

6o CONCURSO CBCA/ABECE PARA ESTUDANTES DE
ENGENHARIA 2024

TEMA:
Galpões Logísticos em Estruturas de Aço BASES
ADMINISTRATIVAS E TÉCNICAS

Realização:



Correalização:



Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. Apresentação do projeto	4
1.2. Motivação	4
1.3. Justificativa	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo geral	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
2. INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO	5
2.1. Localização	5
2.2. Clima e Relevo	5
3. INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE O PROJETO	5
3.1. Fundações	5
3.2. Pilares	6
3.3. Vigas	7
3.4. Ligações	7
4. CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA	8
4.1. Características da edificação	8
4.2. Paredes: detalhes construtivos de interface e fixação à estrutura metálica	10
4.2.1. Paredes externas	10
4.3. Cobertura	11
4.4. Calha e Tubos de Descida	11
5. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	12
5.1. Modelagem da estrutura no Cype3D	13
6. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	13
6.1. Cargas atuantes na estrutura	13

6.1.1.	Quantificação das ações nas vigas	13
6.1.2.	Cargas de vento.....	16
7.	DIMENSIONAMENTO	26
7.1.	Vigas	26
7.2.	Base de pilar.....	29
7.3.	Exemplo de cálculo de um dos Pilares pelo software	41
8.	CANTEIRO DE OBRAS	42
8.1.	Áreas administrativas	42
8.2.	Áreas operacionais	42
8.3.	Áreas de vivência.....	43
9.	MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO	43
9.1.	Quantificação e consumo dos materiais metálicos.....	43
9.2.	Fabricação do aço.....	44
9.3.	Transporte	45
9.4.	Montagem	46
9.5.	Equipamentos	47
9.5.1.	Grua	47
9.5.2.	Guindaste	48
9.5.3.	Caminhões e reboques.....	48
9.5.4.	Outros equipamentos	49
10.	SEGURANÇA E MANUTENÇÃO	50
10.1.	Proteção passiva do galpão	50
10.2.	Proteção do galpão contra corrosão	50
11.	CONCLUSÃO	53
	Referências:	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do projeto

O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) e a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) anunciam o 6º CONCURSO CBCA/ABECE PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA 2024, com foco em Galpões Logísticos em Estruturas de Aço. O concurso, de abrangência nacional, desafia estudantes de engenharia civil, com o apoio de um professor orientador, a projetar soluções inovadoras para galpões logísticos, utilizando o aço de forma eficiente e criativa.

1.2. Motivação

O concurso é motivado pelo objetivo do CBCA de promover o uso do aço na construção civil e pela necessidade de complementar a formação dos alunos em um contexto de crescente utilização do aço. A competição oferece uma oportunidade única para os estudantes aplicarem seus conhecimentos teóricos em um projeto prático e relevante para o mercado, incentivando o desenvolvimento de habilidades essenciais para suas futuras carreiras.

1.3. Justificativa

A escolha do tema "Galpões Logísticos em Estruturas de Aço" justifica-se pela relevância e crescimento do setor logístico no Brasil, que demanda soluções eficientes, econômicas e sustentáveis. O aço, com suas características de versatilidade, durabilidade e rapidez de construção, apresenta-se como uma solução ideal para atender às demandas desse setor. Além disso, o concurso contribui para a formação de profissionais capacitados para projetar e construir estruturas metálicas, suprimindo uma demanda crescente do mercado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

O objetivo geral do concurso é aproximar os ensinamentos acadêmicos da realidade da engenharia, abordando características globais da construção, como propriedades do aço, fabricação, montagem, requisitos de segurança, funcionalidade, estética, custos, relação entre sistemas industrializados e a estrutura metálica, inovação, eficiência e responsabilidade social.

1.4.2. Objetivos específicos

- Apoiar o desenvolvimento da engenharia civil através do ensino de disciplinas sobre estruturas de aço e sistemas estruturais.

- Promover o trabalho em equipe entre professores e alunos, integrando o conhecimento acadêmico com a prática profissional.
- Difundir o conhecimento sobre o aço como componente de sistemas construtivos, incentivando a pesquisa e a aplicação de suas tecnologias.
- Estimular a criatividade dos alunos na busca por soluções inovadoras e eficientes para projetos de galpões logísticos em aço.

2. INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO

2.1. Localização

O projeto em questão foi concebido de forma tente em mente sua localização em Guarulhos – SP. Sua versatilidade permite que seja implementado de maneira isolada ou em grupos, adaptando-se à disponibilidade de espaço em diversas localidades.

2.2. Clima e Relevô

Sobre o clima da região nos é passado as seguintes informações para o estudo dos ventos:

- Velocidade Básica de Vento – $V0 = 38,0 \text{ m/s}$
- $C_{pi1} = +0,20$ / $C_{pi2} = -0,30$
- Fator topográfico $S1 = 1,0$ para $V0^\circ$ / $S1 = 1,25$ para $V90^\circ$ / $S1 = 1,00$ para $V180^\circ$ / $S1 = 1,00$ para $V270^\circ$
- Fator estatístico $S3 = 1,00$
- Categoria IV – Subúrbio

3. INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE O PROJETO

3.1. Fundações

As fundações são cruciais para a Engenharia Civil, garantindo a estabilidade e durabilidade de qualquer construção, transmitindo as cargas da estrutura ao solo de forma segura. Elas também distribuem as cargas uniformemente, prevenindo recalques e deslocamentos prejudiciais.

Projetar fundações envolve desafios, como a diversidade de solos, que exigem abordagens específicas. A escolha errada pode trazer sérios problemas futuros, ressaltando a importância de estudos geotécnicos detalhados.

Outro fator crítico é a carga da estrutura, que precisa ser avaliada para dimensionar as fundações corretamente. Edificações menores podem usar fundações superficiais, enquanto maiores podem precisar de fundações profundas.

A estabilidade sísmica é crucial em áreas propensas a terremotos, adicionando complexidade ao projeto das fundações.

O dimensionamento varia conforme o porte da edificação, exigindo estudos geotécnicos e colaboração entre engenheiros estruturais. A escolha entre fundações isoladas ou contínuas, além de aspectos como drenagem e impermeabilização, são vitais. O monitoramento e a manutenção contínua garantem a integridade das fundações e da construção.

A escolha entre fundações isoladas (sob cada pilar) ou contínuas (uma base única para toda a estrutura) é um passo crucial. Além disso, aspectos como drenagem e impermeabilização precisam ser minuciosamente planejados para evitar problemas de umidade e a consequente corrosão. Monitorar o comportamento das fundações ao longo do tempo, aliado a uma manutenção adequada, é essencial para garantir a integridade da fundação e, por extensão, de toda a edificação.

Em suma, o projeto de fundações é uma etapa crítica na Engenharia Civil, cuja relevância independe do porte da construção. Cada projeto demanda uma análise individualizada, levando em conta as condições do solo, a carga da estrutura e outros fatores pertinentes para definir o tipo de fundação mais adequado, com o objetivo final de assegurar a segurança e a durabilidade da obra.

Após sondagens do terreno, o engenheiro geotécnico recomendou o uso de estacas do tipo hélice contínua para as fundações. Essas estacas devem ter um diâmetro mínimo de 40 cm e um comprimento médio estimado de 64 m, garantindo a estabilidade e segurança da edificação em relação ao solo.

3.2. Pilares

Esses perfis laminados, apresentam um bom suporte de cargas pesadas, pois possui uma estrutura reforçada, composta por duas mesas, garantindo a integridade estrutural e a capacidade de suporte da construção. Quanto às propriedades do aço mencionado, tem-se uma resistência ao escoamento (f_y).

Os pilares, posicionados verticalmente em locais estratégicos, proporcionam a capacidade de absorver e distribuir as cargas provenientes das vigas e transmiti-las às fundações. Essas cargas podem resultar de diversos fatores, como o próprio peso das estruturas e cargas de uso. Além disso, os pilares também desempenham um papel crucial na estabilidade

lateral da edificação, ajudando a resistir a forças horizontais que podem ocorrer, por exemplo, devido a ventos laterais. Prosseguindo com o processo, foram dispostos os pilares de extremidade e os pilares intermediários, respeitando o espaçamento.

3.3. Vigas

A escolha do material para as vigas e pilares recaiu sobre. Quanto aos perfis, foram selecionados perfis laminados em, sendo utilizado nas vigas principais e nas secundárias. Embora os perfis apresentem mesas mais estreitas eles se mostraram adequados para a função de sustentação devido às suas características técnicas.

As vigas desempenham um papel crucial na estrutura, atuando como elementos de ligação entre as lajes e os pilares. Elas são responsáveis por distribuir as cargas provenientes do peso próprio e das sobrecargas ao longo da estrutura. A instalação das vigas foi realizada com base no posicionamento prévio dos pilares, formando pórticos que conferem maior rigidez ao conjunto estrutural.

3.4. Ligações

Esse tipo de ligação é classificado como flexível, o que significa que a transmissão de momento fletor entre os elementos estruturais é limitada. Um exemplo dessa ligação está disponível na Figura 1.

Figura 1: Exemplo de Ligação



Fonte: Internet (2024).

A decisão de soldar as chapas em fábrica, antes da montagem no campo, visa garantir a qualidade das ligações. O ambiente controlado da fábrica permite que os gases de proteção utilizados durante o processo de soldagem atuem de forma eficiente, sem interferências de agentes externos como o vento. A presença desses gases é fundamental para a formação de um cordão de solda com as propriedades mecânicas desejadas. Esse processo é exemplificado na Figura 2

Figura 2: Ligação em Chapa



Fonte: Internet (2024).

Ao realizar a soldagem das chapas em ambiente controlado, antes da montagem da estrutura, otimizamos o processo construtivo. No canteiro de obras, basta parafusar as chapas já preparadas aos elementos estruturais. Essa metodologia apresenta diversas vantagens, como a rapidez da montagem, a possibilidade de inspeção visual das ligações, a facilidade de desmontagem e a menor necessidade de mão de obra altamente qualificada para a execução das juntas.

4. CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA

4.1. Características da edificação

O galpão logístico proposto apresenta uma configuração retangular com dimensões de 90 metros de largura por 210 metros de comprimento, resultando em uma área total de 18.900 metros quadrados. Essa configuração otimiza o espaço interno, proporcionando ampla área para armazenamento e movimentação de mercadorias, fundamental para operações logísticas eficientes.

A altura livre na cumeeira, de 13,7 metros, garante espaço vertical para empilhamento de cargas, instalação de sistemas de armazenagem e movimentação de equipamentos de grande porte, como empilhadeiras e pontes rolantes. A cobertura em duas águas, com telhas metálicas sanduíche e inclinação de 3%, oferece proteção contra intempéries e contribui para o conforto térmico do ambiente interno, além de permitir a instalação de painéis fotovoltaicos em 25% da sua área.

A vedação vertical combina diferentes elementos para atender às necessidades do galpão. A alvenaria de blocos de concreto, com 1 metro de altura, oferece segurança e

delimitação do espaço, enquanto a veneziana, com 1,20 metros de altura, possibilita ventilação e iluminação natural. O fechamento metálico, que se estende até o topo, complementa a vedação, garantindo proteção e isolamento.

Figura - Vista Frontal

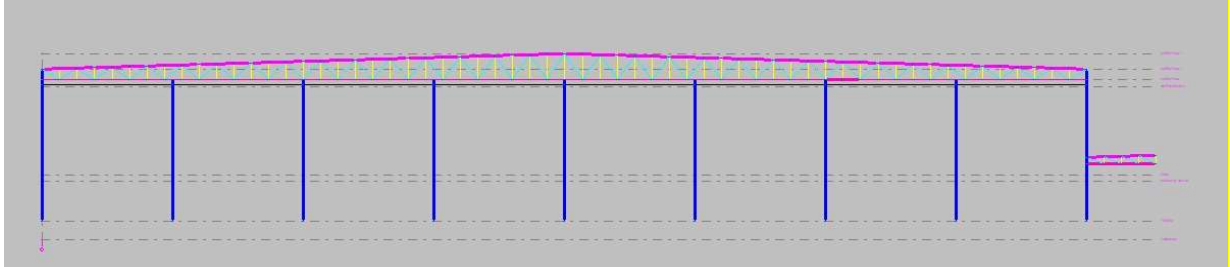
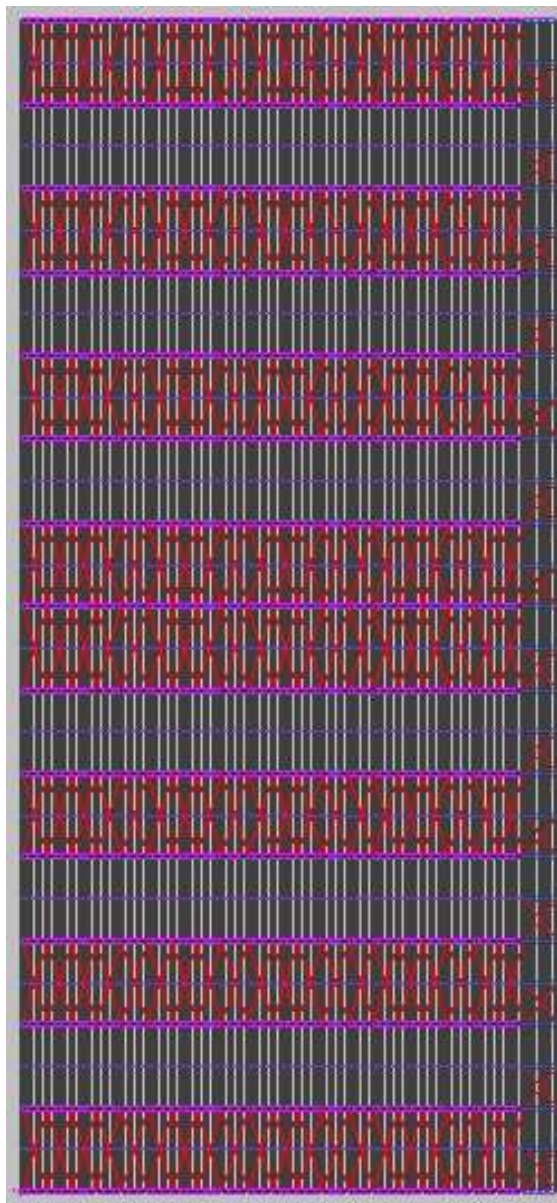


Figura - Vista de Superior



4.2. Paredes: detalhes construtivos de interface e fixação à estrutura metálica

As paredes são elementos fundamentais na construção civil, desempenhando um papel crucial tanto na estrutura quanto na estética dos edifícios. Além de oferecer suporte e dividir os espaços internos, as paredes atuam como barreiras térmicas e acústicas, protegendo os ambientes internos contra ruídos externos e variações de temperatura. Elas também funcionam como barreiras contra intempéries, como chuva, vento e radiação solar, garantindo a durabilidade da edificação.

Outro papel importante das paredes é servir como suporte para instalações elétricas, hidráulicas e de ar condicionado. Além disso, as paredes exercem um papel significativo na definição da estética do ambiente, influenciando a percepção de espaço e a atmosfera dos ambientes internos.

A escolha adequada de materiais, o projeto preciso e a execução correta da instalação das paredes são fatores determinantes para garantir a segurança, o conforto e a eficiência energética dos edifícios. Ao considerar aspectos como resistência, durabilidade, isolamento térmico e acústico, é possível criar ambientes internos saudáveis e agradáveis, que atendam às necessidades dos usuários e às exigências das normas técnicas.

4.2.1. Paredes externas

O Light Steel Framing (LSF) revolucionou a construção civil com seu sistema leve, eficiente e versátil, permitindo a criação de edificações modernas e sustentáveis. Esse método utiliza perfis de aço galvanizado para construir um esqueleto estrutural resistente e leve, composto por guias, montantes, studs e trilhas, unidos por conexões precisas.

As paredes externas em LSF, como as descritas, com placas cimentícias na face externa, placas de gesso acartonado na interna e lã de vidro para isolamento, oferecem diversas vantagens. A placa cimentícia protege a estrutura das intempéries, enquanto a placa de gesso proporciona um acabamento liso e facilita a pintura. A lã de vidro garante excelente isolamento térmico e acústico, contribuindo para o conforto dos ambientes.

O sistema LSF se destaca pela rapidez e precisão da construção, reduzindo o tempo de obra e a geração de resíduos. Além disso, é resistente a terremotos, flexível para diferentes projetos e contribui para a sustentabilidade. É amplamente utilizado em construções residenciais e comerciais de pequeno e médio porte, reformas, ampliações e construções modulares."

4.3. Cobertura

Telhas de aço revestidas são elementos construtivos leves e duráveis, compostos por uma chapa de aço revestida com materiais como zinco ou alumínio para aumentar sua resistência à corrosão. A escolha do espaçamento entre as terças, elementos estruturais que sustentam as telhas, é fundamental para garantir a segurança e o desempenho da cobertura.

As normas ABNT NBR 14513 e ABNT NBR 14514 estabelecem os requisitos para o projeto e a execução de coberturas com telhas de aço, incluindo o dimensionamento das terças. O espaçamento entre as terças varia de acordo com a espessura da telha, o tipo de perfil, a inclinação do telhado, o vão da cobertura, as cargas de vento e as ações acidentais.

É fundamental consultar os manuais dos fabricantes para obter informações precisas sobre o espaçamento recomendado para cada tipo de telha. Geralmente, o espaçamento varia entre 1300mm e 1800mm, mas o valor exato deve ser determinado por meio de um cálculo estrutural detalhado.

A cobertura desempenha um papel fundamental na proteção e funcionalidade de qualquer edificação. As telhas metálicas sanduíche, compostas por duas chapas de aço galvanizado de 0,43mm e um núcleo de poliuretano (PUR) ou poliisocianurato (PIR) de 40mm, oferecem uma solução eficiente e durável para coberturas.

A leveza, resistência e durabilidade das telhas metálicas sanduíche as tornam uma excelente opção para diversos tipos de construções. Seu núcleo isolante proporciona excelente desempenho térmico e acústico, contribuindo para o conforto e a economia de energia. Além disso, a variedade de perfis e acabamentos permite adaptar as telhas a diferentes projetos arquitetônicos.

A instalação das telhas metálicas sanduíche requer um preparo adequado da estrutura de suporte e a utilização de sistemas de fixação adequados. A escolha do tipo de perfil, da espessura das chapas e do isolante deve ser feita considerando as características do projeto e as normas técnicas aplicáveis.

4.4. Calha e Tubos de Descida

As calhas são elementos essenciais no sistema de drenagem de edificações, responsáveis por coletar a água das chuvas e conduzi-la para um sistema de condutores e esgotos. Tradicionalmente fabricadas em chapa galvanizada, as calhas podem ser encontradas em diversos formatos e tamanhos, adaptando-se às necessidades de cada projeto.

A escolha do material da calha depende de fatores como durabilidade, estética e custo. Além da chapa galvanizada, materiais como cobre, alumínio e PVC são utilizados, cada um

com suas características específicas. Os componentes de uma calha incluem pendurais, curvas, junções e sifões, que garantem a continuidade e o bom funcionamento do sistema.

O dimensionamento da calha é fundamental para garantir que ela seja capaz de suportar o volume de água da chuva. Fatores como a área de projeção do telhado, a intensidade das chuvas na região e a inclinação da calha devem ser considerados nesse cálculo. A inclinação mínima recomendada é de 0,5% para facilitar o escoamento da água e evitar entupimentos.

A instalação das calhas exige cuidado e precisão, com atenção especial ao alinhamento, à inclinação e à vedação das juntas. A limpeza regular das calhas é fundamental para garantir seu bom funcionamento e evitar danos à estrutura da edificação.

Em resumo, as calhas desempenham um papel crucial na proteção das edificações contra os efeitos das chuvas. A escolha correta do material, o dimensionamento adequado e a instalação precisa garantem a eficiência e a durabilidade do sistema de drenagem.

5. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

A concepção estrutural é a base para a construção de edifícios seguros e duráveis. É como criar um esqueleto forte e resistente para um corpo. Os engenheiros civis analisam as forças que atuam sobre a construção, como o peso próprio, o peso das pessoas e dos objetos, o vento e os terremotos, e dimensionam os elementos estruturais, como colunas, vigas e lajes, para suportá-las.

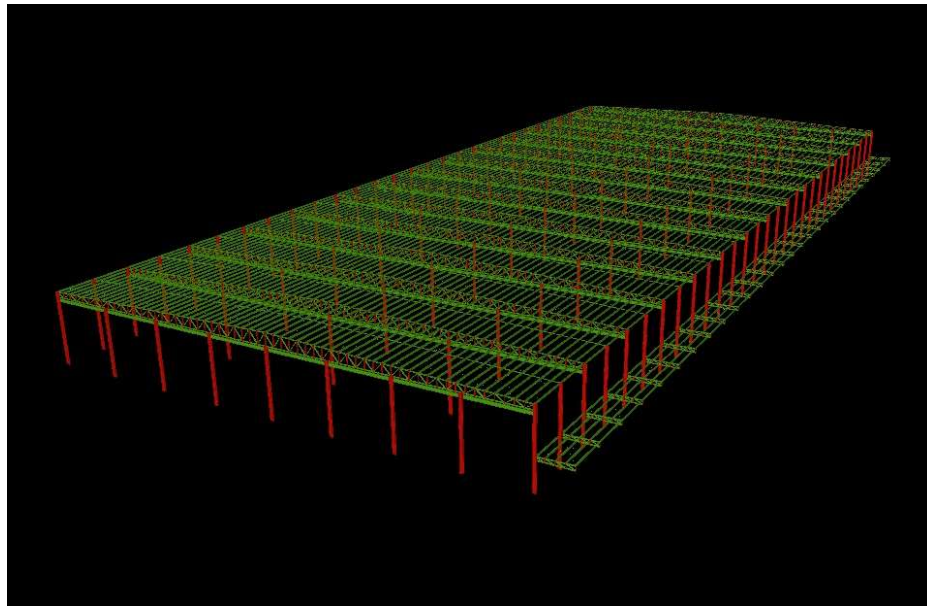
Para garantir a segurança e o conforto dos ocupantes, é fundamental escolher os materiais certos, como concreto e aço, e projetar a estrutura de forma a resistir a situações extremas, como incêndios e terremotos. Além disso, a concepção estrutural busca otimizar o uso de materiais e reduzir custos, sem comprometer a qualidade e a durabilidade da obra.

As etapas da concepção estrutural incluem o levantamento de dados, a criação de modelos virtuais da estrutura, a análise das forças atuantes, o dimensionamento dos elementos estruturais e a elaboração dos desenhos de detalhamento. A sustentabilidade, a acessibilidade e o conforto ambiental são aspectos cada vez mais importantes na concepção de novas edificações.

Em resumo, a concepção estrutural é um processo complexo que exige conhecimento técnico e experiência. Ao garantir a segurança, a durabilidade e a funcionalidade das construções, os engenheiros civis contribuem para a qualidade de vida das pessoas e para o desenvolvimento sustentável das cidades.

5.1. Modelagem da estrutura no Cype3D.

Vista Isométrica da Estrutura



Fonte Autor (2024)

6. PRÉ-DIMENSIONAMENTO

6.1. Cargas atuantes na estrutura

6.1.1. Quantificação das ações nas vigas

A correta determinação e combinação dos carregamentos atuantes em uma estrutura de aço são fundamentais para garantir a sua segurança e durabilidade. Este memorial descreve os procedimentos adotados para a definição e aplicação dos carregamentos na estrutura em questão, em conformidade com a NBR 8800:2008.

- Tipos de Carregamentos

A NBR 8800 classifica os carregamentos em permanentes, variáveis e especiais:

Carregamentos permanentes: São aqueles que atuam de forma constante e contínua sobre a estrutura, como o peso próprio dos elementos estruturais, revestimentos, instalações e equipamentos fixos.

Carregamentos variáveis: São aqueles que variam ao longo do tempo, como cargas de uso e ocupação (pessoas, móveis, equipamentos), cargas climáticas (vento, neve) e cargas acidentais (veículos, impactos).

Carregamentos especiais: Incluem cargas de origem térmica, sísmica, explosões, etc., e devem ser considerados quando aplicáveis.

- Combinações de Carregamentos

A norma estabelece diferentes combinações de carregamentos para simular as diversas situações que a estrutura pode enfrentar. As combinações mais comuns são a combinação última normal e a combinação quase permanente de serviço. A Tabela 6.1 da NBR 8800 apresenta os coeficientes de ponderação para cada tipo de carregamento, que são utilizados para determinar a intensidade de cada carga em cada combinação.

- Procedimentos Adotados

Levantamento de dados: Foram coletados dados sobre as características da edificação, como dimensões e localização geográfica.

Determinação dos carregamentos: Os carregamentos foram determinados com base nas normas técnicas e em dados de projetos anteriores.

Combinações de carga: Foram definidas as combinações de carga relevantes para o projeto, considerando os coeficientes de ponderação da NBR 8800.

Análise estrutural: As combinações de carga foram aplicadas ao modelo estrutural e realizadas as análises necessárias para verificar a segurança da estrutura.

- Considerações Adicionais

Variações locais: Os carregamentos podem variar em função de condições locais, como a região geográfica, o tipo de solo e as normas complementares aplicáveis.

Análise dinâmica: Para estruturas sujeitas a ações sísmicas ou eólicas intensas, pode ser necessária a realização de análises dinâmicas.

Software de análise estrutural: O software Cype 3D foi utilizado para a modelagem e análise da estrutura.

A presente análise demonstra que a estrutura de aço em questão está dimensionada para resistir às combinações de carregamentos definidas, atendendo aos requisitos da NBR 8800.

- Combinação última normal:

A combinação última normal serve para verificar se uma estrutura é capaz de suportar as maiores cargas que ela pode receber durante sua vida útil. Essa combinação considera o peso

próprio da estrutura e todas as cargas variáveis (vento, neve, etc.) ampliadas por fatores de segurança, de acordo com a NBR 8800:2008. Ao aplicar essa combinação, o engenheiro garante que a estrutura não irá ruir mesmo em condições extremas.

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

- Combinação quase permanente de serviço:

A combinação quase permanente de serviço é utilizada para avaliar o comportamento a longo prazo da estrutura, considerando aspectos como deformações e fissuração. Essa combinação visa garantir que a estrutura mantenha sua funcionalidade e aparência ao longo do tempo, sem apresentar problemas como flechas excessivas ou fissuras visíveis.

Diferentemente da combinação última normal, que considera valores extremos das cargas para verificar a resistência da estrutura, a combinação quase permanente utiliza os valores característicos das cargas. Isso significa que o peso próprio da estrutura não é multiplicado por coeficientes de ponderação, e as cargas variáveis são consideradas com valores reduzidos. A justificativa para essa redução é que é pouco provável que todas as cargas atinjam seus valores máximos simultaneamente ao longo da vida útil da estrutura.

Ao utilizar coeficientes de ponderação menores que 1, a combinação quase permanente resulta em uma carga total menor aplicada à estrutura, permitindo verificar se a mesma atenderá aos requisitos de deformações e fissuração, sem a necessidade de considerar situações extremas. A fórmula utilizada para essa combinação consiste em duas partes a serem somadas. A primeira parte engloba o peso próprio da estrutura, enquanto a segunda parte abrange as ações variáveis.

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$

A seguir segue a quantificação dos elementos estruturais constituintes do projeto.

QUANTIFICAÇÃO DAS AÇÕES NAS VIGAS PRINCIPAIS

AÇÕES NA ESTRUTURA		
CARGA ACIDENTAL - CA (KGF/M ²)	CARGA DE UTILIDADES - UT (KGF/M ²)	CARGA PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS (25% DA ÁREA DE COBERTURA) - FT (KGF/M ²)
25,00	15,00	15,00

6.1.2. Cargas de vento

Dados:

- Velocidade Básica de Vento – $V_0 = 38,0 \text{ m/s}$
- $C_{pi1} = +0,20$ / $C_{pi2} = -0,30$
- Fator topográfico $S_1 = 1,0$ para V_0° / $S_1 = 1,25$ para V_90° / $S_1 = 1,00$ para V_{180° / $S_1 = 1,00$ para V_{270°
- Fator estatístico $S_3 = 1,00$
- Categoria IV – Subúrbio

Para determinar os valores das cargas de vento atuantes na edificação, foi consultada a norma técnica ABNT NBR 6123:2023 - Forças devidas ao vento em edificações. A partir dos dados de velocidade do vento característico da região, foram calculadas as pressões de vento incidentes sobre a edificação, considerando os coeficientes de pressão externa e interna fornecidos pela norma. Esses valores de pressão foram então distribuídos sobre a superfície da edificação, permitindo a determinação das forças de vento resultantes em cada elemento estrutural.



Fonte: Norma ABNT NBR 6123:1988.

O fator topográfico (S_1) considera as variações acentuadas do relevo local. No caso de terrenos planos, como o do projeto em questão, esse fator assume o valor unitário ($S_1 = 1$).

O fator de rugosidade (S_2) é determinado em função da categoria do terreno (rugosidade) e da classe da edificação (dimensões). Conforme a Tabela 1 da NBR 6123/88,

para um terreno classificado como categoria III (com obstáculos como muros e edificações) e uma edificação enquadrada na classe C, os parâmetros de rugosidade são: $b = 0,93$, $Fr = 0,95$ e $p = 0,115$. Esses parâmetros são utilizados para calcular o fator de rugosidade, que influencia diretamente na velocidade do vento incidente sobre a edificação.

Assim, o fator S_2 pode ser calculado:

$$S_2 = b * Fr * \left(\frac{Z}{10}\right)^2$$

Fator estatístico (S_3): o fator estatístico considera o grau de segurança e a vida útil requeridos pela edificação, com base em um período de recorrência de 50 anos. Considerando um galpão para depósito com baixo fator de ocupação, tem-se $S_3 = 0,95$.

Com base nessas informações, calculou-se a velocidade característica do vento (V_k) e a pressão dinâmica do vento (q) por meio das Equações:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

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

Relação altura/largura:

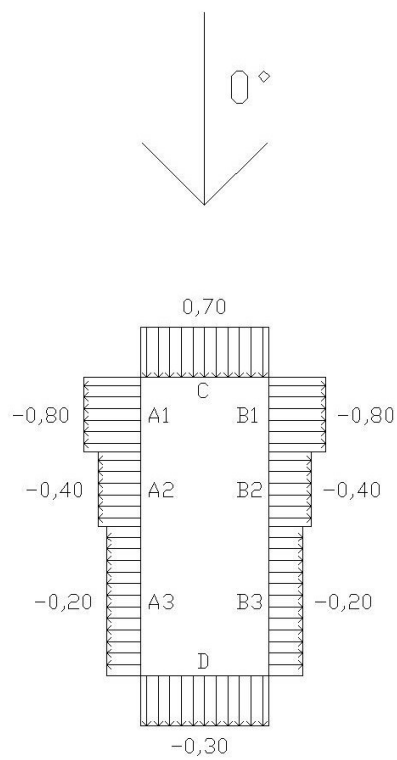
$$\frac{h}{b}$$

Relação comprimento/largura:

$$\frac{a}{b}$$

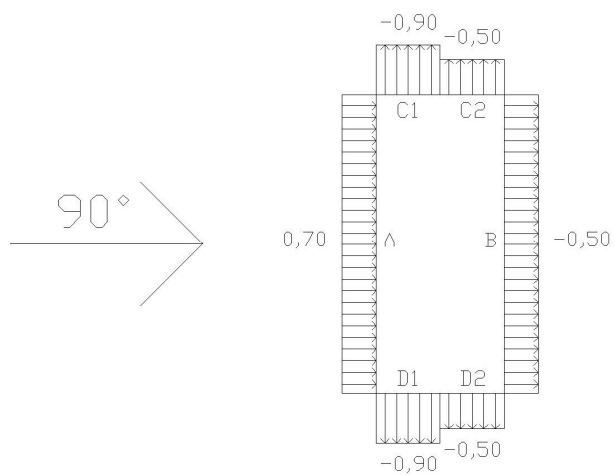
Com isso tem-se a distribuição para os coeficientes de pressão externos

Além disso, o comprimento de A_1 e B_1 apresentado na Figura 3 é definido pelo maior valor entre $b/3$ e $a/4$, desde que seja este valor menor ou igual que $2 \cdot h$. Como para este caso o maior valor da relação, que é $a/4$, é maior que $2 \cdot h$, adota-se a distância de $2 \cdot h$.

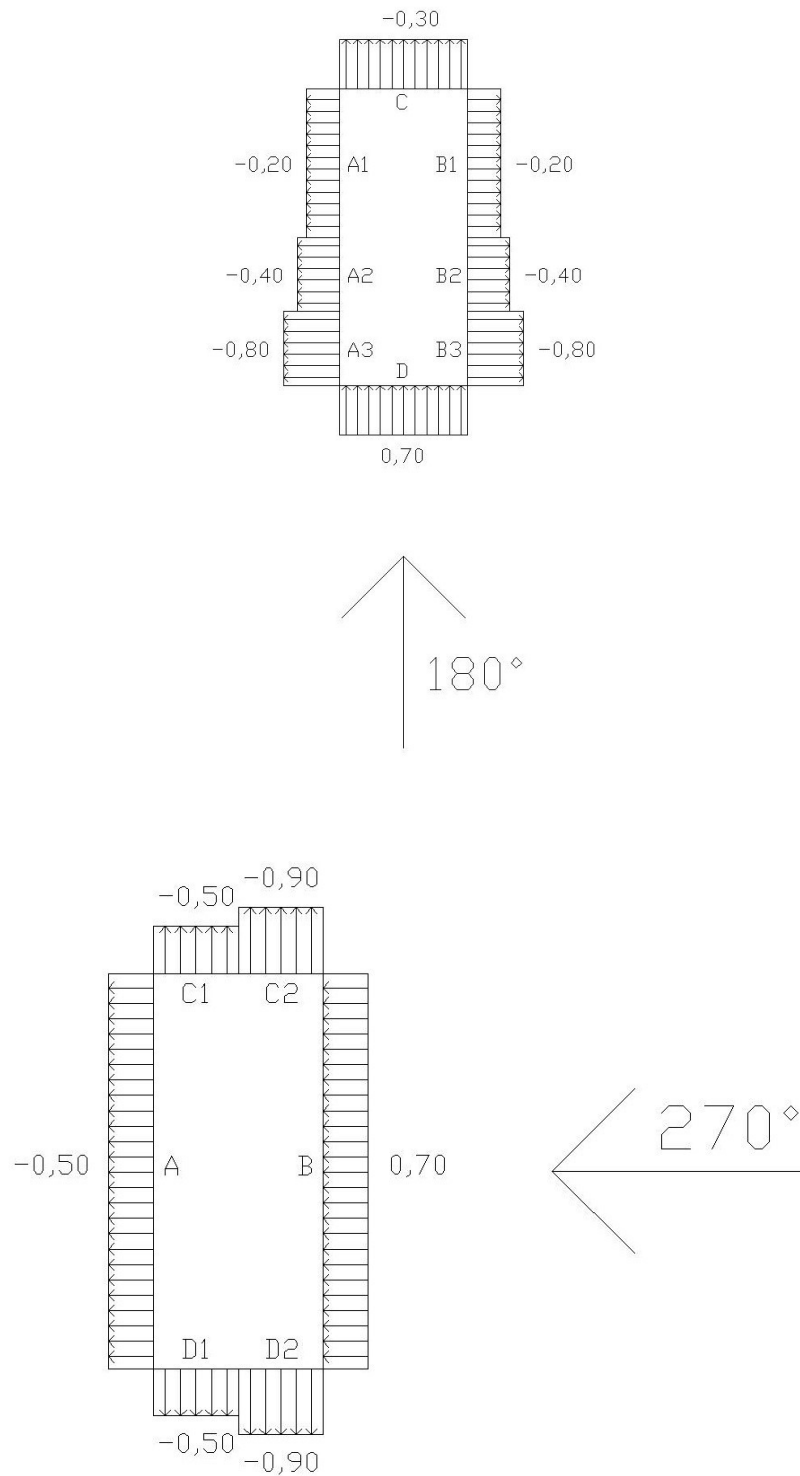


Fonte Autor (2024)

Para os comprimentos de C1 e D1 na Figura, é adotado o menor valor entre $2 \cdot h$ e $b/2$, sendo para este caso $b/2$ o menor deles.



Fonte Autor (2018)



O C_{pe} Médio para as paredes é dado pelo menor valor entre h e $0,2 \cdot b$, sendo este último o adotado neste caso. Coeficientes de pressão externa (C_{pe}) para o telhado: Na Tabela 5 da ABNT NBR 6123/88 são especificados os coeficientes de pressão para telhados de duas águas simétricos para edificações de planta retangular, de onde são extraídos os seguintes valores para o projeto:

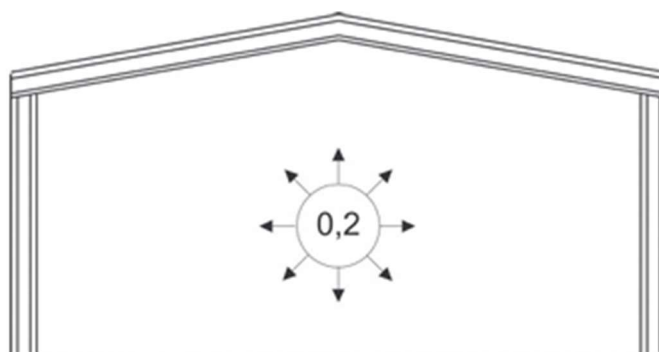
Como $\frac{h}{b} = e$ e a inclinação do telhado é de 3° , obtêm-se os valores de CPe distribuídos.

Além disso, a largura das faixas dos CPe médios é definida pelo menor valor entre h ou $0,15 \cdot b$. Assim, é adotado o valor de $0,15 \cdot b$

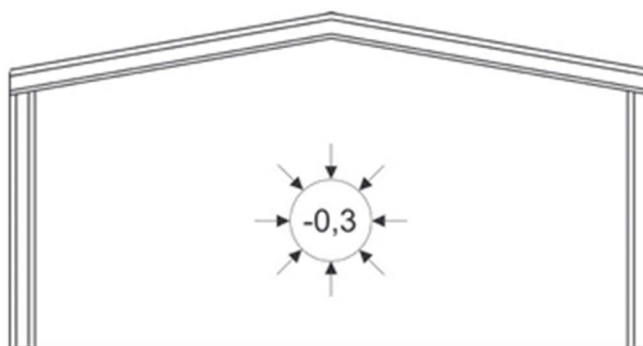
Também, conforme indicado na ABNT NBR 6123/88, a dimensão dos quadros E e G é estipulada da mesma maneira que os CPe das paredes para A1 e B1. Coeficientes de pressão interna (CPi): O cálculo dos coeficientes de pressão interna é feito de acordo com as indicações do item 6.2 da ABNT NBR 6123/88.

Os tapamentos laterais, frontais e a cobertura do galpão serão em chapa trapezoidal, portanto permeáveis, de acordo com a norma. Para efeitos de simplificação será desprezada a existência de abertura dominante em qualquer face do galpão e serão adotados os coeficientes previstos no item 6.2.5.a da ABNT NBR 6123/88. Porém, tendo em mãos as dimensões das aberturas fixas e móveis da edificação, os coeficientes de pressão interna podem ser obtidos de acordo com o Anexo D da ABNT NBR 6123/88.

Assim, os coeficientes de pressão interna considerados são:



Vento perpendicular a uma face permeável



Vento perpendicular a uma face impermeável

Combinações para as cargas do vento: Finalmente, após o cálculo dos coeficientes de pressão para a edificação, passa-se para as combinações das cargas de vento. Duas

combinações serão usadas somente para o dimensionamento das telhas, terças e ancoragens, pois nelas serão considerados os CPe médios previstos anteriormente. Outras quatro combinações serão utilizadas no dimensionamento dos elementos dos pórticos.

Combinações para telhas, terças e ancoragens:

Figura – CPe Médio (Seção 1)

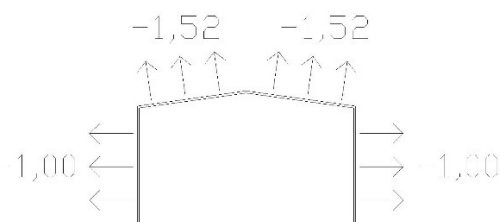


Figura – CPe Médio (Seção 2)

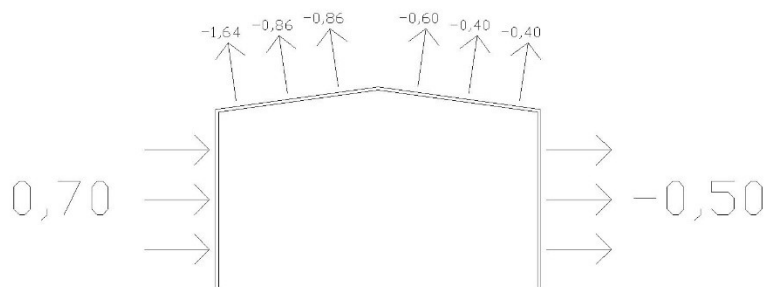
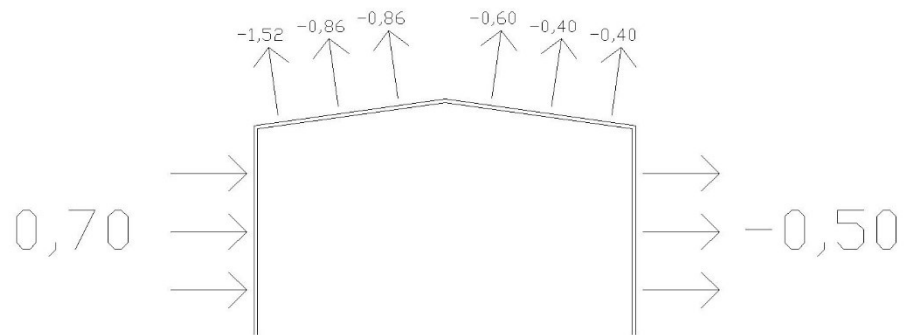


Figura – CPe Médio (Seção 3)



Combinações para elementos da estrutura principal:

Figura – Caso 1: CPe (0°) + Cpi (+0.2)

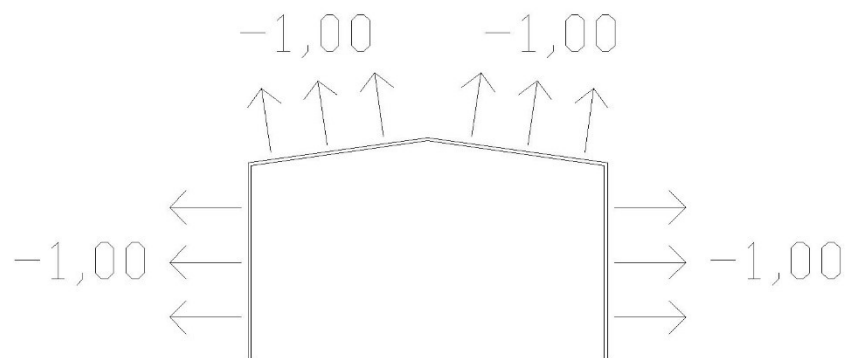


Figura – Caso 2: CPe (0°) + Cpi (-0,3)

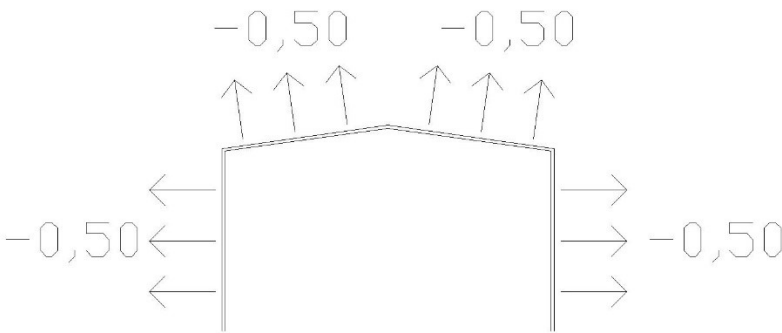


Figura – Caso 3: CPe (90°) + Cpi (+0,2)

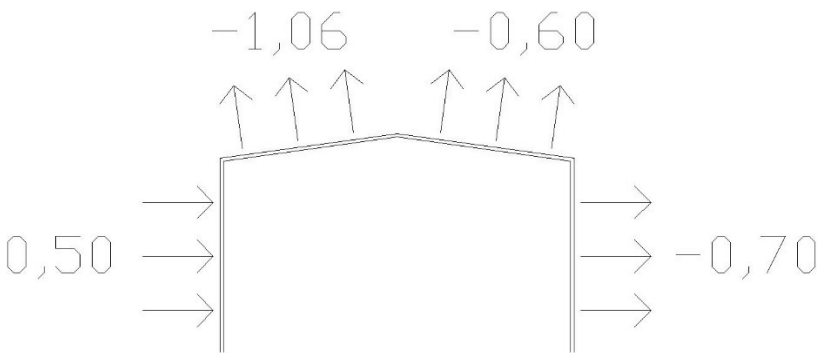


Figura – Caso 4: CPe (90°) + Cpi (-0,3)

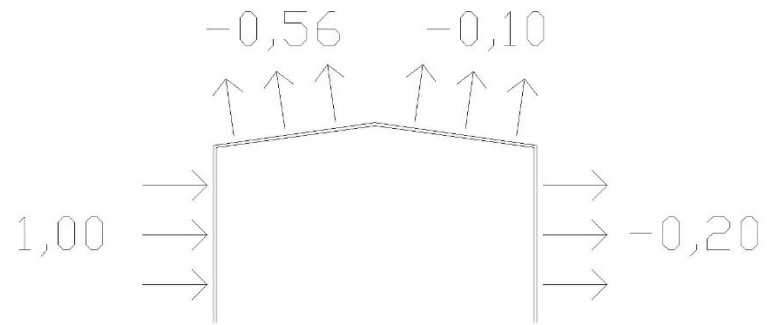


Figura – Caso 5: CPe (180°) + Cpi (0,2)

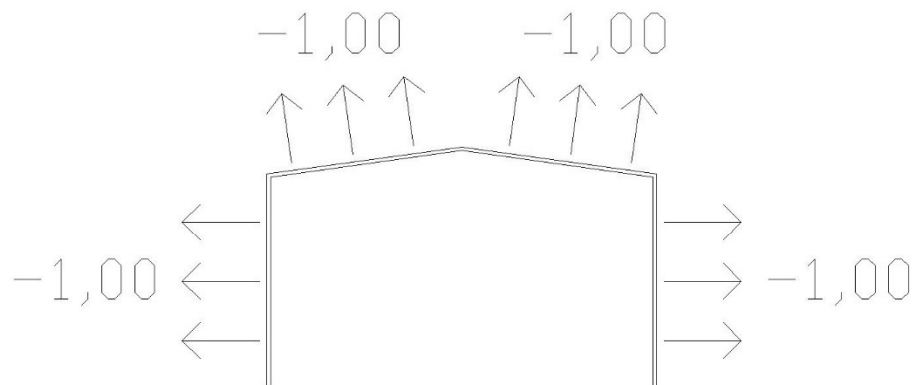


Figura – Caso 6: CPe (180°) + Cpi (-0,3)

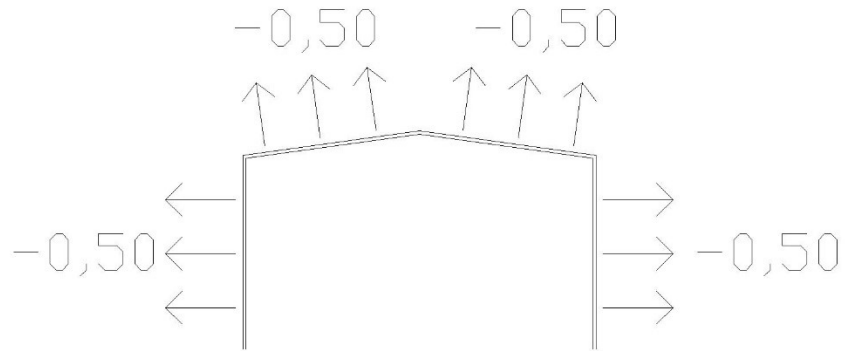


Figura – Caso 7: CPe (270°) + Cpi (0,2)

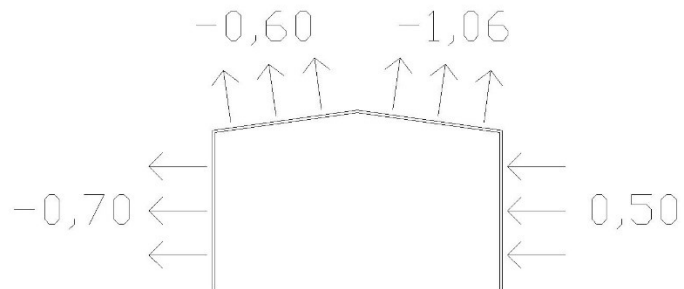
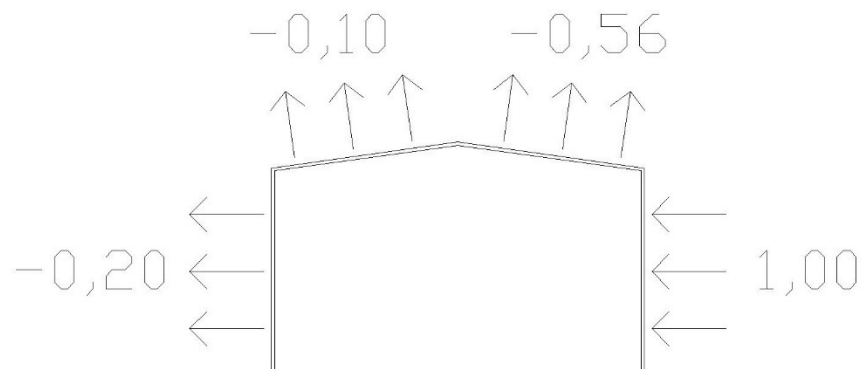


Figura – Caso 8: CPe (270°) + Cpi (-0,3)



Esforços finais devidos à ação do vento para o galpão:- Por simples observação, descartam-se os casos 2 e 4 listados anteriormente para o pórtico, e passam a ser analisados somente os dois casos restantes, que serão chamados de hipóteses I e II. Para a obtenção dos esforços finais de vento basta multiplicar os coeficientes de pressão atuantes pela pressão de obstrução correspondente à altura e pela distância entre pórticos da estrutura.

7. DIMENSIONAMENTO

7.1. Vigas

Para as vigas da estrutura, foi realizado o dimensionamento considerando resistência nos para Momento Fletor e Cortante no ELU (Estado Limite Último), e também se avaliaram os Deslocamentos em uso normal (ELS), seguindo as diretrizes da NBR 8800:2008.

Momento Fletor AABNTNBR8800:2008 afirma que o M_{Rd} , é equivalente ao menor dentre os valores obtidos para MFLA, MFLM e MFLT, minorado pelo coeficiente de segurança γ_{a1} , adotado como 1,1 (Tabela 3 da supracitada norma). Portanto, para cada perfil, deve-se calcular cada momento e adotar o menor valor obtido.

Cálculo do MFLA (Flambagem Local da Alma)

Primeiro, determina-se o momento resistente máximo limitado pela flambagem local da alma, a fim de classificar a alma de cada seção quanto a sua esbeltez, conforme Equações abaixo:

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w}$$

Após o cálculo do λ_a (Parâmetro de esbeltez local da alma), calculam-se os limites λ_p e λ_r (cujas fórmulas podem ser encontradas na Tabela G.1 na supracitada norma), conforme Equações abaixo:

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Possuindo esses limites, existem 3 tipos de casos possíveis: alma compacta, semi-compacta e esbelta, que determinarão o cálculo do MFLA.

Como $\lambda_a \leq \lambda_p$, é classificado o perfil de alma compacta e o MFLA é determinado pelas Equações abaixo:

$$M = Z f_y, \text{ com } MFLA \leq 1,5 W f_y$$

Cálculo do MFLM (Flambagem Local da Mesa)

$$\lambda_m = \frac{b_f}{2t_f}$$

Após o cálculo do λ_a (Parâmetro de esbeltez local da alma), calculam-se os limites λ_p e λ_r (cujas fórmulas podem ser encontradas na Tabela G.1 na supracitada norma), conforme Equações:

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 0,83 \sqrt{\frac{E}{0,7f_y}}$$

Após o cálculo desses limites há 3 tipos de casos possíveis que determinarão o cálculo do MFLM. Como $\lambda_p \leq \lambda_m \leq \lambda_r$, é classificado o perfil de mesa semi compacta e o MFLM é determinado pelas Equações:

$$MFLM = \left[Zf_y - (Zf_y - 0,7Wf_y) \left(\frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \text{ com } MFLM \leq Zf_y$$

Como o menor momento obtido(MFLM), aplicamos o coeficiente de ponderação e obtemos o MRd do perfil na Equação:

$$MRd = \frac{MFLM}{\gamma_a}$$

Possuindo os valores de MSd e MRd, realiza-se a seguinte verificação:

$$M_{Sd} < M_{Rd} \therefore \text{ok!}$$

Esforço Cortante

De acordo com a Seção 5.4.3.1.2 da ABNT NBR 8800: 2008, para verificar a resistência ao esforço cortante, foi considerada a área efetiva de cisalhamento (A_w), bem como o valor de λ , definidos pelas Equações abaixo:

$$A_w = dt_w$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

Os limites λ_p e λ_r foram calculados logo em sequência, conforme Equações abaixo, considerando $K_v=5$, uma vez que se trata de uma viga sem enrijecedores transversais, em concordância com a ABNT NBR 8800:2008.

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 1,37 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

Como $\lambda \leq \lambda_p$, o valor da força cortante resistente de cálculo será dado pela Equação abaixo:

$$V_{rd} = \frac{0,6 \times A_w \times f_y}{\gamma_{al}}$$

Possuindo os valores de V_{rd} e V_{sd} , realiza-se a seguinte verificação da resistência a solicitação:

$$V_{sd} < V_{Rd} \therefore \text{ok!}$$

Como o valor da força solicitante cortante de cálculo é inferior à força cortante resistente de cálculo, o perfil está apto para ser utilizado.

Deformações (Flechas)

O deslocamento vertical do pórtico é determinado computacionalmente com a combinação dada por:

$$F_{D,uti} = F_{Gk} + \Psi_{2j}F_{Qk}$$

O limite dado segundo o Anexo C da ABNT NBR 8800:2008, Tabela C.1 é de $L/250$ para vigas de cobertura. Portanto, o valor do deslocamento máximo obtido foi de 57,51mm , sendo conforme o deslocamento vertical com os perfis utilizados.

O estado limite de deformação horizontal para galpões em geral é de $1/300$ da altura da coluna em relação à base – segundo o anexo C da ABNT NBR 8800:2008, Tabela C.1.

O deslocamento lateral do pórtico no topo das colunas, para a pior situação das combinações frequentes de serviço, pode ser calculado computacionalmente, da mesma maneira para análise de deslocabilidade da estrutura, com a combinação de estado limite de utilização dada por apenas o carregamento nominal do vento fornecido pela hipótese II das ações finais de vento.

$$F_{D,uti} = (0,3)F_{Qk,vento}$$

$$\delta < \delta_{max} \therefore ok!$$

7.2. Base de pilar

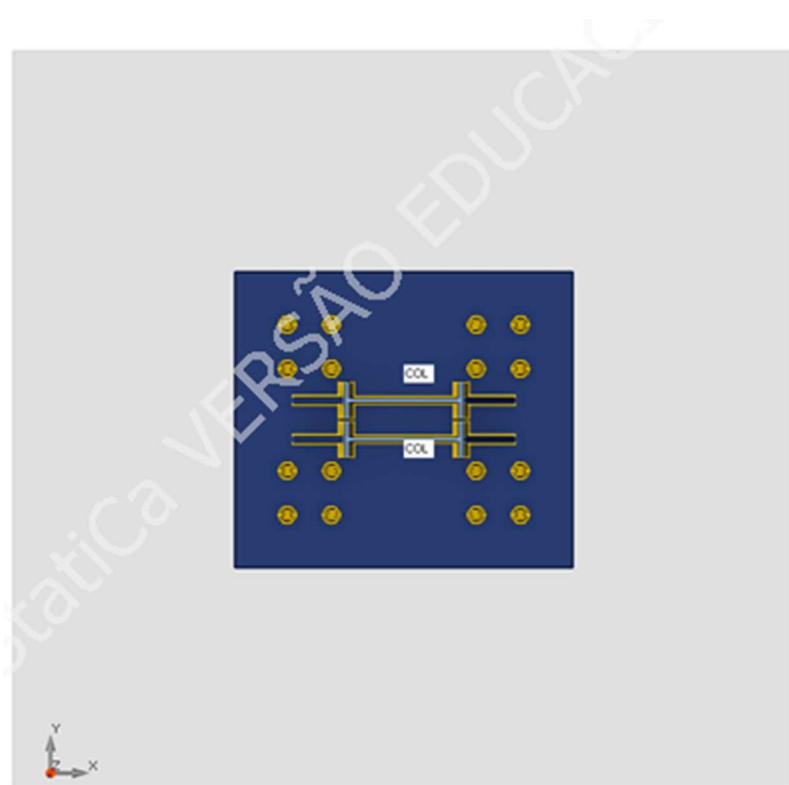
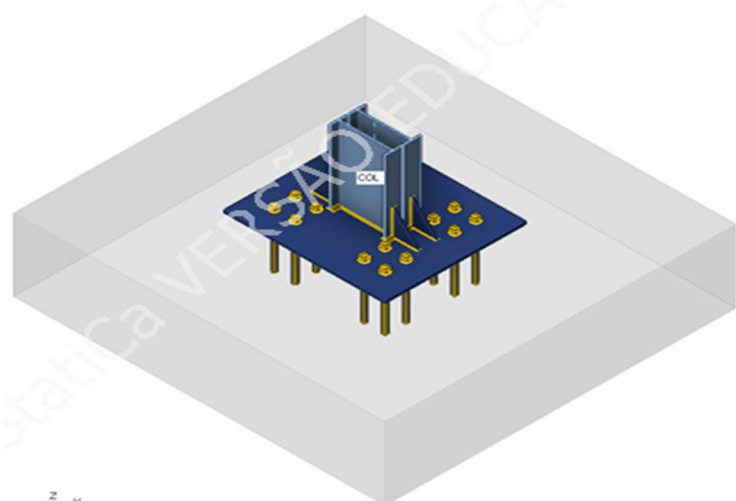
Elementos

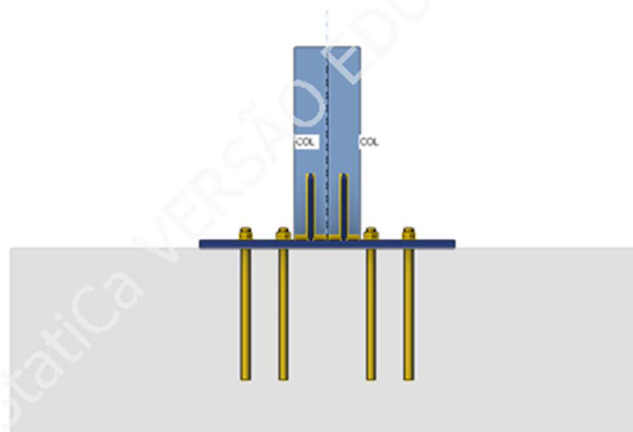
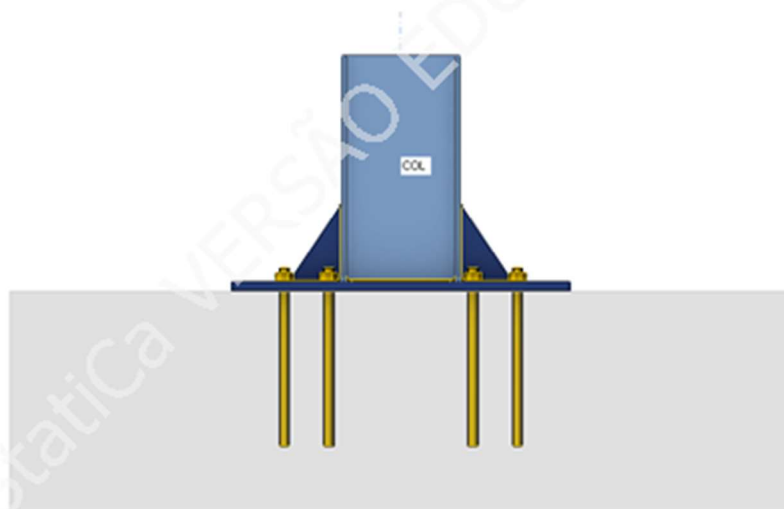
Geometria

Nome	Seção transversal	β – Direção [°]	γ - Pass o [°]	α - Rotação [°]	Deslocamento ex [mm]	Deslocamento ey [mm]	Deslocamento ez [mm]
COL	25 - 2I(W530X85)	0,0	90,0	0,0	0	0	0

Apoios e forças

Nome	Apoio	Forças em	X [mm]
COL / final		Nó	0

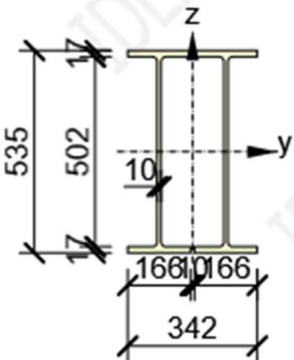




Seções transversais

Nome	Material
25 - 2I(W530X85)	S 355

Seções transversais

Nome	Material	Desenho
25 - I(W530X85)	S 355	

Chumbadores

Nome	Diâmetro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
M45 8.8	45	640,0	800,0	1590

Efeitos da carga (forças em equilíbrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL / Fim	467,0	0,0	0,0	0,0	763,0	0,0

Forças desbalanceadas

Nome	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	0,0	0,0	467,0	0,0	763,0	0,0

Bloco de fundação

Item	Valor	Unidade
BdC 1		
Dimensões	3342 x 3535	mm
Altura	1000	mm
Chumbador	M45 8.8	
Comprimento de ancoragem	700	mm
Transferência da força cortante	Atrito	

Verificação

Resumo

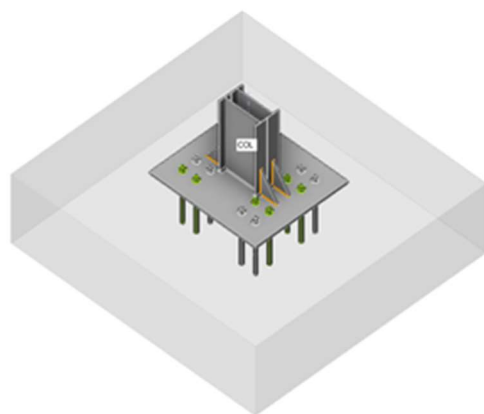
Nome	Valor	Status da verificação
Análise	100,0%	OK
Chapas	0,0 < 5,0%	OK
Chumbadores	94,7 < 100%	OK
Soldas	98,2 < 100%	OK
Bloco de concreto	19,7 < 100%	OK
Cisalhamento	0,0 < 100%	OK
Flambagem	Não calculado	

Chapas

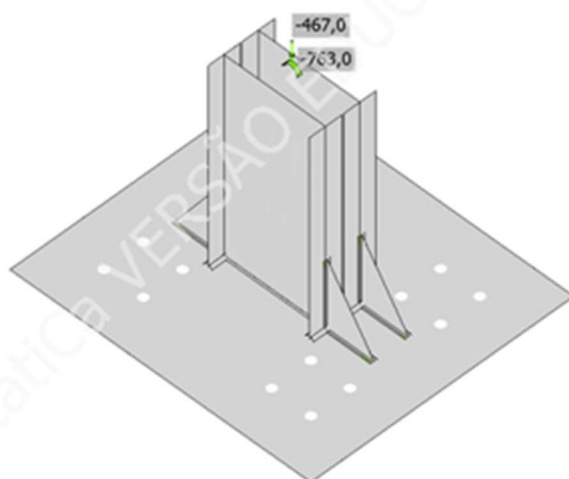
Nome	t_b [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
COL-bfl 1	16,5	LE1	228,6	0,0	0,0	OK
COL-tfl 1	16,5	LE1	281,6	0,0	0,0	OK
COL-w 1	10,3	LE1	217,8	0,0	0,0	OK
COL-bfl 2	16,5	LE1	229,1	0,0	0,0	OK
COL-tfl 2	16,5	LE1	282,0	0,0	0,0	OK
COL-w 2	10,3	LE1	218,0	0,0	0,0	OK
BP1	40,0	LE1	184,3	0,0	0,0	OK
WID1a	25,0	LE1	240,8	0,0	0,0	OK
WID1b	25,0	LE1	236,6	0,0	0,0	OK
WID1c	25,0	LE1	241,0	0,0	0,0	OK
WID1d	25,0	LE1	237,0	0,0	0,0	OK

Dados do projeto

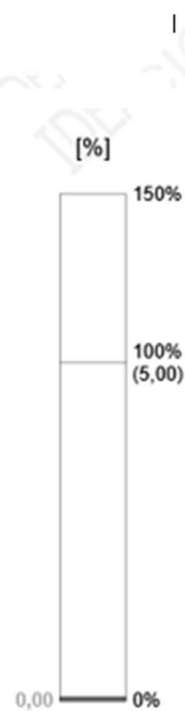
Material	f_y [MPa]	ϵ_{lm} [%]
S 355	355,0	5,0

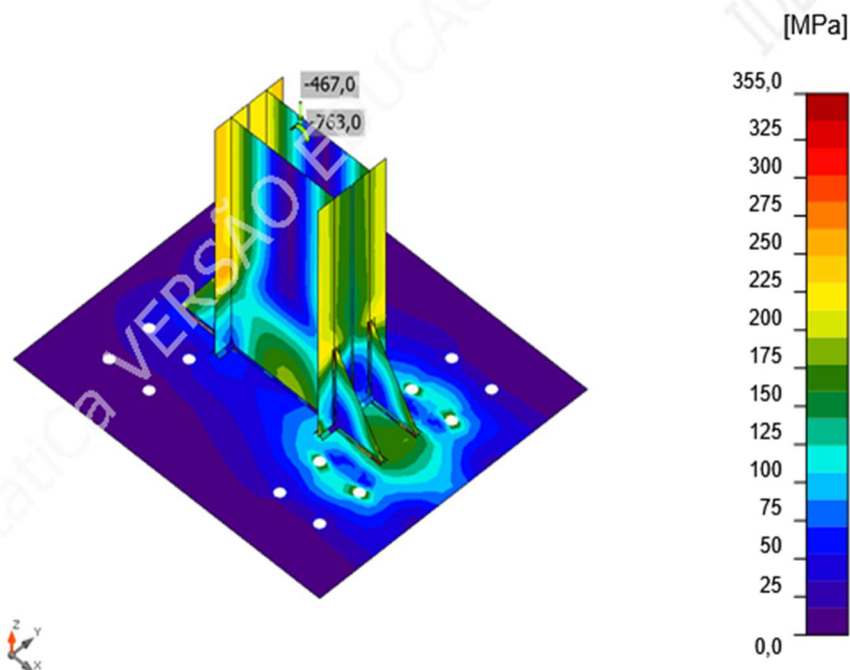


Verificação geral, LE1



Verificação de deformação, LE1





Tensão equivalente, LE1

Chumbadores

Formato	Item	Cargas	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	N _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,cp} [kN]	U _{t,t} [%]	U _{t,s} [%]	U _{t,ts} [%]	Detalhamento	Status
	A1	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A2	LE1	2,6	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A3	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A4	LE1	2,5	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A5	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A6	LE1	12,7	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A7	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A8	LE1	12,8	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A9	LE1	239,3	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A10	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A11	LE1	239,7	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A12	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A13	LE1	198,3	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A14	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK
	A15	LE1	198,7	0,0	957,5	2383,0	94,7	0,0	92,1	OK	OK
	A16	LE1	0,0	0,0	0,0	2383,0	0,0	0,0	0,0	OK	OK

Dados do projeto

Grau	N _{Rd,s} [kN]	V _{Rd,s} [kN]
M45 8.8 - 1	592,1	417,9

Soldas

Item	Borda	T _w [mm]	L [mm]	Cargas	σ_{w,E_d} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detalhamento	Status
BP1	COL-bfl 1	▲ 20,0 L	166	LE1	131,4	0,0	39,1	60,0	40,5	30,2	25,3	OK	OK
		▲ 20,0 L	166	LE1	141,9	0,0	58,6	-37,7	-64,4	32,6	27,0	OK	OK
BP1	COL-tfl 1	▲ 20,0 L	166	LE1	71,8	0,0	-32,5	-26,9	-25,4	16,5	15,3	OK	OK
		▲ 20,0 L	166	LE1	73,1	0,0	-28,8	34,4	17,9	16,8	15,3	OK	OK
BP1	COL-w 1	▲ 10,0 L	517	LE1	72,7	0,0	6,7	8,0	-41,0	16,7	10,1	OK	OK
		▲ 10,0 L	517	LE1	120,7	0,0	7,2	-5,9	69,3	27,7	13,8	OK	OK
BP1	COL-bfl 2	▲ 20,0 L	166	LE1	129,3	0,0	38,6	58,1	-41,2	29,7	25,4	OK	OK
		▲ 20,0 L	166	LE1	138,9	0,0	55,9	-36,5	63,7	31,9	20,4	OK	OK
BP1	COL-tfl 2	▲ 20,0 L	166	LE1	74,1	0,0	-32,7	-27,1	27,2	17,0	15,9	OK	OK
		▲ 20,0 L	166	LE1	73,9	0,0	-28,4	34,0	-20,0	17,0	16,1	OK	OK
BP1	COL-w 2	▲ 10,0 L	517	LE1	130,5	0,0	5,0	4,1	-75,2	30,0	15,1	OK	OK
		▲ 10,0 L	517	LE1	75,6	0,0	-1,8	1,2	43,6	17,4	10,8	OK	OK
BP1	WID1 _a	▲ 6,0 L	239	LE1	427,2	0,2	-144,4	-145,8	180,6	98,1	75,1	OK	OK
		▲ 6,0 L	239	LE1	427,3	0,3	-147,3	146,0	-179,8	98,1	75,9	OK	OK
COL-tfl 1	WID1 _a	▲ 6,0 L	353	LE1	427,7	0,5	-77,4	-78,9	-229,7	98,2	72,7	OK	OK
		▲ 6,0 L	353	LE1	427,7	0,5	-76,8	75,4	230,9	98,2	72,4	OK	OK
BP1	WID1 _b	▲ 6,0 L	239	LE1	427,3	0,3	137,6	126,9	-196,1	98,1	73,4	OK	OK
		▲ 6,0 L	239	LE1	427,3	0,3	125,8	-136,6	192,2	98,1	72,2	OK	OK

COL-bfl 1	WID1 _b	▲ 6,0 L	353	LE1	426,9	0,0	74,8	74,2	231,0	98,0	72,7	OK	OK
		▲ 6,0 L	353	LE1	426,9	0,1	75,1	-75,6	- 230,6	98,0	71,4	OK	OK
BP1	WID1 _c	▲ 6,0 L	239	LE1	427,3	0,3	- 142,9	- 142,1	184,0	98,1	73,6	OK	OK
		▲ 6,0 L	239	LE1	427,2	0,2	- 140,3	141,0	- 185,4	98,1	74,1	OK	OK
COL-tfl 2	WID1 _c	▲ 6,0 L	353	LE1	427,7	0,5	-77,3	-75,7	- 230,8	98,2	72,9	OK	OK

Item	Borda	T _w [mm]	L [mm]	Cargas	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{PI} [%]	σ _⊥ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	τ [MPa]	U _t [%]	U _{t,c} [%]	Detalhamento	Status
		▲ 6,0 L	353	LE1	427,7	0,5	- 77,9	79,4	229,5	98,2	73,0	OK	OK
BP1	WID1d	▲ 6,0 L	239	LE1	427,2	0,2	176,8	181,7	- 131,9	98,1	76,2	OK	OK
		▲ 6,0 L	239	LE1	427,2	0,2	180,0	- 174,9	139,5	98,1	75,6	OK	OK
COL-bfl 2	WID1d	▲ 6,0 L	353	LE1	427,0	0,1	76,1	76,7	230,1	98,0	71,4	OK	OK
		▲ 6,0 L	353	LE1	426,9	0,0	75,8	- 75,0	- 230,7	98,0	71,3	OK	OK

Dados do projeto

Material	f _u [MPa]	β _w [-]	σ _{w,Rd} [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	490,0	0,90	435,6	352,8

Bloco de concreto

Item	Cargas	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _i [-]	f _{jd} [MPa]	U _t [%]	Status
BdC 1	LE1	64	15078 8	9,3	3,00	46,9	19,7	OK

Cisalhamento no plano de contato

Nome	Cargas	V _y [kN]	V _z [kN]	V _{Rd,y} [kN]	V _{Rd,z} [kN]	U _t [%]	Status
BP1	LE1	0,0	0,0	348,8	348,8	0,0	OK

Estimativa de custo

Aço

Grau do aço	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
S 355	680,27	2,00	1360,54

Parafusos

Montagem do parafuso	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
M45 8.8	57,09	5,00	285,45

Soldas

Tipo de solda	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
Filete duplo	20,0	28,3	4,17	40,00	166,80
Filete duplo	10,0	14,1	1,63	40,00	65,12
Filete duplo	6,0	8,5	1,35	40,00	53,81

Perfuração

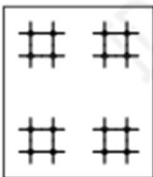
Custo da montagem do parafuso [€]	Porcentagem do custo da montagem do parafuso [%]	Custo [€]
285,45	30,0	85,64

Resumo dos custos

Resumo da estimativa de custo	Custo [€]
Custo total estimado	2017,36

Lista de material

Operações de fabricação

Nome	Chapas [mm]	Formato	Nº.	Soldas Espessura da garganta [mm]	Comprimento [mm]	Parafusos	Nº.
BP1	P40,0x1342,0-1535,0 (S 355)		1	Filete duplo: 20,0 Filete duplo: 10,0	664,0 1037,0	M45 8.8	16

WID1	P25,0x240,0-355,0 (S 355)		4	Filete duplo: 6,0	2380,0		
------	------------------------------	---	---	-------------------	--------	--	--

Soldas

Tipo	Material	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Comprimento [mm]
Filete duplo	S 355	20,0	28,3	664,0
Filete duplo	S 355	10,0	14,1	1037,0
Filete duplo	S 355	6,0	8,5	2380,0

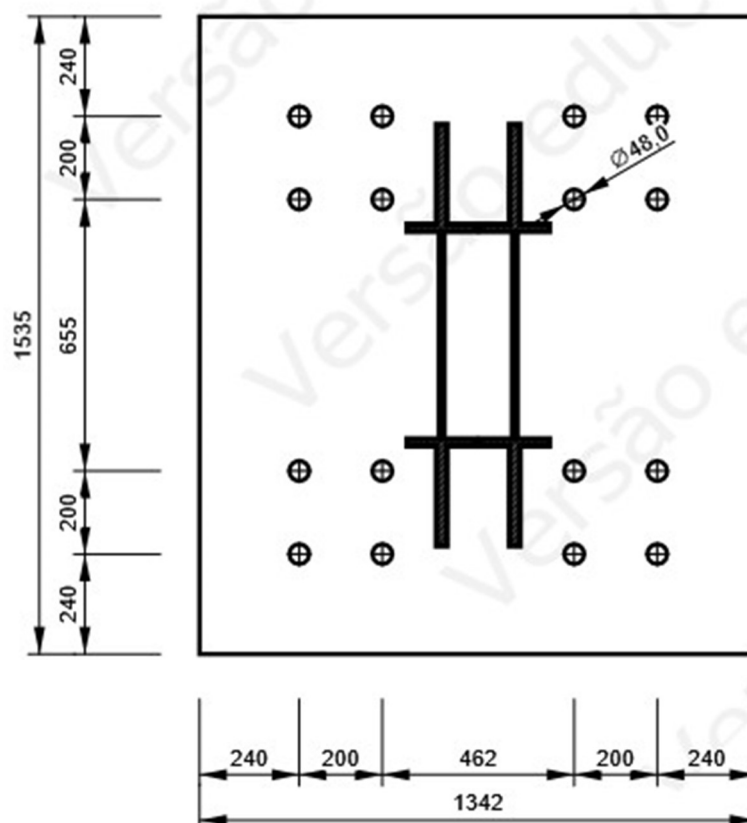
Chumbadores

Nome	Comprimento [mm]	Comprimento da broca [mm]	Contagem
M45 8.8	740	700	16

Desenho

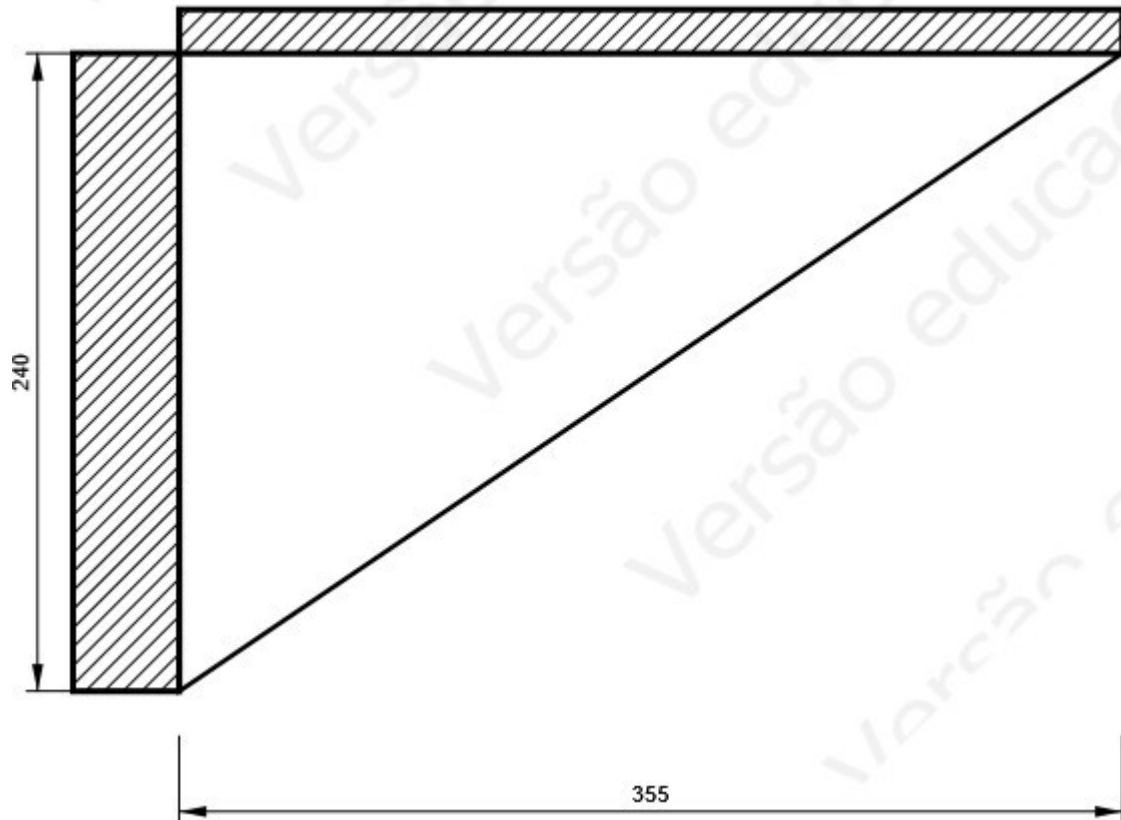
BP1

P40,0x1535-1342 (S 355)



WID1

P25,0x355-240 (S 355)



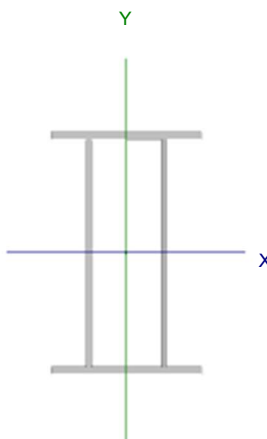
Configurações de norma

Item	Valor	Unidade	Referência
Coeficiente de ponderação γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coeficiente de ponderação γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coeficiente de ponderação γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coeficiente de ponderação γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Coeficiente de ponderação γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Coeficiente de ponderação γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coeficiente da ligação β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Área efetiva - influência do tamanho da malha	0,10	-	
Coeficiente de atrito - concreto	0,25	-	EN 1993-1-8
Coeficiente de atrito na resistência ao deslizamento	0,30	-	EN 1993-1-8 aba 3.7
Limite de deformação plástica	0,05	-	EN 1993-1-5
Detalhamento	Sim		
Distância entre os parafusos [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3

Distância entre os parafusos e a borda [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Verificação da resistência à ruptura do concreto	Ambo s		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Usar α_b calculada na verificação da capacidade de carga.	Sim		EN 1993-1-8: aba 3.4
Concreto fissurado	Sim		EN 1992-4
Verificação da deformação local	Sim		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite da deformação local	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Não linearidade geométrica (GMNA)	Sim		Análise com grandes deformações para ligações de seção tubular
Sistema contraventado	Não		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

7.3. Exemplo de cálculo de um dos Pilares pelo software

MARQUISE INICIAL (13700 - 14550 MM)

Perfil: W530X85, Caixa dupla soldada Material: Aço (A-36 250Mpa)							
	Cotas do tramo (m)		Altura livre (m)	Características mecânicas			
	Ext.Inferior	Ext.Superior		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	13.70	14.55	0.850	215.44	96955.92	17363.04	149.10
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado						
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.	
	b	0.70	0.70	0.00		0.00	
	L _K	0.595	0.595	0.000		0.000	
C _b	-		1.000				
Notação:							
b: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C: Fator de modificação para o momento crítico							

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras simples comprimidas não deve ser superior a 1/2 do índice de esbeltez da barra composta. Adicionalmente, o índice de esbeltez das barras compostas comprimidas, tomado como a maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda_s \leq 1/2 \cdot \lambda_c$$

$$\lambda_c \leq 200$$

Onde:

λ_s : Índice de esbeltez da seção simples.

$$\lambda_s = \frac{l}{r_{s,\min}}$$

$$\lambda_s : \underline{0.0}$$

Sendo:

l: Espaçamento na direção longitudinal entre soldas ou outros elementos de ligação entre os perfis da seção composta.

$$l : \underline{0.000} \text{ m}$$

$r_{x,s}$, $r_{y,s}$: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_{x,s} : \underline{21.21} \text{ cm}$$

$$r_{y,s} : \underline{3.42} \text{ cm}$$

λ_c : Índice de esbeltez da seção composta.

λ_x : Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo X, calculada levando em conta o tipo de ligação e o seu espaçamento.

$$\lambda_x : \underline{2.8}$$

λ_y : Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo Y, calculada levando em conta o tipo de ligação e o seu espaçamento.

$$\lambda_y : \underline{6.6}$$

8. CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras é o coração pulsante da construção, onde todas as atividades vitais se convergem. É nesse espaço dinâmico que materiais são armazenados, estruturas se erguem, sistemas se integram e a visão do projeto se materializa. Um canteiro de obras bem organizado e gerenciado não apenas garante a segurança dos trabalhadores, mas também otimiza os processos, assegurando o cumprimento dos prazos e a qualidade da obra. Em última análise, a eficiência do canteiro de obras é um fator determinante para o sucesso de todo o empreendimento, impactando diretamente sua viabilidade e resultado final.

8.1. Áreas administrativas

As áreas administrativas em um canteiro de obras são essenciais para o gerenciamento eficiente do projeto e para garantir o bom funcionamento de todas as atividades. De acordo com as dimensões dos projetos algumas áreas fazem-se necessárias tais como:

Escritório central: Espaço principal para a equipe de gestão, engenheiros e outros profissionais responsáveis pelo planejamento, coordenação e controle da obra. Deve contar com mesas, cadeiras, computadores, impressoras e outros equipamentos de escritório.

Sala de reuniões: Ambiente reservado para reuniões de equipe, discussões técnicas, apresentações e encontros com fornecedores ou clientes.

8.2. Áreas operacionais

Almoxarifado: Local para armazenamento organizado de materiais de construção, como cimento, tijolos, areia, ferragens, madeiras, tintas, entre outros. Deve ser dividido em setores específicos para cada tipo de material, com prateleiras, estantes e áreas de circulação adequadas.

Central de armação: Área destinada à preparação das armaduras de aço, com bancadas, mesas de corte e dobra, máquinas de solda e outros equipamentos necessários.

Oficina: Local para manutenção e reparo de ferramentas e equipamentos, com bancadas, ferramentas manuais e elétricas, peças de reposição e materiais de consumo.

Refeitório: Área para refeições e descanso dos trabalhadores, com mesas, cadeiras, bebedouro e, se possível, microondas e geladeira.

9.1. Quantificação e consumo dos materiais metálicos

Para obter o valor do consumo total de aço da estrutura, foram quantificados todos os elementos metálicos utilizados. Para isso, primeiramente foi gerado um resumo dos comprimentos e pesos dos perfis das vigas e pilares, por meio do software Cype 3D, conforme Tabela abaixo.

Tabela – Quantificação dos perfis utilizados para as vigas

2.1.1.5.- Tabela resumo

Tabela resumo													
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volum e			Peso			
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)	
Aço laminado	A-36 250Mpa	W	2xW530X85(1)	1403.500	2753.500		30.237	44.779		237360.48	351516.75		
			W530X85	1350.000			14.542			114156.27			
			L 5 x 7/16", Duplo T união genérica	1433.120			7.727			60659.96			
			L 4 x 1/2", Duplo T união genérica	2128.252			10.296			80827.38			
			L 4 x 3/8", Duplo T união genérica	1257.767			4.641			36433.10			
		Cantoneira	5/16"	L 6 x 3/4", Duplo T união genérica	3048.686	7867.824	33.194	55.859	260573.60	438494.05			
				Barra redonda	5274.435	0.261	2050.11	2050.11					
							15895.759	100.899		792060.90			
		Aço dobrado	A-36	C	C300X85X25X4.76, Caixa dupla soldada	13860.000	13860.000		64.445	64.445	505892.39	505892.39	
							13860.000			64.445		505892.39	

Tabela – Quantitativos das superfícies a pintar

2.1.1.6.- Quantitativos de superfícies

Perfis de aço: Quantitativos das superfícies a pintar					
Tipo	Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfície (m²)
Aço laminado	W	2xW530X85(II)	2.045	1403.500	2870.719
		W530X85	1.713	1350.000	2313.090
	Cantoneira	L 5 x 7/16", Duplo T união genérica	1.016	1433.120	1456.050
		L 4 x 1/2", Duplo T união genérica	0.813	2128.252	1729.843
		L 4 x 3/8", Duplo T união genérica	0.610	1257.767	766.735
		L 6 x 3/4", Duplo T união genérica	0.914	3048.686	2787.718
	Barra redonda	5/16"	0.025	5274.435	131.567
	Subtotal				12055.721
Aço dobrado	C	C300X85X25X4.76, Caixa dupla soldada	0.945	13860.000	13092.666
					Subtotal
Total					25148.387

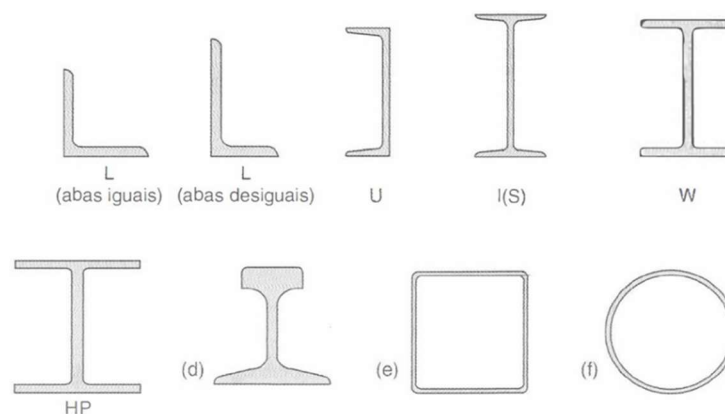
9.2. Fabricação do aço

O processo de produção de perfis e chapas metálicas tem início com a obtenção do aço a partir do minério de ferro. O minério, composto principalmente por óxidos de ferro (como a hematita, Fe₂O₃), é reduzido em altos fornos, onde reage com o carbono presente no coque, formando o ferro gusa. O gusa, por sua vez, passa por processos de refino para reduzir o teor de impurezas e ajustar a composição química, resultando no aço líquido.

A escolha do tipo de aço a ser utilizado depende da aplicação final do produto. Aços carbono, aços ligados e aços inoxidáveis são alguns exemplos de tipos de aço, cada um com características específicas de resistência, ductilidade e outras propriedades.

O aço líquido é então solidificado e transformado em lingotes, que são aquecidos em fornos e laminados a quente para obter as formas desejadas, como perfis estruturais (vigas, colunas) e chapas. A laminação a quente consiste em passar o aço entre cilindros, reduzindo sua espessura e conferindo o formato desejado. Após a laminação, o produto pode passar por tratamentos térmicos e mecânicos para melhorar suas propriedades e atender às especificações técnicas.

[Figura 3 – Tipos de perfis laminados]



Fonte: Internet (2024)

9.3. Transporte


O transporte de elementos estruturais exige cuidados especiais para garantir a segurança de todos os envolvidos e evitar danos às peças. No Brasil, o transporte rodoviário é o mais comum, sendo os caminhões os principais veículos utilizados.

É fundamental seguir as diretrizes técnicas e de segurança estabelecidas pela legislação de trânsito, como o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e as resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Para o transporte de peças com dimensões inferiores a 12 metros, não é necessário um transporte especial, porém, é indispensável:

Conforme Escóssia (2016), o projeto das peças deve considerar as limitações impostas pelo transporte rodoviário, garantindo que as dimensões e o peso sejam compatíveis com os veículos disponíveis. A legislação brasileira, especificamente o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e as resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), estabelece limites dimensionais para os veículos de transporte, como largura máxima de 2,60 m, comprimento total máximo de 14 m para caminhões trucados e 18,15 m para veículos articulados, e altura máxima de 4,40 m em relação ao solo.

Além das dimensões, é fundamental considerar o peso bruto total admissível (PBTA) do veículo, o número de eixos e a capacidade de carga de cada eixo. Em alguns casos, pode ser necessário solicitar autorização especial para o transporte de cargas com dimensões ou pesos que excedam os limites estabelecidos, desde que sejam atendidas determinadas condições de segurança e que o itinerário seja previamente autorizado pelas autoridades competentes.

Figura 4 – Veículos para o transporte e montagem de estruturas metálicas

Tipo	configuração do veículo	lotação aproximada	comprimento	largura
Caminhão toco		8 t	6,9 m	2,4 m
Caminhão trucado		15 t	7,8 m	2,4 m
Caminhão trator (cavalo) + semi-reboque (Carreta)		27 t	14,8 m	2,5 m
Caminhão trucado + 2 semi-reboque (Bitrem)		34 a 46 t	17,5 a 19,8 m	2,5 m

Fonte CICHINELLI (2024)

9.4. Montagem

A montagem da estrutura metálica deve seguir rigorosamente as especificações do projeto, garantindo a precisão e o alinhamento de todos os elementos. As fundações devem ser verificadas quanto à localização e nivelamento, e os chumbadores devem estar corretamente posicionados e apurados.

Durante a montagem, é fundamental utilizar gabaritos para garantir o espaçamento correto entre os elementos e evitar desvios. Pequenos ajustes podem ser realizados com cunhas de aço, mas erros significativos podem exigir a re execução de partes da estrutura.

É importante ressaltar que a montagem deve ser realizada por profissionais qualificados e experientes, que conheçam as normas técnicas e as recomendações do fabricante. O acompanhamento técnico durante todas as etapas do processo é fundamental para garantir a qualidade e a segurança da obra.

A montagem da estrutura metálica inicia-se com a instalação de colunas e vigas principais, seguindo o projeto executivo. É fundamental garantir a estabilidade da estrutura durante a montagem, utilizando contraventamentos provisórios e estabilizando as colunas após cada jornada de trabalho. As conexões entre as peças devem ser realizadas de acordo com as especificações do projeto, utilizando parafusos ou solda. A verificação do prumo, alinhamento e esquadro é essencial para garantir a qualidade da montagem. A solda de topo deve ser realizada de forma gradual, permitindo a liberação do guindaste assim que a conexão estiver suficientemente resistente.

A montagem da estrutura metálica é um processo sequencial que requer precisão e cuidado. As etapas principais incluem:

- **Montagem das colunas:** As colunas são conectadas às fundações por meio de chumbadores, formando ligações engastadas.
- **Montagem das vigas principais:** As vigas principais são apoiadas nas colunas e interligam os diversos elementos da estrutura.
- **Instalação de contraventamentos:** Estruturas de contraventamento provisórias são instaladas para garantir a estabilidade da estrutura durante a montagem.
- **Verificação dimensional:** O prumo, o alinhamento e o esquadro de cada elemento devem ser verificados periodicamente, utilizando instrumentos de medição precisos.
- **Conexões:** As conexões entre as peças podem ser realizadas por parafusos ou solda, de acordo com o projeto executivo. A solda de topo deve ser realizada de forma gradual, permitindo a liberação do guindaste assim que a conexão estiver suficientemente resistente.

É fundamental que a montagem seja realizada por profissionais qualificados e que sigam as normas técnicas e as recomendações do fabricante.

9.5. Equipamentos

9.5.1. Grua

A grua é um equipamento de içamento vertical essencial na construção de edifícios de múltiplos andares desempenhando um papel crucial na elevação e movimentação de cargas pesadas. Essas máquinas complexas são notáveis pela capacidade de levantar objetos de grande peso a alturas significativas, possibilitando a execução de projetos que, de outra forma, seriam praticamente inviáveis.

Uma grua típica é composta por uma torre vertical ou uma lança horizontal montada em uma base sólida. O braço da grua é equipado com um gancho ou outros dispositivos de içamento que permitem segurar e movimentar objetos pesados. Além disso, as gruas são projetadas com contrapesos para garantir a estabilidade durante as operações de elevação. É imprescindível que o operador tenha um treinamento especializado para manusear o equipamento de forma segura, uma vez que erros no uso podem levar ao colapso da estrutura ou, até mesmo, a acidentes fatais.

Conforme o Manual de Transporte e Montagem do CBCA, "a grua deve cobrir toda a projeção da estrutura, com capacidade de içar as cargas mais distantes. A área de estocagem de peças deve estar dentro de seu raio de operação."

Ao escolher a grua mais adequada para uma construção, é fundamental analisar fatores como a altura da estrutura, o valor da maior carga a ser içada, o momento de tombamento e a melhor localização da grua que permita o maior raio de operação.

9.5.2. Guindaste

O guindaste é outro equipamento de içamento vertical essencial em construções com estruturas metálicas. Sua principal característica é a capacidade de levantar cargas pesadas de maneira controlada e precisa. Isso é possível graças a um sistema de contrapeso, que equilibra o peso da carga e permite que o guindaste opere com estabilidade.

Os guindastes são equipados com cabos de aço ou correntes robustas, além de ganchos resistentes, para garantir a segurança na movimentação e elevação de objetos pesados. Um diferencial desse equipamento é a capacidade de giro da lança em torno de um eixo vertical, possibilitando movimentos de 360°.

A segurança é uma prioridade no manuseio de guindastes. Os operadores devem ser devidamente treinados para garantir uma operação segura e eficiente. Medidas adicionais, como a inspeção regular do equipamento e o uso de dispositivos de proteção individual, são fundamentais para evitar acidentes.

O raio de operação do guindaste é a distância horizontal entre o centro da máquina e a carga a ser içada. A lança, uma estrutura alongada que se estende a partir do corpo principal do guindaste, é usada para alcançar e movimentar a carga. Essa lança pode ser ajustada tanto em comprimento quanto em ângulo, adaptando-se às necessidades específicas do projeto. De acordo com o Manual do CBCA, a capacidade máxima de um guindaste é determinada pela resistência estrutural do equipamento, pela capacidade do guincho e pela sua estabilidade em relação à carga a ser movimentada.

9.5.3. Caminhões e reboques

Os equipamentos de transporte horizontal desempenham um papel fundamental na construção de estruturas metálicas, assegurando que as peças sejam entregues e armazenadas de maneira eficiente e segura, o mais próximo possível do local de execução da obra. Entre esses equipamentos, os caminhões se destacam por sua relevância no transporte de materiais. Eles são projetados para transportar cargas volumosas, permitindo a movimentação de peças metálicas de variados tamanhos e pesos com facilidade.

Caminhões utilizados nesse contexto geralmente são equipados com guindastes ou guinchos, o que possibilita o carregamento e descarregamento eficiente das peças diretamente

no canteiro de obras. É imprescindível que esses veículos possuam dispositivos de segurança adequados para garantir que as cargas sejam transportadas de maneira estável, minimizando riscos operacionais.

Além dos caminhões, os reboques desempenham uma função crucial na logística de transporte em obras de estruturas metálicas. Eles são frequentemente utilizados para transportar peças de grandes dimensões, como vigas e colunas, que excedem as capacidades dos caminhões convencionais. Esses reboques são especialmente projetados para acomodar tais peças de forma segura, oferecendo flexibilidade na entrega e permitindo o armazenamento temporário no local da obra ou em áreas próximas, até que sejam necessárias na construção.

A utilização de caminhões e reboques no transporte de peças para estruturas metálicas apresenta diversas vantagens. Uma delas é a possibilidade de descarregar e armazenar os materiais de maneira estratégica e conveniente, otimizando o fluxo de trabalho no canteiro de obras. Essa eficiência operacional resulta em economia de tempo e redução dos custos relacionados ao transporte. Além disso, esses equipamentos são indispensáveis para garantir a segurança no local de trabalho.

É igualmente importante que os operadores de caminhões e reboques recebam treinamento adequado para manusear cargas pesadas e volumosas, de modo a garantir a movimentação segura das peças. Isso contribui significativamente para a mitigação de riscos de acidentes e para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e organizado.

9.5.4. Outros equipamentos

O manual do CBCA mencionado anteriormente lista as ferramentas essenciais para utilizar na construção, dividindo-as em três categorias: ferramentas manuais, ferramentas pneumáticas e ferramentas elétricas.

Dentro das ferramentas manuais, encontram-se chaves de boca, de estria ou combinadas, espigas, nível de precisão, prumo, talha de alavanca, talha de cabo de aço, nível e teodolito. As ferramentas pneumáticas incluem esmerilhadeiras, máquinas de torque e agulheiros. Por fim, as ferramentas elétricas abrangem esmerilhadeiras, furadeiras manuais, parafusadeiras manuais, furadeiras de base magnética, martelotes e máquinas de torque.

As ferramentas manuais, pneumáticas e elétricas citadas desempenham um papel essencial na construção. Elas são fundamentais para a precisão, eficiência e segurança em diversas tarefas, desde a montagem de estruturas até o acabamento de peças. Essas ferramentas

possibilitam o alinhamento adequado, fixação segura, perfurações precisas e o aperto correto de parafusos, contribuindo diretamente para a qualidade e para o sucesso do projeto.

Para esse projeto, também foi utilizado soldas, stud bolts e parafusos específicos para fazer as ligações necessárias. Esses elementos já foram mencionados e especificados nas seções anteriores.

10. SEGURANÇA E MANUTENÇÃO

10.1. Proteção passiva do galpão

Proteção passiva é o conjunto de medidas de proteção contra incêndio incorporadas à construção do edifício e que deve, portanto, ser previsto e projetado pelo arquiteto, além de ser considerado pelos engenheiros de projeto e obra. Seu desempenho ao fogo independe de qualquer ação externa de combate a incêndio exercida pelo homem.

Constituem-se medidas de proteção passiva:

- Saídas de emergência (projeto de dimensionamento e distribuição);
- Reação ao fogo de materiais de acabamento e revestimento;
- Resistência ao fogo dos elementos construtivos;
- Controle de fumaça (barreiras físicas e exaustão natural);
- Separação entre edificações;
- Compartimentação horizontal e vertical;
- Acessibilidade para combate.

Todas as exigências de medidas de proteção passiva nas edificações estão inseridas em decretos-lei de vários estados brasileiros, acompanhados pelas instruções técnicas.

10.2. Proteção do galpão contra corrosão

A manutenção de vigas e pilares de aço é um fator crítico para garantir a integridade estrutural e a durabilidade de edificações construídas com estruturas metálicas. Embora essas estruturas ofereçam vantagens significativas em termos de resistência e versatilidade, a corrosão representa uma ameaça considerável que pode comprometer sua estabilidade ao longo do tempo.

Para otimizar a manutenção, é fundamental catalogar e acessar os detalhes construtivos, selecionar ferramentas adequadas, treinar equipes para avaliar e executar as atividades técnicas, além de criar uma base de dados contendo informações detalhadas sobre as instalações e

equipamentos. Essas práticas permitem um planejamento eficaz e uma programação de manutenção organizada e eficiente.

A corrosão é um processo natural que ocorre quando os elementos de aço interagem com o ambiente. Em regiões urbanas e costeiras, a umidade, a poluição e a agressividade atmosférica podem acelerar esse processo. A exposição constante a fluidos corrosivos, como água salgada ou produtos químicos, também pode deteriorar as superfícies metálicas. De acordo com a norma ABNT NBR 8800:2008, os ambientes são classificados em seis categorias de corrosividade, de C1 a C5-M, e a recomendação é que se utilize espécimes de monitoramento para determinar a categoria específica do ambiente.

Um plano de manutenção preventiva para elementos de aço deve incluir as seguintes etapas fundamentais:

- **Inspeção Regular:** Inspeções frequentes são essenciais para identificar sinais iniciais de corrosão, como manchas de ferrugem, descamação ou alterações na coloração da superfície. A detecção precoce desses problemas permite que ações corretivas sejam tomadas antes que se tornem críticas.
- **Limpeza e Tratamento:** A limpeza regular remove sujeira, poeira e umidade das superfícies metálicas, reduzindo o risco de corrosão. A aplicação de revestimentos anticorrosivos, como tintas e vernizes, é uma prática recomendada para proteger as superfícies de aço.
- **Monitoramento da Agressividade Ambiental:** É indispensável avaliar o ambiente onde a estrutura está localizada. Ambientes com alta umidade, maresia ou poluição atmosférica requerem inspeções e manutenções mais frequentes.
- **Manutenção de Acessórios:** Conexões, parafusos e soldas devem ser verificados regularmente, pois podem ser pontos críticos para o início da corrosão. A falta de manutenção adequada desses componentes pode comprometer a resistência da estrutura.
- **Acompanhamento de Reparos:** Caso sejam identificados danos, é crucial realizar reparos imediatos, que podem incluir a remoção de corrosão, reforço estrutural ou aplicação de novos revestimentos protetores.

- Documentação Detalhada: Manter registros completos das inspeções, manutenções e reparos realizados facilita o rastreamento da história da estrutura e a tomada de decisões informadas sobre manutenções futuras.
- Treinamento e Conscientização: Os profissionais responsáveis pela manutenção devem ser treinados para identificar problemas e executar as ações corretivas necessárias. A conscientização sobre a importância da manutenção preventiva também é fundamental para garantir a longevidade da estrutura.
- Planejamento Orçamentário: Estabelecer um orçamento dedicado às atividades de manutenção preventiva evita a necessidade de reparos emergenciais ou até mesmo substituições de grandes componentes, o que pode gerar custos elevados.

A manutenção preventiva das estruturas metálicas é uma medida crucial para preservar a integridade da estrutura do galpão. A combinação de inspeções regulares, limpeza, monitoramento ambiental e ações corretivas pode ajudar a prevenir a corrosão e a prolongar a vida útil das estruturas metálicas. Ao integrar essa abordagem de manutenção desde o projeto inicial, os benefícios a longo prazo em termos de segurança, durabilidade e custo-benefício podem ser substanciais.

Segundo a norma ABNT NBR 8800:2008: “Por vida útil de projeto entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e consumidor, bem como execução de reparos necessários de correntes de danos ambientais.”

A norma referida destaca que os componentes de aço devem ser projetados de forma a permitir fácil acesso para inspeção e manutenção do sistema de pintura, o que pode incluir a instalação de passarelas e plataformas para garantir o deslocamento seguro dos profissionais envolvidos. Além disso, a norma enfatiza a necessidade de fornecer iluminação adequada durante a realização dessas atividades, a fim de assegurar a eficiência e segurança do trabalho.

Para prevenir pontos de corrosão, a norma ressalta a importância de tratar adequadamente frestas estreitas e juntas sobrepostas. A aplicação de calços de aço soldados pode impedir a retenção de umidade e sujeira nessas áreas, reduzindo assim o risco de corrosão.

A utilização de soldas contínuas é recomendada como medida adicional para minimizar esse risco.

Outro ponto abordado é a necessidade de evitar a retenção de água e sujeira em configurações geométricas que propiciem o acúmulo dessas substâncias. Sugere-se a adoção de superfícies inclinadas ou chanfradas para promover a drenagem eficiente, eliminando áreas propensas à retenção de umidade e sujeira, o que contribui para a longevidade dos componentes.

Além disso, as instalações elétricas são mencionadas como um elemento crítico em qualquer edificação, exigindo atenção especial no que se refere à manutenção preventiva. Considerando que falhas em instalações elétricas estão entre as principais causas de incêndios, a falta de manutenção adequada pode resultar em curtos-circuitos, sobrecargas e perdas patrimoniais. Portanto, a implementação de um programa de manutenção regular para sistemas elétricos é fundamental para garantir tanto a segurança dos ocupantes quanto o funcionamento contínuo da edificação.

A adoção de um plano de manutenção abrangente, alinhado com as normas vigentes e as recomendações dos fabricantes, é essencial para prevenir danos, evitar custos elevados e mitigar riscos à segurança. Dessa forma, assegura-se a integridade estrutural e a eficiência funcional do edifício ao longo do tempo.

11. CONCLUSÃO

No presente projeto, foram explorados os benefícios e potenciais da utilização do aço como material estrutural predominante na construção de um galpão metálico, o projeto demonstrou sua viabilidade técnica e econômica.

Esse valor reflete a eficiência do projeto em termos de otimização dos recursos, proporcionando um equilíbrio ideal entre resistência estrutural e economia de materiais. A proporção cuidadosamente calculada resultou em um galpão seguro e robusto, ao mesmo tempo em que minimiza o desperdício de recursos naturais.

As vantagens da utilização do aço como material estrutural são amplas e cobrem aspectos essenciais na concepção e construção de galpões industriais. O aço destaca-se por sua alta resistência à tração e compressão, características que garantem a robustez necessária para suportar as cargas e tensões impostas sobre estruturas de grande vão livre, como galpões.

Outro benefício relevante é a durabilidade do aço, que se traduz em uma longa vida útil da edificação. Essa durabilidade reduz significativamente a necessidade de manutenções frequentes, gerando economia de recursos ao longo do tempo e minimizando os transtornos associados a paradas para reparo.

A leveza do aço, em comparação com outros materiais estruturais, também é uma vantagem relevante, especialmente em construções de grandes dimensões como galpões. Essa característica resulta em cargas mais baixas nas fundações, o que se torna uma solução vantajosa em locais com solos de capacidade de carga limitada, permitindo economia nos custos de fundação e viabilizando a construção em terrenos com características desfavoráveis.

Adicionalmente, o processo de fabricação dos componentes de aço é altamente controlado e eficiente, o que possibilita prazos de construção mais curtos. Os elementos estruturais podem ser pré-fabricados e montados no local, acelerando significativamente o cronograma da obra. Isso é especialmente importante em projetos industriais, onde a rapidez na construção pode ser determinante para o início das operações.

A construção industrializada, que envolve a pré-fabricação de elementos construtivos em ambiente controlado, também proporciona padronização e precisão na montagem, reduzindo os custos de mão de obra e otimizando o uso de recursos. Esse método contribui para tornar a construção mais eficiente e sustentável.

A sustentabilidade do aço também é um ponto importante a ser considerado. Sendo um material reciclável e reutilizável, o aço contribui para a redução do consumo de recursos naturais e para a diminuição do impacto ambiental. Além disso, a rapidez na execução de estruturas metálicas resulta em menores emissões de carbono no canteiro de obras, o que se alinha às preocupações ambientais contemporâneas.

Em resumo, a utilização de aço associada aos princípios da construção industrializada apresenta-se como uma solução promissora para a construção de galpões metálicos. O presente projeto demonstra que é possível alcançar elevada qualidade estrutural, funcionalidade e sustentabilidade, enquanto se atende às demandas de eficiência e economia no setor industrial, promovendo um desenvolvimento construtivo responsável e ambientalmente consciente.

Referências:

ABNT, NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

Figura 1: <https://calculistadeaco.com.br/ligacoes-soldadas-ou-parafusadas-em-estruturas-de-aco-como-decidir/>

Figura 2: <https://engeduca.eadbox.com/courses/ligaces-soldadas>

Figura 3: <https://eisenmetal.com.br/tipos-de-perfis-metalicos-2/>

Figura 4: CICHINELLI, Gisele. Transporte de estruturas metálicas exige planejamento e logística. *AECweb*, São Paulo, 16 abr. 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/transporte-de-estruturas-metalicas-exige-planejamento-e-logistica/17252>.

ANEXO 1 – LIGAÇÕES ENTRE VIGAS

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Dados do projeto

Nome do projeto
Número do projeto
Autor
Descrição
Data 03/09/2024
Norma EN

Material

Aço S 355
Concreto C25/30, C35/45

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Item do projeto Treliça: Nó Central

Cálculo

Nome Treliça: Nó Central
Descrição
Análise Tensão, deformação/ carregamento simplificado

Elementos

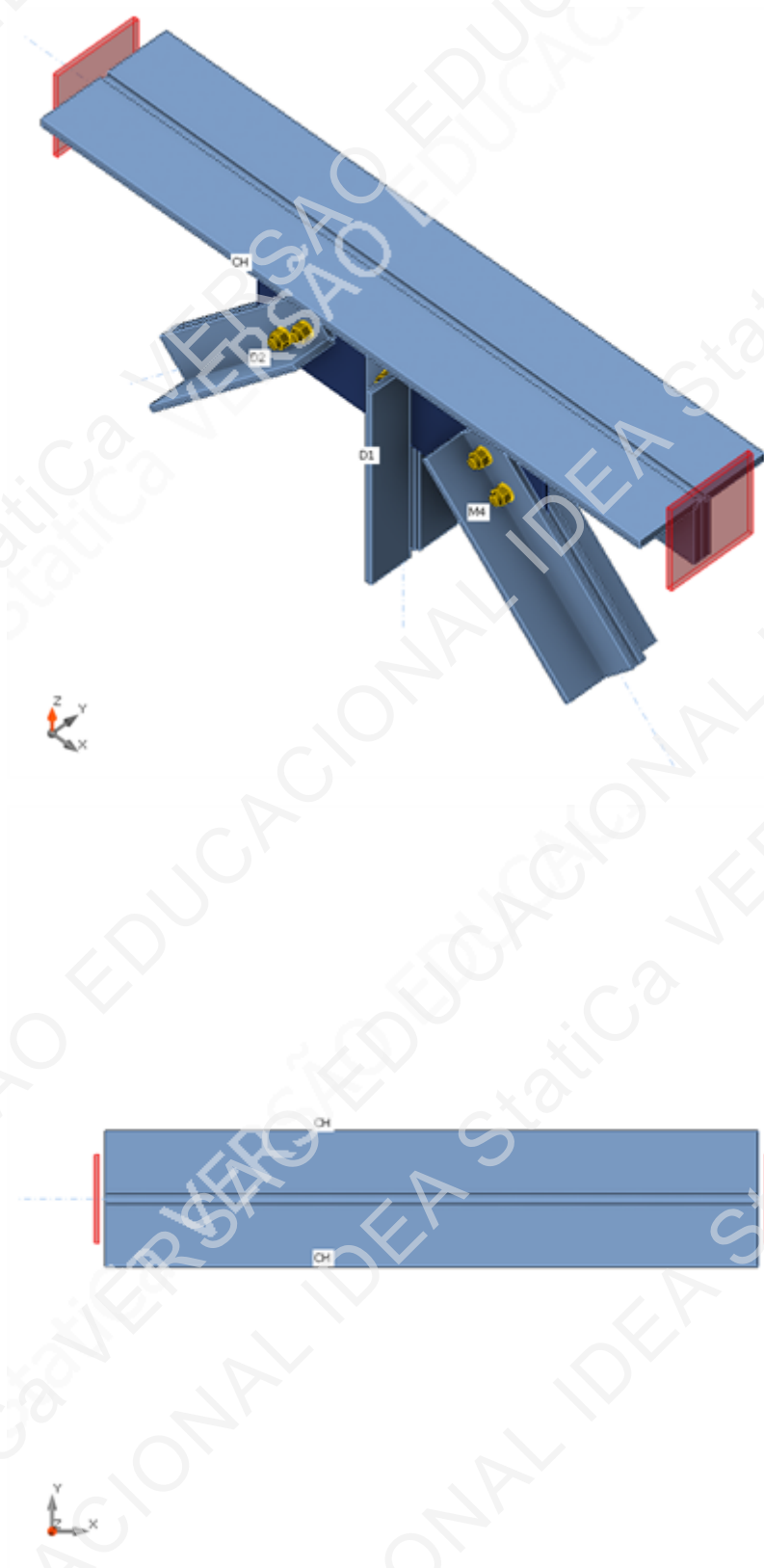
Geometria

Nome	Seção transversal	β - Direção [°]	γ - Passo [°]	α - Rotação [°]	Deslocamento ex [mm]	Deslocamento ey [mm]	Deslocamento ez [mm]
CH	18 - 2Lt(L6X6X3/4)	0,0	0,0	0,0	0	0	0
D1	19 - 2Lt(L4X4X1/2)	0,0	-90,0	-180,0	0	0	0
D2	19 - 2Lt(L4X4X1/2)	180,0	-45,0	0,0	0	0	0
M4	19 - 2Lt(L4X4X1/2)	0,0	-45,0	0,0	0	0	0

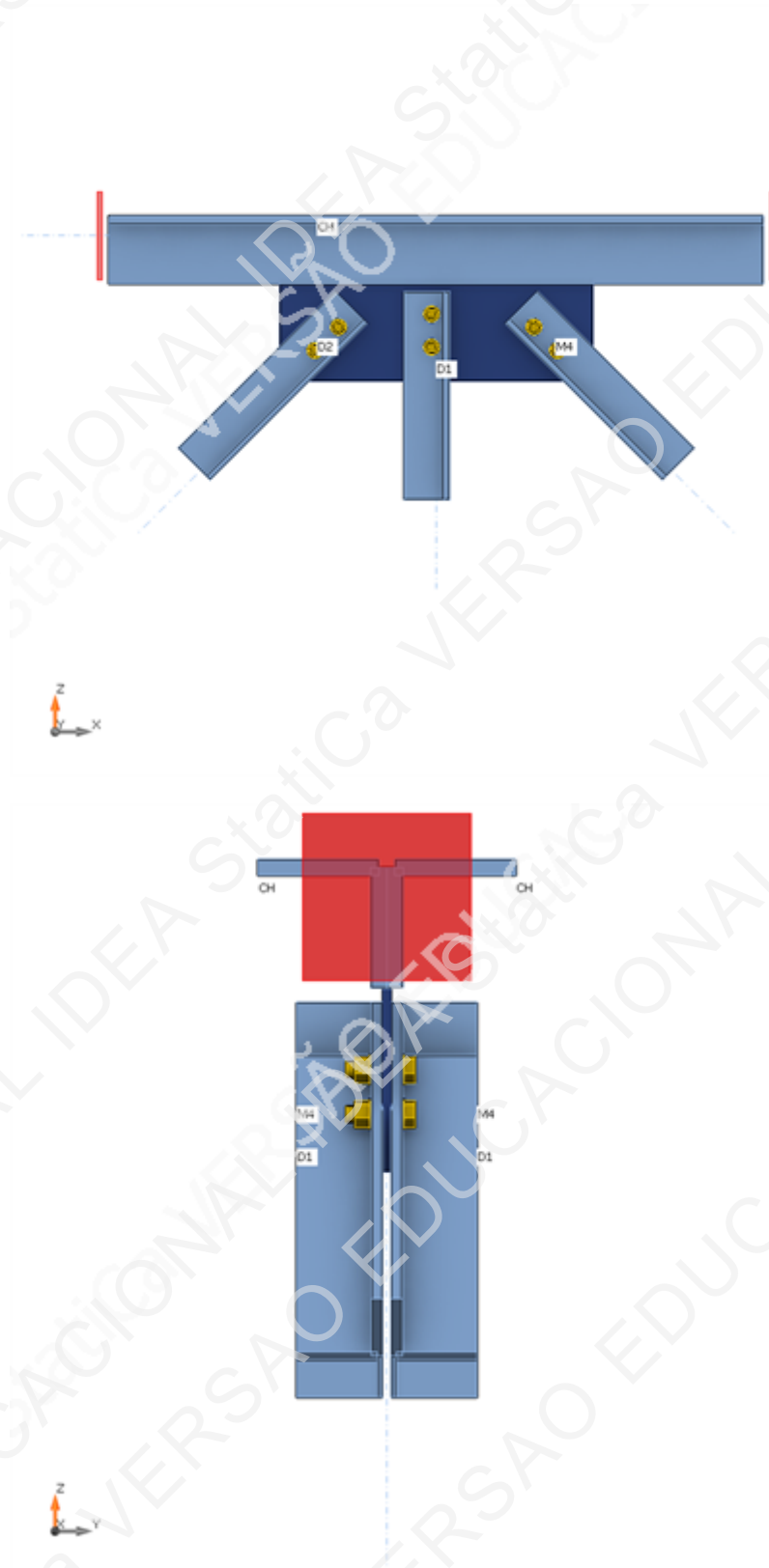
Apoios e forças

Nome	Apoio	Forças em	X [mm]
CH / início	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nó	0
CH / final	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nó	0
D1 / final		Nó	0
D2 / final		Nó	0
M4 / final		Nó	0

Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Seções transversais

Nome	Material
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355
19 - 2Lt(L4X4X1/2)	S 355

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Seções transversais

Nome	Material	Desenho
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355	
19 - 2Lt(L4X4X1/2)	S 355	

Parafusos

Nome	Diâmetro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
M20 8.8	20	640,0	800,0	314

Efeitos da carga (Não é necessário o equilíbrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	D1 / Fim	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2 / Fim	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4 / Fim	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Verificação

Resumo

Nome	Valor	Status da verificação
Análise	100,0%	OK
Chapas	2,3 < 5,0%	OK
Parafusos	32,5 < 100%	OK
Soldas	0,0 < 100%	OK
Flambagem	Não calculado	

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

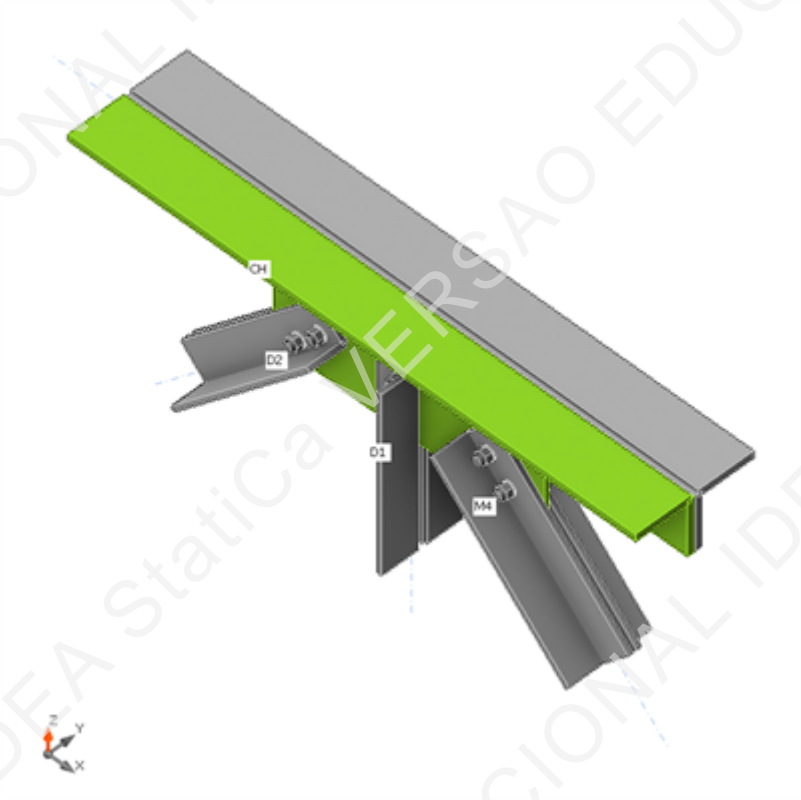
Chapas

Nome	t_p [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
CH-tfl 1	19,1	LE1	358,2	1,5	0,0	OK
CH-w 1	19,1	LE1	359,8	2,3	0,0	OK
CH-tfl 2	19,1	LE1	0,0	0,0	0,0	OK
CH-w 2	19,1	LE1	0,0	0,0	0,0	OK
D1-bfl 1	12,7	LE1	40,1	0,0	0,0	OK
D1-w 1	12,7	LE1	111,5	0,0	12,0	OK
D1-bfl 2	12,7	LE1	39,8	0,0	0,0	OK
D1-w 2	12,7	LE1	111,5	0,0	12,0	OK
D2-bfl 1	12,7	LE1	39,8	0,0	0,0	OK
D2-w 1	12,7	LE1	109,3	0,0	6,9	OK
D2-bfl 2	12,7	LE1	39,8	0,0	0,0	OK
D2-w 2	12,7	LE1	108,4	0,0	6,6	OK
M4-bfl 1	12,7	LE1	39,8	0,0	0,0	OK
M4-w 1	12,7	LE1	108,4	0,0	6,6	OK
M4-bfl 2	12,7	LE1	39,8	0,0	0,0	OK
M4-w 2	12,7	LE1	109,3	0,0	6,9	OK
SP1	10,0	LE1	358,6	1,7	7,1	OK

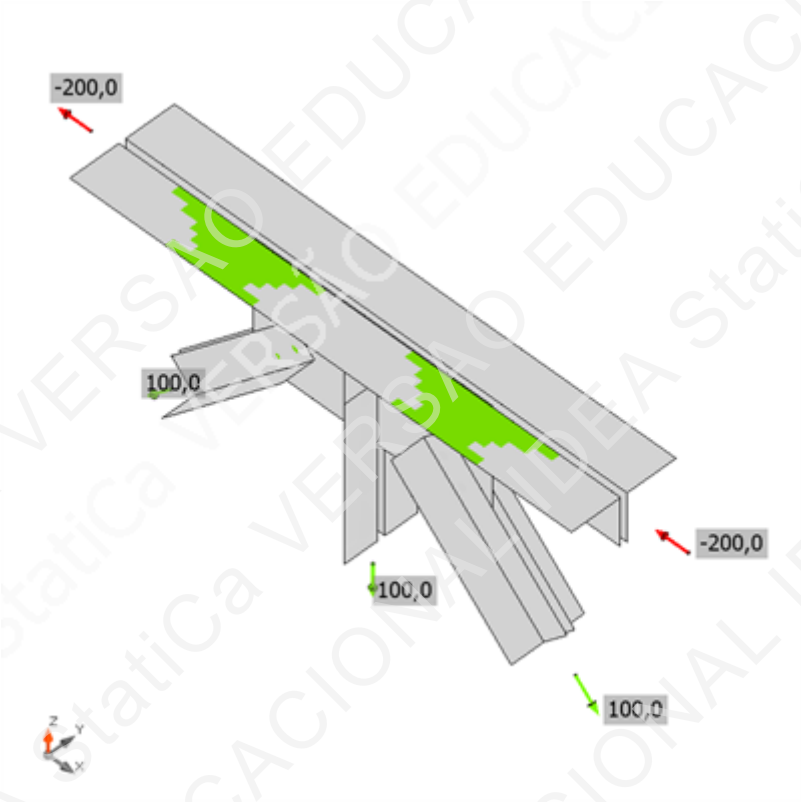
Dados do projeto

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

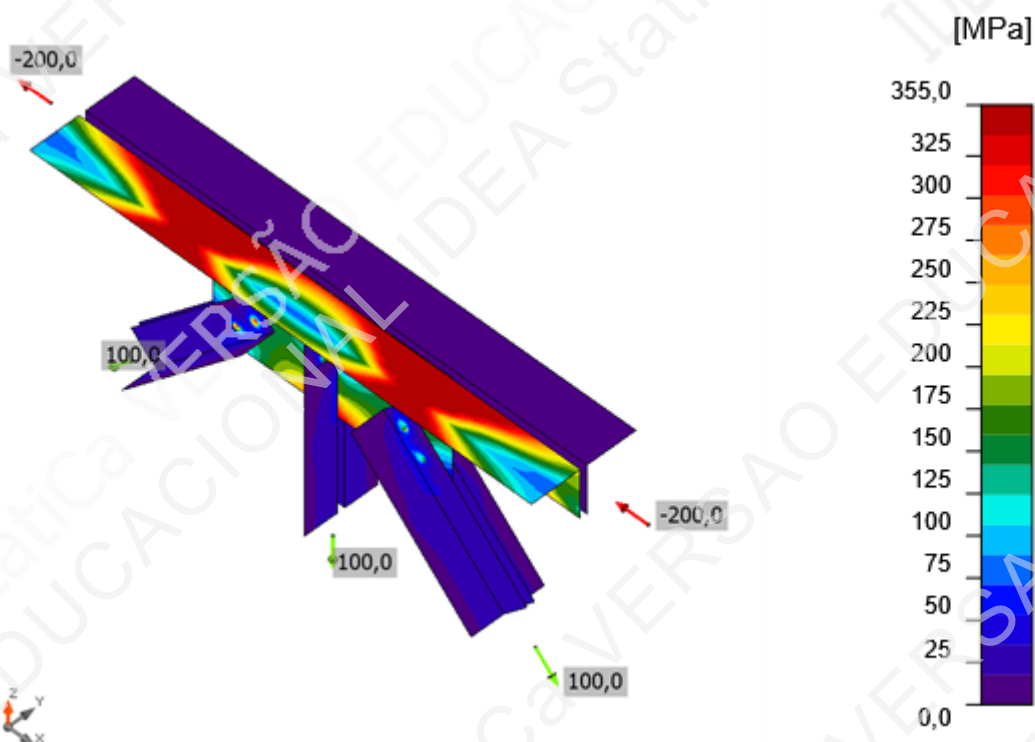


Verificação geral, LE1



Verificação de deformação, LE1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Tensão equivalente, LE1

Parafusos

Formato	Item	Grau	Cargas	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Detalhamento	Status
<div>1 2</div>	B1	M20 8.8 - 1	LE1	10,6	25,0	173,7	7,5	28,8	32,0	OK	OK
	B2	M20 8.8 - 1	LE1	3,0	26,7	196,0	2,1	28,4	29,9	OK	OK
<div>3 4</div>	B3	M20 8.8 - 1	LE1	10,9	25,4	173,7	7,7	29,2	32,5	OK	OK
	B4	M20 8.8 - 1	LE1	3,3	26,4	196,0	2,3	28,0	29,7	OK	OK
<div>5 6</div>	B5	M20 8.8 - 1	LE1	10,6	25,0	173,7	7,5	28,8	32,0	OK	OK
	B6	M20 8.8 - 1	LE1	3,0	26,8	196,0	2,1	28,4	30,0	OK	OK

Dados do projeto

Grau	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M20 8.8 - 1	141,1	298,1	94,1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Soldas

Item	Borda	T_w [mm]	L [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detalhamento	Status
CH-tfl 1	SP1	-	700	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

Dados do projeto

Material	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

Flambagem

A análise de flambagem não foi calculada.

Estimativa de custo

Aço

Grau do aço	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
S 355	19,23	2,00	38,47

Parafusos

Montagem do parafuso	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
M20 8.8	2,12	5,00	10,61

Soldas

Tipo de solda	Espessura da chapa [mm]	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
Bisel	10,0	0,33	50,00	16,49

Perfuração

Custo da montagem do parafuso [€]	Porcentagem do custo da montagem do parafuso [%]	Custo [€]
10,61	30,0	3,18


Resumo dos custos

Resumo da estimativa de custo	Custo [€]
Custo total estimado	68,75

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Lista de material

Operações de fabricação

Nome	Chapas [mm]	Formato	Nº.	Soldas Espessura da garganta [mm]	Comprimento [mm]	Parafusos	Nº.
SP1	P10,0x700,0-350,0 (S 355)		1			M20 8.8	6
GUSS2							
GUSS3							
GUSS4							

Soldas

Tipo	Material	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Comprimento [mm]
Entalhe	S 355	-	-	700,0

Parafusos

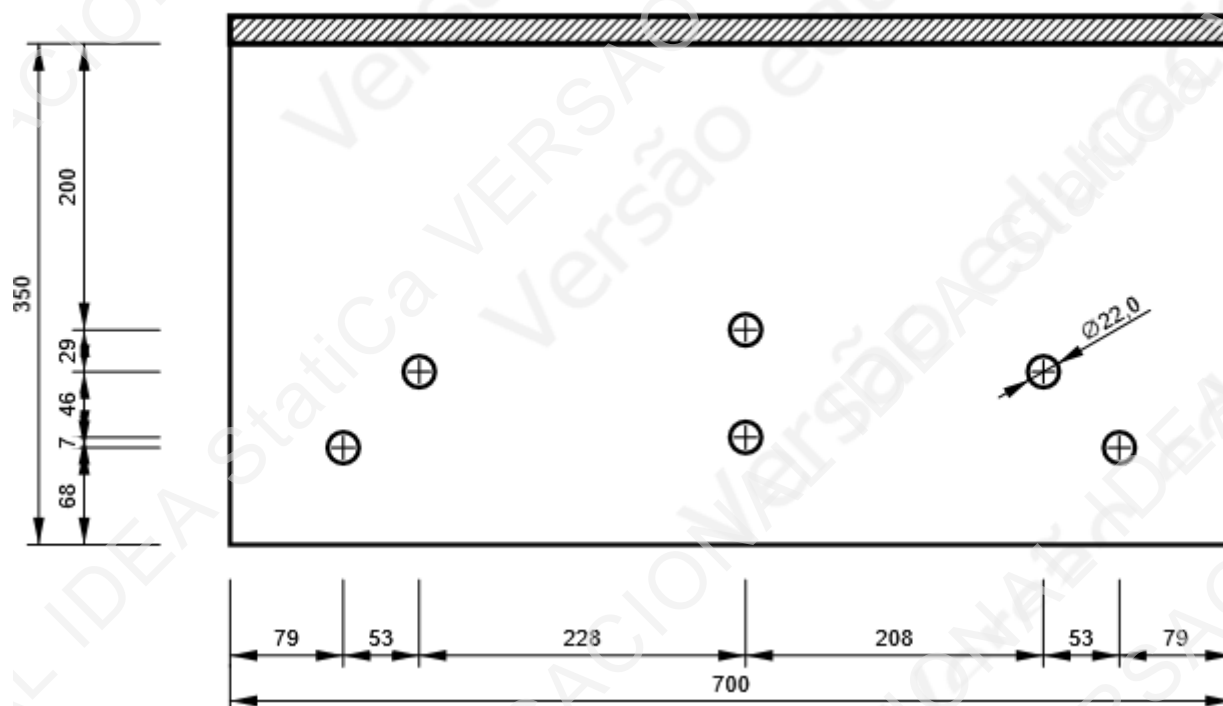
Nome	Comprimento da aderência [mm]	Contagem
M20 8.8	35	6

Desenho

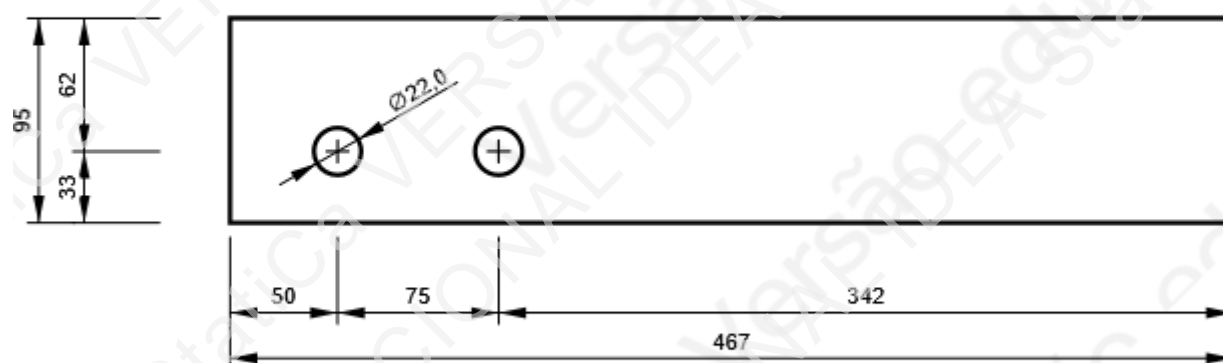
SP1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

P10,0x350-700 (S 355)

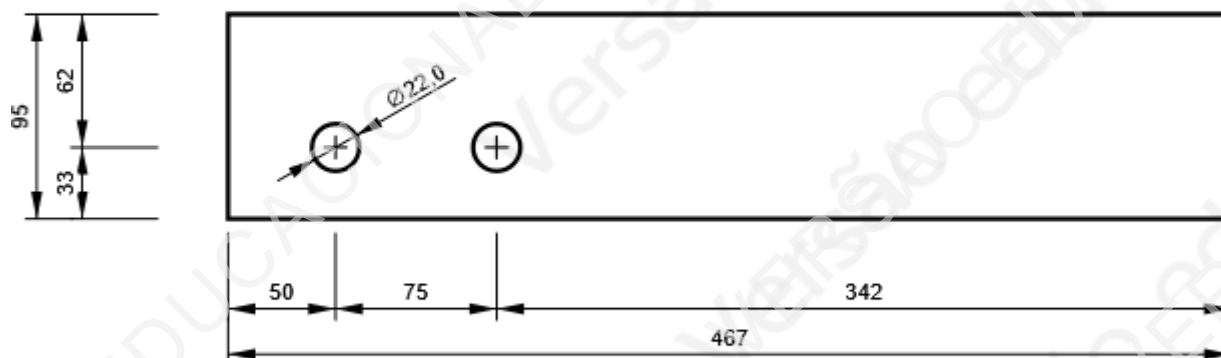


D1, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 1:

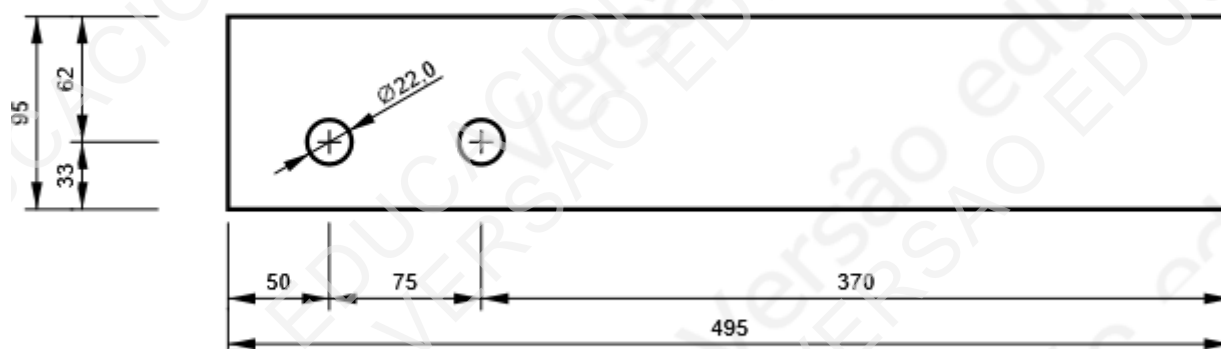


Projeto:
Projeto nº:
Autor:

D1, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 2:

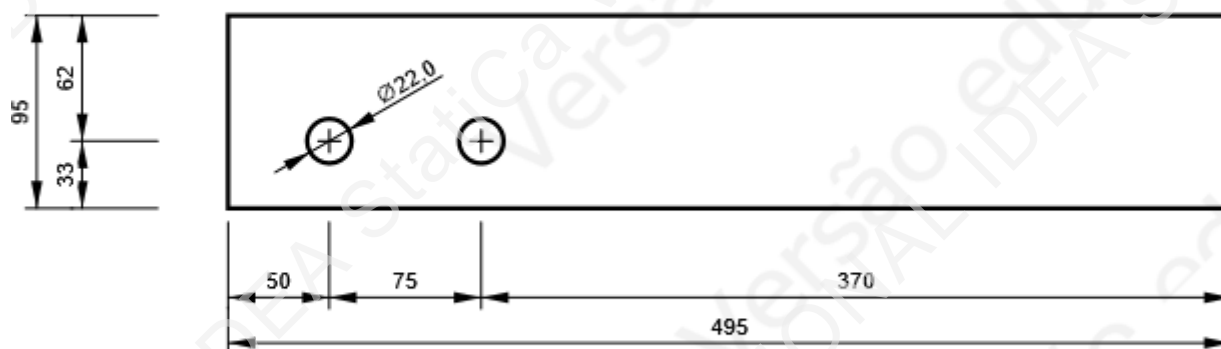


D2, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 1:

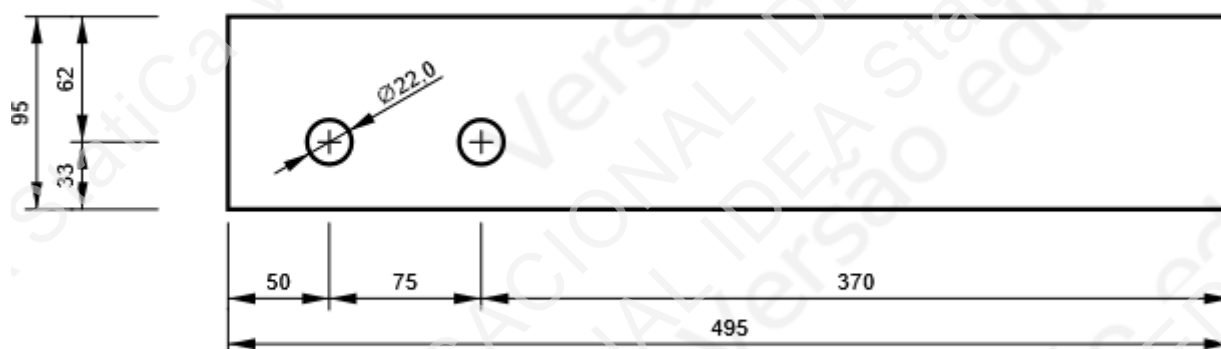


Projeto:
Projeto nº:
Autor:

D2, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 2:

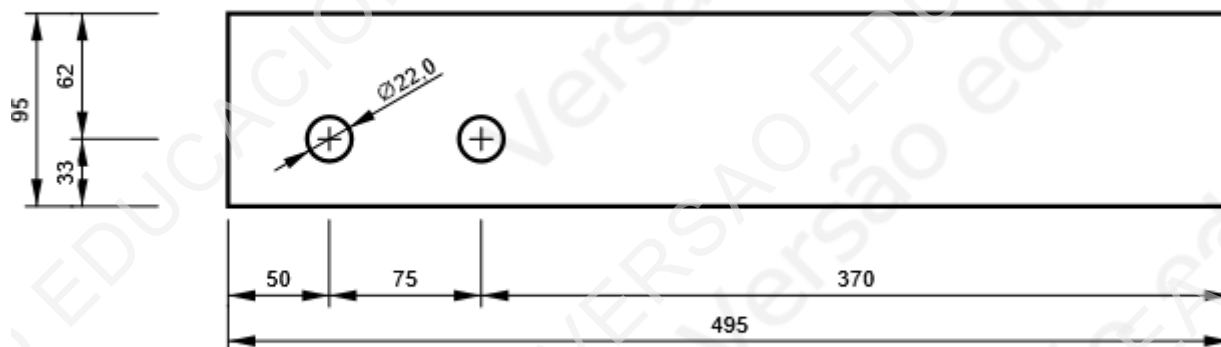


M4, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 1:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

M4, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 2:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Configurações de norma

Item	Valor	Unidade	Referência
Coefficiente de ponderação γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Coefficiente de ponderação γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Coefficiente de ponderação γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficiente da ligação β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Área efetiva - influência do tamanho da malha	0,10	-	
Coefficiente de atrito - concreto	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente de atrito na resistência ao deslizamento	0,30	-	EN 1993-1-8 aba 3.7
Limite de deformação plástica	0,05	-	EN 1993-1-5
Detalhamento	Sim		
Distância entre os parafusos [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Distância entre os parafusos e a borda [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Verificação da resistência à ruptura do concreto	Ambos		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Usar α_b calculada na verificação da capacidade de carga.	Sim		EN 1993-1-8: aba 3.4
Concreto fissurado	Sim		EN 1992-4
Verificação da deformação local	Sim		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite da deformação local	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Não linearidade geométrica (GMNA)	Sim		Análise com grandes deformações para ligações de seção tubular
Sistema contraventado	Não		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Dados do projeto

Nome do projeto
Número do projeto
Autor
Descrição
Data 03/09/2024
Norma EN

Material

Aço S 355
Concreto C25/30, C35/45

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Item do projeto Pilar <-> Treliça : Nó Superior

Cálculo

Nome: Pilar <-> Treliça : Nó Superior
Descrição:
Análise: Tensão, deformação/ carregamento simplificado

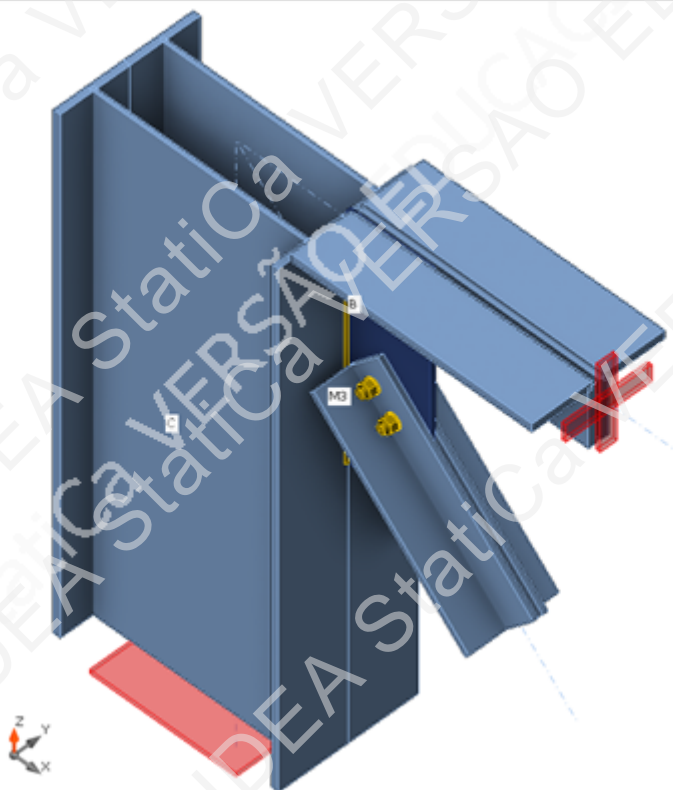
Elementos

Geometria

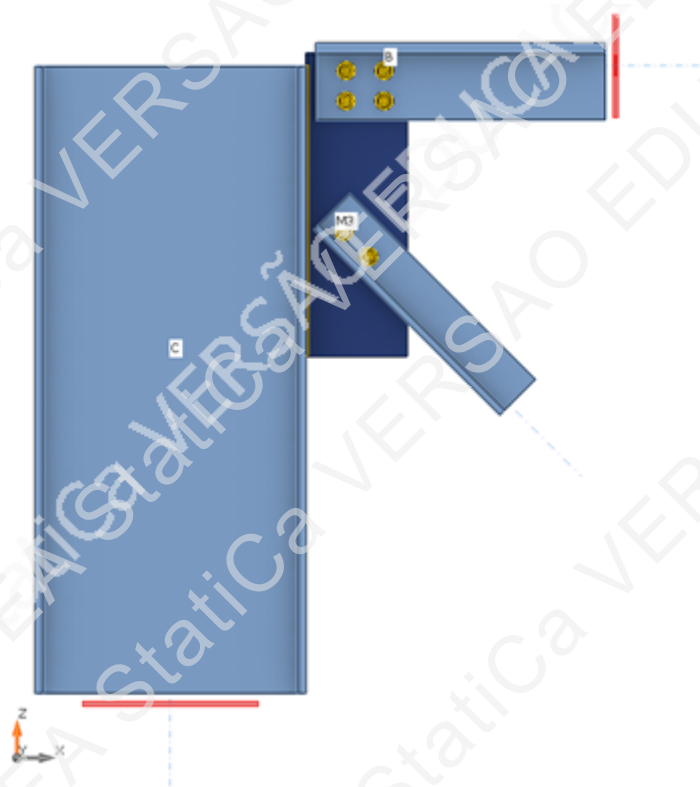
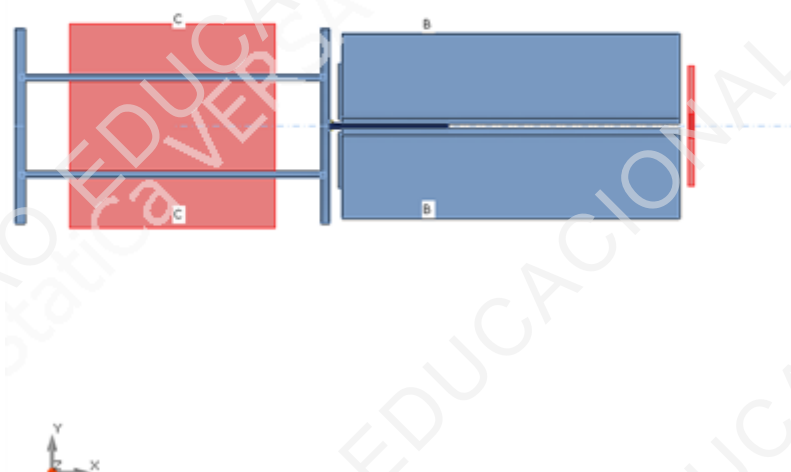
Nome	Seção transversal	β - Direção [°]	γ - Passo [°]	α - Rotação [°]	Deslocamento e_x [mm]	Deslocamento e_y [mm]	Deslocamento e_z [mm]
C	25 - 2I(W530X85)	0,0	-90,0	0,0	0	0	0
B	18 - 2Lt(L6X6X3/4)	0,0	0,0	0,0	0	0	0
M3	19 - 2Lt(L4X4X1/2)	0,0	-45,0	0,0	0	0	0

Apoios e forças

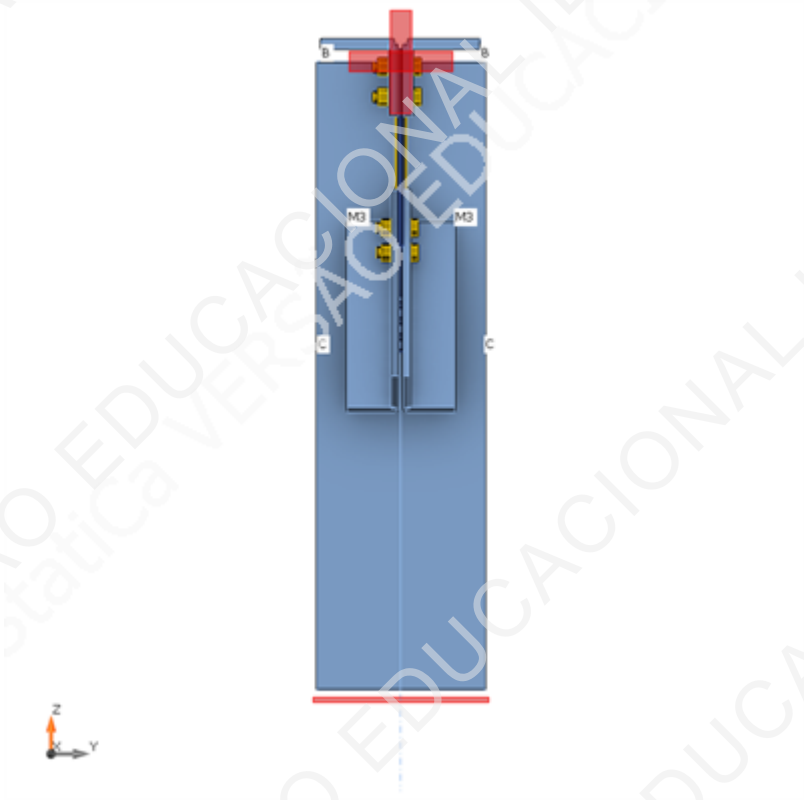
Nome	Apoio	Forças em	X [mm]
C / final	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nó	0
B / final	Mx-My-Mz	Nó	0
M3 / final		Nó	0



Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Seções transversais

Nome	Material
25 - 2I(W530X85)	S 355
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355
19 - 2Lt(L4X4X1/2)	S 355

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Seções transversais

Nome	Material	Desenho
25 - 2I(W530X85)	S 355	
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355	
19 - 2Lt(L4X4X1/2)	S 355	

Parafusos

Nome	Diâmetro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
M20 8.8	20	640,0	800,0	314

Efeitos da carga (Não é necessário o equilíbrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B / Fim	-185,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fim	261,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Verificação

Resumo

Nome	Valor	Status da verificação
Análise	100,0%	OK
Chapas	$1,5 < 5,0\%$	OK
Parafusos	$85,6 < 100\%$	OK
Soldas	$88,3 < 100\%$	OK
Flambagem	Não calculado	

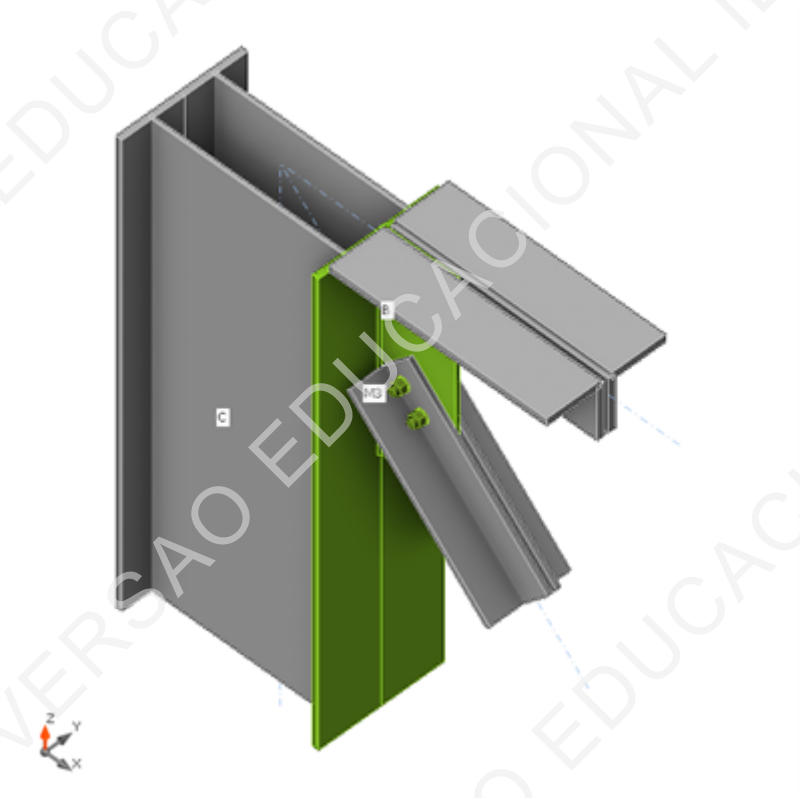
Chapas

Nome	t_p [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
C-bfl 1	16,5	LE1	7,7	0,0	0,0	OK
C-tfl 1	16,5	LE1	342,0	0,0	0,0	OK
C-w 1	10,3	LE1	132,3	0,0	0,0	OK
C-bfl 2	16,5	LE1	7,7	0,0	0,0	OK
C-tfl 2	16,5	LE1	342,0	0,0	0,0	OK
C-w 2	10,3	LE1	132,3	0,0	0,0	OK
B-tfl 1	19,1	LE1	12,1	0,0	0,0	OK
B-w 1	19,1	LE1	59,0	0,0	3,9	OK
B-tfl 2	19,1	LE1	12,1	0,0	0,0	OK
B-w 2	19,1	LE1	59,0	0,0	3,9	OK
M3-bfl 1	12,7	LE1	102,9	0,0	0,0	OK
M3-w 1	12,7	LE1	285,9	0,0	30,6	OK
M3-bfl 2	12,7	LE1	102,9	0,0	0,0	OK
M3-w 2	12,7	LE1	285,9	0,0	30,6	OK
GUSS1	10,0	LE1	358,1	1,5	22,0	OK

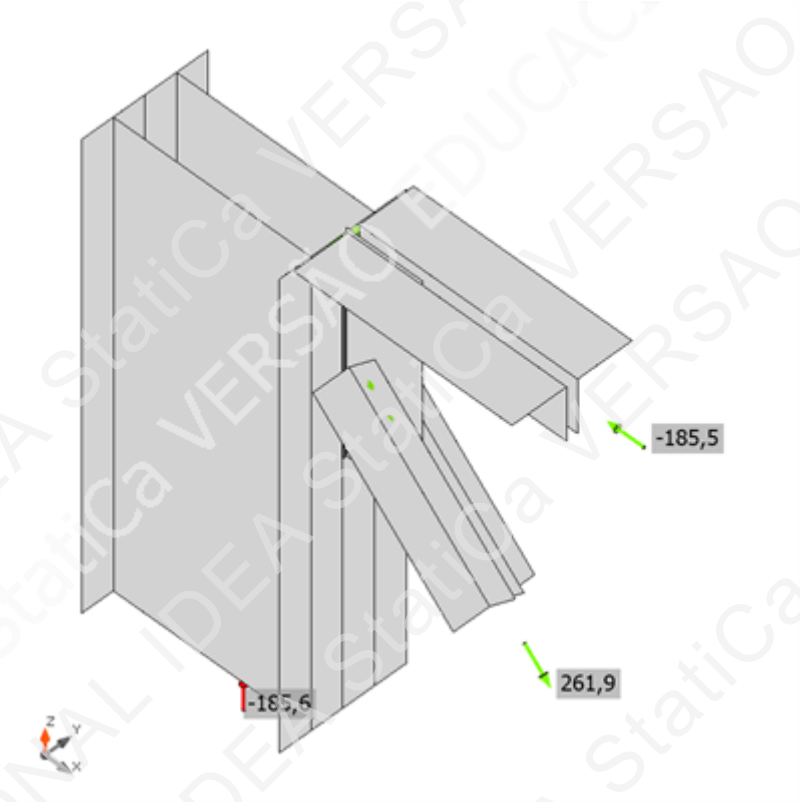
Dados do projeto

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

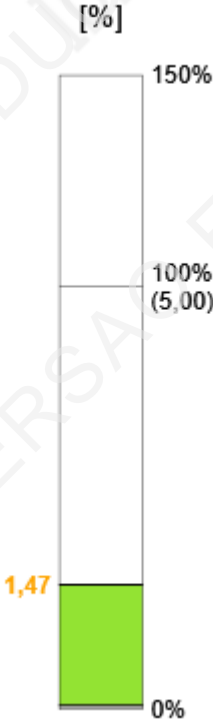
Projeto:
Projeto nº:
Autor:

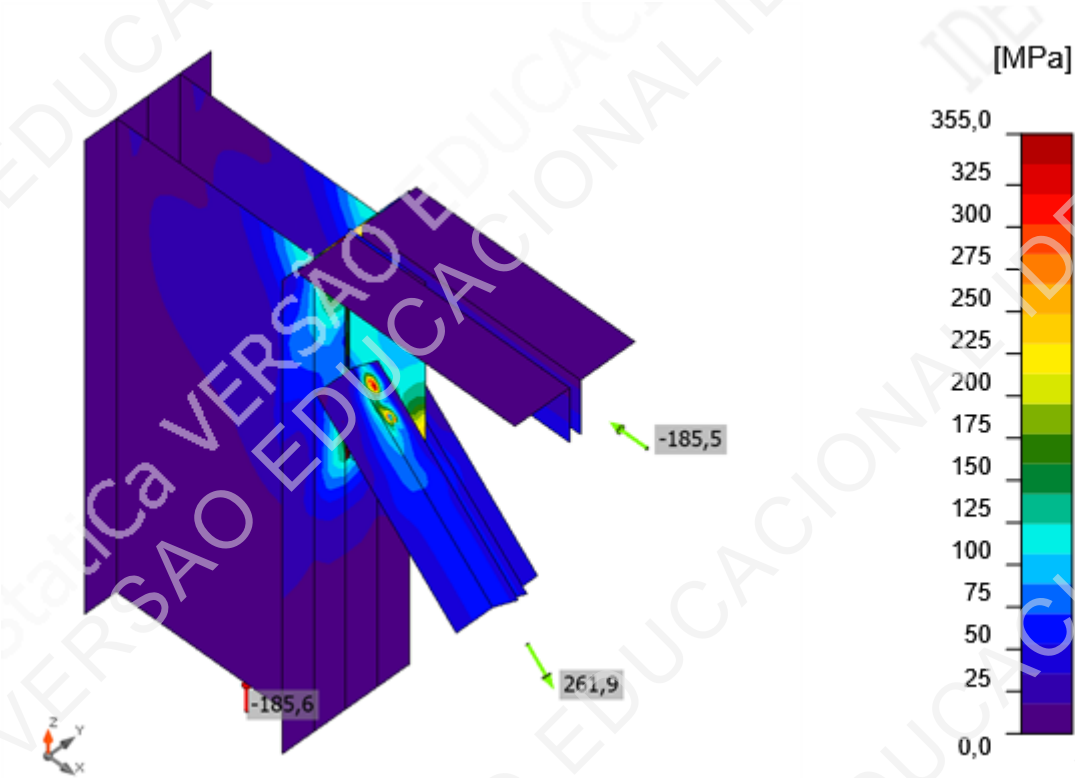


Verificação geral, LE1



Verificação de deformação, LE1





Tensão equivalente, LE1

Parafusos

Formato	Item	Grau	Cargas	F _{t,Ed} [kN]	F _{v,Ed} [kN]	F _{b,Rd} [kN]	U _t [%]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Detalhamento	Status
	B1	M20 8.8 - 1	LE1	26,2	68,0	158,9	18,6	85,6	85,6	OK	OK
	B2	M20 8.8 - 1	LE1	9,1	68,2	196,0	6,4	72,5	77,1	OK	OK
	B3	M20 8.8 - 2	LE1	1,2	23,1	166,1	0,8	27,8	25,1	OK	OK
	B4	M20 8.8 - 2	LE1	5,7	22,1	147,2	4,0	30,1	26,4	OK	OK
	B5	M20 8.8 - 2	LE1	0,6	24,2	166,1	0,4	29,2	26,0	OK	OK
	B6	M20 8.8 - 2	LE1	3,2	23,3	147,2	2,3	31,7	26,5	OK	OK

Dados do projeto

Grau	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M20 8.8 - 1	141,1	298,1	94,1
M20 8.8 - 2	141,1	447,1	94,1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Soldas

Item	Borda	T_w [mm]	L [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detalhamento	Status
C-tfl 1	GUSS1	▲ 4,0 ▼	574	LE1	384,4	0,0	176,1	176,1	-88,9	88,3	57,9	OK	OK
		▲ 4,0 ▼	574	LE1	384,4	0,0	176,1	-176,1	88,9	88,3	57,9	OK	OK

Dados do projeto

Material	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	490,0	0,90	435,6	352,8

Flambagem

A análise de flambagem não foi calculada.

Estimativa de custo

Aço

Grau do aço	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
S 355	9,42	2,00	18,84

Parafusos

Montagem do parafuso	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
M20 8.8	2,21	5,00	11,07

Soldas

Tipo de solda	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
Filete duplo	4,0	5,7	0,14	40,00	5,77

Perfuração

Custo da montagem do parafuso [€]	Porcentagem do custo da montagem do parafuso [%]	Custo [€]
11,07	30,0	3,32


Resumo dos custos

Resumo da estimativa de custo	Custo [€]
Custo total estimado	39,01

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Lista de material

Operações de fabricação

Nome	Chapas [mm]	Formato	Nº.	Soldas Espessura da garganta [mm]	Comprimento [mm]	Parafusos	Nº.
GUSS1	P10,0x600,0-200,0 (S 355)		1	Filete duplo: 4,0	574,6	M20 8.8	6
GUSS2							

Soldas

Tipo	Material	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Comprimento [mm]
Filete duplo	S 355	4,0	5,7	574,6

Parafusos

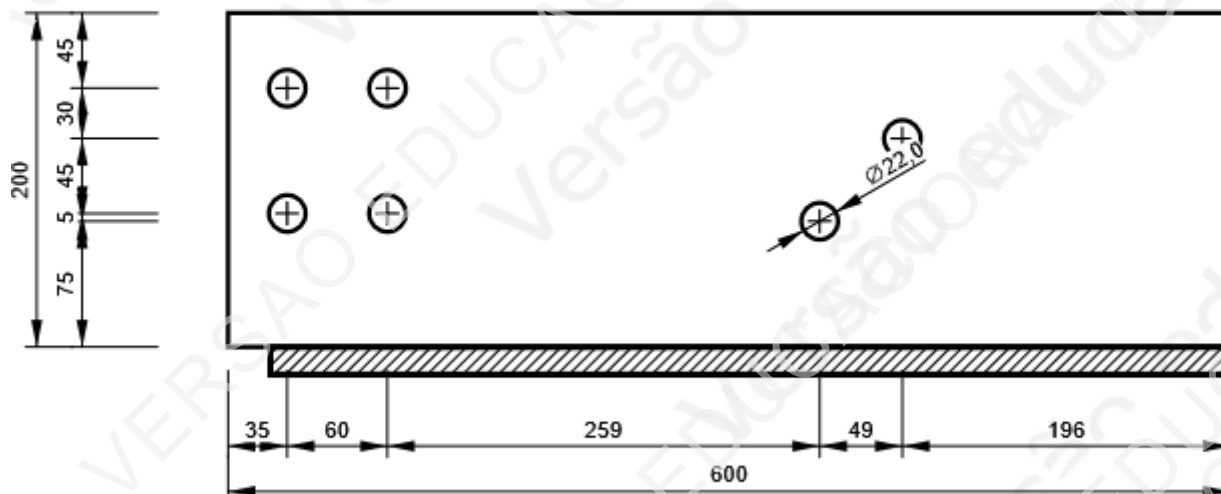
Nome	Comprimento da aderência [mm]	Contagem
M20 8.8	35	2
M20 8.8	48	4

Desenho

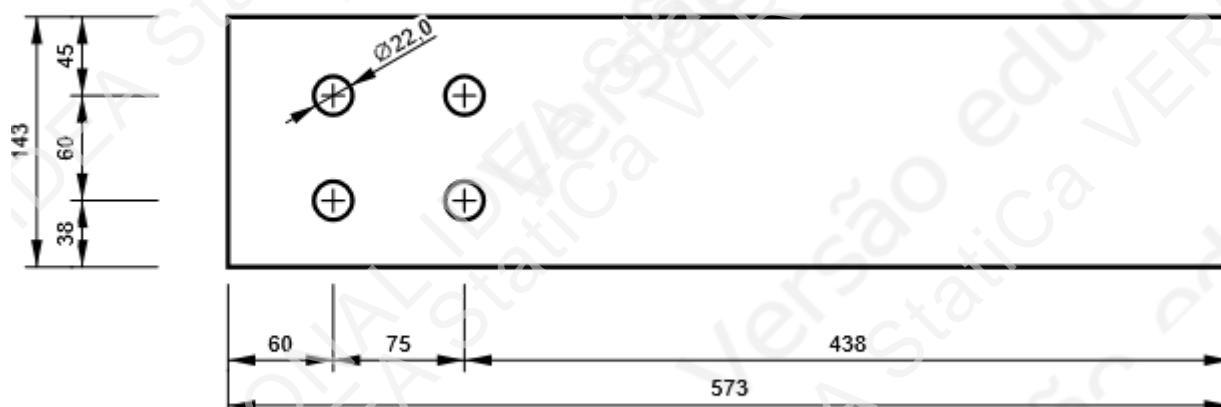
GUSS1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

P10,0x200-600 (S 355)

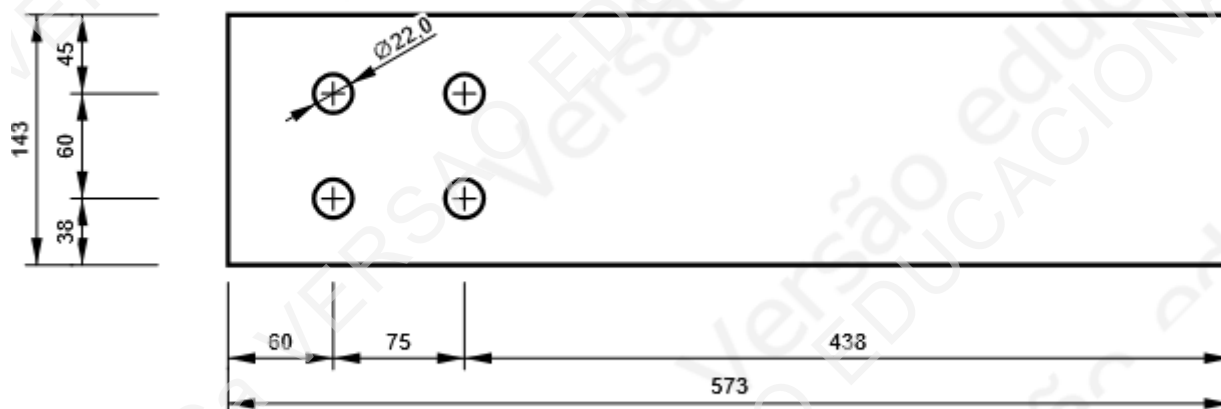


B, 2Lt(L6X6X3/4) - Alma 1:

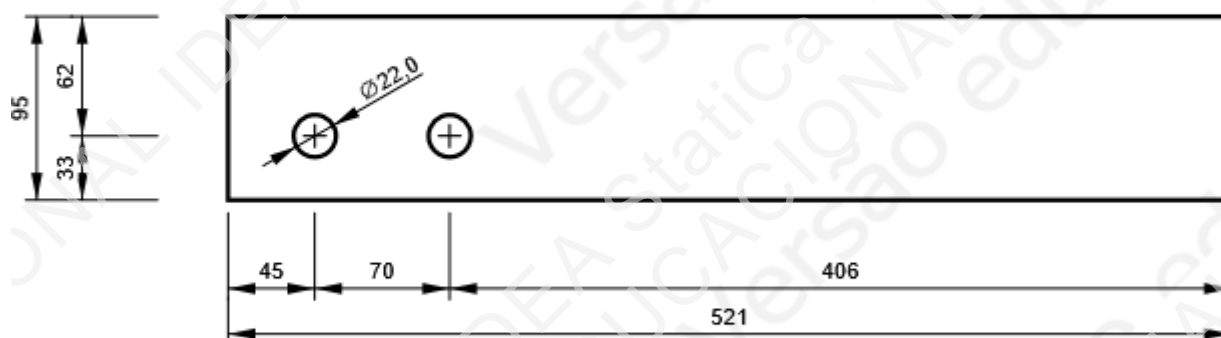


Projeto:
Projeto nº:
Autor:

B, 2Lt(L6X6X3/4) - Alma 2:

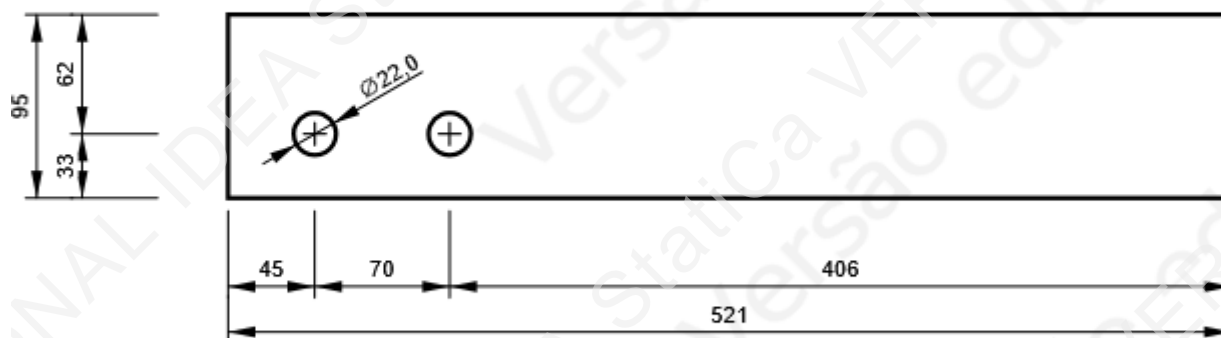


M3, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 1:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

M3, 2Lt(L4X4X1/2) - Alma 2:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Configurações de norma

Item	Valor	Unidade	Referência
Coefficiente de ponderação γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Coefficiente de ponderação γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Coefficiente de ponderação γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficiente da ligação β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Área efetiva - influência do tamanho da malha	0,10	-	
Coefficiente de atrito - concreto	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente de atrito na resistência ao deslizamento	0,30	-	EN 1993-1-8 aba 3.7
Limite de deformação plástica	0,05	-	EN 1993-1-5
Detalhamento	Sim		
Distância entre os parafusos [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Distância entre os parafusos e a borda [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Verificação da resistência à ruptura do concreto	Ambos		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Usar α_b calculada na verificação da capacidade de carga.	Sim		EN 1993-1-8: aba 3.4
Concreto fissurado	Sim		EN 1992-4
Verificação da deformação local	Sim		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite da deformação local	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Não linearidade geométrica (GMNA)	Sim		Análise com grandes deformações para ligações de seção tubular
Sistema contraventado	Não		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Dados do projeto

Nome do projeto
Número do projeto
Autor
Descrição
Data 03/09/2024
Norma EN

Material

Aço S 355
Concreto C25/30, C35/45

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Item do projeto Pilar <->Trelça : Nó Inferior

Cálculo

Nome: Pilar <->Trelça : Nó Inferior
Descrição:
Análise: Tensão, deformação/ carregamento simplificado

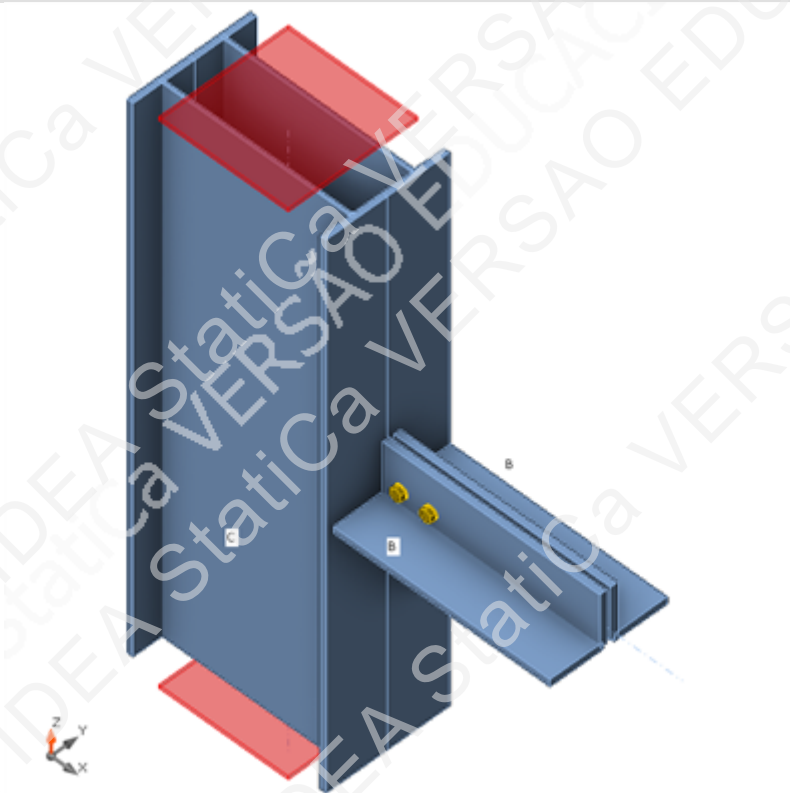
Elementos

Geometria

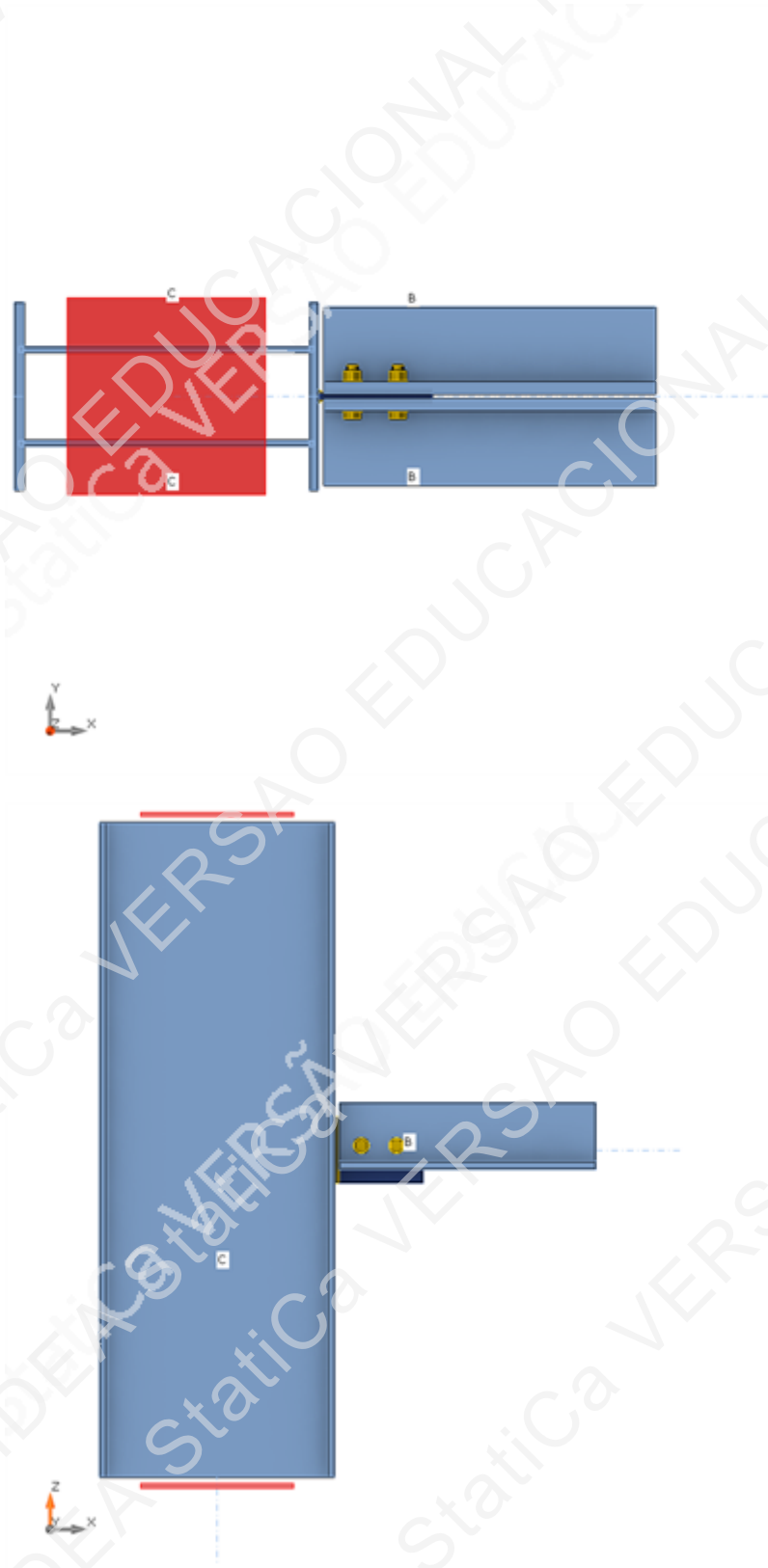
Nome	Seção transversal	β - Direção [°]	γ - Passo [°]	α - Rotação [°]	Deslocamento ex [mm]	Deslocamento ey [mm]	Deslocamento ez [mm]
C	25 - 2I(W530X85)	0,0	90,0	0,0	0	0	0
B	18 - 2Lt(L6X6X3/4)	0,0	0,0	0,0	0	0	0

Apoios e forças

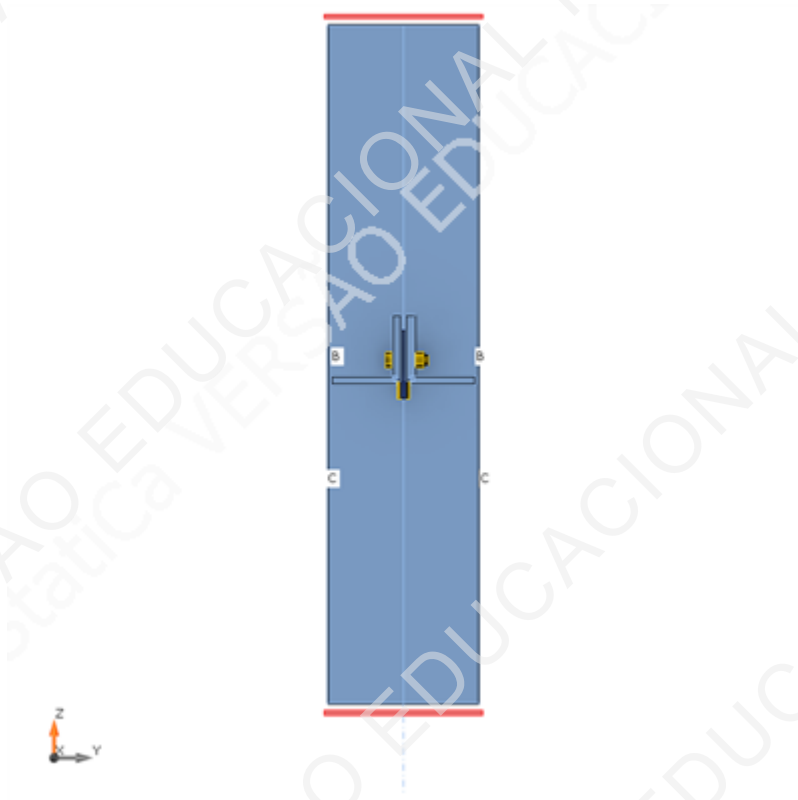
Nome	Apoio	Forças em	X [mm]
C / início	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nó	0
C / final	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nó	0
B / final		Parafusos	368



Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:



Seções transversais

Nome	Material
25 - 2I(W530X85)	S 355
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Seções transversais

Nome	Material	Desenho
25 - 2I(W530X85)	S 355	
18 - 2Lt(L6X6X3/4)	S 355	

Parafusos

Nome	Diâmetro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
M20 8.8	20	640,0	800,0	314

Estimativa de custo

Aço

Grau do aço	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
S 355	2,36	2,00	4,71

Parafusos

Montagem do parafuso	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
M20 8.8	0,75	5,00	3,77

Soldas

Tipo de solda	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Peso total [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo [€]
Filete duplo	6,0	8,5	0,08	40,00	3,39

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Perfuração


Custo da montagem do parafuso [€]	Porcentagem do custo da montagem do parafuso [%]	Custo [€]
3,77	30,0	1,13

Resumo dos custos

Resumo da estimativa de custo	Custo [€]
Custo total estimado	13,00

Lista de material

Operações de fabricação

Nome	Chapas [mm]	Formato	Nº.	Soldas Espessura da garganta [mm]	Comprimento [mm]	Parafusos	Nº.
GUSS1	P10,0x150,0-200,0 (S 355)		1	Filete duplo: 6,0	150,0	M20 8.8	2

Soldas

Tipo	Material	Espessura da garganta [mm]	Tamanho da perna [mm]	Comprimento [mm]
Filete duplo	S 355	6,0	8,5	150,0

Parafusos

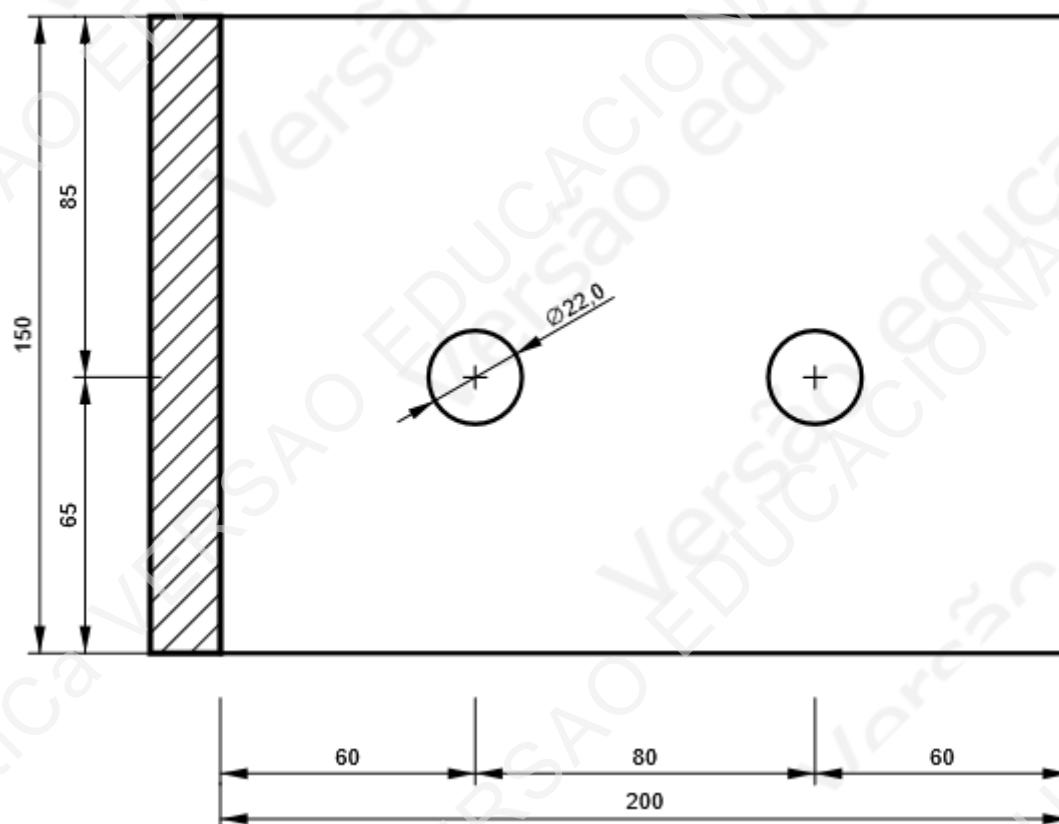
Nome	Comprimento da aderência [mm]	Contagem
M20 8.8	48	2

Desenho

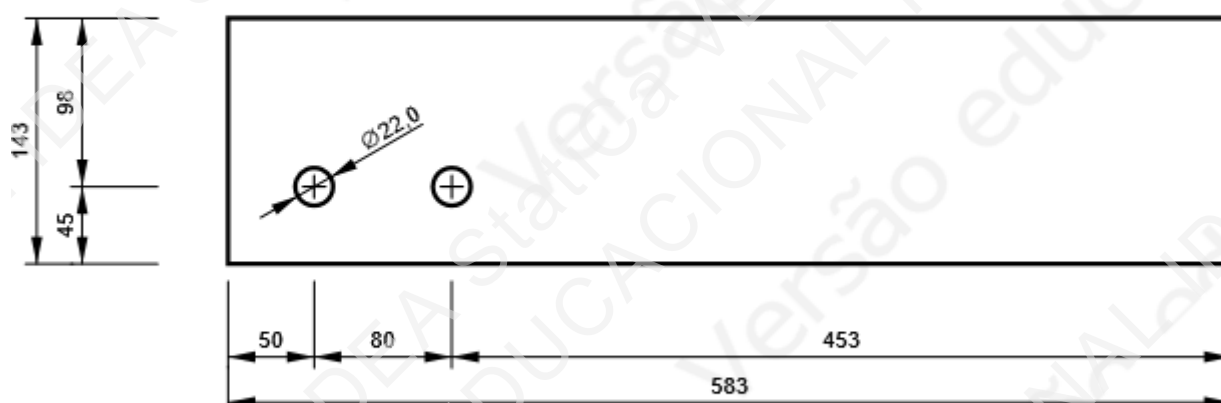
GUSS1

Projeto:
Projeto nº:
Autor:

P10,0x200-150 (S 355)

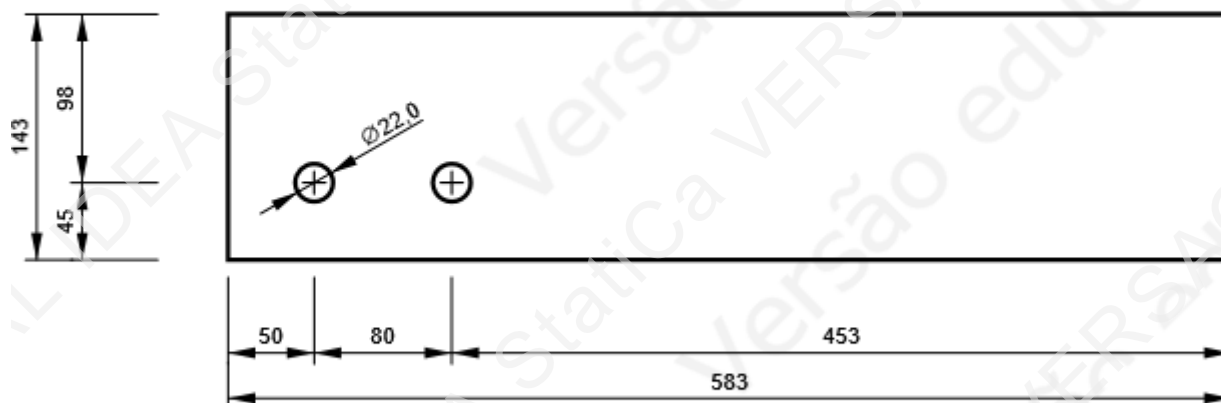


B, 2Lt(L6X6X3/4) - Alma 1:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

B, 2Lt(L6X6X3/4) - Alma 2:



Projeto:
Projeto nº:
Autor:

Configurações de norma

Item	Valor	Unidade	Referência
Coefficiente de ponderação γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Coefficiente de ponderação γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Coefficiente de ponderação γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Coefficiente de ponderação γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficiente da ligação β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Área efetiva - influência do tamanho da malha	0,10	-	
Coefficiente de atrito - concreto	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente de atrito na resistência ao deslizamento	0,30	-	EN 1993-1-8 aba 3.7
Limite de deformação plástica	0,05	-	EN 1993-1-5
Detalhamento	Sim		
Distância entre os parafusos [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Distância entre os parafusos e a borda [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: aba 3.3
Verificação da resistência à ruptura do concreto	Ambos		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Usar α_b calculada na verificação da capacidade de carga.	Sim		EN 1993-1-8: aba 3.4
Concreto fissurado	Sim		EN 1992-4
Verificação da deformação local	Sim		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite da deformação local	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Não linearidade geométrica (GMNA)	Sim		Análise com grandes deformações para ligações de seção tubular
Sistema contraventado	Não		EN 1993-1-8: 5.2.2.5