação dos ventos, (forças horizontais).

- ✓ Cargas Acidentais Especiais – Resultam de eventos inesperados, e situações emergenciais, que podem ocorrer durante a vida útil da estrutura como exemplo: *cargas sísmicas* (projeto precisa prever capacidade da estrutura suportar movimentações provocadas pelas condições climáticas); *impacto de veículos ou equipamentos* (quando há o risco de impacto acidental de veículos como caminhões, empilhadeiras, ou guindastes, contra a estrutura); incêndios e explosões (estrutura precisa ser projetada para resistir a cargas térmicas e pressões geradas em casos de incêndios ou explosões); *inundações* (áreas sujeitas a enchentes, cargas decorrentes de pressão hidrostática e impacto de detritos transportados pela água, também devem ser previstas).

Esses três tipos de carregamentos, devem ser cuidadosamente analisados e combinados, conforme prevê a norma técnica de cálculo estrutural, para garantir a segurança e durabilidade do galpão. Usando os softwares de simulação estrutural, junto com a aplicação das normas, consegue-se realizar cálculos corretos de carregamento de cargas, evitando assim possíveis falhas no projeto.

7.1.1 Cargas de vento

Para a realização do cálculo das forças do vento, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela NBR, adotamos o aplicativo VisualVentos, uma ferramenta essencial proporcionada pelo nosso orientador de curso. Com esta aplicação especializada, foi possível efetuar análises detalhadas e precisas, direcionadas especificamente para o dimensionamento do pórtico do nosso galpão metálico. Essa abordagem tecnológica avançada não apenas facilitou a avaliação das cargas impostas pelo vento, mas também evidenciou o compromisso com a excelência e a conformidade normativa em nosso processo de projeto.

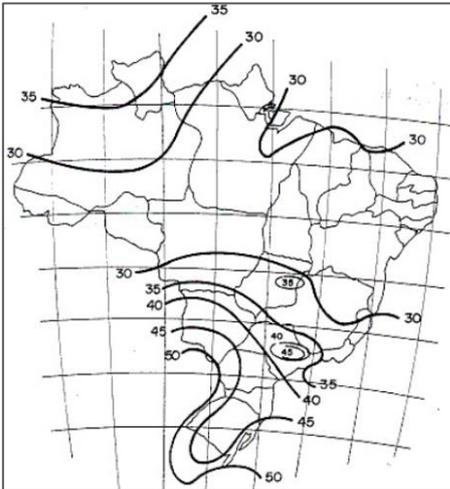
CÁLCULO VISUAL VENTOS - GALPÃO 90X210m					
DIMENSÕES	MEDIDAS	DISTÂNCIA ENTRE PÓRTICOS	ÁREA DAS ABERTURAS		
			FACE	FIXA	MÓVEL
h: 12,35	a: 210	p: 11,25			
h1: 1,35	a1: 24,70		A1	270m ²	0m ²
B: 1,72	a2: 80,30		A2	270m ²	0m ²
	b: 90		A3	270m ²	0m ²
	b1: 24,70		B1	0m ²	0m ²
			B2	0m ²	0m ²
			B3	0m ²	0m ²
			C1	0m ²	0m ²
			C2	0m ²	0m ²
			D1	0m ²	0m ²
			D2	0m ²	0m ²

Dados Geométricos

Análise das Isopeletas de vento

Velocidade básica do vento: $V_0 = 38,00$ m/s

Figura 25 Dos autores (2024)

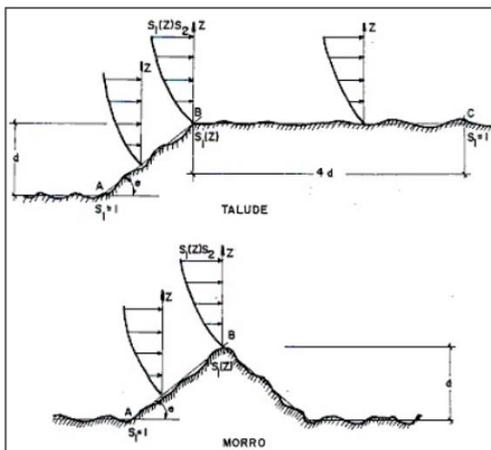


Fator Topográfico (S_1)

Terreno plano ou fracamente acidentado

$S_1 = 1,00$

Figura 26 Dos autores (2024)



Fator de Rugosidade (S2)

Categoria IV

Classe C (maior dimensão ou igual a 50m).

Parâmetros retirados da Tabela 2 da **NBR6123/88** que relaciona Categoria e Classe

$$b = 0,84$$

$$Fr = 0,95$$

$$p = 0,13$$

$$S2 = b * Fr * (z/10) \exp p$$

$$S2 = 0,84 * 0,95 * (13,70/10) \exp 0,13$$

$$S2 = 0,83$$

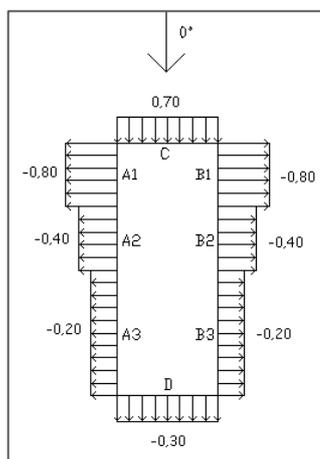
Fator Estático (S3)

Grupo 2 - Edificações para hotéis e residências.

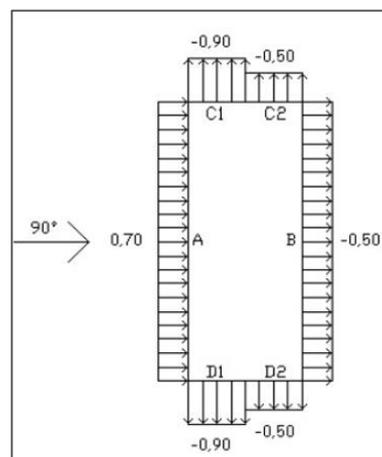
Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.

$$S3 = 1,00$$

Coeficiente de pressão externa – paredes

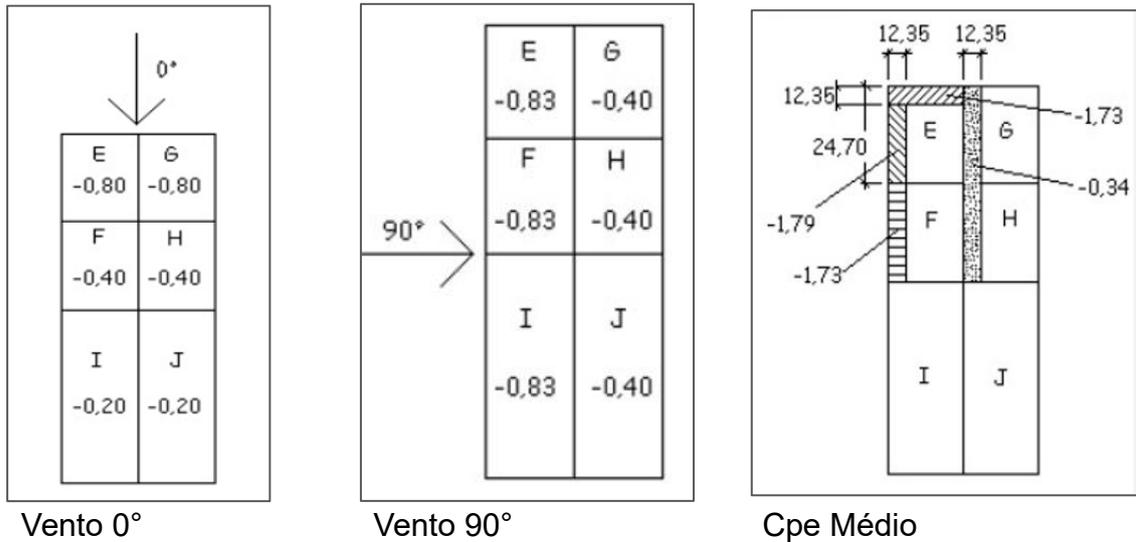


Vento 0°



Vento 90°

Coeficiente de pressão externa – telhados



Coeficiente de pressão interno

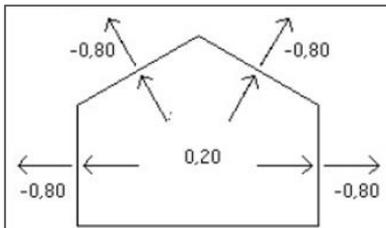
Cpe médio = -1,00

Cpi 1 = 0,20

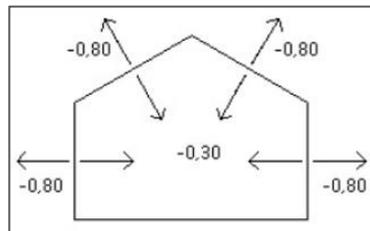
Cpi 2 = -0,30

Combinação dos coeficientes de Pressão: VENTO 0°

Cpi: 0,20

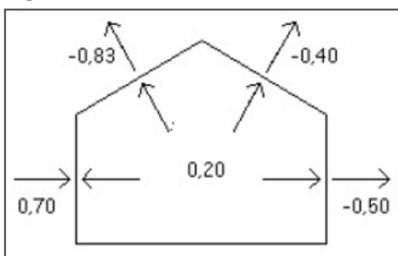


Cpi: 0,30

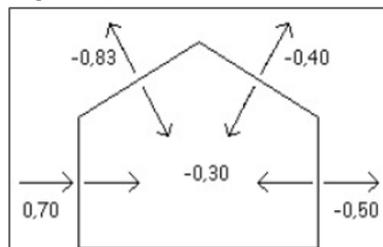


Combinação dos coeficientes de Pressão: VENTO 90°

Cpi: 0,20



Cpi: 0,30



Velocidade Característica de Vento

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$V_k = 38,00 * 1,00 * 0,83 * 1,00$$

$$V_k = 31,64 \text{ m/s}$$

Pressão Dinâmica

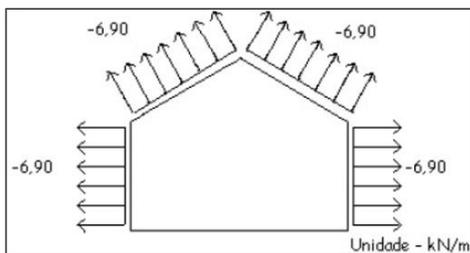
$$q = 0,613 * V_k^2$$

$$q = 0,613 * 31,64^2$$

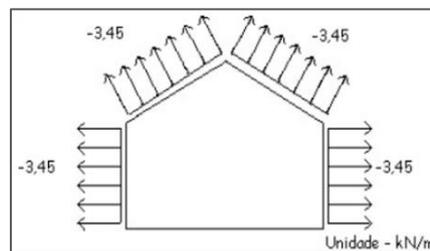
$$q = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

Esforços Resultantes – VENTO 0°

Cpi = -0,20

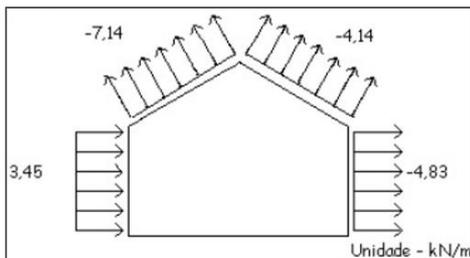


Cpi = -0,30

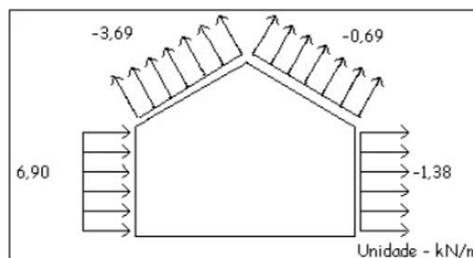


Esforços Resultantes – VENTO 90°

Cpi = -0,20



Cpi = -0,30



8 NORMAS REGULAMENTADAS CARREGAMENTO DE CARGAS.

ABNT NBR 8800:2008 (publicação confirmada 12/2023) "Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios". Esta norma estabelece os critérios para o projeto e execução de estruturas de aço e mistas, incluindo diretrizes para a consideração de cargas permanentes.

ABNT NBR 6120:09/2019 (publicação confirmada 03/2024) "Cargas para o cálculo de estruturas de edificações". Esta norma especifica as cargas que devem ser consideradas no cálculo de estruturas de edificações, incluindo cargas permanentes, variáveis e acidentais.

ABNT NBR 6123:12/2023 "Forças devidas ao vento em edificações".

Esta norma estabelece as condições para consideração das forças devidas às ações estática e dinâmica do vento, para efeitos de projeto de edificações (em sentido amplo), abrangendo edifícios, torres, chaminés, ginásios, pontes e outras obras de engenharia civil, e incluindo a estrutura como um todo ou em partes, componentes estruturais e acessórios.

ABNT NBR 8681:03/2003 (publicação confirmada 03/2024) "Ações e segurança nas estruturas - Procedimento". Esta norma trata dos princípios gerais para a determinação das ações nas estruturas, incluindo a consideração de cargas permanentes.

9 DIMENSIONAMENTO

9.1 DADOS DO PROJETO

O galpão projetado é composto por estruturas metálicas, sendo que a cobertura possui estrutura treliçada. Sua área é de 18,900m² e possui pé direito de 13,7 m. Tendo em vista que a construção estará submetida a um carregamento variável, o material a ser escolhido deve ter boa capacidade de absorção de impactos. Por esse motivo, foi escolhido o aço doce ASTM-A36, que possui propriedades mecânicas como boa tenacidade e resistência mecânica. Assim sendo, é esperado que o mesmo suporte às condições de carga previstas. As verificações serão expostas nos capítulos seguintes, levando sempre em conta a segurança e durabilidade da obra.

Memorial de Cálculo para Galpão Metálico

Abaixo o memorial de cálculo para o dimensionamento de um galpão metálico com dimensões de 90 m x 210 m, pé-direito de 13,7 m, utilizando pilares e vigas treliçados. Considera-se a cobertura de telhas sanduíche, fechamento vertical de telhas trapezoidais e uma velocidade de vento de 38,0 m/s.

Dados do projeto:

- ✓ Dimensões do Galpão: 90 m de largura x 210 m de comprimento.
- ✓ Pé-direito: 13,70 m.
- ✓ Cobertura: Telhas sanduíche (considerar densidade e espessura para cálculo de carga).
- ✓ Fechamento Vertical: Telhas trapezoidais (considerar densidade e espessura para cálculo de carga).
- ✓ Velocidade do Vento: 38,0 m/s.
- ✓ Normas Consideradas: **NBR 8800** (Dimensionamento de Estruturas de Aço) e NBR 6123 (Forças Devidas ao Vento).

Cálculo de cargas / Cargas Permanentes:

- ✓ Cobertura (Telhas Sanduíche): Estima-se uma carga de 0,25 kN/m².
- ✓ Fechamento Vertical (Telhas Trapezoidais): Estima-se uma carga de 0,15 kN/m².
- ✓ Estrutura Metálica (Pilares, Vigas, Treliças): Peso próprio estimado em 0,3 kN/m².
- ✓ Carga da Cobertura: 90m x 210m x 0,25kN/m² = 4.725kN
- ✓ Carga do Fec. Vertical: 2x (90+210m) x 13,7m x 0,15kN/m² = 1.233kN
- ✓ Carga da Estrutura Metálica: 18.900m² x 0,3kN/m² = 5.670kN

Cargas de Ventos

O cálculo da pressão do vento é feito pela NBR 6123:

$$p = 0,613 \cdot V^2 \cdot C_s \cdot C_t$$

Onde:

- ✓ $V = 38,0$ m/s (velocidade do vento),
- ✓ $C_s = 1,0$ (coeficiente de forma),
- ✓ $C_t = 1,0$ (coeficiente de topografia).

$$p = 0,613 \times (38,0)^2 = 885,7 \text{ N/m}^2 = 0,886 \text{ kN/m}^2$$

A área de influência vertical é de: 210m x 13,7 = 2.877m²

Carga total de vento: 2.877m² x 0,886 kN/m² = 2.549,6 kN

Dimensionamento dos Pilares

Considerando pilares compostos treplicados de aço, o dimensionamento envolve o cálculo de carga crítica de flambagem:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L)^2}$$

Onde:

$E = 210.000$ MPa (Módulo de Elasticidade do Aço).

$I = 0,0001$ m⁴ (momento de inércia assumido).

$K = 1,0$ (fator de comprimento efetivo),

$L = 13,7$ m (altura do pilar)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210.000 \times 0,0001}{(1 \times 13,7)^2} = 111,7 \text{ kN}$$

Dimensionamento das Vigas e Treliças

O dimensionamento das vigas de apoio e treliças da cobertura envolve cálculos de momentos fletores e esforços cortantes, dependendo da geometria da treliça e das condições de apoio. Métodos de análise estrutural como o método das forças ou dos deslocamentos podem ser utilizados.

Combinações de Cargas e Verificações

- ✓ As combinações de cargas devem ser calculadas conforme as normas NBR 8800 e NBR 8681.
- ✓ Verificações dos estados limites últimos (ELU) e estados limites de serviço (ELS) devem ser realizadas.
- ✓ As deformações e deslocamentos também devem ser verificados para garantir o desempenho estrutural adequado.

Conclusão do Memorial

O memorial apresentado é uma visão geral dos cálculos necessários para o dimensionamento de um galpão metálico. Para um projeto completo, seriam necessários cálculos mais detalhados, considerando todas as normas aplicáveis, análises de software de estruturas (como TQS, Eberick, SAP2000), e verificações de segurança e otimização de peso e custo.

9.2 Telhas da cobertura e fechamento lateral

Mediante aos resultados encontrados, temos que, algumas verificações não atendem aos requisitos da norma **ABNT NBR 8800: 2008**, esta que por sua vez é o objeto central do trabalho. Apesar de nem todas as condições atenderem, nota-se que não há risco eminente de ruptura da estrutura, uma vez que as condições exigidas devem atender a fatores de segurança impostos e exigidos previamente pela norma. A seguir será apresentado um quadro resumo de todos os carregamentos atuantes e as respectivas verificações tratadas nos capítulos anteriores:

Como os carregamentos atuantes são inferiores aos admissíveis, as telhas empregadas estão a favor da segurança. Nota-se que os fatores de segurança de 3,24 e 3,52, possuem uma folga considerável em relação aos esforços atuantes. É de suma importância informar ao leitor que a **ABNT NBR 8800: 2008**, não trata em seu texto sobre telhas da cobertura e telhas de fechamento, no entanto, para uma qualidade aprimorada do trabalhado e levando em conta também que as telhas fazem parte da estrutura, as telhas foram analisadas e estudadas como todas as outras demais repartições da estrutura

Figura 8 – Telha sanduíche para cobertura do galpão.



Fonte: <https://paraferro.com.br/loja/produto/telha-termoacustica-trapezoidal-eps-30mm/>

Figura 8 – Telha Trapezoidal para fechamentos laterais



Fonte: <https://www.criativatp.com.br/telha-trapezoidal-galvalume>

9.3 DIMENSIONAMENTO SOLDADA

Dimensionamento da Solda de Filete para dimensionar as soldas em um projeto de galpão metálico, precisamos considerar as conexões entre os elementos estruturais principais, como pilares, vigas e treliças. O dimensionamento de soldas depende dos esforços atuantes (cortantes, tração, compressão e momentos) e do tipo de junta (solda de filete, solda de penetração completa etc.).

Vou apresentar um exemplo de dimensionamento de solda de filete, que é comum em estruturas metálicas, para uma conexão típica entre uma viga e um pilar. Consideraremos uma solda de filetes submetida a uma força de cisalhamento.

Dados de projeto para a solda:

Tipo de solda: solda de filete

- ✓ Esforço Atuante (Cisalhamento, V): Suponha uma força de cisalhamento atuante de $V = 100$ kN na ligação entre viga e pilar.
- ✓ Ângulo da Solda: 45° (solda de filete padrão).
- ✓ Resistência ao Cisalhamento da Solda: f_{vw} : Aço estrutural ASTM A36, com limite de escoamento $f_y = 250$ MPa. A resistência ao cisalhamento é tipicamente $0,3f_y$

$$f_{vw} = 0,3 \times 250 \text{ MPa} = 75 \text{ MPa}$$

Dimensionamento da solda de filete

A resistência da solda de filete por unidade de comprimento (R_w) é dada por:

$$R_w = 0,707 \cdot a \cdot f_{vw}$$

Onde:

- ✓ a é o tamanho da garganta da solda (em mm)
- ✓ O fator $0,707$ vem da geometria de um triângulo retângulo (garganta = $a \cdot \sin(45^\circ)$)

Vamos dimensionar a solda para resistir ao esforço atuante $V = 100$ kN

Onde:

$$V = R_w \cdot L$$

- ✓ L é o comprimento total da solda.
- ✓ Podemos rearranjar para encontrar o tamanho da garganta a :

$$a = \frac{V}{0,707 \cdot L \cdot f_{vw}}$$

Cálculo do tamanho da garganta a

Suponha que a conexão tenha um comprimento de solda $L = 200$ mm.
Substituindo os valores:

$$a = \frac{100 \text{ kN}}{0,707 \times 200 \text{ mm} \times 75 \text{ MPa}}$$

Convertendo as unidades

$$a = \frac{100.000 \text{ N}}{0,707 \times 200 \times 75 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$a \approx 0,0094 \text{ m} = 9,4 \text{ mm}$$

Verificação da solda

O tamanho da garganta necessário é de aproximadamente 9,4 mm. Para fins práticos, utilizamos um tamanho de filete padronizado, arredondando para 10 mm.

Conclusão

O dimensionamento da solda de filete para a conexão entre a viga e o pilar resultou em uma garganta de solda de 10 mm. Este valor garante a resistência ao cisalhamento da conexão conforme os esforços atuantes. Recomenda-se sempre verificar os resultados conforme a norma NBR 8800 para a correta aplicação de fatores de segurança e procedimentos de soldagem.

9.4 DIMENSIONAMENTO PILAR

Vamos realizar o dimensionamento dos pilares do galpão metálico considerando os dados fornecidos do projeto. A análise se concentrará em dimensionar um pilar submetido a esforços de compressão e, possivelmente, momentos fletores devido às ações de vento.

Dados de Projeto de Pilares:

- ✓ Dimensões do Galpão: 90 m de largura x 210 m de comprimento.
- ✓ Pé-direito dos Pilares: 13,70 m.
- ✓ Cobertura: Telhas sanduíche com carga de 0,25 kN/m².
- ✓ Fechamento Vertical: Telhas trapezoidais com carga de 0,15 kN/m².
- ✓ Velocidade do Vento: 38,0 m/s.
- ✓ Material do Pilar: Aço ASTM A36 com resistência ao escoamento (f_y) de 250 MPa.
- ✓ Momento de Inércia do Pilar (I): Depende da seção escolhida. Vamos assumir inicialmente um perfil I ou H padrão.

Cargas Atuais no Pilar / Cargas de coberturas e fechamento:

- ✓ Carga de cobertura (telha sanduíche) – área de influência do pilar

$$\frac{90 \text{ m} \times 210 \text{ m}}{\text{Número de Pilares}}$$

- ✓ Carga da cobertura do pilar

$$\frac{4.725 \text{ kN}}{60} = 78,75 \text{ kN}$$

- ✓ Carga do fechamento Vertical (Telhas Trapezoidais): A pressão do vento é dada por:

$$\frac{1.233 \text{ kN}}{60} = 20,55 \text{ kN}$$

$$p = 0,613 \cdot V^2 = 0,613 \times 38^2 = 885,7 \text{ N/m}^2 = 0,886 \text{ kN/m}^2$$

Considerando a altura de 13,7 m e o espaçamento entre pilares de 10 m:

Área de Influência = 13,7m x 10m = 137m²

Carga de Vento do Pilar: 137m² x 0,886kN/m² = 121,3kN

A carga total que o pilar precisa suportar é a soma das cargas permanentes e da carga de vento:

Carga total = 78,75kN + 20,55kN + 121,3kN = 260,6kN

Dimensionamento do Pilar de aço:

Para dimensionar o pilar, devemos verificar a resistência à compressão e a flambagem:

$$N_d = \frac{f_v \cdot A_g}{\gamma_c}$$

Onde:

- ✓ A_g é a área da seção transversal do pilar.
- ✓ $\gamma_c = 1,4$ é o coeficiente de segurança.

Considerando um perfil I ou H (por exemplo, um perfil HEA ou HEB) e utilizando uma área de seção transversal estimada (A_g) de 200 cm² (0,02 m²):

$$N_d = \frac{250 \text{ MPa} \times 0,02 \text{ m}^2}{1,4} = \frac{250 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 0,02 \text{ m}^2}{1,4}$$

$$N_d = \frac{5.000.000 \text{ N}}{1,4} = 3.571,4 \text{ kN}$$

Verificação da Flambagem

A carga crítica de flambagem para o pilar é dada por:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L)^2}$$

Onde:

E= 210.000 MPa (Módulo de Elasticidade do Aço).

K= 1,0 (fator de comprimento efetivo).

L= 13,7 m (altura do pilar).

Assumindo $I = 10.000 \text{ cm}^4 = 0,0001 \text{ m}^4$ (momento de inércia).

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210.000 \text{ MPa} \times 0,0001 \text{ m}^4}{(1,0 \times 13,7 \text{ m})^2}$$

Convertendo MPa para N/m²:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210.000.000 \text{ N/m}^2 \times 0,0001 \text{ m}^4}{(13,7 \text{ m})^2}$$

$$N_{cr} = \frac{2.077.000 \text{ N}}{187,69 \text{ m}^2} = 11.068,8 \text{ N} = 11,07 \text{ kN}$$

9.5 DIMENSIONAMENTO DA TERÇA

Para o dimensionamento da terça do galpão metálico, precisamos considerar a carga da cobertura, as cargas de vento, e o espaçamento entre as terças. As terças são elementos secundários que

suportam as cargas da cobertura (telhas sanduíche) e as transferem para as vigas ou treliças principais.

Dados de Projeto para as terças

- ✓ Cobertura: Telhas sanduíche com carga de 0,25 kN/m².
- ✓ Espaçamento entre Terças: Suponha um espaçamento de 1,5 m.
- ✓ Comprimento Livre da Terça: Considerando que as terças estão apoiadas nas treliças principais com espaçamento de 5 m.
- ✓ Material da Terça: Aço ASTM A36 com resistência ao escoamento (f_y) de 250 MPa.
- ✓ Vento: Velocidade de 38 m/s, com pressão calculada de 0,886 kN/m².
- ✓ Coeficiente de Segurança: Para estruturas de aço, $\gamma_c = 1,4$.

Cálculo das Cargas Atuais na terça

As terças estão sujeitas a seguintes cargas:

- ✓ Carga Permanente da Cobertura

A carga da cobertura sobre a terça é calculada considerando o peso das telhas sanduíche:

$$q_{\text{cobertura}} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ Multiplicando pelo espaçamento entre terças:

$$q_{\text{cobertura, terça}} = 0,25 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 0,375 \text{ kN/m}$$

- ✓ Carga de ventos sobre a terça

- ✓ A carga de vento sobre a cobertura, considerando a pressão do vento e a inclinação da cobertura:

$$q_{\text{vento}} = 0,886 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ Considerando o mesmo espaçamento entre terças:

$$q_{\text{vento, terça}} = 0,886 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 1,329 \text{ kN/m}$$

- ✓ Carga total na Terça

A carga total sobre a terça é a soma das cargas permanentes e de vento:

$$q_{\text{total}} = q_{\text{cobertura, ter,ca}} + q_{\text{vento, ter,ca}}$$

$$q_{\text{total}} = 0,375 \text{ kN/m} + 1,329 \text{ kN/m} = 1,704 \text{ kN/m}$$

Vamos considerar o dimensionamento para flexão, escolhendo uma seção de perfil Z ou U laminado (como Z200 ou U200) que é comumente utilizado para terças.

$$M_{m'ax} = \frac{q_{\text{total}} \cdot L^2}{8}$$

Cálculo do momento fletor máximo

Para uma terça simplesmente apoiada com carga distribuída, o momento fletor máximo é dado por:

Onde:

$L = 5 \text{ m}$ é o vão da terça.

Substituindo os valores:

$$M_{m'ax} = \frac{1,704 \text{ kN/m} \times (5 \text{ m})^2}{8}$$
$$M_{m'ax} = \frac{1,704 \times 25}{8} = \frac{42,6}{8} = 5,33 \text{ kNm}$$

Cálculo da Resistência da terça

A resistência ao momento fletor de uma seção de aço é dada por:

Onde:

$$F_y = 250 \text{ MPa} = 250 \text{ kN/cm}^2$$

W_x é o módulo resistente da seção.

$$\gamma_c = 1,4$$

Assumindo um módulo resistente típico de um perfil Z200 com $W_x = 60 \text{ cm}^3 = 0,00006 \text{ m}^3$

$$M_R = \frac{250 \text{ kN/cm}^2 \times 0,00006 \text{ m}^3}{1,4}$$

Convertendo para kN:

$$M_R = \frac{250 \times 10^3 \times 0,00006}{1,4}$$

$$M_R = \frac{15}{1,4} = 10,71 \text{ kNm}$$

Verificação de Segurança:

A verificação da segurança é feita comparando o momento resistente da seção ao momento fletor máximo:

$$\text{Fator de Segurança} = \frac{M_R}{M_{m'ax}}$$

$$\text{Fator de Segurança} = \frac{10,71 \text{ kNm}}{5,33 \text{ kNm}} = 2,01$$

O fator de segurança é maior que 1, o que indica que a seção escolhida é adequada.

9.6 DIMENSIONAMENTO DO ELEMENTO DE APOIO E DO CHUMBADOR

Vamos dimensionar o elemento de apoio (sapata ou base de apoio) e os chumbadores (parafusos de ancoragem) que conectam os pilares metálicos ao elemento de fundação. Para isso, utilizaremos os dados do projeto e consideraremos as cargas transmitidas pelos pilares ao elemento de apoio e aos chumbadores.

Dados do Projeto:

- ✓ Dimensões do Galpão: 90 m de largura x 210 m de comprimento.
- ✓ Pé-direito dos Pilares: 13,70 m.
- ✓ Carga Total por Pilar: 220,6 kN (considerando as cargas permanentes, vento e telhas).
- ✓ Material do Pilar e Chumbadores: Aço ASTM A36 com resistência ao escoamento ($f_y = 250$ MPa).
- ✓ Coeficiente de Segurança para o Aço: $\gamma_c = 1,4$.
- ✓ Cargas Adicionais Consideradas: Não aplicadas neste exemplo (ex: sobrecarga, carga sísmica).

Dimensionamento do elemento de apoio:

A base de apoio deve ser dimensionada para suportar as cargas verticais de compressão e momentos fletores transmitidos pelos pilares.

Determinação da Área de Base Necessária

Considerando que a base de apoio deve ser dimensionada para uma tensão admissível do solo (σ_{adm}). Suponha que o solo tenha uma tensão admissível de:

$$\sigma_{adm} = 150 \text{ kN/m}^2$$

A área mínima da base de apoio (A_{min}) necessária para suportar a carga vertical de compressão (P) é dada por:

Substituindo os valores:

$$A_{min} = \frac{220,6 \text{ kN}}{150 \text{ kN/m}^2} = 1,47 \text{ m}^2$$

Vamos considerar uma base quadrada de lado B

$$B^2 = 1,47 \text{ m}^2 \Rightarrow B = \sqrt{1,47} \approx 1,21 \text{ m}$$

Portanto, a dimensão da base de apoio necessária é de aproximadamente 1,2 m x 1,2 m.

Verificação de Flexão da Base de Concreto:

Para garantir que a base resista à flexão, considerando uma espessura h da sapata de 0,4 m e utilizando concreto com resistência característica de 25 MPa ($f_{ck} = 25 \text{ MPa}$), o momento fletor máximo (M) na base devido à carga vertical pode ser estimado para verificar a espessura.

Se precisar de mais cálculos de verificação, podemos detalhar:

Dimensionamento dos Chumbadores:

Os chumbadores são utilizados para fixar a base do pilar metálico na fundação de concreto. Eles devem resistir a esforços de tração, cisalhamento e ao momento fletor devido à ação do vento.

Cálculo da Força de tração nos chumbadores.

A força de tração nos chumbadores é causada pelo momento fletor devido à carga de vento. Considerando um momento fletor no pé do pilar (base) devido ao vento:

$$M = F_{\text{vento}} \times \text{Altura do Pilar}$$

Com $F_{\text{vento}} = 121,3 \text{ kN}$ (carga de vento no pilar) e a altura do pilar de 13,7 m:

$$M = 121,3 \text{ kN} \times 13,7 \text{ m} = 1.662 \text{ kNm}$$

Supondo que a base do pilar tenha 4 chumbadores dispostos em um quadrado de lado $a = 0,5 \text{ m}$, o braço de alavanca é $a/2 = 0,25 \text{ m}$. A força de tração máxima em um chumbador é:

$$T = \frac{M}{a/2 \times 2} = \frac{1.662 \text{ kNm}}{0,25 \text{ m}}$$

$$T = \frac{1.662}{0,25} = 6.648 \text{ kN}$$

Distribuindo entre dois chumbadores:

$$T_{m'ax, \text{chumbador}} = \frac{6.648}{2} = 3.324 \text{ kN}$$

Verificação do diâmetro do chumbador

Para verificar o diâmetro do chumbador (d), utilizamos a resistência à tração do aço. Para aço ASTM36:

$$\sigma_t = 0,75 \cdot f_y = 0,75 \cdot 250 \text{ MPa} = 187,5 \text{ MPa} = 187,5 \text{ kN/cm}^2$$

O diâmetro necessário do chumbador é calculado por:

$$A_{\text{chumbador}} = \frac{T_{m'ax, \text{chumbador}}}{\sigma_t} = \frac{3.324 \text{ kN}}{187,5 \text{ kN/cm}^2} = 17,72 \text{ cm}^2$$

~~$A_{\text{chumbador}}$~~

O diâmetro correspondente (d) é dado por:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{chumbador}}}{\pi}}$$
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,72}{\pi}} \approx 4,75 \text{ cm} = 47,5 \text{ mm}$$

Conclusão: Utilizar chumbadores de 50 mm de diâmetro para garantir a resistência necessária.

9.7 DIMENSIONAMENTO DA MARQUISE EM BALANÇO

Para refazer os cálculos da marquise considerando as novas cargas fornecidas, vamos incorporar as seguintes cargas adicionais:

- ✓ Carga Acidental (AC): 25 kgf/m²
- ✓ Carga de Utilidades (UT): 15 kgf/m²
- ✓ Carga para Painéis Fotovoltaicos (FT): 15 kgf/m² (considerando 25% da área de cobertura).

Conversão das Cargas:

Primeiramente, vamos converter as cargas de kgf/m² para kN/m², pois é a unidade padrão no Sistema Internacional de Unidades (SI).

$$1 \text{ kgf/m}^2 = 0,00981 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ Carga Acidental (AC): $25 \text{ kgf/m}^2 = 25 \times 0,00981 = 0,245 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Carga de Utilidades (UT): $15 \text{ kgf/m}^2 = 15 \times 0,00981 = 0,147 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Carga para Painéis Fotovoltaicos (FT): $15 \text{ kgf/m}^2 = 15 \times 0,00981 = 0,147 \text{ kN/m}^2$

Reavaliação das cargas atuantes na Marquise:

Vamos calcular as cargas atuantes considerando todas as cargas fornecidas:

Carga de Cobertura (telha sanduíche) e cargas adicionais

A carga de cobertura foi inicialmente considerada como 0,25 kN/m² (telhas sanduíche). Agora, vamos adicionar as cargas acidentais, de utilidades e para painéis fotovoltaicos.

A carga total por metro quadrado na cobertura é:

$$q_{\text{total}} = q_{\text{cobertura}} + AC + UT + FT$$

$$q_{\text{total}} = 0,25 \text{ kN/m}^2 + 0,245 \text{ kN/m}^2 + 0,147 \text{ kN/m}^2 + 0,147 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{total}} = 0,789 \text{ kN/m}^2$$

Carga de Vento:

A carga de vento permanece inalterada, com uma pressão de vento de 0,886 kN/m².

Cálculo de carga total atuante na Marquise:

Considerando o comprimento da marquise (6 m) e largura unitária (1 m):

Carga devido à Cobertura e Adicionais:

$$Q_{\text{cobertura+adicionais}} = q_{\text{total}} \times \text{comprimento} \times \text{largura}$$

$$Q_{\text{cobertura+adicionais}} = 0,789 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 4,734 \text{ kN/m}$$

Carga de vento:

$$Q_{\text{vento}} = p_{\text{vento}} \times \text{comprimento} \times \text{largura}$$

$$Q_{\text{vento}} = 0,886 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 5,316 \text{ kN/m}$$

Carga Total da Marquise:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{cobertura+adicionais}} + Q_{\text{vento}}$$

$$Q_{\text{total}} = 4,734 \text{ kN/m} + 5,316 \text{ kN/m} = 10,05 \text{ kN/m}$$

Dimensionamento da Viga em balanço:

Momento Fletor Máximo na Viga em balanço

O momento fletor máximo para uma viga em balanço com carga distribuída uniforme é dado por:

$$M_{m'ax} = \frac{q \cdot L^2}{2}$$

Onde:

✓ $q = 10,05 \text{ kN/m}$ é a carga distribuída total.

✓ $L = 6 \text{ m}$ é o comprimento do balanço.

Substituindo os valores:

$$M_{m'ax} = \frac{10,05 \text{ kN/m} \times (6 \text{ m})^2}{2}$$

$$M_{m'ax} = \frac{10,05 \times 36}{2} = \frac{361,8}{2} = 180,9 \text{ kNm}$$

Esforço cortante Máximo na viga em balanço:

O esforço cortante máximo na extremidade fixa da viga é dado por:

$$V_{m'ax} = q \cdot L$$

Substituindo os valores:

$$V_{m'ax} = 10,05 \text{ kN/m} \times 6 \text{ m} = 60,3 \text{ kN}$$

Seleção da seção da viga:

Vamos selecionar um perfil laminado de aço, como uma seção W, que seja capaz de resistir aos momentos fletores e esforços cortantes.

A resistência ao momento fletor de uma seção de aço é dada por:

$$M_R = \frac{f_y \cdot W_x}{\gamma_c}$$

Onde:

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 250 \text{ kN/cm}^2$$

W_x é o módulo resistente da seção.

$$\gamma_c = 1,4$$

Assumindo inicialmente um perfil W410x85

(módulo resistente $W_x = 1.243 \text{ cm}^3 = 0,1243 \text{ m}^3$):

$$M_R = \frac{250 \text{ kN/cm}^2 \times 0,1243 \text{ m}^3}{1,4}$$

Convertendo para kNm

$$M_R = \frac{250 \times 10^3 \times 0,1243}{1,4} = 221,96 \text{ kNm}$$

Como o momento resistente $M_R = 221,96 \text{ kNm}$ é maior que o momento fletor máximo $M_{m'ax} = 180,9 \text{ kNm}$, o perfil selecionado é adequado.

Verificação do esforço cortante

Para o perfil W410x85, a resistência ao esforço cortante (V_R) pode ser calculada usando:

$$V_R = \frac{A_w \cdot f_v}{\sqrt{3} \cdot \gamma_c}$$

Onde A_w é a área da alma do perfil. Assumindo uma área da alma de aproximadamente 40 cm^2 ($0,004 \text{ m}^2$):

$$V_R = \frac{0,004 \text{ m}^2 \times 250 \text{ kN/cm}^2}{\sqrt{3} \times 1,4}$$

$$V_R = \frac{1.000 \text{ kN/m}}{2,42} = 413,22 \text{ kN}$$

Como $V_R = 413,22 \text{ kN}$ é maior que $V_{m'ax} = 60,3 \text{ kN}$, a resistência ao esforço cortante também é suficiente.

10 CANTEIRO DE OBRAS

10.1 Áreas administrativas e Normas aplicadas.

Para a construção de um galpão logístico nessa magnitude, é viável antes de todo o planejamento e processos da obra, uma boa gestão inicial ao canteiro e administração, com prazos, fornecedores, mapeamento local, estudos e levantamento de toda região para o recebimento de uma obra a longo prazo.

Precisamos entender as conformidades com as normas necessárias e essenciais, garantindo a segurança, eficiência e legalidade dos processos. Citamos abaixo, as principais normas e condições a serem levadas em consideração durante a construção, com foco na equipe de trabalho e nos aspectos técnicos e normativos:

- ✓ Normas Regulamentadoras

NR 18 – Segurança e saúde no trabalho, na indústria da construção.

Estabelece as diretrizes da organização do canteiro de obras, que inclui: instalações sanitárias adequadas, alojamento e áreas de vivência, área de armazenagem de material e equipamentos utilizados durante a obra, sinalização de segurança, plano de ação de emergência, proteção contra quedas.

Esta NR recentemente atualizada (28/08/2024), por sua vez, tratam as mudanças e simplificam a modernização da norma incluindo a substituição PCMAT, pelo programa de gerenciamento de riscos (PGR), exigindo durante a obra, inventário de riscos e planos de ação para a obra.

Atualizações importantes da norma NR18:

- ✓ Projeto Elétrico (que visa obrigatoriedade, nas instalações por profissionais habilitados com controle rigoroso).
- ✓ Prevenção de Quedas (que visa obrigatoriedade, de proteção coletiva por profissionais e adequações nas plataformas de trabalho em altura).

- ✓ Utilização de containers (restringe a utilização de contêineres, como área de vivência exigindo assim, laudos técnicos e ambientais para evitar riscos.

- ✓ Normas Regulamentadoras

NR - 6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Equipamento de proteção individual (tais como: capacetes, luvas, óculos, botas de segurança cintos de segurança protetores auditivos), juntamente com todo treinamento da utilização dos EPIs.

- ✓ Normas Regulamentadoras

NR - 35 – Trabalho em Altura.

Norma aplicada para trabalhos realizados em altura (igual ou superior a 2 metros do nível superior), adotando as medidas preventivas, como linhas de vida, uso de cintos de segurança, e escadas adequadas, juntamente com treinamentos específicos realizados pelo contratante.

- ✓ Normas Regulamentadoras

NR - 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

- ✓ Regula o uso de equipamentos e máquinas garantindo que os equipamentos estejam em boas condições de uso, sejam instalados dispositivos de segurança, como travas e sensores de desligamento, e os trabalhadores sejam treinados para operar as máquinas de maneira segura.

10.2 Áreas operacionais

O planejamento do canteiro, deve seguir as diretrizes das normas NR18, e levar em consideração, a logística do local, otimizando assim, o uso do espaço para garantir fluidez nas operações e segurança local, que incluem os seguintes aspectos:

- ✓ Acesso e circulação – definir caminhos internos e externos da obra, que sejam seguros para o trânsito de veículos e trabalhadores.
- ✓ Acesso dos veículos de grande porte – Previsão de área de carga e descarga de materiais pesados.

- ✓ Sistema de armazenagem de materiais – que devem ser feitos em locais secos e seguro, evitando acidentes. Materiais como aço e concreto, precisam ser armazenados em locais secos e cobertura, evitando assim o desperdício com ambientes que possam trazer umidade aos materiais.
- ✓ Controle de Resíduos – Prever área para a separação e descarte adequado dos resíduos gerados durante a construção, conforme Resolução CONAMA 307 (que estabelece diretrizes para a gestão de resíduos da construção civil).
- ✓ Instalações Elétricas e Hidráulicas – deve seguir as normas de instalações e serviços de eletricidade, tanto quanto hidráulica, provisórias, de modo que sejam feitas de maneira segura, a elétrica com sistema de aterramento, hidráulica com autorizações prévias junto ao fornecimento e abastecimento de água e toda manutenção preventivas regulares.
- ✓ Principais Treinamentos durante a Obra – Treinamento e segurança do trabalho, com foco nas normas vigentes já mencionadas, treinamento e combate a incêndios, juntamente com primeiros socorros, treinamento em trabalho em altura, reforçando com a equipe, as NR e implementação da CIPA, conforme prevê a NR5.
- ✓ Licenças e Autorizações – obter as licenças necessárias, junto as autoridades municipais e estaduais, bem como: alvará de construção (emitido pela prefeitura local), licenciamento ambiental (dependendo da localização e impacto da obra), autorização do corpo de bombeiros (para implementação de sistema de combate a incêndio).
- ✓ Controle de Qualidade na Obra – dentro dos padrões técnicos da obra, garantir que os materiais e processos construtivos estejam em conformidades com o exigido, agregando-se assim, ensaios e testes em materiais como o concreto, aço e soldas, que devem ser realizados para assegurar que as estruturas estejam seguras.
- ✓ Categorias Principais de trabalhadores – separamos em três categorias a equipe de trabalho para uma obra desse porte, em pesquisas de tempos, mão de obra e gerenciamento, citamos:

Operários de execução: pedreiros, serventes, carpinteiros, operadores de máquinas.

Equipe Técnica: Engenheiros, mestres de obras, e encarregados.

Equipe de Suporte: segurança, limpeza e logística.

10.3 Áreas de vivência

Para dimensionar uma boa área de convivência a equipe, é fundamental seguir as orientações das NRs, além das condições já impostas e citadas no quesito segurança e saúde no trabalho, além das condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho.

Devemos considerar:

- ✓ Tamanho da área de convivência – queremos incluir neste projeto, cada valorização com os funcionários, bem como inclusão de refeitórios, vestiários, banheiros e área de descanso.
Dentro da norma NR-24, estabelece que devemos considerar 1m² por trabalhador, por turno de refeição, e com espaço adequado a circulação dos mesmo.
Vestiários, com armários individuais, garantindo privacidade aos funcionários.
Instalações sanitárias, na quantidade proporcional ao número de trabalhadores.
- ✓ Capacidade de Área – considerando um canteiro de obras para a proporção desta obra nas dimensões de 90x210m, contabilizamos dentro da NR18, um número significativo de 200 (duzentos) trabalhadores, para capacidade desta área, e precisa ser planejada para evitar superlotação, permitindo um ambiente confortável, como durante o uso das refeições e descansando.
- ✓ Instalações Sanitárias e Áreas de apoio – precisam ser ventiladas, com fácil acesso e limpo, e pensando na projeção dos espaços, incluímos

ainda: banheiros, chuveiros, vestiários, e o próprio refeitório, dentro da margem e norma exigida para a capacidade de números de funcionários.

- ✓ Dimensionamento de Equipe – contabilizamos para este tipo de obra, em torno de 200 funcionários com contratação direta, mais os fornecedores e colaboradores terceirizados, que passam pela obra (em torno de 50 pessoas).

11 MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

Quantificação e Resumo dos materiais metálicos:

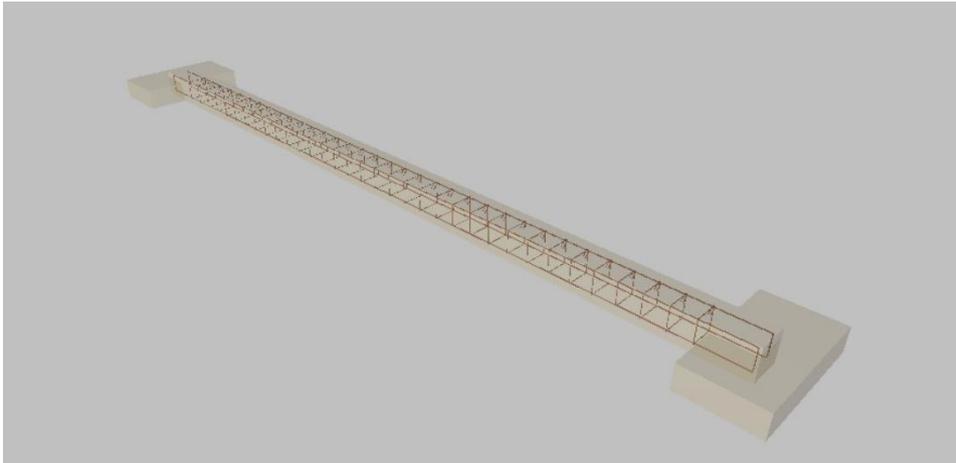
1.1.5.- Tabela resumo

Tabela resumo												
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso		
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A-572 345MPa	Cantoneira	L 1 x 1/4", Duplo U união genérica	1129.082	4575.514	4575.514	0.641	1.620	1.620	5034.35	12717.83	
			L 1 x 1/4"	3446.432			0.979			7683.47		
Aço dobrado	A-36 CF-26	U enrijecido	C150X60X20X2.28	3940.046	12471.187	12471.187	2.649	16.718	16.718	20793.97	131234.74	
			C150X60X20X3.75	170.285			0.182			1429.22		
			C250X85X25X3.75	4060.666			6.778			53207.35		
			C75X40X15X3.04	686.568			0.344			2700.58		
			C250X85X25X4.25	3576.873			6.716			52721.32		
			C150X60X20X4.76	36.748			0.049			382.30		
	C150X60X20X2.28	11.194	11.194	0.008	59.08	59.08	59.08	59.08	59.08	59.08	59.08	
				11.194		0.008		0.008				59.08
						12482.382		16.725				131293.82

Referência: C.1 [(N3310 - N3311)-(N2532 - N2536)] (Lintel)

- Dimensões: 40.0 cm x 40.0 cm
- Armadura superior: 2Ø12.5 CA-50
- Armadura inferior: 2Ø12.5 CA-50
- Estribos: 1xØ8 CA-50a/30

Verificação	Valores	Estado
Diâmetro mínimo dos estribos:	Mínimo: 4.2 mm Calculado: 8 mm	Verifica
Afastamento mínimo entre estribos: <i>Norma NBR 6118: 2007. Artigo 18.3.2.2</i>	Mínimo: 3.6 cm Calculado: 29.2 cm	Verifica
Afastamento mínimo armadura longitudinal: <i>Norma NBR 6118: 2007. Artigo 18.3.2.2</i>	Mínimo: 3.6 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 25.9 cm	Verifica
- Armadura inferior:	Calculado: 25.9 cm	Verifica
Afastamento máximo estribos: - Sem esforços transversos: <i>Ponto 44.2.3.4.1 da norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Verifica
Afastamento máximo armadura longitudinal: <i>Ponto 42.3.1 da norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 25.9 cm	Verifica
- Armadura inferior:	Calculado: 25.9 cm	Verifica
Cumrem-se todas as verificações		
Informação adicional:		
- Diâmetro mínimo da armadura longitudinal (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em: J. Calavera. "Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón". Capítulo 3.16): Mínimo: 10.0 mm, Calculado: 12.5 mm (Verifica)		
- Não chegam estados de carga à fundação.		



3D da viga Baldrame

Quantificação e Resumo dos materiais blocos de alvenaria e barras:

Verificações N2495

1.- ESPESSURA MÉDIA DO BLOCO

A espessura média do bloco não deve ser menor do que 20 cm (ABNT NBR 6118:2007, 24.6.2).

60.0 cm ≥ 20.0 cm ✓

Espessura média do bloco : 60.0 cm

2.- ESPAÇAMENTO MÍNIMO LIVRE ENTRE AS FACES DAS BARRAS LONGITUDINAIS

O espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores (ABNT NBR 6118:2007, 18.3.2.2):

- 20 mm
 - diâmetro da barra, do feixe ou da luva
 - 1,2 vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo: 36.0 mm
- Dimensão máxima característica do agregado graúdo: 30.0 mm

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Espaçamento livre (mm)	Passa
Estribos xz	10.0	253.3	✓
Estribos yz	10.0	253.3	✓
Estribos xy	10.0	102.5	✓

3.- ELEMENTOS ESTRUTURAIS ARMADOS COM ESTRIBOS

O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual a 5 mm (ABNT NBR 6118:2007, 18.3.3.2):

10.0 mm ≥ 5.0 mm ✓

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Passa
Estribos xz	10.0	✓
Estribos yz	10.0	✓
Estribos xy	10.0	✓

4.- COBRIMENTO

Para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na Tabela 7.2, para $\Delta c = 10$ mm (ABNT NBR 6118:2007, 7.4.7.2).

40.0 mm ≥ 30.0 mm ✓

Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1): CAA I

Cobrimento nominal : 30.0 mm

Face	Cobrimento (mm)	Passa
Inferior	40.0	✓
Superior	40.0	✓
Lateral	40.0	✓

Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à

Verificações N2495

face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser (ABNT NBR 6118:2007, 7.4.7.5):

a) $c_{nom} \geq \phi_{barra}$

40.0 mm \geq 10.0 mm ✓

A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento, ou seja (ABNT NBR 6118:2007, 7.4.7.6):

a) $d_{m\acute{a}x} \leq 1,2 c_{nom}$

30.0 mm \leq 48.0 mm ✓

5.- CAPACIDADE ADMISSÍVEL DA ESTACA

11.1 Transporte

Para uma construção de um galpão logístico neste porte de grandes dimensões, a logística com todos os meios de transporte, se faz necessário para garantir que os materiais cheguem ao canteiro de obras no prazo e com boas condições, pois ao contratar os transportes, devemos considerar as características dos materiais, bem como as exigências normativas e logísticas envolvidas.

Fizemos um levantamento e algumas considerações que achamos importante ressaltar neste documento:

- ✓ Transporte para as treliças e vigas: Por ser um material longo e pesado, são um dos elementos que necessita e exige um transporte especializado para garantir a integridade do material.
Carretas extensíveis para as treliças longas com dimensão acima de 12m, como no caso das estruturas metálicas.
- ✓ Transporte para blocos de alvenaria: Capacidade para este tipo de material, deve ser considerado caminhões basculantes ou truck, com proteção e acomodação devida contra quebra dos blocos, podendo ser utilizados também o mesmo transporte para tijolos, areia, cimento, e outros materiais de construção dentro destes fatores.
- ✓ Carretas Prancha: Utilizada para o transporte de máquinas e equipamentos de grande porte, como os guindastes, e empilhadeiras em grandes dimensões.

- ✓ Caminhão Muncks: Transporte ideal para os materiais pesados que precisam ser movimentados e descarregados diretamente na obra.
- ✓ Cuidados Específicos com os transportes: vale ressaltar, o manuseio correto, para evitar danos estruturais, caso não sejam transportadas corretamente, como: **amarração adequada da carga** (evitando assim o deslocamento durante o transporte), **planejamento de rotas** (o transporte das treliças por exemplo, por serem de grandes dimensões, precisam que sejam traçadas rotas específicas, caminhos com menos curvas fechadas, e restrições de altura), **licenças de transporte** (carga excedente em tamanho e peso, que requerem autorizações especiais de trânsito e escoltas em algumas rodovias), **materiais frágeis** (exigem maiores cuidados, com empilhamento, evitando a quebra durante o transporte), **proteção contra intempéries** (optar por veículos fechados por lona ou baú), **paletização** (utilização e uso dos paletes para ajudar organizar os blocos e facilitar o carregamento, reduzindo os riscos de danos).
- ✓ Contratação de empresas especializadas: Dentre todas as etapas já citadas acima, vale ressaltar a importância e experiência na capacidade técnica dos fornecedores contratados, o que reflete diretamente em todo organizacional da obra, transportadoras com experiências comprovadas no transporte de materiais pesados e volumosos, especialmente em obras de grande porte como a de galpões de logística, abaixo citamos alguns pontos necessários de verificação para as contratações:
 - ✓ Validar frotas adequadas para o tipo de material a ser transportado
 - ✓ Referências de obras semelhantes que tenham trabalhado e analisar a capacidade de demandas com transportes volumosos.
 - ✓ Seguro de Transporte (recomendado para cobrir eventuais danos ou perdas de material durante o transporte, principalmente os de grandes dimensões)
 - ✓ Licenciamento e documentações (relação de autorizações especiais para transporte de carga excedente, como no caso de materiais com dimensões ou acima do peso permitido).

- ✓ Planejamento e Coordenação de Logística: Integrar um planejamento junto ao cronograma da obra, considerando os seguintes aspectos:
Acesso ao canteiro de obras (validar os acessos adequados para receber os veículos de grande porte, e manuseio de cargas volumosas).
Coordenação com o canteiro (boa comunicação com a equipe de obra que vai receber este material, minimizando os riscos de atrasos ou sobrecargas das atividades já planejadas anteriormente).
- ✓ Normas e Regulamentações: O transporte de materiais de construção, deve seguir as normas técnicas e regulamentações, como:
ABNT NBR 15518 (transporte rodoviário de carga), que define as diretrizes para o sistema de qualificação para as empresas de transporte de produtos com potencial risco à saúde, segurança e ao meio ambiente.
ABNT NR11 (transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais).
Resolução da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), regula o transporte rodoviário, importante para verificar as regras aplicáveis para cargas com dimensões ou pesos excedentes.
ABNT NBR ISO 39001 de 07/2024 (emenda), sistema de gestão de segurança viária.

11.1.1 Guindaste

Para o transporte de materiais pesados como vigas, o uso do guindaste se faz necessário principalmente no carregamento e descarregamento de materiais de grande porte, e de difícil acesso manualmente.

11.1.2 Grua

O uso de guias é essencial em projetos de grande porte que exigem o transporte de grandes volumes de material no canteiro de obras ou que buscam otimizar a produtividade dos processos construtivos.

Para aproveitar ao máximo esse equipamento, é fundamental integrá-lo ao planejamento geral da obra. Fatores como o layout do canteiro de obras, a logística de materiais e o cronograma de construção devem ser considerados para garantir que

o tempo de operação da grua seja utilizado de forma eficiente, evitando períodos de ociosidade. Afinal, no caso das gruas, "tempo é dinheiro", pois elas geralmente são alugadas, e qualquer ineficiência no seu uso pode resultar em prejuízos.

Neste artigo, vamos explorar o universo das gruas, explicando o que são, suas funções e como diferem de outros equipamentos, como guindastes. Também discutiremos como o uso adequado das gruas pode aumentar a produtividade no canteiro de obras, além de abordar as etapas essenciais para o planejamento, montagem e operação segura do equipamento.

O objetivo deste texto é oferecer um conteúdo técnico e detalhado sobre gruas, servindo como uma fonte de conhecimento sólida para engenheiros civis, arquitetos, técnicos de edificações e estudantes que atuam em construtoras, incorporadoras, escritórios de projetos e consultoria.

12 SEGURANÇA E MANUTENÇÃO

Na construção civil, garantir a segurança e a manutenção contínua de um edifício após a sua conclusão é crucial para a longevidade e funcionalidade da estrutura. A segurança de um edifício envolve sua capacidade de resistir a cargas, tensões e condições ambientais a que é submetido, como vento, chuva, variações de temperatura e possíveis abalos sísmicos. Essa segurança é fundamental para assegurar a integridade estrutural e a proteção das pessoas que utilizam o edifício, evitando acidentes e tragédias que poderiam ter consequências graves.

A manutenção adequada é igualmente importante, pois ela prolonga a vida útil do edifício e preserva seu valor ao longo do tempo. Manter a estrutura em boas condições não é apenas uma questão estética, mas também funcional e econômica. Falhas na manutenção podem resultar em problemas como deterioração precoce, desgaste dos materiais, infiltrações, corrosão, fissuras e problemas elétricos e hidráulicos. Esses problemas não só afetam a segurança dos ocupantes, mas também comprometem a estética e a funcionalidade da edificação, podendo levar a grandes prejuízos financeiros.

A prática de uma manutenção regular envolve inspeções periódicas, reparos preventivos e corretivos, e a substituição de componentes conforme necessário. Isso ajuda a identificar problemas em seus estágios iniciais, evitando que pequenos defeitos evoluam para danos maiores e custos elevados de reparo. Por exemplo, infiltrações não tratadas podem levar ao enfraquecimento de componentes estruturais e à proliferação de mofo, o que compromete a saúde dos ocupantes.

Além disso, a manutenção contínua contribui para o cumprimento das normas e regulamentações de segurança e construção civil, que são atualizadas periodicamente para refletir novos conhecimentos técnicos e padrões de qualidade. Estar em conformidade com essas normas é essencial para garantir que o edifício esteja preparado para resistir a emergências, como incêndios, terremotos e outras catástrofes naturais.

Outro ponto relevante é que um edifício bem mantido também valoriza economicamente, uma vez que sua condição geral, segurança e aparência influenciam diretamente seu valor de mercado. Proprietários que investem em manutenção preventiva e corretiva, bem como em melhorias estruturais, aumentam a

atratividade do imóvel para compradores ou locatários, o que pode resultar em um retorno financeiro significativo.

Portanto, segurança e manutenção são pilares fundamentais na construção civil. Elas garantem não apenas a proteção dos ocupantes, mas também a preservação do valor do investimento ao longo do tempo. Um enfoque integrado que combine segurança estrutural, manutenção preventiva e conformidade regulatória é essencial para garantir a longevidade e a funcionalidade de qualquer edifício, refletindo o compromisso com a qualidade e a sustentabilidade na construção civil.

12.1 Proteção da edificação contra corrosão

A manutenção das vigas e pilares de aço é um aspecto fundamental para assegurar a integridade estrutural e a durabilidade de edifícios construídos com estruturas metálicas. Embora as estruturas de aço ofereçam vantagens significativas, como alta resistência, leveza e versatilidade de design, a corrosão representa uma ameaça séria que pode comprometer sua estabilidade ao longo do tempo.

Um plano de manutenção eficaz deve incluir o registro detalhado de todos os aspectos construtivos, a utilização de ferramentas adequadas, o treinamento de equipes para avaliação e execução de atividades técnicas e a criação de uma base de dados abrangente sobre as instalações e equipamentos. Esse planejamento é essencial para garantir uma manutenção organizada e eficiente, minimizando os riscos de falhas estruturais.

A corrosão é um processo natural que ocorre quando elementos de aço entram em contato com o ambiente. Em áreas urbanas e próximas ao mar, a corrosividade atmosférica, a umidade e a poluição podem acelerar esse processo. Além disso, a exposição a fluidos corrosivos, como água salgada ou produtos químicos, pode deteriorar rapidamente as superfícies metálicas. A norma ABNT NBR 8800:2008 classifica os ambientes em seis categorias de corrosividade, de C1 a C5-M, e recomenda o monitoramento constante para determinar a categoria do ambiente e planejar ações preventivas. De acordo com Costa (2012), a corrosão é uma das principais causas de colapso de estruturas metálicas.

Para garantir a longevidade das estruturas de aço, um plano de manutenção preventiva deve incluir várias etapas importantes:

Inspeção Regular: Detecção precoce de sinais de corrosão, como manchas de ferrugem, descamação ou mudanças na cor da superfície. Inspeções periódicas ajudam a identificar problemas antes que se agravem.

Limpeza e Tratamento: Limpezas regulares removem sujeira, poeira e umidade que podem acelerar a corrosão. A aplicação de revestimentos anticorrosivos, como tintas e vernizes, protege as superfícies metálicas.

Monitoramento de Agressividade Ambiental: Ambientes com alta umidade, exposição à maresia e poluição atmosférica requerem inspeções e manutenções mais frequentes.

Manutenção de Acessórios: Verificações regulares de conexões, parafusos e soldas são essenciais, pois essas áreas podem ser pontos críticos de corrosão que enfraquecem a estrutura.

Acompanhamento de Reparos: Ações corretivas devem ser realizadas imediatamente após a identificação de danos, como remoção de corrosão, reforço estrutural e aplicação de revestimentos protetores.

Documentação Detalhada: Manter registros de inspeções, manutenções e reparos realizados é fundamental para o histórico da estrutura e para a tomada de decisões futuras.

Treinamento e Conscientização: Treinamento adequado dos responsáveis pela manutenção é vital para identificar problemas e tomar medidas apropriadas. A conscientização sobre a importância da manutenção preventiva é crucial para todos os envolvidos.

Planejamento Orçamentário: A alocação de recursos financeiros para manutenção regular é importante para evitar custos elevados associados a reparos emergenciais ou substituições completas.

A manutenção preventiva das estruturas metálicas, conforme a norma ABNT NBR 8800:2008, deve incluir a instalação de passarelas e plataformas que permitam o acesso seguro para inspeções e manutenção, boa iluminação durante essas atividades, e o tratamento adequado de frestas e juntas sobrepostas para prevenir a retenção de umidade. Para seções tubulares, é essencial prever aberturas de dreno ou soldas contínuas para evitar a penetração de água e a subsequente corrosão.

Complemento: Outras Áreas de Manutenção Predial Preventiva

Além da estrutura de aço, outros sistemas do edifício também requerem manutenção preventiva rigorosa para garantir sua segurança e funcionalidade:

Instalações Hidráulicas e Sanitárias: Vazamentos, entupimentos e corrosão das tubulações são problemas comuns que podem afetar o sistema de água de um edifício. Inspeções regulares, limpeza e substituição de componentes desgastados ajudam a evitar falhas que poderiam danificar outras partes da edificação.

Elevadores: Como componentes críticos em edifícios de múltiplos pavimentos, elevadores requerem inspeções e manutenção preventivas para garantir segurança e funcionamento contínuo. Problemas como falhas elétricas e desgaste mecânico devem ser identificados e corrigidos conforme as recomendações do fabricante.

Instalações Elétricas: As instalações elétricas são uma das principais causas de incêndios em edifícios. A falta de manutenção adequada pode levar a curtos-circuitos, sobrecargas e riscos de perda patrimonial. Um programa de manutenção regular, que inclua inspeções de fiação, substituição de componentes defeituosos e atualização de sistemas, é crucial para prevenir acidentes e garantir a segurança dos ocupantes.

Integrar um plano abrangente de manutenção, que siga as normas aplicáveis e diretrizes dos fabricantes, não apenas previne danos e problemas de segurança, mas também assegura a eficácia operacional e preserva o valor do edifício ao longo do tempo. Este enfoque abrangente na manutenção predial promove a sustentabilidade, a segurança e a eficiência, sendo fundamental para qualquer empreendimento na construção civil.

13 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS NORMATIVAS CITADAS AO LONGO DO PROJETO:

[Target Normas: ABNT NBR 8800 NBR8800 Projeto de estruturas de aço](#)

NBR 8800:2008 (com nova publicação confirmada em 12/2023)

Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

[Target Normas: ABNT NBR 8681 NBR8681 Ações e segurança](#)

NBR8681 DE 03/2003

Ações e segurança nas estruturas – Procedimento (versão corrigida 30/04/2024)

[Target Normas: ABNT NBR 6123 NBR6123 Forças devidas ao vento](#)

NBR6123 DE 12/2023

Forças devidas ao vento em edificações

[Target Normas: Visualização gratuita - NBR6120](#)

NBR6120 DE 09/2019

Ações para o cálculo de estruturas de edificações

[Target Normas: Acervo completo de normas ABNT NBR e Mercosul](#)

NR-18

SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

[Target Normas: ABNT NBR ISO 39001 NBRISO39001 Sistemas de gestão](#)

NBRISO39001 DE 07/2024

Sistemas de gestão da segurança viária (SV) — Requisitos com orientações para uso

[Target Normas: ABNT NBR 15518 NBR15518 Transporte rodoviário](#)

NBR15518 DE 12/2021

Transporte rodoviário de carga — Sistema de qualificação para empresas de transporte de produtos com potencial de risco à saúde, à segurança e ao meio ambiente

Target Normas: ABNT NBR 6120 NBR6120 Ações para o cálculo

NBR6120 DE 09/2019 (com nova publicação confirmada em 03/2024)

Ações para o cálculo de estruturas de edificações

Target Normas: ABNT NBR 8681 NBR8681 Ações e segurança

NBR8681 DE 03/2003 (com nova publicação confirmada em 03/2024)

Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

Target Normas: ABNT NBR 16522 NBR16522 Alvenaria de blocos

NBR16522 DE 08/2020 cancelada e substituída pela NBR 16868-3

Alvenaria de blocos de concreto - Métodos de ensaio

14 CONCLUSÃO FINAL

O Projeto do galpão logístico (CD), foi elaborado com soluções construtivas que maximizam a eficiência estrutural, durabilidade, e a economia de materiais, atendendo as exigências operacionais de um espaço logístico. A escolha das estruturas metálicas, associadas a alvenaria, pilares, terças e contraventamentos, oferece uma solução técnica e rapidez na execução da obra, trazendo maior flexibilidade no layout interno e externo do conjunto, atendendo o quesito resistência a cargas operacionais e ambientais. O uso da telha tipo sanduíche para a cobertura, reforça o compromisso com o conforto térmico e a proteção do ambiente interno, aspectos esses, que são essenciais para o armazenamento de mercadorias, e conforto para equipe presente durante a rotina de trabalho.

Nosso intuito, é apresentar melhorias neste mesmo projeto, com relação as possibilidades empregadas do fator sustentabilidade, o que pode agregar e muito toda a estrutura, de modo que atenda as normas, mas não descartando possíveis ampliações futuras como: cisternas, placas solares, reuso de águas pluviais, e um sistema que amplifique a iluminação natural do galpão junto a cobertura, tendo em vista um outro cenário que possa ser apresentado, se necessário para as mudanças tanto climáticas, quanto do aspecto visual e design criativo com conceito funcional.

Nossa ideia, é atender o galpão no modo “docas automatizadas”, e manter toda essa infraestrutura inicial com uma boa fundação, bons materiais e durabilidade durante a obra, garantindo assim uma repaginação futura, que atenda internamente novas mudanças, novos formatos com o cliente, e em diversos fatores e inovações tecnológicas e renováveis, mas com a segurança de todo o projeto construtivo atendido dentro das normas e demandas iniciais presentes.

Contudo, o projeto é desafiador do início ao fim, trazendo dentro do mundo das estruturas metálicas, um novo saber e conhecimento tecnológico a cada pesquisa, a cada norma, a cada pensamento e necessidades de “vidas a longo prazo”, dentro de uma imensidão em metragem, nos colocamos a dizer o quão produtivo foi todo saber dentro das possibilidades que nos foi dado, trabalhando a curiosidade e diversas necessidades que precisamos especificar para um projeto nessa proporção.