

DEYVSON ABRANTES  
EWERTON RODRIGUES  
MARÍLIA MEDEIROS  
SAMARA BEATRIZ



# **2º HACKATHON CBCA & ÂNIMA EDUCAÇÃO - DESAFIO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO**

**ENGENHARIA CIVIL**

2024

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	3
Objetivo .....	3
Definição do Problema.....	3
METODOLOGIA.....	4
LOCALIZAÇÃO .....	4
CONTEXTUALIZAÇÃO .....	4
Proteção Contra Chuva .....	5
Visibilidade da Rua .....	6
Fechamento Posterior.....	7
Painel Publicitário.....	8
Previsão de Lixeira .....	8
Acessibilidade .....	9
Sistemas de Encaixes .....	10
Estrutura Modular .....	10
Aterramento.....	12
PROJETO E MEMÓRIA DE CÁLCULO .....	13
Pranchas do Projeto A2.....	13
Memória de Cálculo.....	14
Descrição da Estrutura .....	14
Ações e Carregamentos.....	14
Cargas Permanentes .....	14
Cargas Variáveis.....	15
Análise Estrutural .....	17
ORÇAMENTO .....	44
CONCLUSÃO .....	44
ANEXO (PRANCHAS) .....	45
.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## **INTRODUÇÃO**

### **OBJETIVO**

O 2º Hackathon CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), em parceria com as instituições de ensino da Ânima Educação, promove uma atividade de ensino dual com o objetivo de desenvolver um projeto de um abrigo de ônibus em estrutura metálica. Um dos principais benefícios dessa atividade é a integração entre a extensão universitária e o currículo acadêmico dos discentes da graduação de engenharia civil e arquitetura, permitindo que os alunos apliquem na prática os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula.

Dessa forma, o Hackathon incentiva a inovação e a criatividade, estimulando os participantes a trabalharem em equipe para resolver desafios reais. Os discentes, orientados por profissionais especializados e professores, são desafiados a aplicar conceitos de engenharia, arquitetura e sustentabilidade para desenvolver uma solução prática e eficaz para a comunidade.

Além do desenvolvimento técnico, a atividade também fortalece habilidades socioemocionais, como a capacidade de comunicação, liderança e resolução de problemas. O projeto final será avaliado por um júri composto por especialistas da área, que considerará critérios como previsões, impacto social, design e inovação. Os melhores projetos têm destaque e poderão ser implementados, oferecendo um benefício direto para a sociedade e fortalecendo o compromisso dos futuros profissionais.

### **DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

O projeto do abrigo de ônibus em estrutura metálica consiste na análise, dimensionamento e detalhamento estrutural, seguindo um padrão de estrutura modular que inclui proteção contra chuva, visibilidade para a rua, fechamento posterior, painel publicitário em uma das laterais, previsão de lixeira, proteção lateral entre módulos, assentos e espaços acessível para cadeirantes. Os sistemas de encaixe e fixação dos painéis devem ser resistentes ao vandalismo, garantindo a durabilidade e a segurança dos usuários.

## METODOLOGIA

Para a realização de cálculos e justificativas, que prescreve este documento ao seu final, utilizou-se das informações dispostas no edital disponibilizado pela CBCA, além de normas técnicas, tal qual, **ABNT NBR 6118, NBR 6120, NBR 8800, NBR 6122, NBR 9050** e a **NBR 6123**. A modelagem do projeto foi feita a partir do software Autodesk Revit, a análise e dimensionamento estrutural no Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024 e orçamento no Excel.

## LOCALIZAÇÃO

O abrigo de ônibus projetado está localizado na cidade de Natal no Rio Grande do Norte. Mas, o projeto foi desenvolvido para que seja exequível nas demais cidades e estados do Brasil.

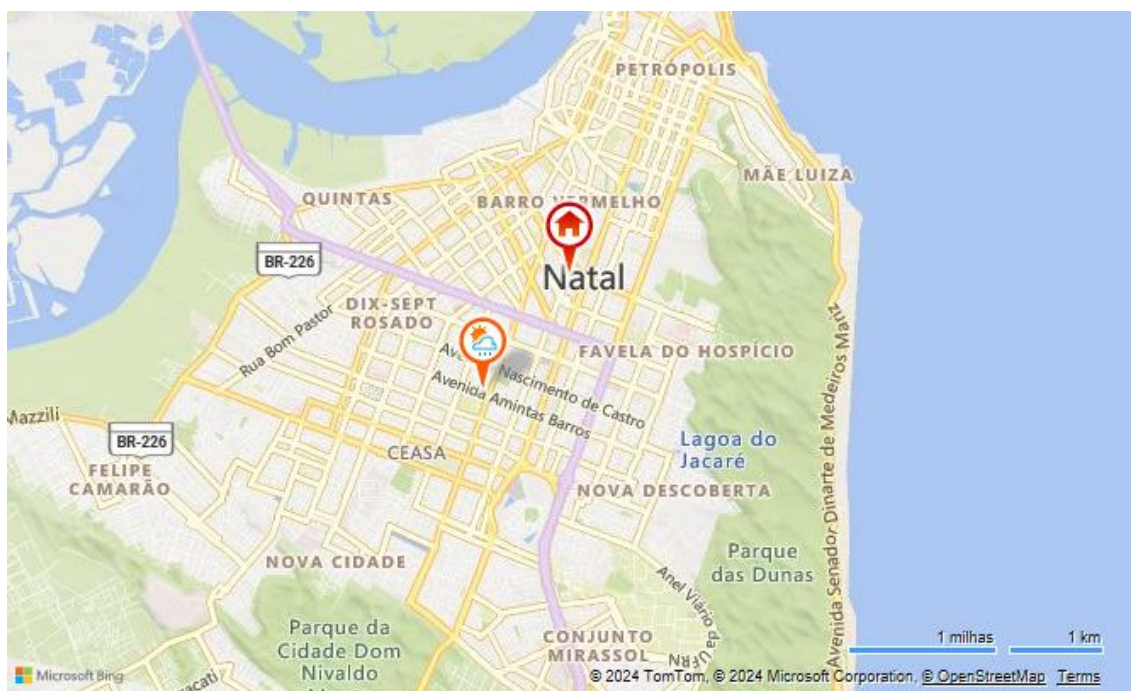


Figura 1 – Mapa da Localização do Abrigo de Ônibus

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Atendendo aos critérios determinados pelo edital, a seguir terá a descrição de todos os itens conforme solicitado.

## PROTEÇÃO CONTRA CHUVA

A proteção contra chuva no abrigo de ônibus é um dos elementos fundamentais para garantir o conforto e a segurança dos usuários. Para isso, o projeto inclui uma cobertura que se estende além da área de espera, criando um espaço de proteção amplo que minimiza a exposição dos passageiros a chuvas e ventos. O design da cobertura é pensado para direcionar o escoamento de água de forma eficiente, evitando respingos e acúmulo de água próximo ao local.

A proteção contra chuva utilizada no abrigo foi projetada com a instalação de três placas de polycarbonato alveolar fumê de 10 mm, com inclinação de 5%, oferecendo não apenas proteção contra precipitações, mas também contra a incidência de raios solares. O polycarbonato alveolar é um material leve e altamente resistente, que oferece excelente durabilidade e proteção UV, bloqueando a maior parte dos raios ultravioleta específicos enquanto permite uma passagem controlada de luz natural. A sombra das placas contribui para reduzir o aquecimento no interior do abrigo, proporcionando um ambiente mais confortável para os usuários, mesmo em dias ensolarados. Com essa solução, o abrigo atende às necessidades de conforto e segurança climática, ao mesmo tempo que garante a longevidade da estrutura.



Figura 2 – Placa de Polycarbonato Alveolar Fumê

A seguir, será demonstrado a planta de cobertura do abrigo de ônibus.

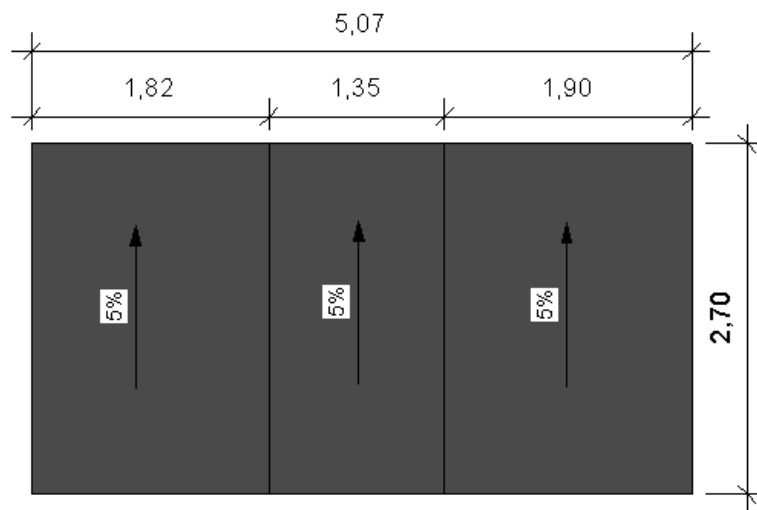


Figura 3 – Planta de Cobertura do Abrigo de Ônibus

### VISIBILIDADE DA RUA

A visibilidade da rua é um aspecto essencial no design de um abrigo de ônibus, proporcionando segurança e conveniência para os usuários. No projeto, a lateral ficou ampla e o fechamento posterior foi feito com material translúcido, como vidro laminado de 8mm, que permitem uma visão clara do ambiente, sem comprometer a proteção contra o vento e chuva. Essa amplitude lateral facilita a visualização do trânsito e dos ônibus que se aproximam, garantindo que os passageiros possam monitorar a chegada do transporte com antecedência.

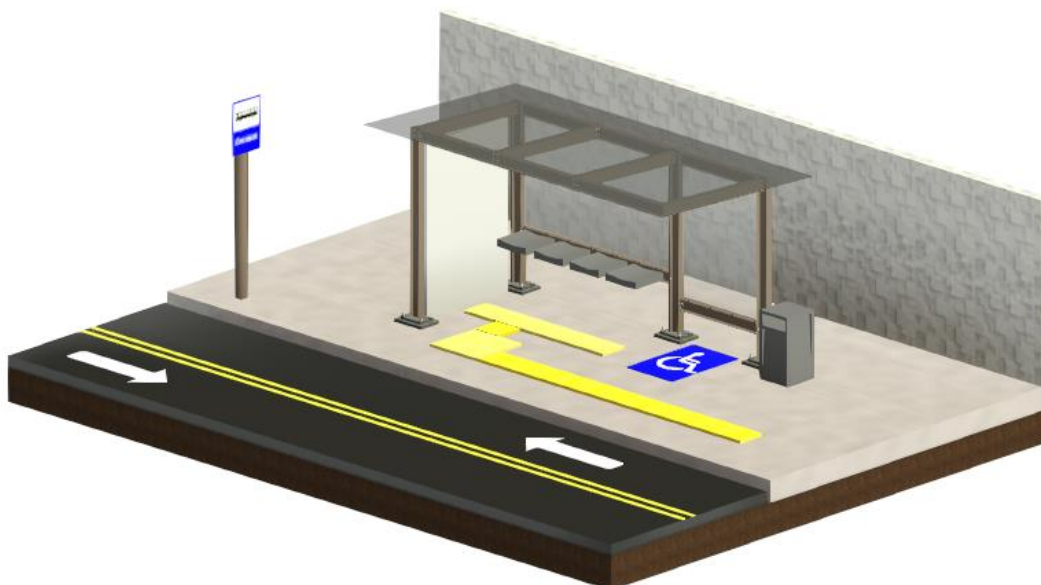


Figura 4 - Modelo 3D da Visibilidade da Rua



## FECHAMENTO POSTERIOR

O fechamento posterior do abrigo de ônibus é projetado para oferecer proteção contra os ventos, poeira, ruídos e entre outros, utilizando um painel de vidro laminado de 8 mm. Esse tipo de vidro é ideal para espaços públicos, pois possui alta resistência e, em caso de quebra, mantém-se unido devido à camada de segurança, minimizando o risco de acidente.

Além de proteger contra intempéries, o vidro laminado permite a passagem de luz natural, criando um ambiente claro e agradável sem comprometer a visibilidade para a rua. Com sua superfície translúcida, o fechamento traseiro também atua como uma barreira de segurança, protegendo os passageiros e aumentando a sensação de privacidade e acolhimento.



Figura 5 – Vidro Laminado

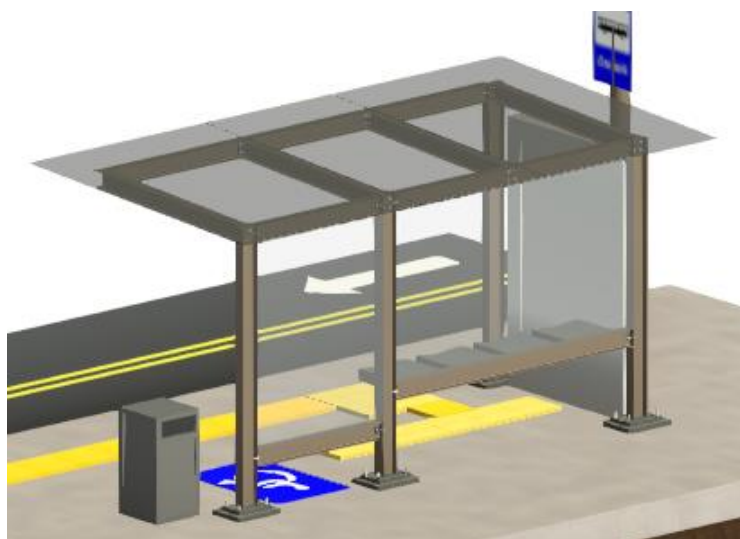


Figura 6 – Fechamento Posterior

## **PAINEL PUBLICITÁRIO**

O abrigo de ônibus conta com um painel publicitário integrado em uma das laterais, que além de gerar receita para manutenção e melhorias da estrutura, agregando valor ao espaço urbano. Esse painel é posicionado estrategicamente para garantir a visibilidade das campanhas publicitárias, ao mesmo tempo que não obstrui a visão das passagens.

O painel é composto de materiais resistentes e antivandalismo, adequados para exposição prolongada às condições climáticas e ao desgaste do uso diário. Ele também conta com iluminação integrada, garantindo que as peças publicitárias sejam claramente visíveis tanto durante o dia quanto à noite, o que potencializa o impacto das campanhas e contribui para a segurança e a presença do abrigo no ambiente urbano.



Figura 7 – Painel Publicitário

## **PREVISÃO DE LIXEIRA**

A previsão de lixeira em um abrigo de ônibus é de suma importância para que as pessoas que ali estão faça o descarte dos resíduos de forma correta. Em decorrência disso, terá um ambiente limpo e organizado. A seguir, será mostrado a lixeira utilizada no projeto.





Figura 8 – Lixeira do Abrigo de Ônibus

## ACESSIBILIDADE

A acessibilidade em abrigos de ônibus é fundamental para garantir que todos os cidadãos, independentemente de suas condições físicas, tenham acesso seguro e confortável ao transporte público. Para pessoas com deficiência, idosos, gestantes e outras pessoas com mobilidade reduzida, o transporte público representa muitas vezes a única alternativa de deslocamento, e a ausência de estruturas acessíveis pode limitar sua participação ativa na vida social, no trabalho e no lazer.

No projeto é possível observar a acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida indicada como pintura no piso nas dimensões de acordo com a normativa 0,80x1,20m. Além disso, é possível observar também os pisos táteis, tanto o direcional quanto o de alerta.

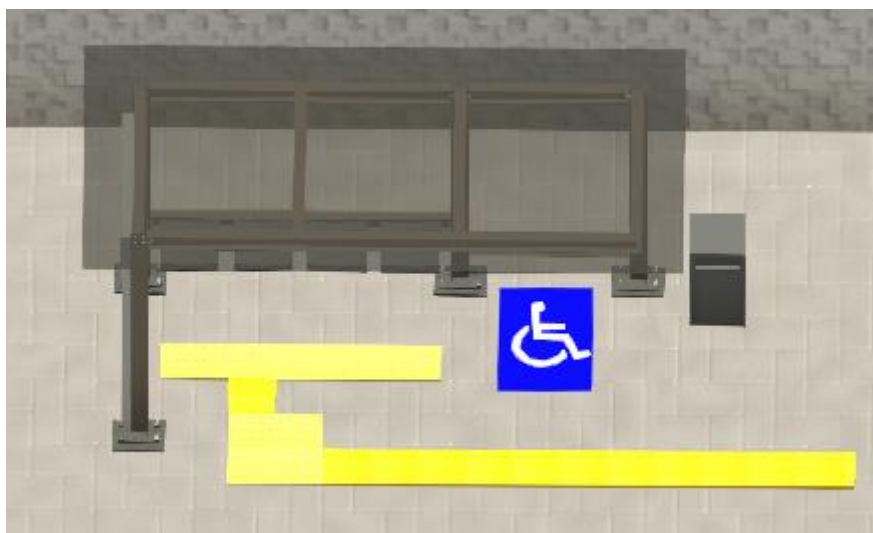


Figura 9 – Espaço para Cadeirante e Piso Tátil

## **SISTEMAS DE ENCAIXES**

Os abrigos de ônibus desempenham uma função essencial na mobilidade urbana, proporcionando segurança e conforto aos usuários de transporte público. Para que possamos cumprir essa função específica, é fundamental que sejam projetados para resistir ao vandalismo, principalmente nos sistemas de encaixe e fixação dos painéis de fechamento. Esses painéis, que podem ser feitos de vidro, policarbonato ou outros materiais, protegem os usuários das intempéries e oferecem visibilidade para dentro e fora do abrigo, mas também estão frequentemente sujeitos a danos causados por vandalismo.

Para o projeto implementado foi utilizado o vidro laminado de 8mm por ser mais resistente a esses ataques, garantindo uma maior segurança para os usuários conforme foi falado no item **FECHAMENTO POSTERIOR**.

## **ESTRUTURA MODULAR**

Uma estrutura modular em abrigos de ônibus é um sistema de design onde o abrigo é construído a partir de componentes ou módulos padronizados que podem ser combinados, adaptados ou substituídos facilmente. Essa configuração permite que os abrigos sejam ajustados de acordo com o espaço e as necessidades do local, proporcionando uma solução versátil, econômica e de fácil manutenção para as cidades.

O projeto do abrigo terá 2 modulações possíveis, o módulo base e o módulo expansível sem propaganda. Todos os módulos adotados podem ser de 4,20 x 1,30 ou 4,20 x 1,80m e pé direito mínimo de  $h=2,30m$ , de acordo com a quantidade de usuários da região. Mas vale ressaltar que as dimensões utilizadas nos projetos vigentes foram 4,20 x 1,80m e pé direito de  $h=2,40m$ . A seguir, será mostrado as modulações em 3D.

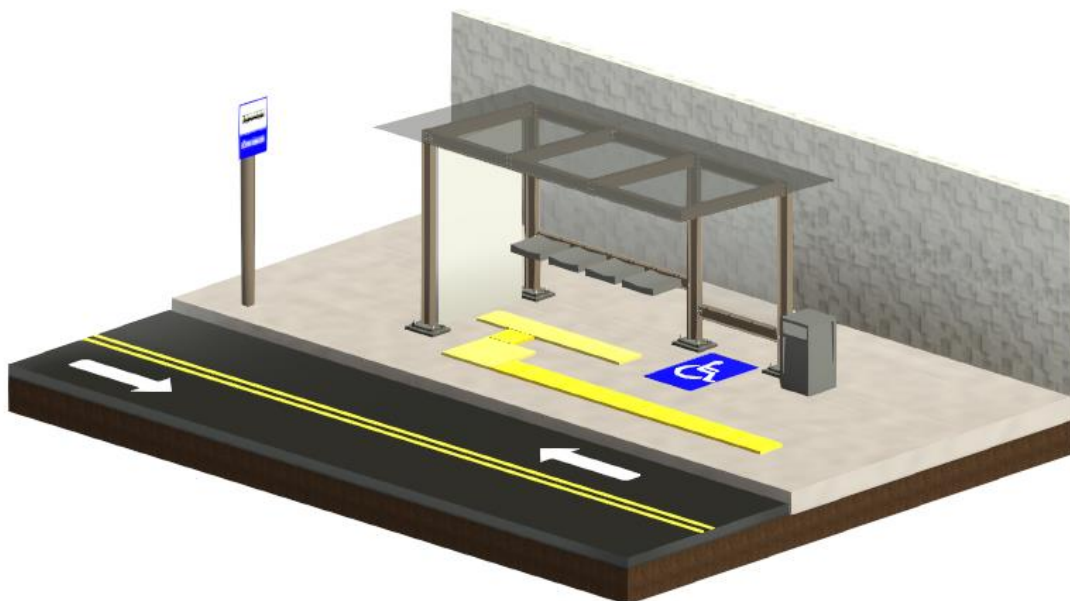


Figura 10 – 3D do Módulo Base com Propaganda

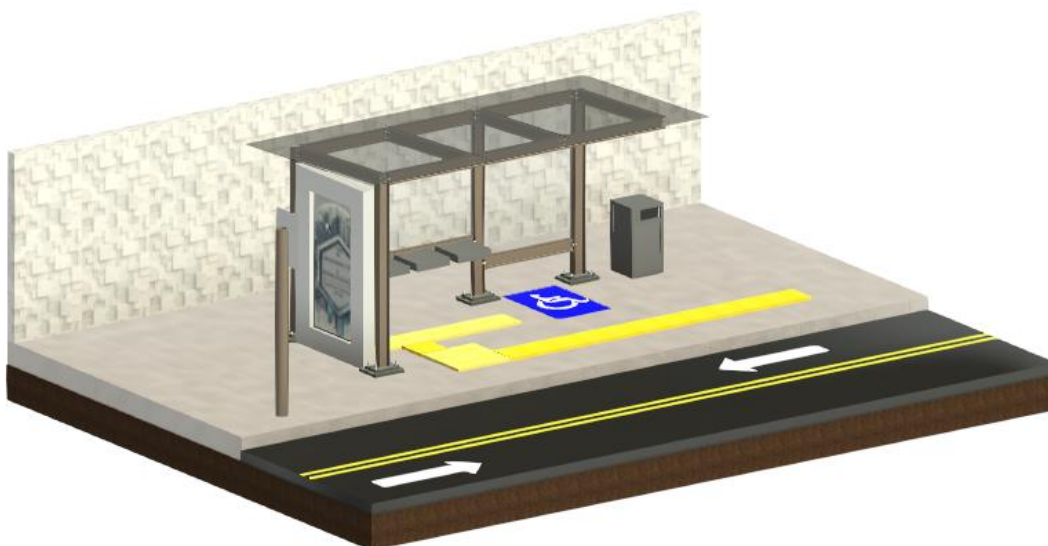


Figura 11 – 3D do Módulo Base com Propaganda

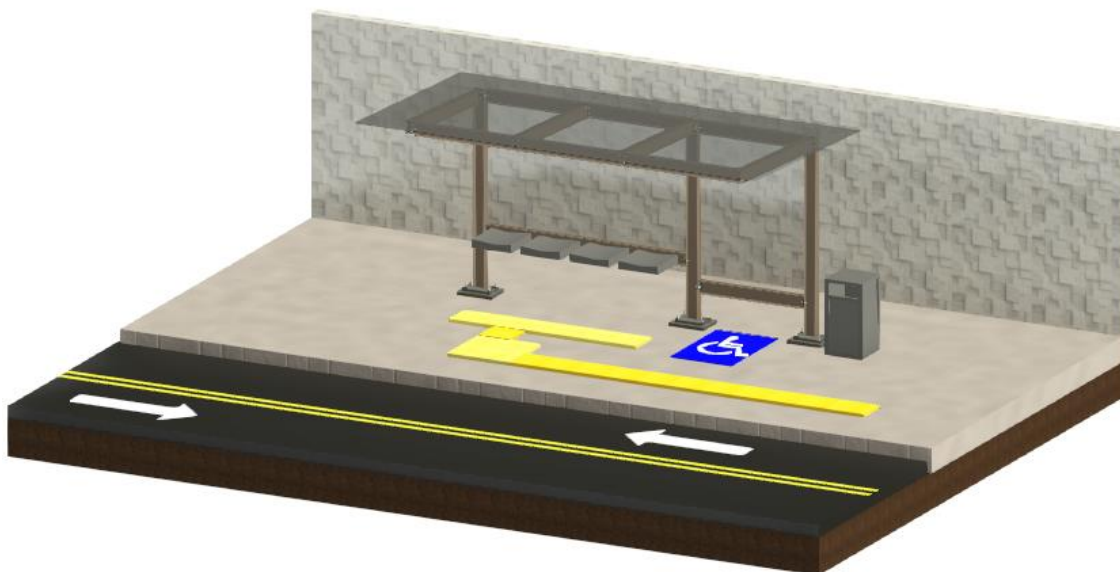


Figura 12 – 3D do Módulo Expansível sem Propaganda

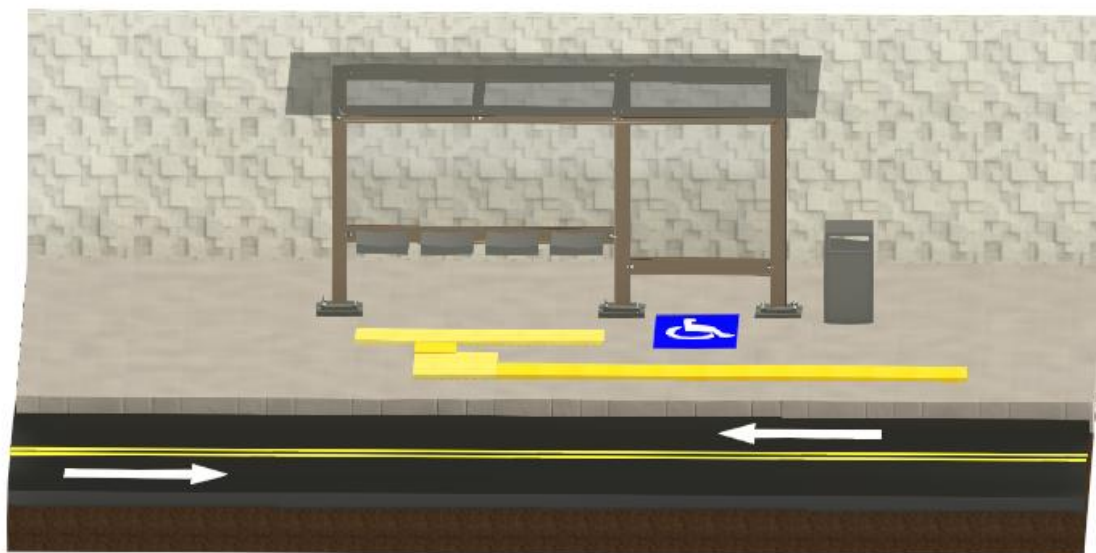


Figura 13 – 3D do Módulo Expansível sem Propaganda

## ATERRAMENTO

Além de todos os itens necessários em um abrigo de ônibus descritos acima não podemos esquecer do aterramento. O aterramento é uma medida de segurança essencial em abrigos de ônibus com estrutura metálica, protegendo tanto os usuários quanto a integridade do equipamento urbano. O aterramento consiste na conexão das partes metálicas do abrigo a uma estrutura de dispersão elétrica no solo, permitindo que correntes elétricas indesejadas, como as geradas por descargas atmosféricas (raios) ou por falhas elétricas, sejam direcionadas de maneira segura.

Para isso será utilizado um kit de aterramento que é composto por uma caixa de inspeção, uma haste de cobre cooperweld 5/8" com 3m e um conector para a haste.



Figura 13 – Kit de Aterramento

## **PROJETO E MEMÓRIA DE CÁLCULO**

### **PRANCHAS DO PROJETO A2**

- Planta;
- Corte;
- Fachadas;
- Blocos de fundações;
- Detalhes e especificações técnicas básicas;
- Lista de materiais;
- Memorial descritivo;
- Orçamento.

## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura principal utilizada no abrigo de ônibus é composta por uma estrutura metálica, cujos componentes principais são as vigas e pilares, fabricados a partir de perfis W com dimensões 150 x 13 e 150 x 22,5 respectivamente. Esses elementos são escolhidos por sua resistência e durabilidade, garantindo a estabilidade do abrigo, além de suportar as condições climáticas adversas e o uso contínuo. O perfil W, com suas dimensões específicas, oferece alto desempenho em termos de carga e resistência.

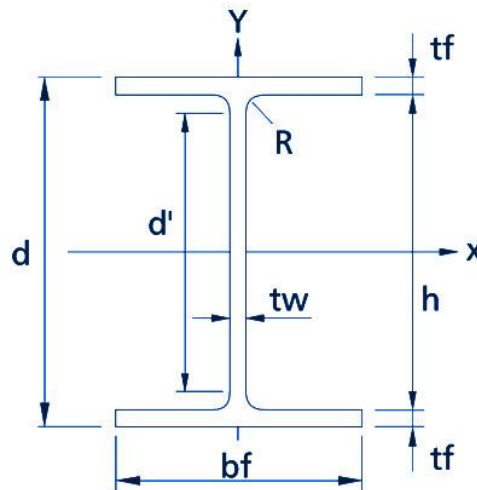


Figura 14 – Demonstração do Perfil Utilizado

### AÇÕES E CARREGAMENTOS

Os coeficientes de majoração das cargas foram retirados da **ABNT NBR 8000/2024**.

### CARGAS PERMANENTES

Peso próprio da estrutura: Perfil W 150 x 13 = 13kg/m

Peso próprio da estrutura: Perfil W 150 x 22,5 = 22,5kg/m



$$0,130 \times 0,225 \times 1,25 = \mathbf{0,0365kN/m}$$

Peso próprio da cobertura: Placa de polycarbonato alveolar fume 2,10m x 3,00m

$$0,101 \times 1,40 = \mathbf{0,1414kN/m}$$

## CARGAS VARIÁVEIS

Sobrecarga:  $5 \times 1,50 = \mathbf{75kN/m}$

Assentos: 500kg – **5kN**

Para determinar o cálculo do vento foi considerado todos os parâmetros dispostos na **ABNT NBR 6123/2019**.

**1º Passo:** Determinar a velocidade básica através do mapa de isopletras.

Rio Grande do Norte: **30 a 33 m/s**.

**2º Passo:** Determinar o  $S_1$  (fator topográfico).

Terreno plano ou fracamente acidentado:  **$S_1 = 1,00$**

**3º Passo:** Determinar o  $S_2$  (fator de rugosidade).

Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada: **Categoria IV**.

Toda edificação, estrutura, parte de edificação ou de estrutura, unidades e sistemas de vedação e seus elementos de fixação, cuja maior dimensão vertical ou horizontal não exceda 20m: **Classe A**.

**Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos**

Categoria	$z_g$ (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	$b_m$	1,10	1,11	1,12
		$p$	0,06	0,065	0,07
II	300	$b_m$	1,00	1,00	1,00
		$p$	0,085	0,09	0,10
III	350	$b_m$	0,94	0,94	0,93
		$p$	0,10	0,105	0,115
IV	420	$b_m$	0,86	0,85	0,84
		$p$	0,12	0,125	0,135
V	500	$b_m$	0,74	0,73	0,71
		$p$	0,15	0,16	0,175

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos NBR 6123:2023

Tabela 2 – Fator de rajada			
$F_r$	Classes		
	A	B	C
	1,00	0,98	0,95

Tabela 2 – Fator de rajada NBR 6123:2023

$$S_2 = b * F_r * (Z/10)^p$$

$$S_2 = 0,86 * 1,00 * (2,50/10)^{0,12}$$

$$S_2 = 0,728$$

**4º Passo:** Determinar o  $S_3$  (fator estatístico).

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico $S_3$			
Grupo	Descrição	$S_3$	$T_p$ (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100

Tabela 3 – Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$  da NBR 6123:2023

**5º Passo:** Determinar a velocidade característica ( $V_k$ ).

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

$$V_k = 30 * 1,00 * 0,728 * 1,11$$

$$V_k = 24,24 \text{ m/s}$$

**6º Passo:** Determinar a carga dinâmica do vento ( $q$ )

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

$$Q = 0,613 * (24,24)^2$$

$$Q = 360,18 \text{ N/m}^2 \text{ ou } 0,360 \text{ kN/m}^2$$

Carga total: peso perfil + peso cobertura + sobrecarga + vento + assento.

$$\text{Carga total: } 0,0365 + 0,1414 + 75 + 0,504 + 5$$

**Carga total: 80,68 kN/m**

## ANÁLISE ESTRUTURAL

A partir da arquitetura, foi modelado no Robot a estrutura para análise e dimensionamento, sendo inicialmente analisado a situação de vento, adotando 30m/s.

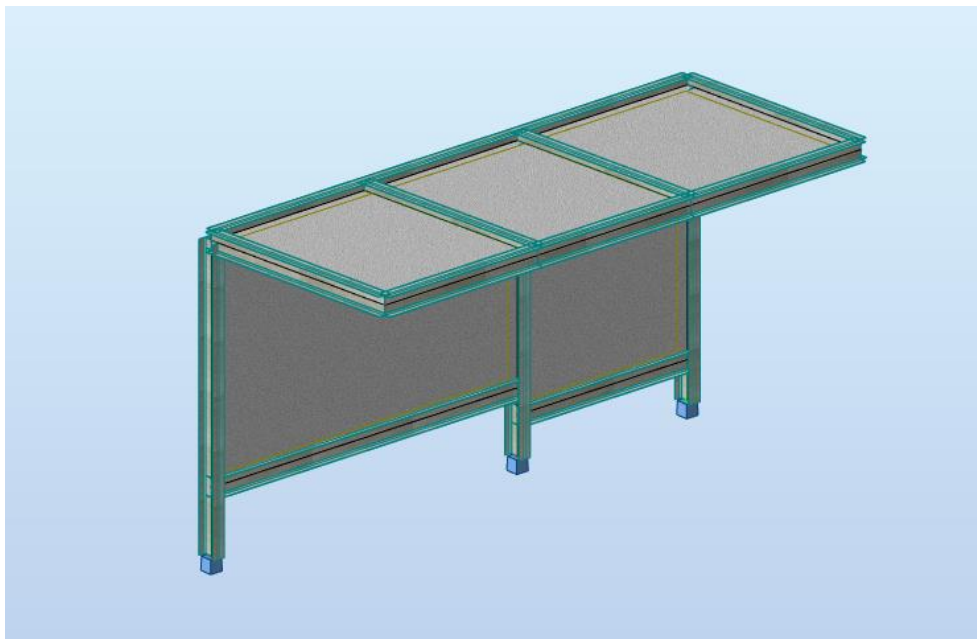


Figura 15 – Modelagem da estrutura no Robot.

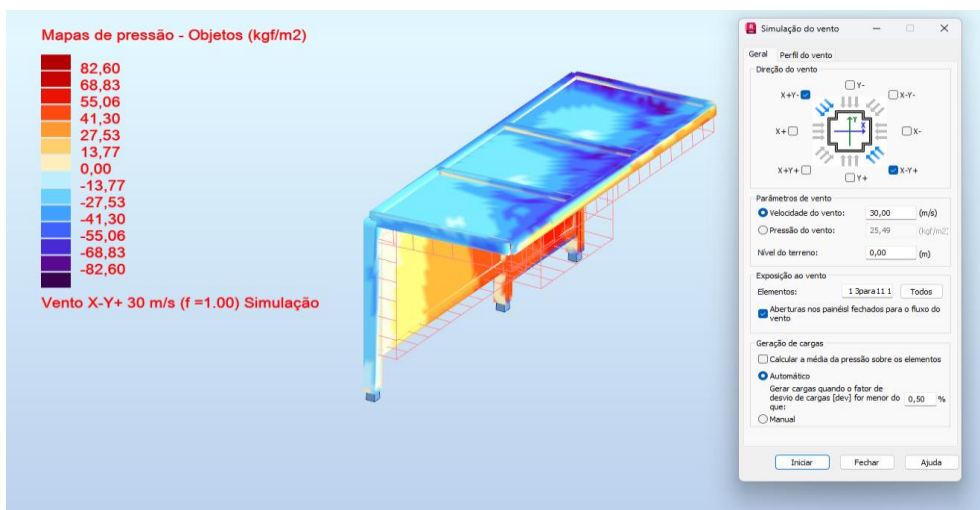


Figura 16 – Diagrama de Simulação do Vento.

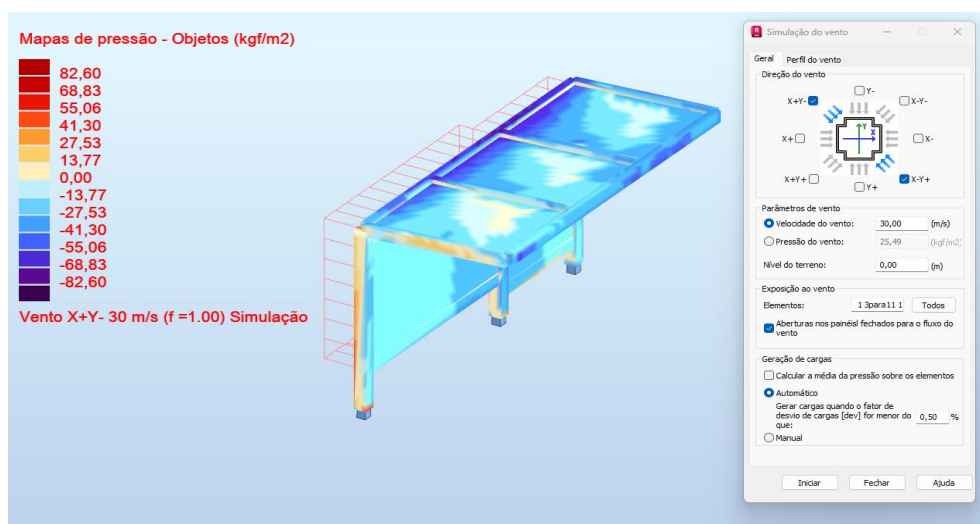


Figura 17 – Diagrama de Simulação do Vento.

Nessa etapa é verificado o deslocamento máximo que podem serem vistos nos diagramas de deslocamentos.

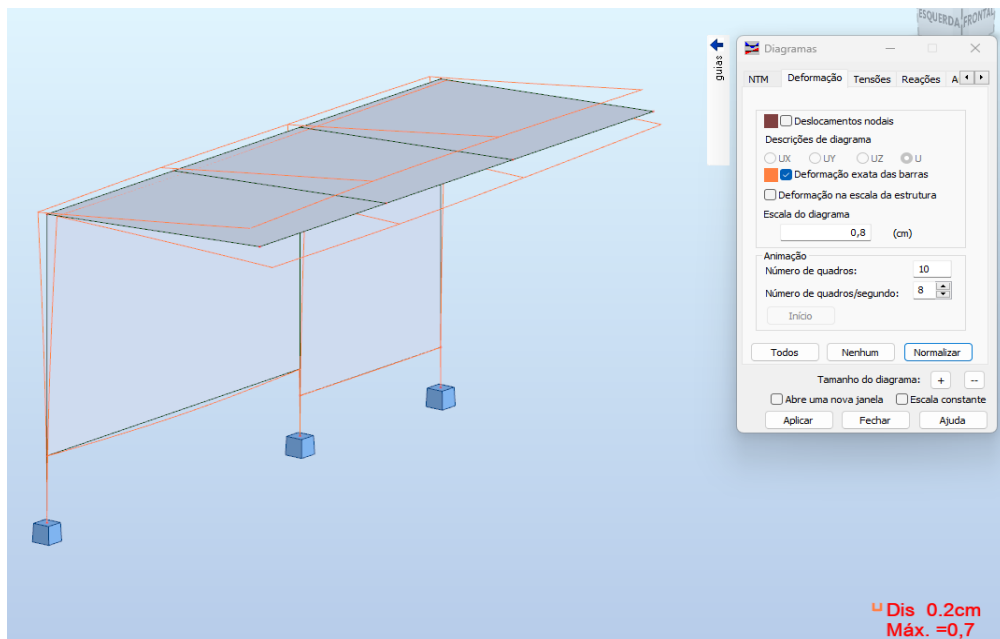


Figura 18 – Diagrama do Deslocamento Máximo.

Nessa etapa é verificado o momento máximo que podem serem vistos nos diagramas a seguir.

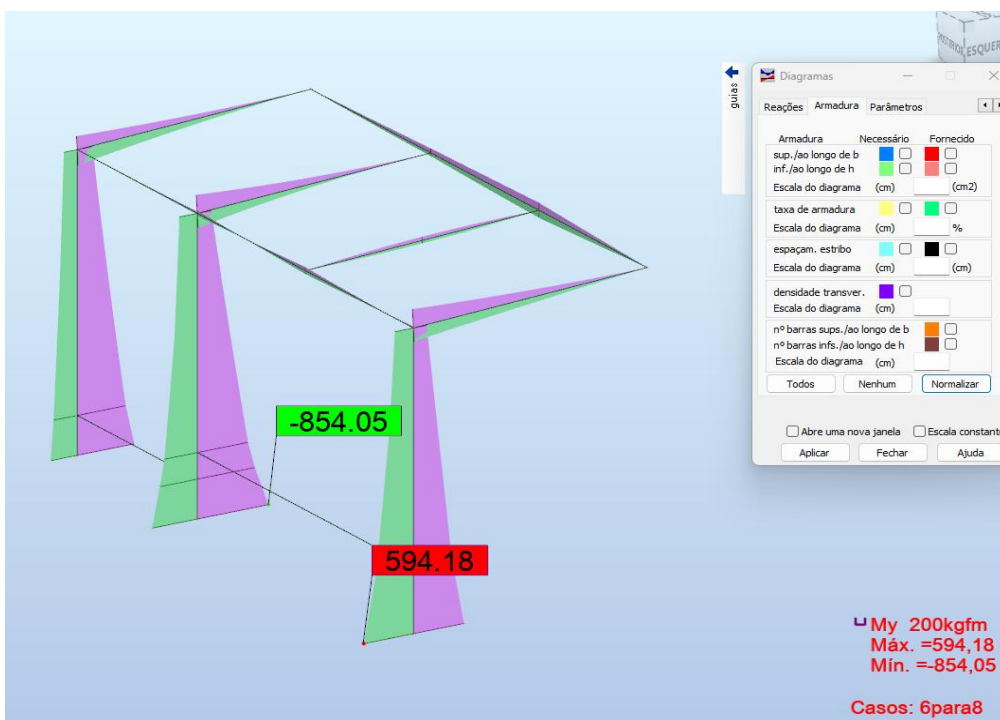



Figura 18 – Momento Máximo.

Feita a análise, vamos dimensionar a estrutura, utilizando os dados da análise anterior.

 ABNT NBR 8800:2008 - Verificação de membro ( ELU ) 1para3 5para8 10 11

Resultados   Mensagens










Membro		Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso
1 Viga1		W 150x13	ASTM A36	29.15	81.11	0.14	4 Vento X-Y+ 30 m/
2 Viga2		W 150x13	ASTM A36	29.15	81.11	0.02	4 Vento X-Y+ 30 m/
3 Viga3		W 150x13	ASTM A36	29.15	81.11	0.11	4 Vento X-Y+ 30 m/
5 Viga5		W 150x13	ASTM A36	67.91	188.97	0.07	4 Vento X-Y+ 30 m/
6 Viga6		W 150x13	ASTM A36	21.83	60.74	0.09	4 Vento X-Y+ 30 m/
7 Viga7		W 150x13	ASTM A36	21.83	60.74	0.07	4 Vento X-Y+ 30 m/
8 Viga8		W 150x13	ASTM A36	24.25	67.49	0.05	4 Vento X-Y+ 30 m/
10 Viga10		W 150x13	ASTM A36	24.25	67.49	0.05	4 Vento X-Y+ 30 m/
11 Pilar11		W 150x22.5	ASTM A36	35.33	62.96	0.13	4 Vento X-Y+ 30 m/

Figura 19 – Dimensionamento.

Para dimensionar os pilares, vamos utilizar o pilar de pior situação, ou seja, Pilar 12.

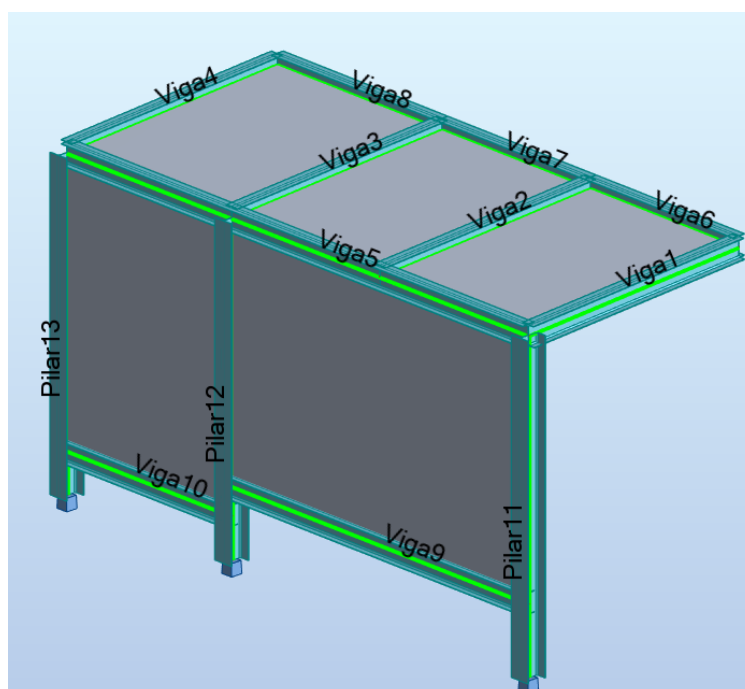


Figura 20 – Pilar pior caso.

### CARGAS:

Caso de carga atuante: 4 Vento X-Y+ 30 m/s ( $f = 1.00$ ) Simulação

---



## MATERIAL:

ASTM A36     $F_y = 25492905.32 \text{ kgf/m}^2$      $F_u = 40788648.52 \text{ kgf/m}^2$      $E = 20394324259.56 \text{ kgf/m}^2$

---

## PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 150x22.5

$d = 15.2\text{cm}$	$A_y = 20.06\text{cm}^2$	$A_z = 8.82\text{cm}^2$	$A_x = 29.00\text{cm}^2$
$b_f = 15.2\text{cm}$	$I_y = 1229.00\text{cm}^4$	$I_z = 387.00\text{cm}^4$	$J = 3.82\text{cm}^4$
$t_w = 0.6\text{cm}$	$S_y = 161.71\text{cm}^3$	$S_z = 50.92\text{cm}^3$	
$t_f = 0.7\text{cm}$	$Z_y = 179.45 \text{ cm}^3$	$Z_z = 77.84\text{cm}^3$	

---

## PARÂMETROS DE MEMBRO

Flambagem Y	Flambagem Z	$L_b = 2.30\text{m}$
		$C_b = 1.00$

---

## FORÇAS INTERNAS:

$T, S_d = -0.77 \text{ kgf}\cdot\text{m}$

$N_t, S_d = -264.27 \text{ kgf}$

$M_y, S_d = -631.68 \text{ kgf}\cdot\text{m}$

$M_z, S_d = -1.55 \text{ kgf}\cdot\text{m}$

## RESISTÊNCIAS DO PROJETO:

$\tau_{Ty, S_d} = 132959.62 \text{ kgf/m}^2$

$\tau_{Tz, S_d} = 116843.30 \text{ kgf/m}^2$

$N_t, R_d = 67208.57 \text{ kgf}$

$V_y, S_d = 1.92$      $M_y, R_d = 3989.47$      $V_y, R_d = 27899.44$

$\text{kgf}$      $\text{kgf}\cdot\text{m}$      $\text{kgf}$

$V_z, S_d = 353.12$      $M_z, R_d = 1728.33$      $V_z, R_d = 12258.84$

$\text{kgf}$      $\text{kgf}\cdot\text{m}$      $\text{kgf}$

---

## FATORES DE SEGURANÇA

$g_{a2} = 1.35$

$g_{a1} = 1.10$

---

## ELEMENTOS DE SEÇÃO:

Mesa = Não compacto

Alma = Compacto

---

## FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO

$N_t, S_d / (2 \cdot N_t, R_d) + M_y, S_d / M_y, R_d + M_z, S_d / M_z, R_d = 0.16 < 1.00$  (5.5.1.2.b) **Verificado**

$V_y, S_d / V_y, R_d + \tau_{Ty, S_d} / (0.6 \cdot F_y / g_{a1}) = 0.01 < 1.00$  (5.4.3) **Verificado**

$V_z, S_d / V_z, R_d + \tau_{Tz, S_d} / (0.6 \cdot F_y / g_{a1}) = 0.04 < 1.00$  (5.4.3) **Verificado**

$L_{cy} / r_y = 35.33 < (L_c / r)_{\text{max}} = 300.00$      $L_{cz} / r_z = 62.96 < (L_c / r)_{\text{max}} = 300.00$     **ESTÁVEL**

---

Seção OK !!!

Para dimensionar as vigas, vamos utilizar a viga de pior situação, ou seja, Viga 01.

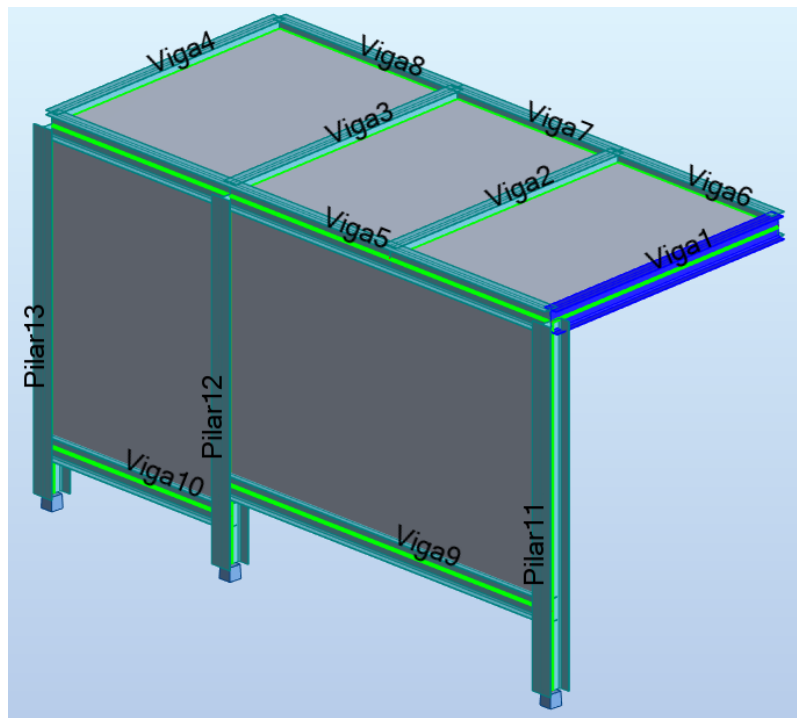


Figura 21 – Viga pior caso.

#### CARGAS:

Caso de carga atuante: 4 Vento X-Y+ 30 m/s ( $f = 1.00$ ) Simulação

#### MATERIAL:

ASTM A36  $F_y = 35180209.35 \text{ kgf/m}^2$   $F_u = 45887229.58 \text{ kgf/m}^2$   $E = 20394324259.56 \text{ kgf/m}^2$

#### PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 150x13

$d = 14.8\text{cm}$	$A_y = 9.80\text{cm}^2$	$A_z = 6.36\text{cm}^2$	$A_x = 16.60\text{cm}^2$
$b_f = 10.0\text{cm}$	$I_y = 635.00\text{cm}^4$	$I_z = 82.00\text{cm}^4$	$J = 1.15\text{cm}^4$
$t_w = 0.4\text{cm}$	$S_y = 85.81\text{cm}^3$	$S_z = 16.40\text{cm}^3$	
$t_f = 0.5\text{cm}$	$Z_y = 96.50\text{cm}^3$	$Z_z = 25.52\text{cm}^3$	

#### PARÂMETROS DE MEMBRO

$L_{cy} = 1.80\text{m}$	$L_{cz} = 1.80\text{m}$	
$K_y = 1.00$	$K_z = 1.00$	$L_b = 1.80\text{m}$
$X_y = 0.94$	$X_z = 0.62$	$C_b = 1.00$

**FORÇAS INTERNAS:****T,Sd** = -0.03 kgf\*m**Nc,Sd** = 38.61 kgf**My,Sd** = 179.82 kgf\*m**Mz,Sd** = -29.58 kgf\*m**RESISTÊNCIAS DO PROJETO:****tauTy,Sd** = 13944.85 kgf/m<sup>2</sup>**tauTz,Sd** = 12237.32 kgf/m<sup>2</sup>**Vy,Sd** = 33.91

kgf

**Vz,Sd** = 128.89

kgf

**Nc,Rd** = 32808.66 kgf**My,Rd** = 2529.22

kgf\*m

**Mz,Rd** = 756.72 kgf\*m**Vy,Rd** = 18805.42

kgf

**Vz,Rd** = 12212.01

kgf

**FATORES DE SEGURANÇA****ga2** = 1.35**ga1** = 1.10**ELEMENTOS DE SEÇÃO:****Mesa** = Não compacto**Alma** = Compacto**FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO****Nc,Sd/(2\*Nc,Rd) + My,Sd/My,Rd + Mz,Sd/Mz,Rd** = 0.11 < 1.00 (5.5.1.2.b) **Verificado****Vy,Sd/Vy,Rd + tauTy,Sd/(0.6\*Fy/ga1)** = 0.00 < 1.00 (5.4.3) **Verificado****Vz,Sd/Vz,Rd + tauTz,Sd/(0.6\*Fy/ga1)** = 0.01 < 1.00 (5.4.3) **Verificado****Lcy/ry** = 29.15 < (Lc/r),max = 200.00      **Lcz/rz** = 81.11 < (Lc/r),max = 200.00      **ESTÁVEL****Seção OK !!!**

Além disso, adotamos a ligação (parafusos) para fazer a conexão viga pilar (engastada).

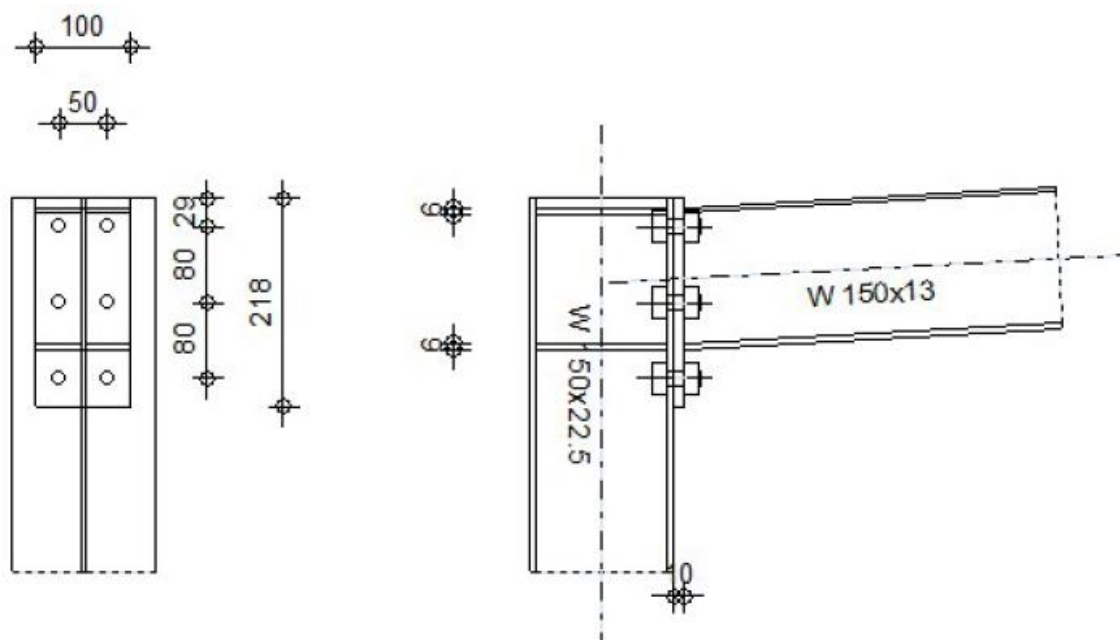


Figura 22 – Engaste viga e pilar.

Para verificação, utilizamos o Pilar 11 e Viga 01.

### **COLUNA**

**Seção:** W 150x22.5

**Barra N°:** 11

$\alpha = -90,0^\circ$  - Ângulo de inclinação

$h_c = 152\text{mm}$  - Altura da seção da coluna

$b_{fc} = 152\text{mm}$  - Largura da seção da coluna

$t_{wc} = 6\text{mm}$  - Espessura da alma da seção da coluna

$t_{fc} = 7\text{mm}$  - Espessura da mesa da seção da coluna

$r_c = 10\text{mm}$  - Raio de concordância de seção da coluna

$A_c = 29,00\text{cm}^2$  - Área da seção transversal do pilar

$I_{xc} = 1229,00\text{cm}^4$  - Momento de inercia da seção do pilar

**Material:** ASTM A36

$f_{yc} = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência

### **VIGA**

**Seção:** W 150x13

**Barra N°:** 01

$\alpha = 3,2^\circ$  - Ângulo de inclinação

$h_b = 148\text{mm}$  - Altura da seção da viga

$b_f = 100\text{mm}$  - Largura da seção da viga

$t_{wb} = 4\text{mm}$  - Espessura da alma da seção da viga

$t_{fb} = 5\text{mm}$  - Espessura da mesa da seção da viga

$r_b = 10\text{mm}$  - Raio de concordância da seção da viga

$r_b = 10\text{mm}$  - Raio de concordância da seção da viga

$A_b = 16,60\text{cm}^2$  - Área de seção transversal da viga

$I_{xb} = 635,00\text{cm}^4$  - Momento de inércia da seção da viga

**Material:** ASTM A36

$f_{yb} = 35180209,35\text{kgf/m}^2$  - Resistência

## PARAFUSOS

O plano de cisalhamento passa através da parte NÃO ROSQUEADA do parafuso.

$d = 16\text{mm}$  - Diâmetro do parafuso

**Classe** = A307 Classe do parafuso

$F_t R_d = 6015,72\text{kgf}$  - Resistência a tensão de um parafuso

$n_h = 2$  Número de colunas de parafusos

$n_v = 3$  Número de linhas de parafusos

$h_1 = 29\text{mm}$  - Distância entre o primeiro parafuso e a borda superior da placa frontal

**Espaçamento horizontal**  $e_i = 50\text{mm}$

**Espaçamento vertical**  $p_i = 80,80\text{mm}$

## PLACA

$h_p = 218\text{mm}$  - Altura da placa

$b_p = 100\text{mm}$  - Largura da placa

$t_p = 10\text{mm}$  - Espessura da placa

**Material:** ASTM A36

$f_{yp} = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência

## ENRIJECEDOR DA COLUNA

### Superior

$h_{sup} = 139\text{mm}$  - Altura do enrijecedor

$b_{sup} = 73\text{mm}$  - Largura do enrijecedor

$t_{hu} = 6\text{mm}$  - Espessura do enrijecedor

**Material:** ASTM A36

$f_{ysup} = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência

### Inferior

$h_{sd} = 139\text{mm}$  - Altura do enrijecedor

$b_{sd} = 73\text{mm}$  - Largura do enrijecedor

$t_{hd} = 6\text{mm}$  - Espessura do enrijecedor

**Material:** ASTM A36

$f_{ysup} = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência

### **SOLDAS DE CONCORDÂNCIA**

$a_w = 4\text{mm}$  - Solda da alma

$a_f = 4\text{mm}$  - Solda da mesa

$a_s = 4\text{mm}$  - Solda do enrijecedor

### **FATORES DE MATERIAL**

**M0** = 1,00 Fator de segurança parcial

**M1** = 1,00 Fator de segurança parcial

**M2** = 1,25 Fator de segurança parcial

**M3** = 1,25 Fator de segurança parcial

### **CARGAS**

#### **Estado limite definitivo**

**Caso 6:**  $ELU / 3 / 1 \cdot 1.25 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.50 + 5 \cdot 0.84$

$M_{b1}, E_d = 223,83\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Momento fletor na viga direita

$V_{b1}, E_d = 164,53\text{kgf}$  - Força de cisalhamento na viga direita

$N_{b1}, E_d = 28,56\text{kgf}$  - Força axial na viga direita

$M_{c1}, E_d = 223,91\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Momento fletor no pilar inferior

$V_{c1}, E_d = -83,05\text{kgf}$  - Força de cisalhamento no pilar inferior

$N_{c1}, E_d = -208,76\text{kgf}$  - Força axial no pilar inferior

### **RESULTADOS**

#### **RESISTÊNCIAS DA VIGA**

##### **TRAÇÃO**

$A_b = 16,60\text{cm}^2$  - Área

$N_{tb}, R_d = A_b f_{yb} / M0$

$N_{tb}, R_d = 58399,15\text{kgf}$  - Resistência do projeto da seção a tração

##### **CISALHAMENTO**

$A_{vb} = 8,00\text{cm}^2$  - Área de cisalhamento

$V_{cb}, R_d = A_{vb} (f_{yb} / 3) / M0$



**$V_{cb}, R_d = 16250,06 \text{ kgf}$**  - Resistência do projeto da seção ao cisalhamento

**$V_{b1}, E_d / V_{cb}, R_d \leq 1,0$**   $0,01 < 1,00$  **verificado** (0,01)

### **FLEXÃO - MOMENTO PLÁSTICO (SEM REFORÇOS)**

**$W_{plb} = 96,50 \text{ cm}^3$**  - Módulo plástico da seção

**$M_{b,pl}, R_d = W_{plb} f_{yb} / M_0$**

**$M_{b,pl}, R_d = 3395,03 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Resistência plástica da seção em flexão (sem enrijecedores)

### **FLEXÃO NA SUPERFÍCIE DE CONTATO COM A PLACA OU COM O ELEMENTO CONECTADO**

**$W_{el} = 80,85 \text{ cm}^3$**  - Módulo elástico da seção

**$M_{cb}, R_d = W_{el} f_{yb} / M_0$**

**$M_{cb}, R_d = 2844,47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Resistência do projeto da seção em flexão

### **FLEXÃO COM FORÇA AXIAL NA SUPERFÍCIE DE CONTATO COM A PLACA OU COM O ELEMENTO CONECTADO**

**$n = 0,00$**  Proporção entre a força axial e a resistência seccional

**$M_{Nb}, R_d = M_{cb}, R_d (1 - n)$**

**$M_{Nb}, R_d = 2843,08 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Resistência reduzida (força axial) da seção em flexão

### **MESA E ALMA - COMPRESSÃO**

**$M_{cb}, R_d = 2844,47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Resistência do projeto da seção em flexão

**$h_f = 143 \text{ mm}$**  - Distância entre os centroides das mesas

**$F_{c,fb}, R_d = M_{cb}, R_d / h_f$**

**$F_{c,fb}, R_d = 19846,88 \text{ kgf}$**  - Resistência da mesa e da alma comprimidas

### **RESISTÊNCIAS DA COLUNA**

#### **PANEL DA ALMA - CISALHAMENTO**

**$M_{b1}, E_d = 223,83 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Momento fletor (viga direita)

**$M_{b2}, E_d = 0,00 \text{ kgf} \cdot \text{m}$**  - Momento fletor (viga esquerda)

**$V_{c1}, E_d = -83,05 \text{ kgf}$**  - Força de cisalhamento (coluna inferior)

**$V_{c2}, E_d = 0,00 \text{ kgf}$**  - Força de cisalhamento (coluna superior)

**$z = 87 \text{ mm}$**  - Braço da alavanca

**$V_{wp}, E_d = (M_{b1}, E_d - M_{b2}, E_d) / z - (V_{c1}, E_d - V_{c2}, E_d) / 2$**

**$V_{wp}, E_d = 2624,41 \text{ kgf}$**  - Força de cisalhamento no painel da alma

**$A_{vs} = 10,63 \text{ cm}^2$**  - Área de cisalhamento da alma do pilar

**$A_{vc} = 10,63\text{cm}^2$**  - Área de cisalhamento

**$d_s = 142\text{mm}$**  - Distância entre os centroides dos enrijecedores

**$M_{pl,fc,R_d} = 42,20\text{kgf}\cdot\text{m}$**  - Resistência plástica da mesa da coluna em flexão

**$M_{pl,stu,R_d} = 38,45\text{kgf}\cdot\text{m}$**  - Resistência plástica do enrijecedor transversal superior em flexão

**$M_{pl,sti,R_d} = 38,45\text{kgf}\cdot\text{m}$**  - Resistência plástica do enrijecedor transversal inferior em flexão

**$V_{wp,R_d} = 0.9 ( A_{vs} \cdot f_{y,wc} ) / (-3 \cdot M_0) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,R_d} / d_s , (2 M_{pl,fc,R_d} + M_{pl,stu,R_d} + M_{pl,sti,R_d}) / d_s)$**

**$V_{wp,R_d} = 15211,65\text{kgf}$**  - Resistência do painel da alma do pilar em cisalhamento

**$V_{wp,E_d} / V_{wp,R_d} \leq 1,0$**   $0,17 < 1,00$  **verificado** (0,17)

## **ALMA - COMPRESSÃO TRANSVERSAL - NÍVEL DA MESA INFERIOR DA VIGA**

### **Apoios:**

**$t_{wc} = 6\text{mm}$**  - Espessura efetiva da alma do pilar

**$b_{eff,c,wc} = 119\text{mm}$**  - Largura efetiva da alma em compressão

**$A_{vc} = 10,63\text{cm}^2$**  - Área de cisalhamento

**$= 0,80$**  - Fator de redução para a interação com o cisalhamento

**$\sigma_{com,E_d} = 1155998,98\text{kgf}/\text{m}^2$**  - Tensão de compressão máxima na alma

**$k_{wc} = 1,00$**  Fator de redução condicionado pelas tensões de compressão

**$A_s = 9,21\text{cm}^2$**  - Área do enrijecedor da alma

**$F_{c,wc,R_{d1}} = k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / M_0 + A_s f_{ys} / M_0$**

**$F_{c,wc,R_{d1}} = 37598,68\text{kgf}$**  - Resistência da alma do pilar

### **Flambagem:**

**$d_{wc} = 119\text{mm}$**  - Altura da alma comprimida

**$p = 0,68$**  - Esbeltez da placa de um elemento

**$\chi = 1,00$**  - Fator de redução para a flambagem do elemento

**$\chi_s = 2,66$**  - Esbeltez do enrijecedor EN1993-1-1:[6.3.1.2]

**$\chi_s = 1,00$**  - Coeficiente de flambagem do enrijecedor

**$F_{c,wc,R_{d2}} = - k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / - M_1 + A_s \chi_s f_{ys} / - M_1$**

**$F_{c,wc,R_{d2}} = 37598,68\text{kgf}$**  - Resistência da alma do pilar

### **Resistência final:**

**$F_{c,wc,R_{d,low}} = \text{Min} (F_{c,wc,R_{d1}} , F_{c,wc,R_{d2}})$**

**$F_{c,wc,R_d} = 37598,68\text{kgf}$**  - Resistência da alma do pilar

## PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA CONEXÃO

### COMPRIMENTOS EFETIVOS E PARÂMETROS - MESA DA COLUMNA

Nr	m	$m_x$	e	$e_x$	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	14	-	51	-	80	89	113	89	113	125	93	93	93
2	14	-	51	-	80	89	113	89	113	125	93	93	93
3	14	-	51	-	67	89	113	89	113	-	-	-	-

### COMPRIMENTOS EFETIVOS E PARÂMETROS - PLACA DIANTEIRA

Nr	m	$m_x$	e	$e_x$	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	18	-	25	-	80	115	139	115	139	138	127	127	127
2	18	-	25	-	80	115	105	105	105	138	92	92	92
3	18	26	25	29	67	133	50	50	50	-	-	-	-

**m** – Distância entre o parafuso e a alma;

**$m_x$**  – Distância entre o parafuso e a mesa da viga;

**e** – Distância entre o parafuso e a borda exterior;

**$e_x$**  – Distância entre o parafuso e a borda exterior horizontal;

**p** – Distância entre parafusos;

**$l_{eff,cp}$**  – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos no modo de falha circular;

**$l_{eff,nc}$**  – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos no modo de falha não circular;

**$l_{eff,1}$**  – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 1;

**$l_{eff,2}$**  – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2;

**$l_{eff,cp,g}$**  – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos no modo de falha circular;

**$l_{eff,nc,g}$**  – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos no modo de falha não circular;

**$l_{eff,1,g}$**  – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos para o modo 1;

**$l_{eff,2,g}$**  – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos para o modo 2;

## RESISTÊNCIA DA CONEXÃO À TRAÇÃO

**$F_t, R_d$**  = 6015,72kgf - Resistência do parafuso a tensão

**$B_p, R_d$**  = 9666,72kgf - Resistência do parafuso ao cisalhamento de punção

**$N_j, R_d$**  = Min ( $N_{tb}, R_d$ ,  $n_v n_h F_t, R_d$ ,  $n_v n_h B_p, R_d$ )

**$N_j, R_d$**  = 36094,34kgf - Resistência da conexão a tração 6.2

$N_{b1}, E_d / N_j, R_d \leq 1,0$  0,00 < 1,00 **verificado** (0,00)

## RESISTÊNCIA DA CONEXÃO À FLEXÃO

**$F_t, R_d$**  = 6015,72kgf - Resistência do parafuso a tensão

**$B_p, R_d$**  = 9666,72kgf - Resistência do parafuso ao cisalhamento de punção

**$F_t, f_c, R_d$**  – Resistência da mesa da coluna devida a flexão

**F<sub>t,wc,Rd</sub>** – Resistência da alma do pilar devida a tensão

**F<sub>t,ep,Rd</sub>** – Resistência da placa frontal devida a flexão

**F<sub>t,wb,Rd</sub>** – Resistência da alma em tensão

**F<sub>t,fc,Rd</sub>** = Min (F<sub>T,1,fc,Rd</sub> , F<sub>T,2,fc,Rd</sub> , F<sub>T,3,fc,Rd</sub>)

**F<sub>t,wc,Rd</sub>** = beff,t,wc twc f<sub>yc</sub> / M0 6.2.6.3.(1)

**F<sub>t,ep,Rd</sub>** = Min (F<sub>T,1,ep,Rd</sub> , F<sub>T,2,ep,Rd</sub> , F<sub>T,3,ep,Rd</sub>)

**F<sub>t,wb,Rd</sub>** = beff,t,wb twb f<sub>yb</sub> / M0

#### RESISTÊNCIA DA LINHA DE PARAFUSOS Nº 1

<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub> - Fórmula</b>	<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub></b>	<b>Componente</b>
F <sub>t,fc,Rd(1)</sub> = 6977,29	6977,29	Mesa da coluna - tração
F <sub>t,wc,Rd(1)</sub> = 11520,92	11520,92	Alma do pilar - tração
F <sub>t,ep,Rd(1)</sub> = 10977,17	10977,17	Placa dianteira - tração
F <sub>t,wb,Rd(1)</sub> = 17417,24	17417,24	Alma da viga - tração
B <sub>p,Rd</sub> = 19333,45	19333,45	Parafusos devido à punção de cisalhamento
V <sub>wp,Rd</sub> /β = 15211,65	15211,65	Painel da alma - cortante
F <sub>c,wc,Rd</sub> = 37598,68	37598,68	Alma do pilar - compressão
F <sub>c,fb,Rd</sub> = 19846,88	19846,88	Mesa da viga - compressão
F <sub>t1,Rd</sub> = Min (F <sub>t1,Rd,comp</sub> )	6977,29	Resistência da linha de parafusos

#### RESISTÊNCIA DA LINHA DE PARAFUSOS Nº 2

<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> - Fórmula</b>	<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub></b>	<b>Componente</b>
F <sub>t,fc,Rd(2)</sub> = 6977,29	6977,29	Mesa da coluna - tração
F <sub>t,wc,Rd(2)</sub> = 11520,92	11520,92	Alma do pilar - tração
F <sub>t,ep,Rd(2)</sub> = 9916,28	9916,28	Placa dianteira - tração
F <sub>t,wb,Rd(2)</sub> = 15815,50	15815,50	Alma da viga - tração
B <sub>p,Rd</sub> = 19333,45	19333,45	Parafusos devido à punção de cisalhamento
V <sub>wp,Rd</sub> /β - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 15211,65 - 6977,29	8234,35	Painel da alma - cortante
F <sub>c,wc,Rd</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 37598,68 - 6977,29	30621,38	Alma do pilar - compressão
F <sub>c,fb,Rd</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 19846,88 - 6977,29	12869,58	Mesa da viga - compressão
F <sub>t,fc,Rd(2+1)</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 14598,23 - 6977,29	7620,93	Mesa da coluna - tração - grupo
F <sub>t,wc,Rd(2+1)</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 17995,20 - 6977,29	11017,90	Alma do pilar - tração - grupo
F <sub>t,ep,Rd(2+1)</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 20134,54 - 6977,29	13157,24	Placa dianteira - tração - grupo
F <sub>t,wb,Rd(2+1)</sub> - Σ <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>tj,Rd</sub> = 33108,65 - 6977,29	26131,36	Alma da viga - tração - grupo
F <sub>t2,Rd</sub> = Min (F <sub>t2,Rd,comp</sub> )	6977,29	Resistência da linha de parafusos

Os parafusos remanescentes são inativos (não transferem cargas) porque a resistência de um dos componentes de conexão está esgotado ou os parafusos se situam abaixo do centro de rotação.

#### TABELA DE RESUMO DAS FORÇAS

Nr	h <sub>j</sub>	F <sub>tj,Rd</sub>	F <sub>t,fc,Rd</sub>	F <sub>t,wc,Rd</sub>	F <sub>t,ep,Rd</sub>	F <sub>t,wb,Rd</sub>	F <sub>t,Rd</sub>	B <sub>p,Rd</sub>
1	127	6977,29	6977,29	11520,92	10977,17	17417,24	12031,45	19333,45
2	47	6977,29	6977,29	11520,92	9916,28	15815,50	12031,45	19333,45
3	-33	-	6977,29	11520,92	4835,45	-	12031,45	19333,45

#### RESISTÊNCIA DA CONEXÃO À FLEXÃO M<sub>ij</sub>,R<sub>d</sub>

$$M_{j,R_d} = \sum h_j F_{tj,R_d}$$

$M_{j,R_d} = 1209,3 \text{kgf}\cdot\text{m}$  – Resistência da conexão a flexão

$$M_{b1,E_d} / M_{j,R_d} \leq 1,0 \quad 0,19 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,19)$$

## RESISTÊNCIA DA CONEXÃO AO CISALHAMENTO

$v = 0,60$  Coeficiente para o cálculo de  $F_{v,R_d}$

$F_{v,R_d} = 4007,82 \text{kgf}$  - Resistência de um parafuso ao cisalhamento

$F_{t,R_d,\max} = 6015,72 \text{kgf}$  - Resistência de um parafuso a tensão

$F_{b,R_d,\text{int}} = 7576,58 \text{kgf}$  - Resistência portante de um parafuso intermediário

$F_{b,R_d,\text{ext}} = 4113,48 \text{kgf}$  - Resistência portante do parafuso mais externo

Nr	$F_{tj,R_d,N}$	$F_{tj,E_d,N}$	$F_{tj,R_d,M}$	$F_{tj,E_d,M}$	$F_{tj,E_d}$	$F_{vj,R_d}$
1	12031,45	9,52	6977,29	1291,44	1300,96	7396,54
2	12031,45	9,52	6977,29	1291,44	1300,96	7396,54
3	12031,45	9,52	0,00	0,00	9,52	8011,11

$F_{tj,R_d,N}$  – Resistência da linha de parafusos para tensão simples

$F_{tj,E_d,N}$  – Força em uma linha de parafusos devido à força axial

$F_{tj,R_d,M}$  – Resistência da linha de parafusos para flexão simples

$F_{tj,E_d,M}$  – Força em uma linha de parafusos devido ao momento

$F_{tj,E_d}$  – Força de tração máximo em uma linha de parafusos

$F_{vj,R_d}$  – Resistência reduzida da linha de parafusos

$$F_{tj,E_d,N} = N_{j,E_d} F_{tj,R_d,N} / N_{j,R_d}$$

$$F_{tj,E_d,M} = M_{j,E_d} F_{tj,R_d,M} / M_{j,R_d}$$

$$F_{tj,E_d} = F_{tj,E_d,N} + F_{tj,E_d,M}$$

$$F_{vj,R_d} = \text{Min} (n h F_{v,E_d} / (1 - F_{tj,E_d} / (1.4 n h F_{t,R_d,\max})), n h F_{v,R_d}, n h F_{b,R_d})$$

$$V_{j,R_d} = n h \sum 1 n F_{vj,R_d}$$

$V_{j,R_d} = 22804,20 \text{kgf}$  - Resistência da conexão ao cisalhamento

$$V_{b1,E_d} / V_{j,R_d} \leq 1,0 \quad 0,01 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

## RESISTÊNCIA DA SOLDADA

$A_w = 23,49 \text{cm}^2$  - Área de todas as soldas

$A_{wy} = 14,04 \text{cm}^2$  - Área das soldas horizontais

$A_{wz} = 9,45 \text{cm}^2$  - Área das soldas verticais

$I_{wy} = 846,51 \text{cm}^4$  - Momento de inércia da disposição de soldas com relação ao eixo horizontal

$\max = 1431725,69 \text{kgf}/\text{m}^2$  - Tensão normal em uma solda

1113438,63  $\text{kgf}/\text{m}^2$  - Tensão na solda vertical

174019,13  $\text{kgf}/\text{m}^2$  - Tensão tangente

$w = 0,85$  - Coeficiente de correlação

$\max 2 + 3 \cdot (\max 2) \leq f_u / (w \cdot M_2)$   $2863451,38 < 38389316,25$  **verificado** (0,07)

$2 + 3 \cdot (2 + I I_2) \leq f_u / (w \cdot M_2)$   $2247182,75 < 38389316,25$  **verificado** (0,06)

$\leq 0.9 \cdot f_u / M_2$   $1431725,69 < 29367826,93$  **verificado** (0,05)

## RIGIDEZ DA CONEXÃO

$t_{wash} = 4\text{mm}$  - Espessura da arruela

$h_{head} = 12\text{mm}$  - Altura da cabeça do parafuso

$h_{nut} = 16\text{mm}$  - Altura da porca do parafuso

$L_b = 39\text{mm}$  - Comprimento do parafuso

$k_{10} = 8\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez dos parafusos

### RIGIDEZ DAS LINHAS DE PARAFUSOS

Nr	$h_j$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j} h_j$	$k_{eff,j} h_j^2$
1	127	3	8	17	1	1,84	23,31
2	47	3	8	13	1	0,66	3,10
					Soma	2,50	26,40

$k_{eff,j} = 1 / (\sum 35 (1 / k_{i,j}))$

$z_{eq} = \sum j k_{eff,j} h_{j2} / \sum j k_{eff,j} h_j$

$z_{eq} = 105\text{mm}$  - Braço da força equivalente

$k_{eq} = \sum j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$

$k_{eq} = 2\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez equivalente em uma disposição de parafusos

$A_{vc} = 10,63\text{cm}^2$  - Área de cisalhamento

1,00 Parâmetro de transformação

$z = 87\text{mm}$  - Braço da alavanca

$k_1 = 5\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez do painel da alma do pilar sujeito a cisalhamento

$k_2$  = Coeficiente de rigidez da alma do pilar comprimida

$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$

$S_{j,ini} = 356693,32\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Rigidez rotacional inicial

1,00 Coeficiente de rigidez de uma conexão

$S_j = S_{j,ini} /$

$S_j = 356693,32\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Rigidez rotacional final

### Classificação da conexão devido à rigidez.

$S_{j,rig} = 574686,97\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência de uma conexão rígida

$S_{j,pin} = 35917,94\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência de uma conexão rotulada

$S_{j,pin} \leq S_{j,ini} < S_{j,rig}$  **SEMIRRIGIDO**



### COMPONENTE MAIS FRACO: MESA DA COLUNA - TRAÇÃO

A conexão está em conformidade com a norma. Relação 0,19

Por fim, adotamos a base para fazer a conexão pilar-fundação (engastada).

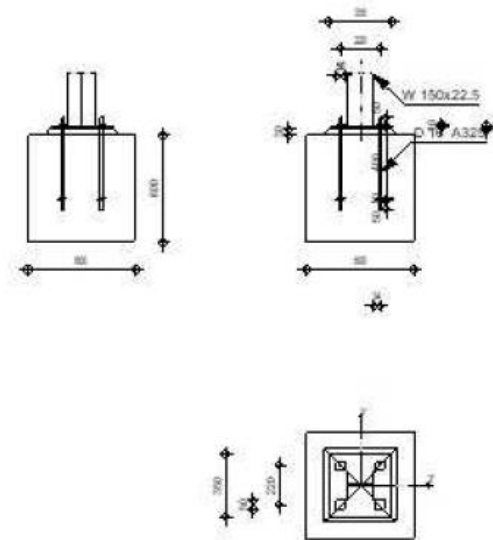


Figura 23 – Engaste pilar-apoio.

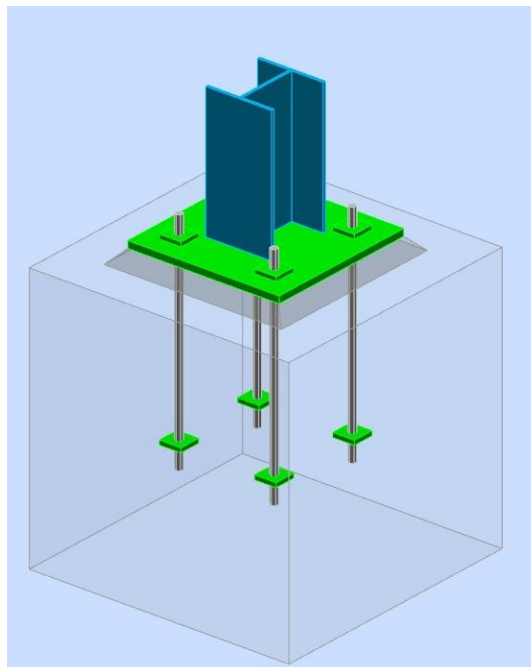


Figura 24 – Engaste pilar-apoio.

## **COLUNA**

**Seção:** W 150x22.5

**Barra N°:** 21

$L_c = 2,30\text{m}$  - Comprimento da coluna

$\alpha = 0,0^\circ$  Ângulo de inclinação

$h_c = 152\text{mm}$  - Altura da seção da coluna

$b_{fc} = 152\text{mm}$  - Largura da seção da coluna

$t_{wc} = 6\text{mm}$  - Espessura da alma da seção da coluna

$t_{fc} = 7\text{mm}$  - Espessura da mesa da seção da coluna

$r_c = 10\text{mm}$  - Raio de concordância de seção da coluna

$A_c = 29,00\text{cm}^2$  - Área de seção transversal do pilar

$I_{yc} = 1229,00\text{cm}^4$  - Momento de inércia da seção do pilar

**Material:** ASTM A36

$f_{yc} = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência de elasticidade

$f_{uc} = 40788648,52\text{kgf/m}^2$  - Resistência de ruptura

## **BASE DA COLUNA**

$l_{pd} = 350\text{mm}$  - Comprimento

$b_{pd} = 350\text{mm}$  - Largura

$t_{pd} = 16\text{mm}$  - Espessura

**Material:** ZAR-230

$f_{ypd} = 23453472,90\text{kgf/m}^2$  - Resistência de elasticidade

$f_{upd} = 31611202,60\text{kgf/m}^2$  - Resistência de ruptura

## **ANCORAGEM**

O plano de cisalhamento passa através da parte NÃO ROSQUEADA do parafuso.

**Classe = A325** Classe da âncora

$f_{yb} = 73822305,86\text{kgf/m}^2$  - Força de limite de escoamento do material da âncora

$f_{ub} = 84368349,56\text{kgf/m}^2$  - Força de tração do material da âncora

$d = 16\text{mm}$  - Diâmetro do parafuso

$A_s = 1,98\text{cm}^2$  - Área efetiva da seção de um parafuso

$A_v = 1,98\text{cm}^2$  - Área de seção do parafuso

$nH = 2$  Números de colunas de parafusos

$nV = 2$  Números de linhas de parafusos

**Espaçamento horizontal  $eHi = 220\text{mm}$**

**Espaçamento vertical  $eVi = 220\text{mm}$**

**Dimensões de âncora**

$L_1 = 50\text{mm}$

$L_2 = 400\text{mm}$

$L_3 = 50\text{mm}$

**Placa de resistência**

$l_p = 50\text{mm}$  - Comprimento

$b_p = 50\text{mm}$  - Largura

$t_p = 10\text{mm}$  - Espessura

**Material:** ASTM A36

$f_y = 25492905,32\text{kgf/m}^2$  - Resistência de elasticidade

**Arruela**

$l_{wd} = 50\text{mm}$  - Comprimento

$b_{wd} = 50\text{mm}$  - Largura

$t_{wd} = 10\text{mm}$  - Espessura

**FATORES DE MATERIAL**

**M0** = 1,00 Fator de segurança parcial

**M2** = 1,25 Fator de segurança parcial

**C** = 1,50 Fator de segurança parcial

**BLOCO DISTRIBUÍDO**

**L** = 600mm - Comprimento do bloco distribuído

**B** = 600mm - Largura do bloco distribuído

**H** = 600mm - Altura do bloco distribuído

**Concreto**

Classe C25

$f_{ck} = 2549290,53\text{kgf/m}^2$  - Resistência característica à compressão

**Camada de reboco**

$t_g = 30\text{mm}$  - Espessura da camada de nivelamento (reboco)

$f_{ck,g} = 1223659,46\text{kgf/m}^2$  - Resistência característica à compressão

**Cf,d** = 0,30 Coeficiente de fricção entre a placa de base e o concreto

**SOLDAS**

$a_p = 5\text{mm}$  - Placa do bloco da base do pilar

## CARGAS

**Caso 6:** ELU /15/  $1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.40$

$N_{j,E_d} = 163,21\text{kgf}$  - Força axial

$V_{j,E_d,y} = -4,11\text{kgf}$  - Força de cisalhamento

$V_{j,E_d,z} = -500,43\text{kgf}$  - Força de cisalhamento

$M_{j,E_d,y} = 803,86\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Momento fletor

$M_{j,E_d,z} = 1,45\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Momento fletor

## RESULTADOS

### ZONA DE COMPRESSÃO - COMPRESSÃO DO CONCRETO

$f_{cd} = 1699527,02\text{kgf}/\text{m}^2$  - Resistência do projeto à compressão

$f_j = 1942316,60\text{kgf}/\text{m}^2$  - Resistência portante do projeto debaixo da placa de base

$c = t_p (f_{yp}/(3*f_j*M_0))$

$c = 32\text{mm}$  - Largura adicional da zona de pressão do apoio

$b_{eff} = 71\text{mm}$  - Largura efetiva da zona de pressão do apoio debaixo da mesa

$l_{eff} = 216\text{mm}$  - Comprimento efetivo da zona de pressão do apoio debaixo da mesa

$A_{c0} = 153,07\text{cm}^2$  - Área da junta entre a placa de base e o bloco

$A_{c1} = 1274,39\text{cm}^2$  - Área máxima de projeto da distribuição de carga

$F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*(A_{c1}/A_{c0}) \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$

$F_{rd,u} = 75062,53\text{kgf}$  - Resistência portante do concreto

$j = 0,67$  Fator de redução para compressão

$f_{jd} = j*F_{rd,u}/(b_{eff}*l_{eff})$

$f_{jd} = 3269230,45\text{kgf}/\text{m}^2$  - Resistência portante do projeto

$A_{c,y} = 153,07\text{cm}^2$  - Área de pressão para curvatura  $M_y$

$A_{c,z} = 153,07\text{cm}^2$  - Área de pressão para curvatura  $M_z$

$F_{c,Rd,i} = A_{c,i}*f_{jd}$

$F_{c,Rd,y} = 50041,69\text{kgf}$  - Resistência portante do concreto para curvatura  $M_y$

$F_{c,Rd,z} = 50041,69\text{kgf}$  - Resistência portante do concreto para curvatura  $M_z$

### ALMA E MESA E ALMA DA COLUNA EM COMPRESSÃO

$CL = 3,00$  Classe da seção

$W_{el,y} = 161,71\text{cm}^3$  - Módulo de elasticidade da seção

$M_{c,R_{d,y}} = 4122,47\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência do projeto da seção em flexão

$h_{f,y} = 145\text{mm}$  - Distância entre os centroides das mesas

$F_{c,f_c,R_{d,y}} = M_{c,R_{d,y}} / h_{f,y}$

$F_{c,f_c,R_{d,y}} = 28352,62\text{kgf}$  - Resistência da mesa e da alma comprimidas

$W_{el,z} = 50,92\text{cm}^3$  - Módulo de elasticidade da seção

$M_{c,R_{d,z}} = 1298,13\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência do projeto da seção em flexão

$h_{f,z} = 108\text{mm}$  - Distância entre os centroides das mesas

$F_{c,f_c,R_{d,z}} = M_{c,R_{d,z}} / h_{f,z}$

$F_{c,f_c,R_{d,z}} = 12008,58\text{kgf}$  - Resistência da mesa e da alma comprimida

### RESISTÊNCIAS DO BLOCO DISTRIBUÍDO NA ZONA DE COMPRESSÃO

$F_{c,R_{d,y}} = \min(F_{c,R_{d,y}}, F_{c,f_c,R_{d,y}})$

$F_{c,R_{d,y}} = 28352,62\text{kgf}$  - Resistência do bloco distribuído na zona de compressão

$F_{c,R_{d,z}} = \min(F_{c,R_{d,z}}, F_{c,f_c,R_{d,z}})$

$F_{c,R_{d,z}} = 12008,58\text{kgf}$  - Resistência do bloco distribuído na zona de compressão

### ZONA EM TENSÃO - FALHA NO AÇO

$A_b = 1,98\text{cm}^2$  - Área efetiva da âncora

$f_{ub} = 84368349,56\text{kgf}/\text{m}^2$  - Força de tração do material da âncora

$\text{Beta} = 0,85$  Fator de redução da resistência da âncora

$F_{t,R_{d,s1}} = \text{beta} \cdot 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / M_2$

$F_{t,R_{d,s1}} = 10226,73\text{kgf}$  - Resistência da âncora quanto a falha do aço

$M_s = 1,20$  Fator de segurança parcial CEB

$f_{yb} = 73822305,86\text{kgf}/\text{m}^2$  - Força de limite de escoamento do material da âncora

$F_{t,R_{d,s2}} = f_{yb} \cdot A_b / M_s$

$F_{t,R_{d,s2}} = 12184,63\text{kgf}$  - Resistência da âncora quanto a falha do aço

$F_{t,R_{d,s}} = \min(F_{t,R_{d,s1}}, F_{t,R_{d,s2}})$

$F_{t,R_{d,s}} = 10226,73\text{kgf}$  - Resistência da âncora quanto a falha do aço

### FALHA DE ARRANCAMENTO

$f_{ck} = 2549290,53\text{kgf}/\text{m}^2$  - Força de compressão característica do concreto

$A_h = 23,02\text{cm}^2$  - Área de apoio da cabeça

$p_k = 19119678,99\text{kgf}/\text{m}^2$  - Força característica do concreto (arrancamento)

$M_p = 2,16$  Fator de segurança parcial

$F_{t,R_{d,p}} = p_k \cdot A_h / M_p$

$F_{t,R_{d,p}} = 20377,22\text{kgf}$  - Capacidade de levantamento do projeto

## FALHA NO CONE DE CONCRETO

$h_{ef} = 127\text{mm}$  - Profundidade efetiva de ancoragem

$NR_{k,c0} = 9.0 N0.5/\text{mm } 0.5*f_{ck} 0.5*h_{ef} 1.5$

$NR_{k,c0} = 6541,62\text{kgf}$  – Resistência característica de uma âncora

$scr,N = 380\text{mm}$  - Largura crítica do cone de concreto

$ccr,N = 190\text{mm}$  - Distância da borda crítica

$A_{c,N0} = 1444,00\text{cm}^2$  - Área máxima do cone de concreto

$A_{c,N} = 1140,00\text{cm}^2$  - Área real do cone de concreto

$A,N = A_{c,N}/A_{c,N0}$

$A,N = 0,79$  Fator relativo ao espaçamento entre a âncora e a distância da borda

$c = 190\text{mm}$  - Distância mínima da borda a âncora

$s,N = 0.7 + 0.3*c/ccr.N \leq 1.0$

$s,N = 1,00$  Fator levando em conta a influência de bordas do membro de concreto na distribuição de tensões no concreto

$ec,N = 1,00$  Fator relativo a distribuição de forças de tração atuantes em âncoras

$re,N = 0.5 + h_{ef}/200 \leq 1.0$

$re,N = 1,00$  Fator de esfoliação do casca

$ucr,N = 1,00$  Fator levando em conta se a ancoragem está em concreto fissurado ou não

$M_c = 2,16$  Fator de segurança parcial

$F_{t,Rd,c} = NR_{k,c0} * A,N * s,N * ec,N * re,N * ucr,N / M_c$

$F_{t,Rd,c} = 2390,94\text{kgf}$  - Resistência da âncora do projeto a falha do cone de concreto

## FALHA NA DIVISÃO

$h_{ef} = 370\text{mm}$  - Profundidade efetiva de ancoragem

$NR_{k,c0} = 9.0 N0.5/0.5]*f_{ck} 0.5*h_{ef}1.5$

$NR_{k,c0} = 32658,36\text{kgf}$  - Capacidade de levantamento do projeto

$scr,N = 740\text{mm}$  - Largura crítica do cone de concreto

$ccr,N = 370\text{mm}$  - Distância da borda crítica

$A_{c,N0} = 5476,00\text{cm}^2$  - Área máxima do cone de concreto

$A_{c,N} = 1680,00\text{cm}^2$  - Área real do cone de concreto

$A,N = A_{c,N}/A_{c,N0}$

$A,N = 0,31$  Fator relativo ao espaçamento entre a âncora e a distância da borda

$c = 190\text{mm}$  - Distância mínima da borda a âncora

$s,N = 0.7 + 0.3*c/ccr.N \leq 1.0$

$s,N = 0,85$  Fator levando em conta a influência de bordas do membro de concreto na distribuição de tensões no concreto

**ec,N** = 1,00 Fator relativo a distribuição de forças de tração atuantes em ancoras

**re,N** =  $0.5 + h_{ef}/200 \leq 1.0$

**re,N** = 1,00 Fator de esfoliação da casca

**ucr,N** = 1,00 Fator levando em conta se a ancoragem está em concreto fissurado ou não

**h,N** =  $(h/(2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$

**h,N** = 0,87 Coeficiente relativo à altura da fundação

**M<sub>sp</sub>** = 2,16 Fator de segurança parcial

**F<sub>t,Rd,sp</sub>** =  $N R_{k,c0} \cdot A \cdot N^* s \cdot N^* ec \cdot N^* re \cdot N^* ucr \cdot N^* h \cdot N / M_{sp}$

**F<sub>t,Rd,sp</sub>** = 3444,70kgf - Resistência da âncora do projeto a divisão do concreto

### RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE UMA ÂNCORA

**F<sub>t,Rd</sub>** =  $\min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$

**F<sub>t,Rd</sub>** = 2390,94kgf - Resistência à tração de uma âncora

### CURVATURA DA PLACA DE BASE

**Momento fletor M<sub>j</sub>,E<sub>d,y</sub>**

**l<sub>eff,1</sub>** = 175mm - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 1

**l<sub>eff,2</sub>** = 175mm - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2

**m** = 48mm – Distância de um parafuso a borda enrijecedora

**M<sub>pl,1,Rd</sub>** = 262,68kgf\*m - Resistência plástica de uma placa para modo 1

**M<sub>pl,2,Rd</sub>** = 262,68kgf\*m - Resistência plástica de uma placa para modo 2

**F<sub>T,1,Rd</sub>** = 21852,00kgf - Resistência de uma placa para modo 1

**F<sub>T,2,Rd</sub>** = 7512,60kgf - Resistência de uma placa para modo 2

**F<sub>T,3,Rd</sub>** = 4781,89kgf - Resistência de uma placa para modo 3

**F<sub>t,pl,Rd,y</sub>** =  $\min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$

**F<sub>t,pl,Rd,y</sub>** = 4781,89kgf - Resistência à tensão de uma placa

**Momento fletor M<sub>j</sub>,E<sub>d,z</sub>**

**l<sub>eff,1</sub>** = 175mm - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 1

**l<sub>eff,2</sub>** = 175mm - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2

**m** = 48mm - Distância de um parafuso a borda enrijecedora

**M<sub>pl,1,Rd</sub>** = 262,68kgf\*m - Resistência plástica de uma placa para modo 1

**M<sub>pl,2,Rd</sub>** = 262,68kgf\*m - Resistência plástica de uma placa para modo 2

**F<sub>T,1,Rd</sub>** = 21852,00kgf - Resistência de uma placa para modo 1

**F<sub>T,2,Rd</sub>** = 7512,60kgf - Resistência de uma placa para modo 2

**F<sub>T,3,Rd</sub>** = 4781,89kgf - Resistência de uma placa para modo 3

$$F_{t,pl}, R_{d,z} = \min (F_{T,1}, R_d, F_{T,2}, R_d, F_{T,3}, R_d)$$

$F_{t,pl}, R_{d,z} = 4781,89\text{kgf}$  - Resistência a tensão de uma placa

### RESISTÊNCIAS DO BLOCO DISTRIBUÍDO NA ZONA DE TENSÃO

$N_j, R_d = 9563,77\text{kgf}$  - Resistência de um bloco distribuído quanto a tensão axial

$$F_T, R_{d,y} = F_{t,pl}, R_{d,y}$$

$F_T, R_{d,y} = 4781,89\text{kgf}$  - Resistência da base de uma coluna na zona de tensão

$$F_T, R_{d,z} = F_{t,pl}, R_{d,z}$$

$F_T, R_{d,z} = 4781,89\text{kgf}$  - Resistência da base de uma coluna na zona de tensão

### CONTROLE DE RESISTÊNCIA DA CONEXÃO

$$N_j, E_d / N_j, R_d \leq 1,0 \quad (6.24) \quad 0,02 < 1,00 \text{ verificado } (0,02)$$

$e_y = 4925\text{mm}$  - Excentricidade da força axial

$z_{c,y} = 73\text{mm}$  - Braço de alavanca  $F_C, R_{d,y}$

$z_{t,y} = 110\text{mm}$  - Braço de alavanca  $F_T, R_{d,y}$

$M_j, R_{d,y} = 860,94\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência da conexão à flexão

$$M_j, E_{d,y} / M_j, R_{d,y} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0,93 < 1,00 \text{ verificado } (0,93)$$

$e_z = 9\text{mm}$  - Excentricidade da força axial

$z_{c,z} = 54\text{mm}$  - Braço de alavanca  $F_C, R_{d,z}$

$z_{t,z} = 110\text{mm}$  - Braço de alavanca  $F_T, R_{d,z}$

$M_j, R_{d,z} = 78,81\text{kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência da conexão à flexão

$$M_j, E_{d,z} / M_j, R_{d,z} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0,02 < 1,00 \text{ verificado } (0,02)$$

$$M_j, E_{d,y} / M_j, R_{d,y} + M_j, E_{d,z} / M_j, R_{d,z} \leq 1,0 \quad 0,95 < 1,00 \text{ verificado } (0,95)$$

### CISALHAMENTO

#### PRESSÃO DO APOIO DE UM PARAFUSO DE ANCORAGEM CONTRA A PLACA DE BASE

Força de cisalhamento  $V_j, E_{d,y}$

$d, y = 1,21$  Coeficiente dependente da posição do parafuso na direção de cisalhamento

$b, y = 1,00$  Coeficiente para cálculo da resistência  $F_1, v_b, R_d$

$k_1, y = 2,50$  Coeficiente dependente da posição do parafuso perpendicular a direção de cisalhamento

$$F_1, v_b, R_{d,y} = k_1, y \cdot b, y \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / M_2$$

$F_1, v_b, R_{d,y} = 16058,49\text{kgf}$  - Resistência do parafuso de ancoragem para a pressão do apoio contra a placa de base

Força de cisalhamento  $V_j, E_{d,z}$



**d,z** = 1,21 Coeficiente dependente da posição do parafuso na direção de cisalhamento

**b,z** = 1,00 Coeficiente para cálculo da resistência  $F1, v_b, R_d$

**k1,z** = 2,50 Coeficiente dependente da posição do parafuso perpendicular a direção de cisalhamento

$$F1, v_b, R_{d,z} = k1, z * b, z * f_{up} * d * t_p / M2$$

**F1, v\_b, R\_{d,z}** = 16058,49kgf - Resistência do parafuso de ancoragem para a pressão do apoio contra a placa de base

### **CISALHAMENTO DE UM PARAFUSO DA ÂNCORA**

**b** = 0,25 Coeficiente para cálculo da resistência  $F2, v_b, R_d$

**A<sub>vb</sub>** = 1,98cm<sup>2</sup> - Área de seção do parafuso

**f<sub>ub</sub>** = 84368349,56kgf/m<sup>2</sup> - Força de tração do material da âncora

**M2** = 1,25 Fator de segurança parcial

$$F2, v_b, R_d = b * f_{ub} * A_{vb} / M2$$

**F2, v\_b, R\_d** = 3313,13kgf - Resistência ao cisalhamento de um parafuso sem braço de alavanca

**M** = 2,00 Fator relativo a fixação de uma âncora na fundação

**MR<sub>k,s</sub>** = 35,51kgf\*m - Resistência a curvatura característica de uma âncora

**l<sub>sm</sub>** = 46mm - Comprimento do braço de alavanca

**M<sub>s</sub>** = 1,20 Fator de segurança parcial

$$F_v, R_{d,sm} = M * MR_{k,s} / (l_{sm} * M_s)$$

**F<sub>v</sub>, R<sub>d,sm</sub>** = 1288,44kgf - Resistência ao cisalhamento de um parafuso com braço de alavanca

### **FALHA DE ALAVANCAMENTO DO CONCRETO**

**NR<sub>k,c</sub>** = 5164,44kgf - Capacidade de levantamento do projeto

**k3** = 2,00 Fator relativo ao comprimento da âncora

**M<sub>c</sub>** = 2,16 Fator de segurança parcial

$$F_v, R_{d,cp} = k3 * NR_{k,c} / M_c$$

**F<sub>v</sub>, R<sub>d,cp</sub>** = 4781,89kgf - Resistência do concreto para falha de alavancamento

### **FALHA DE BORDA DO CONCRETO**

**Força de cisalhamento V<sub>j</sub>, E<sub>d,y</sub>**

**VR<sub>k,c,y0</sub>** = 5727,02kgf - Resistência característica de uma âncora

**A, V<sub>y</sub>** = 0,67 Fator relativo ao espaçamento entre a âncora e a distância da borda

**h, V<sub>y</sub>** = 1,00 Fator relativo a espessura da fundação

**s, V<sub>y</sub>** = 0,90 Fator relativo a influência de bordas paralelas a carga de cisalhamento

**ec,V<sub>y</sub>** = 1,00 Fator levando em consideração um efeito de grupo quando cargas de cisalhamento diferentes estiverem atuando nas âncoras individuais em um grupo

**V<sub>y</sub>** = 1,00 Fator relativo ao ângulo no qual a carga de cisalhamento é aplicada

**ucr,V<sub>y</sub>** = 1,00 Fator relativo ao tipo de armadura da borda usada

**M<sub>c</sub>** = 2,16 Fator de segurança parcial

$$F_{v,R_{d,c,y}} = V_{R_{k,c,y}} \cdot A_{V,y} \cdot h_{V,y} \cdot s_{V,y} \cdot ec_{V,y} \cdot V_{y} \cdot ucr_{V,y} / M_c$$

**F<sub>v,R<sub>d,c,y</sub></sub>** = 1590,84kgf - Resistência do concreto quanto a falha de borda

#### **Força de cisalhamento V<sub>j</sub>,E<sub>d,z</sub>**

**V<sub>R<sub>k,c,z0</sub></sub>** = 5727,02kgf - Resistência característica de uma âncora

**A,V<sub>z</sub>** = 0,67 Fator relativo ao espaçamento entre a âncora e a distância da borda

**h,V<sub>z</sub>** = 1,00 Fator relativo a espessura da fundação CEB 9.3.4.(c)

**s,V<sub>z</sub>** = 0,90 Fator relativo a influência de bordas paralelas a carga de cisalhamento

**ec,V<sub>z</sub>** = 1,00 Fator levando em consideração um efeito de grupo quando cargas de cisalhamento diferentes estiverem atuando nas âncoras individuais em um grupo

**V<sub>z</sub>** = 1,00 Fator relativo ao ângulo no qual a carga de cisalhamento é aplicada

**ucr,V<sub>z</sub>** = 1,00 Fator relativo ao tipo de armadura da borda usada

**M<sub>c</sub>** = 2,16 Fator de segurança parcial

$$F_{v,R_{d,c,z}} = V_{R_{k,c,z0}} \cdot A_{V,z} \cdot h_{V,z} \cdot s_{V,z} \cdot ec_{V,z} \cdot V_{z} \cdot ucr_{V,z} / M_c$$

**F<sub>v,R<sub>d,c,z</sub></sub>** = 1590,84kgf - Resistência do concreto quanto a falha de borda

#### **RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO**

**C<sub>f,d</sub>** = 0,30 Coeficiente de fricção entre a placa de base e o concreto

**N<sub>c,E<sub>d</sub></sub>** = 0,00kgf - Força de compressão

$$F_{f,R_d} = C_{f,d} \cdot N_{c,E_d}$$

**F<sub>f,R<sub>d</sub></sub>** = 0,00kgf - Resistência ao deslizamento

#### **CONTROLE DO CISALHAMENTO**

$$V_{j,R_{d,y}} = n_b \cdot \min (F1_{V_b,R_{d,y}}, F2_{V_b,R_d}, F_{v,R_{d,sm}}, F_{v,R_{d,cp}}, F_{v,R_{d,c,y}}) + F_{f,R_d}$$

**V<sub>j,R<sub>d,y</sub></sub>** = 5153,76kgf - Resistência da conexão ao cisalhamento

$$V_{j,E_{d,y}} / V_{j,R_{d,y}} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \text{ verificado } (0,00)$$

$$V_{j,R_{d,z}} = n_b \cdot \min (F1_{V_b,R_{d,z}}, F2_{V_b,R_d}, F_{v,R_{d,sm}}, F_{v,R_{d,cp}}, F_{v,R_{d,c,z}}) + F_{f,R_d}$$

**V<sub>j,R<sub>d,z</sub></sub>** = 5153,76kgf - Resistência da conexão ao cisalhamento

$$V_{j,E_{d,z}} / V_{j,R_{d,z}} \leq 1,0 \quad 0,10 < 1,00 \text{ verificado } (0,10)$$

$$V_{j,E_{d,y}} / V_{j,R_{d,y}} + V_{j,E_{d,z}} / V_{j,R_{d,z}} \leq 1,0 \quad 0,10 < 1,00 \text{ verificado } (0,10)$$

#### **SOLDAS ENTRE A COLUNA E A PLACA DE BASE**

2578036,19kgf/m<sup>2</sup> - Tensão normal em uma solda

2578036,19kgf/m<sup>2</sup> - Tensão tangencial perpendicular

$y_{II} = -1379,90\text{kgf/m}^2$  - Tensão tangencial paralela a  $V_j, E_{d,y}$

$z_{II} = -360541,35\text{kgf/m}^2$  - Tensão tangencial paralela a  $V_j, E_{d,z}$

$W = 0,80$  Coeficiente dependente da resistência

$(0,9 \cdot f_u / M_2) \leq 1,0$  (4.1)  $0,11 < 1,00$  **verificado** (0,11)

$(2 + 3,0 (y_{II}^2 + 2)) / (f_u / (W \cdot M_2)) \leq 1,0$  (4.1)  $0,16 < 1,00$  **verificado** (0,16)

$(2 + 3,0 (z_{II}^2 + 2)) / (f_u / (W \cdot M_2)) \leq 1,0$  (4.1)  $0,14 < 1,00$  **verificado** (0,14)

## RIGIDEZ DA CONEXÃO

**Momento fletor  $M_j, E_{d,y}$**

$b_{eff} = 71\text{mm}$  - Largura efetiva da zona de pressão do apoio debaixo da mesa

$l_{eff} = 216\text{mm}$  - Comprimento efetivo da zona de pressão do apoio debaixo da mesa

$k_{13,y} = E_c \cdot (b_{eff} \cdot l_{eff}) / (1,275 \cdot E)$

$k_{13,y} = 12\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez do concreto comprimido

$l_{eff} = 175\text{mm}$  - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2

$m = 48\text{mm}$  - Distância de um parafuso a borda enrijecedora

$k_{15,y} = 0,850 \cdot l_{eff}^3 \cdot t_p / (m^3)$

$k_{15,y} = 5\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez da placa de base em tração

$L_b = 191\text{mm}$  - Profundidade efetiva de ancoragem

$k_{16,y} = 1,6 \cdot A_b / L_b$

$k_{16,y} = 2\text{mm}$  Coeficiente de rigidez da ancoragem a tração

$0, y = 0,40$  Esbeltez da coluna 5.2.2.5.(2)

$S_{j,ini,y} = 311342,87\text{kgf} \cdot \text{m}$  - Rigidez rotacional inicial

$S_{j,rig,y} = 3269298,85\text{kgf} \cdot \text{m}$  - Resistência de uma conexão rígida

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$  **SEMIRRIGIDO**

**Momento fletor  $M_j, E_{d,z}$**

$k_{13,z} = E_c \cdot (A_{c,z}) / (1,275 \cdot E)$

$k_{13,z} = 12\text{mm}$  – Coeficiente de rigidez do concreto comprimido

$l_{eff} = 175\text{mm}$  - Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2

$m = 48\text{mm}$  – Distância de um parafuso a borda enrijecedora

$k_{15,z} = 0,850 \cdot l_{eff}^3 \cdot t_p / (m^3)$

$k_{15,z} = 5\text{mm}$  – Coeficiente de rigidez da placa de base em tração

$L_b = 191\text{mm}$  - Profundidade efetiva de ancoragem

$k_{16,z} = 1,6 \cdot A_b / L_b$

$k_{16,z} = 2\text{mm}$  - Coeficiente de rigidez da ancoragem a tração

$0, z = 0,71$  Esbeltez da coluna

$S_{j,ini,z} = 628740,42 \text{ kgf}\cdot\text{m}$  - Rigidez rotacional inicial

$S_{j,rig,z} = 1029470,02 \text{ kgf}\cdot\text{m}$  - Resistência de uma conexão rígida

$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$  **SEMIRRIGIDO**

#### **COMPONENTE MAIS FRACO:**

#### **FUNDAÇÃO - FALHA NA RETIRADA DE CONE DE CONCRETO**

**A conexão está em conformidade com a norma. Relação 0,95**

### **ORÇAMENTO**

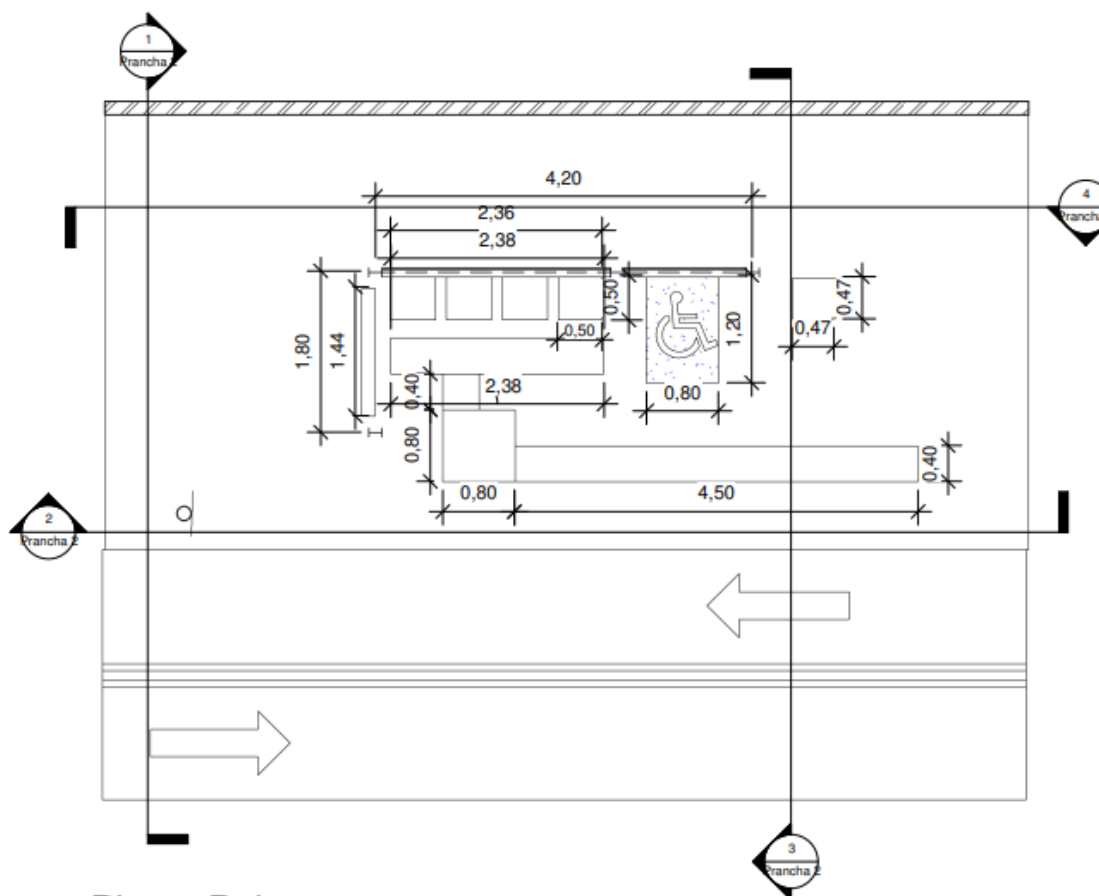
Um orçamento para a construção de um abrigo de ônibus é essencial por diversos motivos, tanto para garantir as previsões do projeto quanto para garantir que ele atenda às necessidades da comunidade. Contudo o método utilizado no orçamento do projeto vigente, foi através da planilha SINAPI Desonerada, visto que seria um preço padrão, o que seria viável para demais localidades. Porém algumas composições não foram possíveis encontrar na planilha, para isso utilizamos de sites online para fazer a cotação dos preços.

### **CONCLUSÃO**

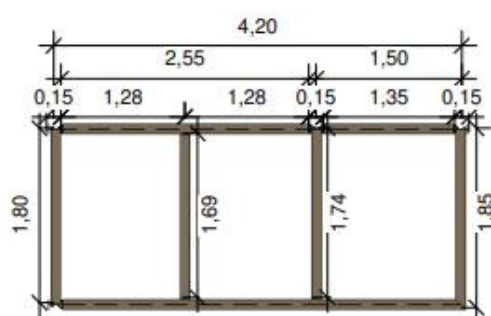
Em conclusão, o projeto do abrigo de ônibus foi executada com êxito, pois a estrutura foi dimensionada de modo econômico, funcional e de fácil execução. Durante a fase de projeção, fez-se necessário uma análise cuidadosa dos princípios de engenharia para determinar a geometria e os materiais mais adequados para o dimensionamento do projeto. Foi levado em consideração o carregamento atuante na estrutura, bem como as suas propriedades, além do tipo da estrutura escolhida. Na execução, houve o enfrentamento de obstáculos tal como a compressão do método escolhido e o manuseio com o software. No entanto, com persistência e colaboração os objetivos foram alcançados.

Em suma, o projeto do abrigo de ônibus foi uma experiência enriquecedora que permitiu aplicar conhecimentos teóricos em uma situação prática, desenvolver habilidades de engenharia e trabalho em equipe, além de ensinar a importância da perseverança e da resiliência em desafios complexos.

## ANEXO (PRANCHAS)



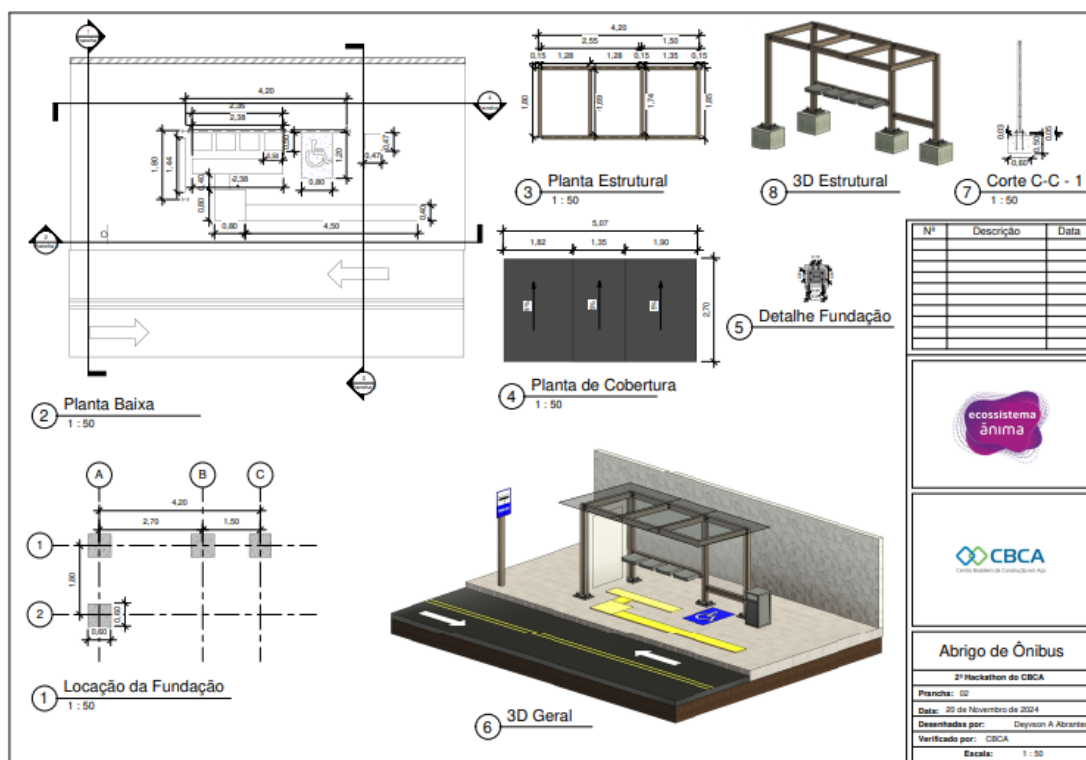
2 Planta Baixa  
1 : 50



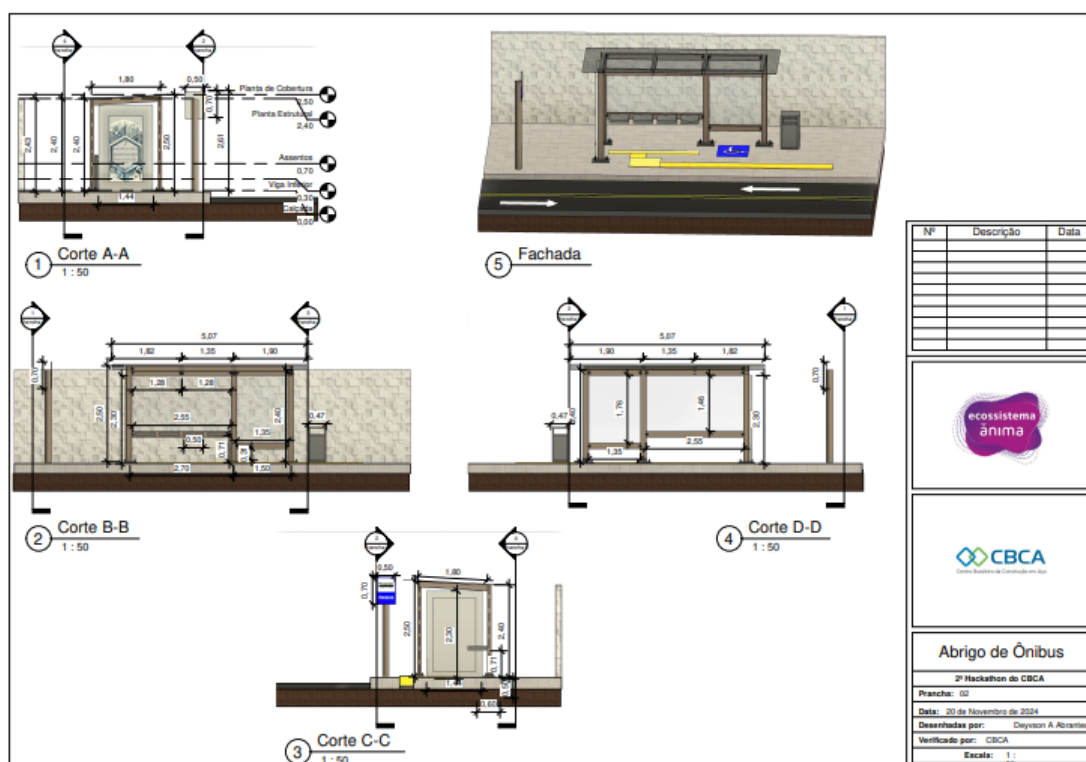
3 Planta Estrutural  
1 : 50



8 3D Estrutural



Prancha 01



Prancha 02

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6118:2023**, Projeto de estruturas de concreto, (2023).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6120:2019**, Ações para o cálculo de estruturas de edificações, (2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6122:2019**, Projetos e execução de fundações, (2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6123:2023**, Forças devidas ao vento em edificações, (2023).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 8800:2024**, Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações, (2024).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9050:2020**, Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, (2020).

CATÁLOGO GERDAU. Catálogo de perfis estruturais. Gerdau, 2018.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO - Manual de Construção em Aço Construção Modular 2022.

CHAPA de Policarbonato Alveolar Fume 10mm - 2,10m x 3,00m. *In*: **Chapa de Policarbonato Alveolar Fume 10mm - 2,10m x 3,00m - Polygal**. [S. l.], Sem data?. Disponível em: <https://www.rmpolicarbonatos.com.br/coberturas-em-policarbonato/policarbonato-alveolar/296/chapa-de-policarbonato-alveolar-fume-10mm-2-10m-x-3-00m-polygal>. Acesso em: 16 nov. 2024.

SINAPI\_REF\_INSUMOS\_COMPOSIÇÕES\_RN\_202410\_DESONERADO. [S.  
/], 2024. Disponível em:  
[https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_657](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_657). Acesso  
em: 16 nov. 2024.