

## LAUDO PERICIAL



## SUMÁRIO

1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	3
1.1.	INTERESSADO .....	3
1.2.	OBJETIVO.....	3
1.3.	ENDEREÇO DO OBJETO DO LAUDO .....	3
1.4.	DESCRIÇÃO DO OBJETO .....	6
1.5.	DATA DA VISTORIA .....	6
1.6.	PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES .....	6
2.	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO .....	7
3.	MANIFESTAÇÃO TÉCNICA.....	46
4.	CONCLUSÃO .....	53
5.	ANEXOS .....	54
5.1.	ART .....	55
5.2.	PROJETO DO REFORÇO .....	60
5.3.	ORÇAMENTO .....	62
5.4.	MEMORIAL DESCRITIVO .....	66
5.5.	MEMORIA DE CÁLCULO .....	69

## **1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1.1. INTERESSADO**

O presente laudo tem por interessado direto e proprietário o Município de Céu Azul, inscrito no CNPJ 76.206.473/0001-01, possuindo por endereço físico. Av. Nilo Humberto Deitos, 1426 – Centro, Céu Azul, Paraná.

### **1.2. OBJETIVO**

O presente laudo tem por objetivo a análise das avarias na estrutura oriundas após a execução de benfeitorias sobre a cobertura de parte da edificação do CMEI Raio de Sol – Localizado a Av. Nil Humberto Deitos, 1740 – Centro, Céu Azul, Paraná. Ainda possui como objetivo secundário, após a análise das avarias a proposta ou não de reforço estrutural a parte acometida.

### **1.3. ENDEREÇO DO OBJETO DO LAUDO**

O objeto se encontra localizado CMEI Raio de Sol – Localizado a Av. Nil Humberto Deitos, 1740 – Centro, Céu Azul, Paraná. Ainda, sobre o objeto destacamos que foi analisada a porção centro esquerda, de quem da referida rua olhar a edificação, conforme possível de ser visualizado em detalhamento do projeto na Figura 02 e Figura 03.



Figura 1 - Croqui de Localização do Objeto/Adaptado – Obtido Através do *Google Maps*.



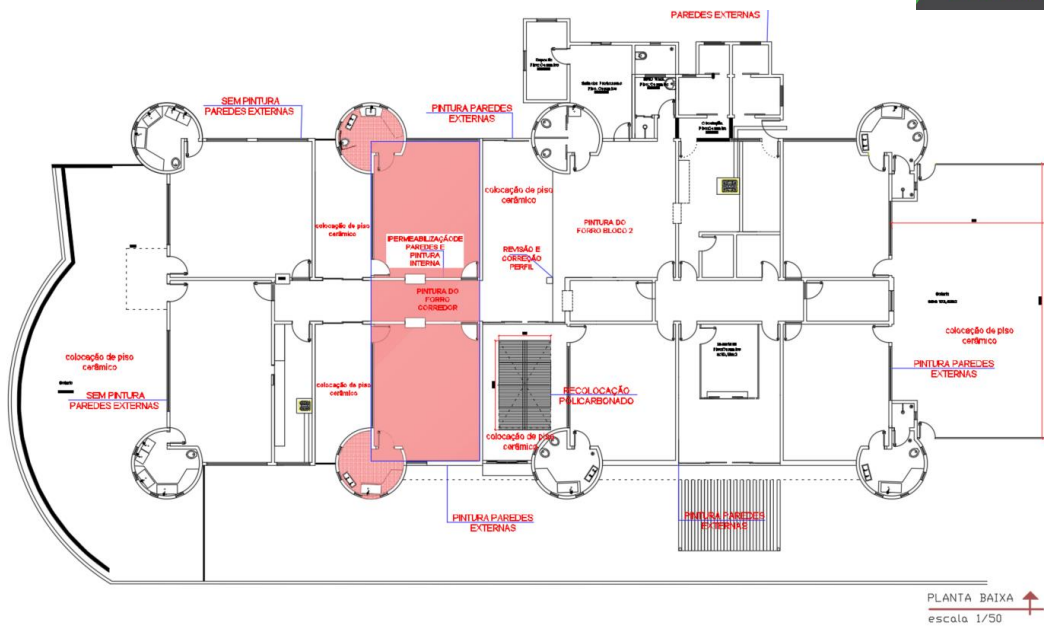


Figura 2 - Planta baixa do imóvel - fornecida pelo interessado. Detalhe em vermelho da área acometida por avarias analisada.

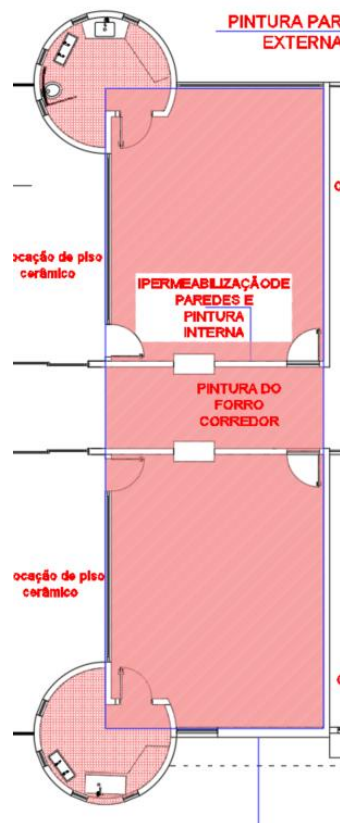


Figura 3 - Destaque ampliado da área acometida por avarias.

#### 1.4. DESCRIÇÃO DO OBJETO

O objeto da vistoria pode ser identificado como edificação pública destinada a uso educacional infantil. Dentro da área acometida e analisada, temos a divisão de sala de aula (frontal) com banheiro e sala de aula (fundos) com banheiro, possuindo ainda parte da circulação.

#### 1.5. DATA DA VISTORIA

O objeto foi vistoriado em data de 07 de janeiro de 2023 entre as 08:45 as 10:15 a.m. Acompanhou a vistoria por parte do interessado o Sr. Marcio. As fotos componentes da vistoria estão dispostas no item 2 do presente laudo. Ainda, faz parte do presente relatório as fotos adicionais apresentadas pelo Sr. Marcio na data de 10/01/2023 a fim de complementar as informações descritas em laudo.

#### 1.6. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES

A delimitação do objeto da perícia dá-se pois o objeto “CMEI Raio de Sol” não foi completamente periciado. Conforme figuras 02 e 03, a delimitação do objeto se deu aos ambientes destacados, tendo sido averiguado então as avarias desses ambientes quanto a sua estrutura.

Quanto ao pressuposto da documentação, foi apresentada pelo interessado a planta baixa, apresentada na figura 02. Destaca-se aqui que não foram apresentados por parte da interessada o projeto estrutural da edificação, nem quaisquer outros documentos relacionados a estrutura do mesmo.

Admite-se como pressuposto os itens contidos nas normas brasileiras regentes desse trabalho: Norma Brasileira – NBR 13.752 – Perícias de Engenharia na Construção Civil; Norma Brasileira – NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios; Norma Brasileira – NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

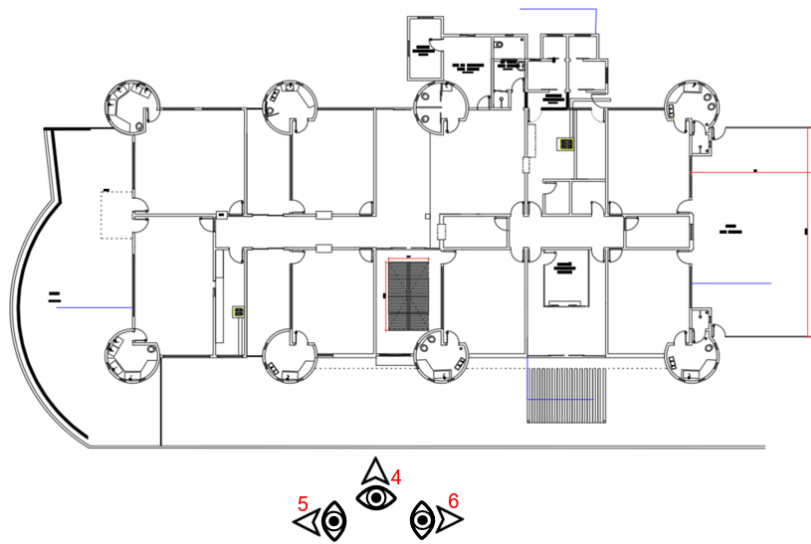
Admite-se também como pressuposto as seguintes situações na análise do caso. A edificação na data da vistoria já se encontrava com escoramento da laje da sala frontal realizada, se encontrava descoberta (cobertura já removida).

Conforme solicitação por parte do interessado, desde o orçamento para execução do presente laudo técnico, foram apontadas as seguintes situações: como se trata de benfeitoria em imóvel público destinado ao ensino infantil a obra deveria ser findada dentro do prazo do retorno das aulas. Caso houvesse a necessidade de reforço na edificação o mesmo deveria permitir a execução em tempo hábil. A análise técnica do caso, também se tornou restrita. O tempo entre a vistoria, análise e entrega do presente trabalho não permitia por exemplo ensaios destrutivos, ou acompanhamento da progressão das aberturas encontradas em laje, sendo estes itens levados em conta na proposição do reforço da estrutura.

Considera-se como pressuposto os itens contidos no memorial de cálculo na determinação dos esforços atuantes na laje, para as combinações de peso próprio e majoração de carga, bem como todos os demais itens específicos estimados ou calculados constantes no Anexo 5.5

## **2. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**

A vistoria ao imóvel foi realizada interna e externamente na data já designada, resultando no relatório fotográfico dos itens que serão discutidos no item 3 do presente laudo. Apresenta-se anterior as figuras o mapa com a localização do observador na confecção das mesmas com a respectiva numeração.



**Figura 4 - Fachada Principal do Imóvel.**

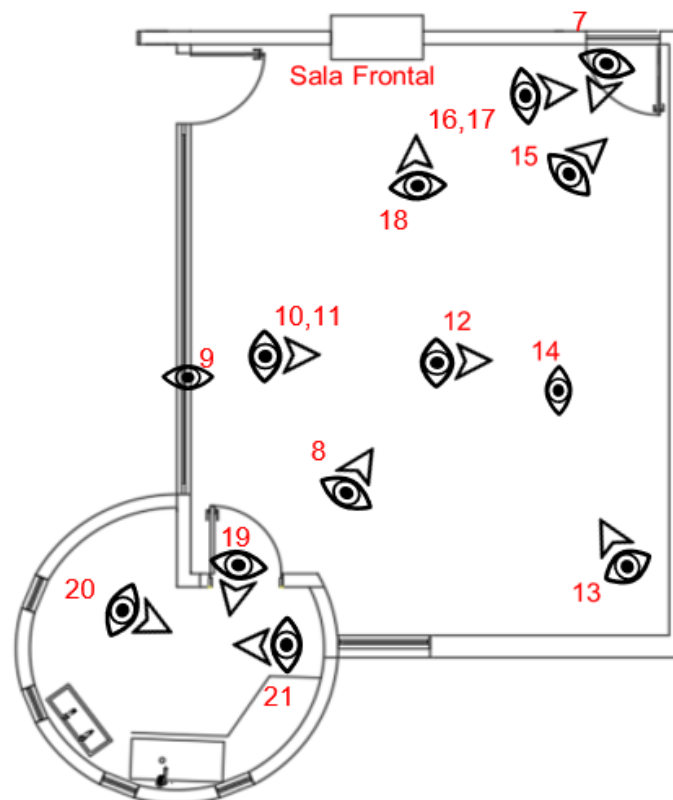


Figura 5 - Vista da rua de acesso da edificação.





Figura 6 - Vista da rua de acesso da edificação.



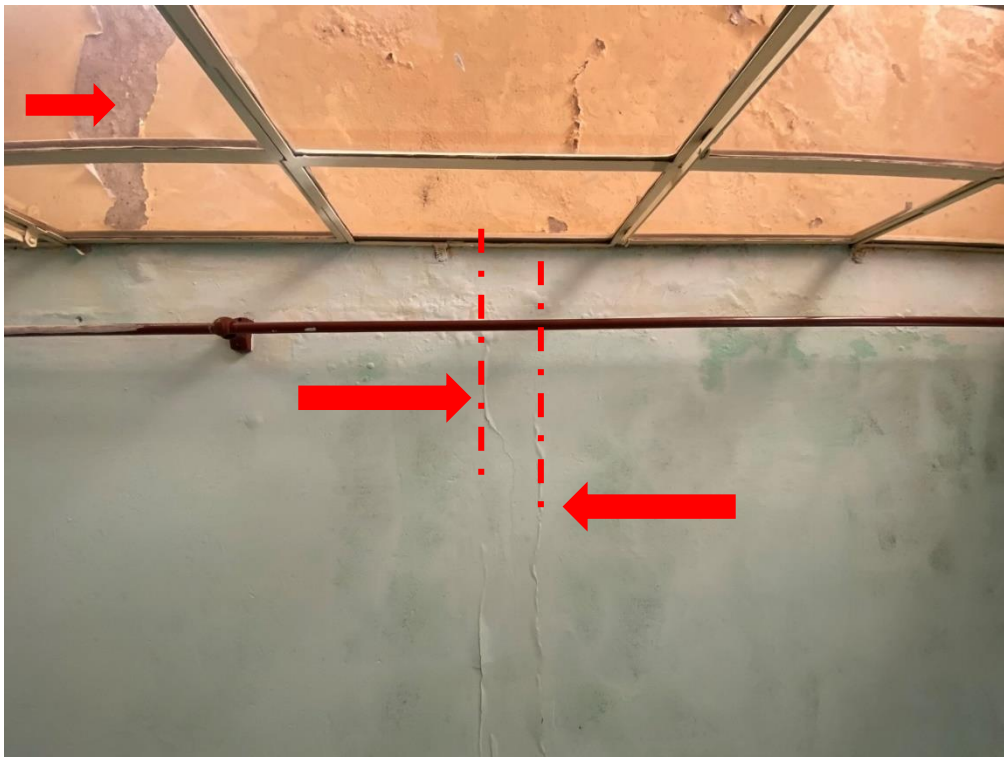




**Figura 7 – Vista da sala frontal. Destaque para as escoras metálicas.**



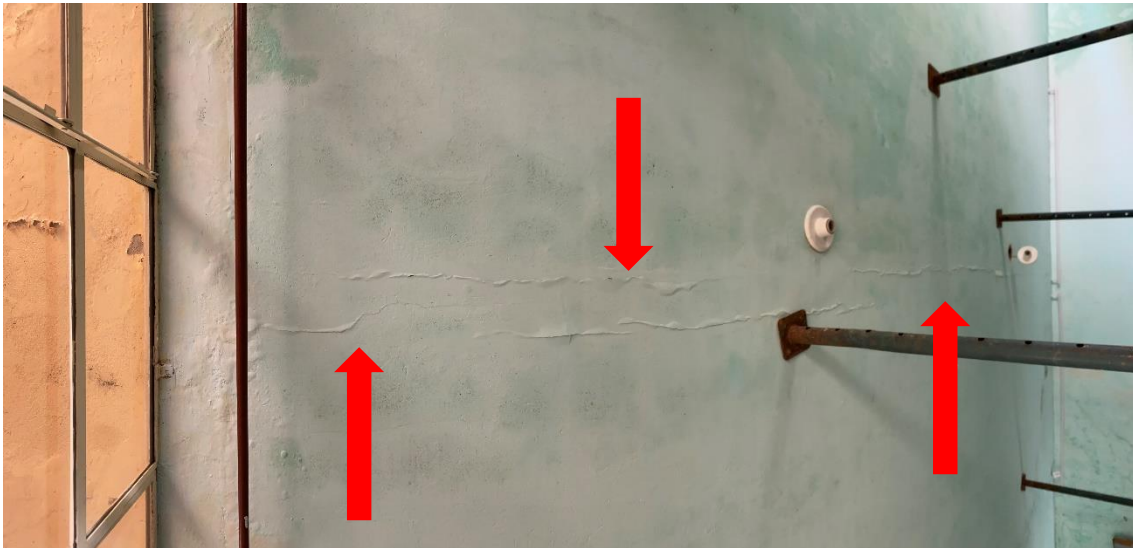
**Figura 8 - Vista da sala frontal. Destaque para as escoras metálicas.**



**Figura 9 – Vista da trinca em laje. Detalhe ressaltado entre as linhas pontilhadas da dimensão entre as aberturas característica de uma vigota pré-moldada. Detalhe também da umidade acometida ao beiral externo.**



**Figura 10 – Vista da extensão da trinca em laje.**



*Figura 11 – Detalhe do prolongamento da trinca.*



*Figura 12 – Outra vista do prolongamento da trinca.*





**Figura 13 – Sala frontal, detalhe para água acumulada no piso.**



**Figura 14 – Detalhe da trinca.**



**Figura 15 – Fissuras junto a alvenaria de vedação próximo a porta.**



**Figura 16 – Fissuras e umidade junto a alvenaria de vedação próximo a porta.**



**Figura 17 – Detalhe para destacamento do revestimento devido a umidade.**



**Figura 18 – Detalhe da umidade em alvenaria de vedação próxima a laje.**





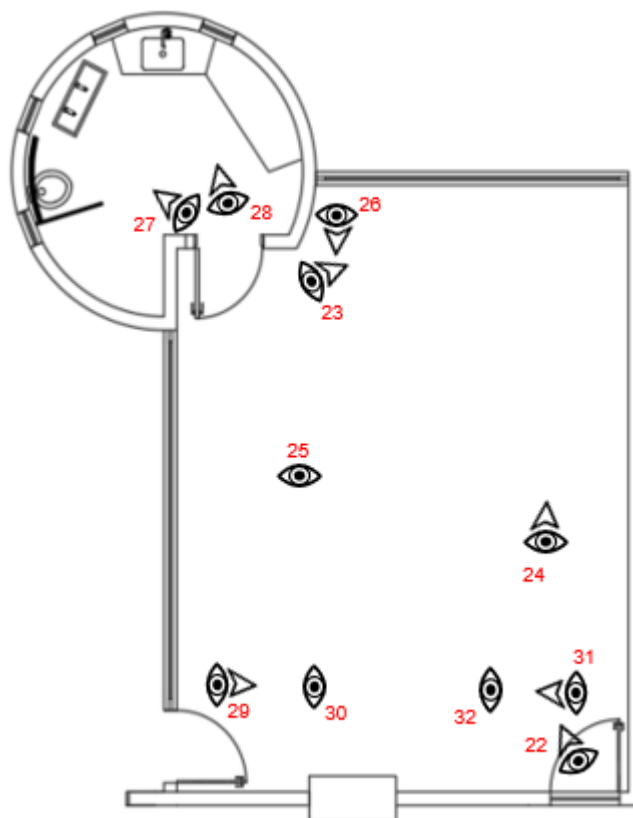
*Figura 19 – Vista do banheiro anexo a sala.*



*Figura 20 – Detalhe do recorte junto a laje e da existência de umidade.*



*Figura 21 – Vista do banheiro com detalhe da umidade e do recorte da estrutura.*





**Figura 22 – Vista da sala dos fundos.**



**Figura 23 – Vista da umidade acentuada na laje. Detalhe superior de água acumulada nas figuras 59 e 60.**



*Figura 24 – Vista da sala dos fundos.*





*Figura 25 – Visualização da dimensão da laje para o ponto do bocal da lâmpada, aproximadamente 11,5 centímetros;*



**Figura 26 – Vista da sala dos fundos.**



**Figura 27 – Vista do banheiro anexo a sala dos fundos.**





**Figura 28 – Vista do banheiro anexo a sala dos fundos.**



**Figura 29 – Vista de trinca longitudinal na laje da sala dos fundos.**



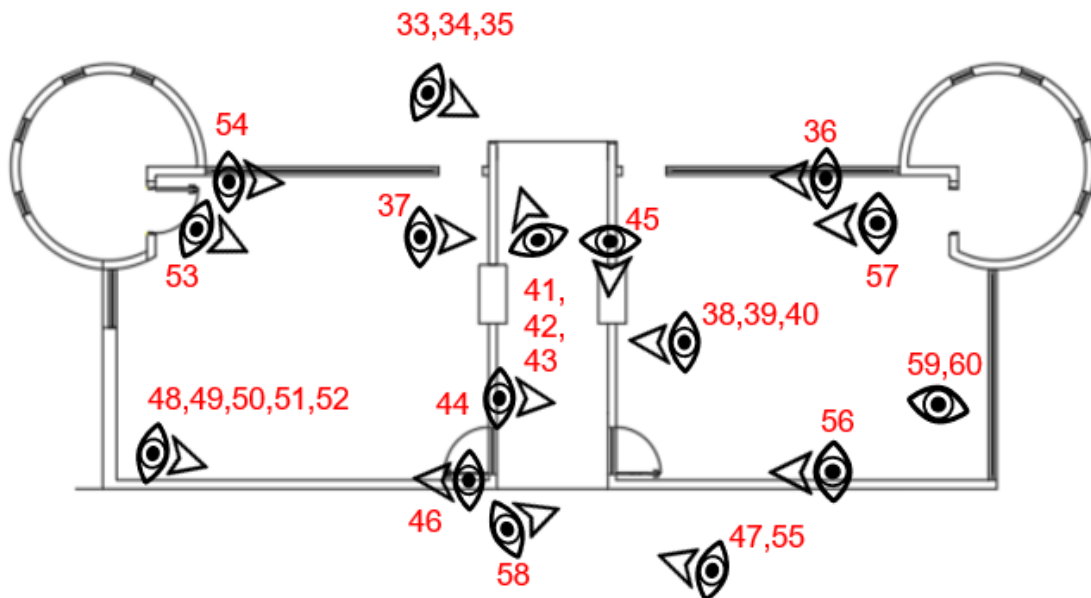
**Figura 30 – Vista da trinca longitudinal na laje da sala dos fundos, detalhando a vigota pré-moldada, idêntica a característica das Figuras 9 a 11.**



**Figura 31 – Vista da localização da trinca na sala dos fundos.**



Figura 32 - Detalhe aproximado da trinca da laje.

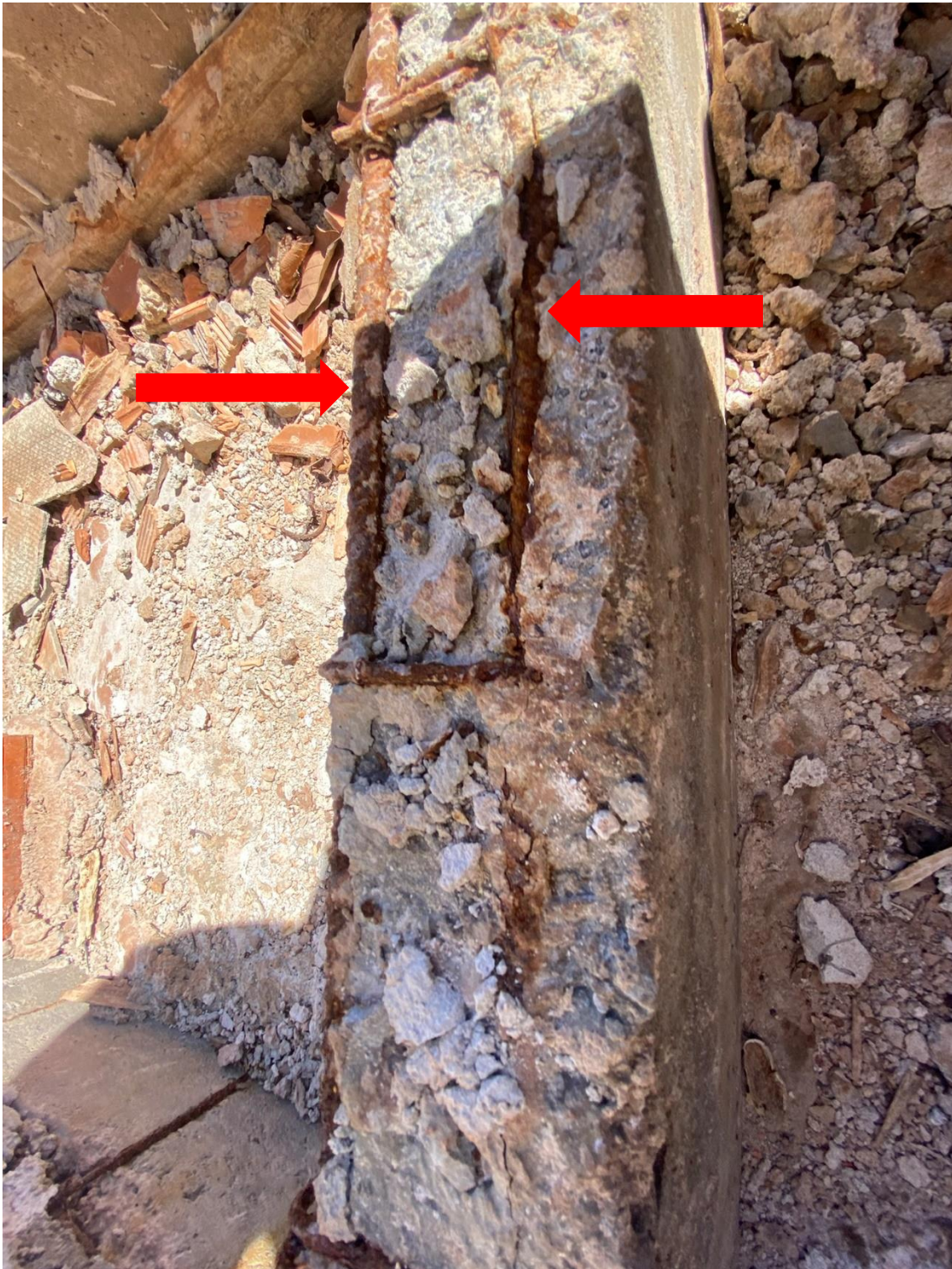






*Figura 33 - Detalhe de falha de concretagem em viga.*





*Figura 34 - Detalhe aproximado da falha de concretagem. Observação de corrosão da armadura da viga.*





*Figura 35 – Detalhe ampliado de armadura com corrosão criando expansão do concreto e seu deslocamento.*





*Figura 36 – Vista do desaparecimento de viga.*



*Figura 37 - Vista de nicho de concretagem em viga com estribo exposto e com corrosão.*





*Figura 38 – Vista de nicho de concretagem.*



*Figura 39 - Vista da dimensão do nicho em viga. Aproximadamente 2,3 centímetros (cm).*



*Figura 40 – Vista de nicho de concretagem, dimensão aproximada de 4,5 centímetros (cm). Detalhe do estribo exposto com corrosão.*





**Figura 41 - Vista de tubulação atravessando viga sem previsão, reduzindo a seção do concreto em grande parte. Armaduras expostas e com corrosão.**





**Figura 42 - Dimensão da seção da viga em zona afetada. Viga com dimensão aproximada de 9,0 centímetros de largura, com redução para 4,5centímetros de largura.**



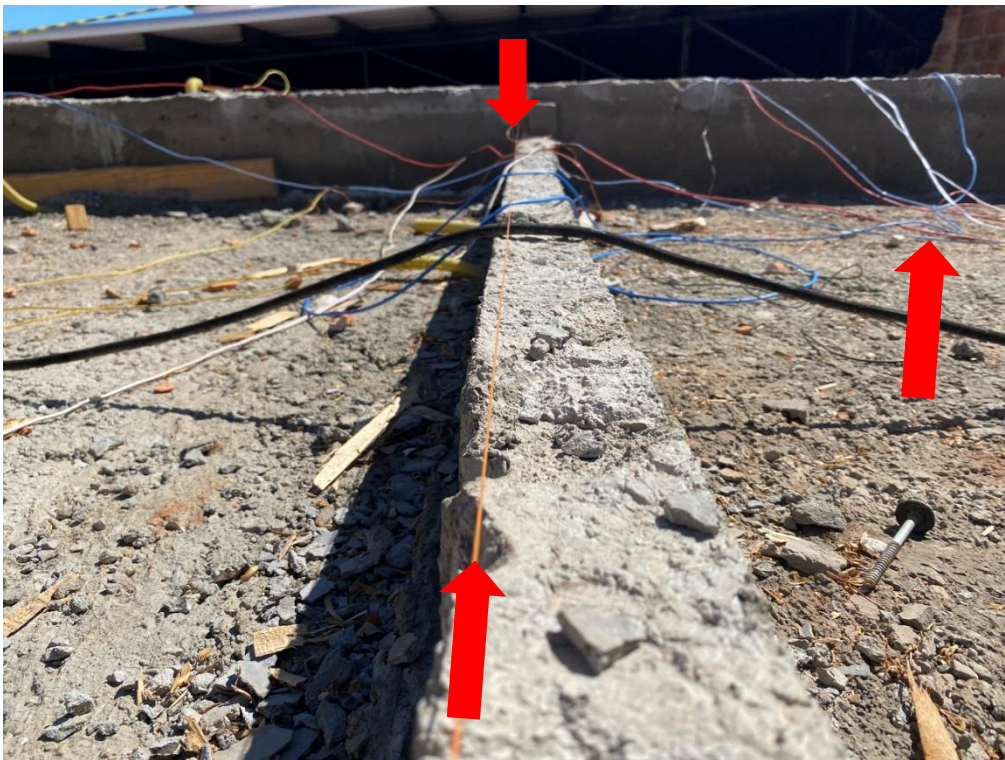


*Figura 43 – Vista da viga, detalhes de argamassa para correção/vedação das armaduras.*





**Figura 44 – Vista da extensão da falha de concretagem na viga.**



**Figura 45 - Vista de desaprumo em viga com linha auxiliar. Linha fixada a lateral da viga ao fundo. Detalhes de fiação elétrica expostas em laje sem tubulação.**





*Figura 46 - Detalhe de outra viga em desaprumo (torcida por falha na execução) e fiação elétrica exposta.*





**Figura 47 - Viga com nicho de concretagem.**





*Figura 48 - Armadura e estribos em corrosão, sem revestimento adequado.*





*Figura 49 - Vista da diferença de prumo em viga. Detalhe de armadura exposta.*





*Figura 50 - Vista longitudinal da viga da figura 49.*





**Figura 51 - Medição com auxílio de material plano e nivelado do desaprumo vertical de viga. Medida aproximada de 4,0 centímetros (cm).**





**Figura 52 - Medição com auxílio de material plano e nivelado do desaprumo horizontal de viga. Medida aproximada de 5,1 centímetros (cm).**

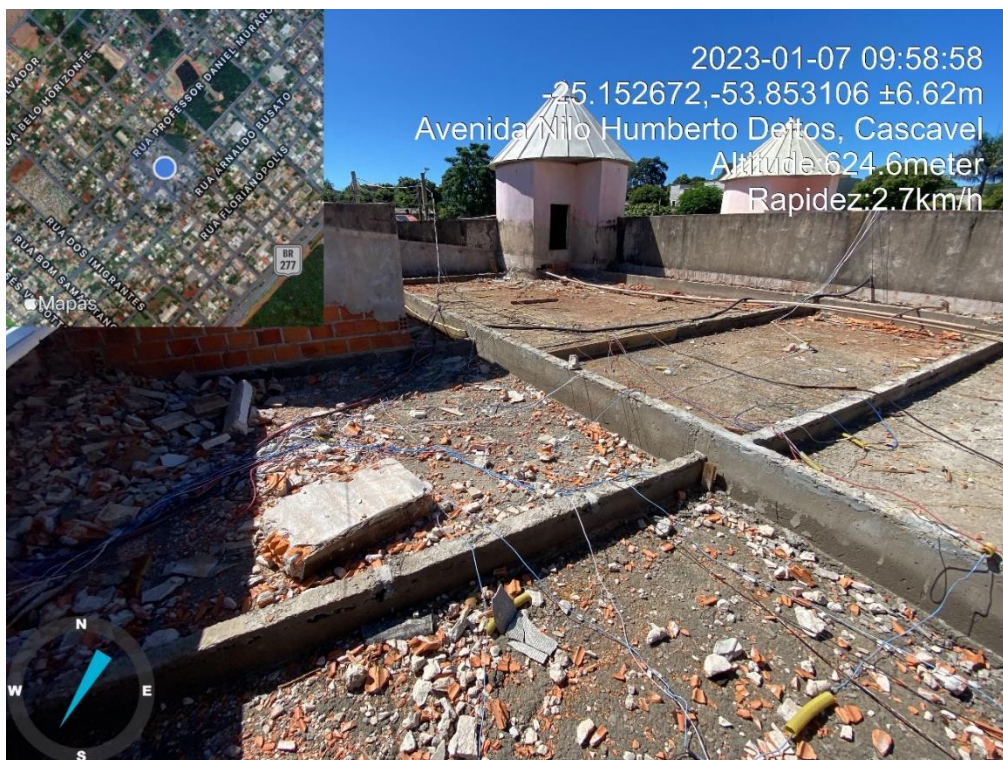


**Figura 53 - Vista da laje de cobertura. Detalhe instalação hidráulica sem nivelamento/travamento junto ao piso.**



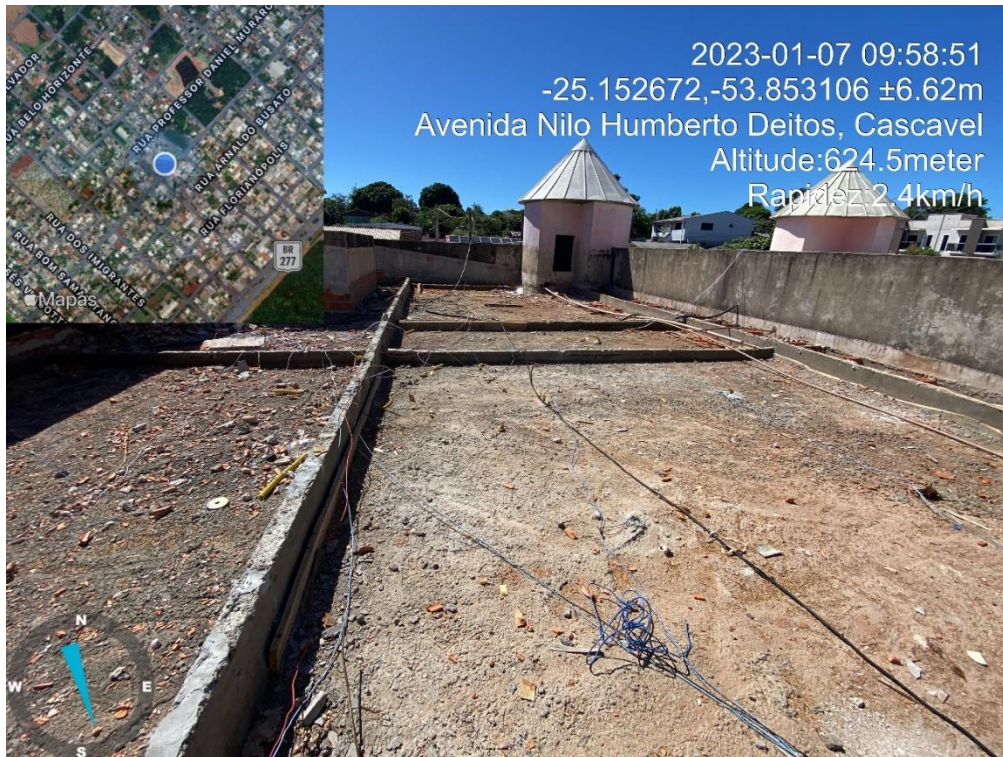


**Figura 54 - Vista da laje de cobertura.**

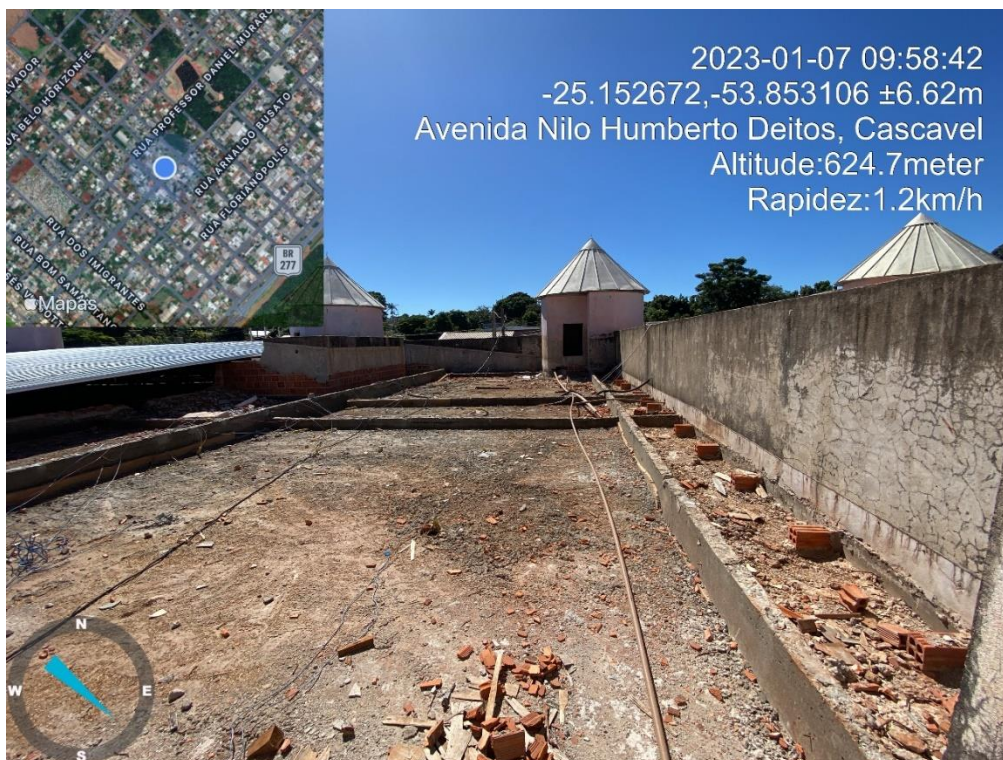


**Figura 55 - Vista da laje.**



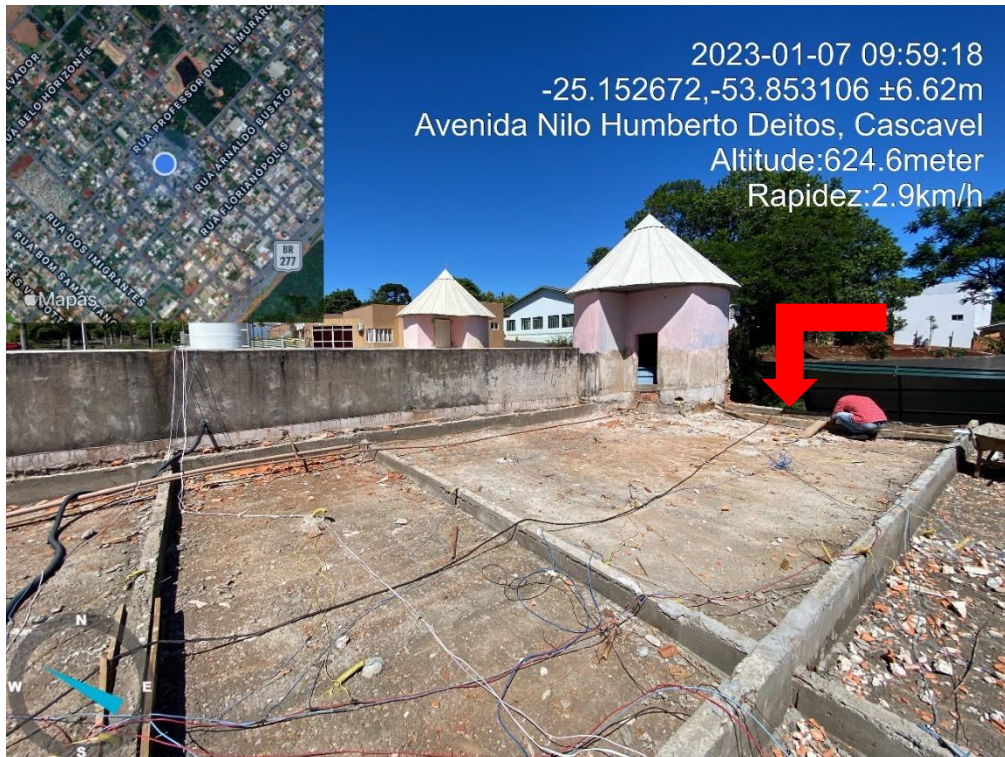


**Figura 56 - Vista da laje.**



**Figura 57 - Vista da laje.**





**Figura 58 - Vista da laje. Detalhe de laje das figuras 59 e 60.**



**Figura 59 - Acúmulo de água em laje. Aproximadamente 3,0 centímetros.**





*Figura 60 - Vista da medição do acúmulo de água em laje dos fundos.*

### 3. MANIFESTAÇÃO TÉCNICA

Inicialmente, para definição do grau de exatidão da perícia, bem como definido pela NBR 13.752 analisou-se a documentação e informações existentes que compõe o trabalho, partindo de que, quanto maior o número de informações, documentos, itens que possam contribuir, menor é o grau de subjetividade da perícia.

Assim, como já descrito no item 1.6 o único documento fornecido por parte do interessado, foi a planta baixa da edificação. Não houve fornecimento de nenhum memorial de cálculo ou projeto estrutural da edificação existente, fator que corrobora para uma análise mais subjetiva, pois não há como ser analisado por exemplo a existência de armadura complementar em laje, nem recomposição de modelo estrutural da edificação existente.

As informações iniciais repassadas por parte do interessado foram contundentes para a identificação da origem das avarias. Descreve o Sr. Márcio que ao iniciar obras de benfeitorias na edificação (troca de telhado, substituição de madeiramento e telha de fibrocimento, por estrutura metálica com “telha metálica com eps” a edificação apresentou rebaixo das lajes indicadas e fissuras, as quais causaram preocupação por parte do interessado e seu corpo técnico e motivaram o laudo.

A análise inicial por parte deste perito descreve alguns pontos, os quais foram analisados e que conforme análise configuram o nexos causal para as avarias ao imóvel.

O primeiro item a ser destacado é sobre a condição do imóvel na data de vistoria. Apresentava-se o imóvel descoberto, com laje exposta, com volume de água nos pisos de ambos os cômodos elevados. Foi apresentado por parte do interessado que após grande volume de chuvas foram feitas aberturas na laje para escoamento da água. Data-se que o início da troca da cobertura deu-se no início de dezembro de 2022 e que a primeira visualização das fissuras, movimentação da laje e seu posterior escoramento, deu-se em 22/12/2022. Analisando esse lapso temporal, e correlacionando com as bases meteorológicas mais próximas ao município, extraídas do App IDR Clima do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR apresentamos a tabela de precipitação média.

**Tabela 1 - Precipitação (mm) cidades vizinhas. Extraídas do App IDR Clima**

Precipitação (mm) - IDR Clima			
Data	Matelândia	Santa Teresa do Oeste	Vera Cruz do Oeste
03/12/2022	21,7	0	17,2
05/12/2022	38,3	9,1	0
07/12/2022	0	26,9	0
09/12/2022	0	16,8	0
11/12/2022	0	18,6	0
22/12/2022	0	0	16,8

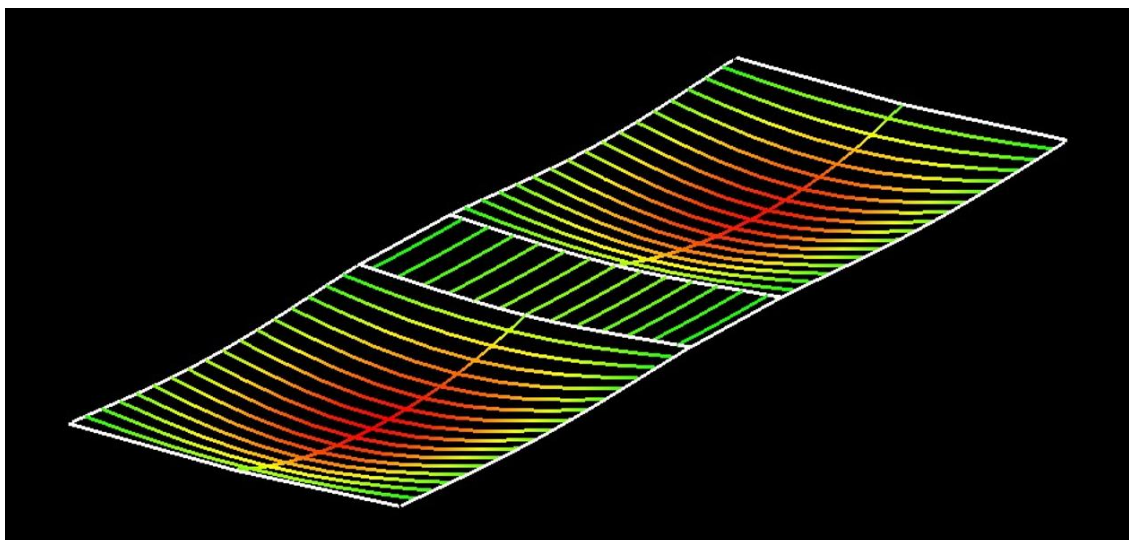


Dessas informações iniciais, podemos obter alguns itens que seguem. Primeiramente, nota-se que não havia forma direta das águas pluviais escoarem das lajes em questão, fato que contribui para seu acúmulo junto as mesmas. Tal acúmulo gera uma enorme sobrecarga a laje, sendo está não dimensionada para suportar tal peso. Em uma análise simplificada, observando as alturas de vigas obtidas in loco, da área da laje, logo após uma ocorrência de chuvas, obtém-se uma lâmina superior a 10 centímetros de água acumulada, somente na parte da sala frontal, o que ensejaria em **uma carga adicional a laje de mais de 3 toneladas**.

O segundo dos itens a serem destacados é a condição da estrutura atual. Conforme é possível de observar-se no relatório fotográfico mais da metade dos elementos estruturais apresentam algum tipo de patologia, sejam nichos de concretagem, desaprumo, torções por falhas executivas, ausência de cobrimento, sessões inferiores as mínimas de norma, ruptura por passagem de tubulações entre outras. Tais itens contribuem para uma redução na resistência por parte da estrutura e contribui para o surgimento de patologias.

Quando somado esses itens, temos que, uma construção que já possuía um sistema estrutural deficitário, sofre um incremento de carga, ao qual não estava preparado para suportar. O comportamento da laje com esse carregamento adicional e sua posterior deformação por essa carga pode ser manifestado na Figura 61.

A análise isolada da laje, dá-se pois não foi observada nos demais itens (vigas, pilares ) patologias. Assim isolou-se o comportamento da mesma afim de adquirir sua deformação, sendo que o comportamento observado no local da laje ultrapassa os limites de flecha dispostos na Tabela 13.3 da NBR 6118/2014.



**Figura 61 – Condição do pórtico da laje deformada.**

A figura traz a configuração do pórtico de laje deformado, idêntico ao do objeto analisado. A coloração parte do verde, menos deformado, ao vermelho, mais deformado. A deformação tende acompanhar o sentido de orientação das vigotas pré-moldadas, o que corrobora para o surgimento de fissuras na ligação entre elas, idêntico ao expressado nas Figuras 9,11 e 30.

Em perícia ficou impossibilitado de mensurar a deformação da laje devido há alguns aspectos. Primeiramente, a laje frontal foi encontrada escorada, o que impossibilita mensuração da deformação. Ainda, sendo possível de ser mensurada a laje dos fundos por não possuir escoramento, observou-se que o piso não se encontrava plano, apresentado poças de acúmulo de água em determinados pontos e secos em outros, o que impossibilita a determinação dos níveis. Também não seria possível mensurar se a deformação existente foi do acréscimo de carga ou da própria execução da estrutura. Ainda, sem o projeto com a definição correta dos níveis para validação, não é possível apresentar informação conclusiva. A mensuração da deformação partindo da parte superior da laje também fica impossibilitada devido a diferença de nível existente da concretagem da laje.

A informação apresentada pelo interessado por parte do Sr. Márcio era de que após mensuração da laje deformada a mesma apresentava-se em torno de 6 centímetros rebaixada próximo ao centro. De fato, é possível identificar com o



auxílio de imagem disponibilizada pelo mesmo que o centro da laje se encontra mais baixo que em relação as bordas. Nota-se o acúmulo de água na Figura 62 na região central é semelhante ao expresso na deformação na Figura 61. A dimensão, no entanto da deformação não é passível de ser constatada pelas informações já citadas.

A análise em software estrutural Eberick da laje em questão foi realizada, sendo parametrizados alguns itens dentro do programa próximos ao que se acredita ter sido executado em local. Essa análise do comparativo do observado *in loco* e do apresentado pelo software antes e após o acréscimo de carga foi considerada na proposição de uma estrutura de reforço.



**Figura 62 - Acúmulo de água em laje.**

Outro item analisado na discussão do presente laudo é a utilização do ambiente. O ambiente é ocupado por um centro municipal de educação infantil (CMEI), com utilização diária por crianças, professores e etc. Há de ser garantida a estabilidade dessa estrutura para sua utilização contínua em segurança pelos ocupantes.

Assim, consideradas todas as eventuais particularidades do objeto analisado, foi proposta a estrutura de reforço contida no projeto no ANEXO 5.2

Considerou-se para o dimensionamento de tal estrutura, os seguintes itens:

- Dentro da combinação de carga e do dimensionamento o pior caso possível de majoração das cargas atuantes. Ainda nessa combinação, destacou-se que a viga metálica dimensionada estaria suportando a maior parte da carga atuante.
- A estrutura metálica foi dimensionada para atuar de forma independente da estrutura em concreto armado existente.
- Itens técnicos referentes ao dimensionamento estão constantes no memorial de cálculo no Anexo 5.5

Quanto as patologias analisadas, são passíveis de classificações e maiores explicações. A mensuração das anomalias in loco resultou em medições superiores a 0,5mm e inferiores a 1mm ao longo da abertura longitudinal em laje.

Já para as patologias observadas nas paredes, as aberturas foram inferiores a 0,5mm. Conforme descrito nos pressupostos do laudo, não foi possível realizar o acompanhamento da progressão das fissuras/trincas. A tabela abaixo apresenta a classificação resumida da classificação conforme o tamanho da abertura.

**Tabela 2 - Classificação das anomalias pelo tamanho das aberturas (mm).**

ANOMALIA	ABERTURA (MM)
Fissura	Até 0,50
Trinca	Acima de 0,50 até 1,00
Rachadura	Acima de 1,00 até 5,00
Fenda	Acima de 5,00 até 10,00
Brecha	Acima de 10mm

Alguns itens são resultantes de falhas executivas durante a confecção da estrutura. Dentre esses itens identificamos o desaprumo, os nichos de concretagem, a ausência de cobrimento das armaduras, a execução de formas



retorcidas, a falta de nivelamento da capa da laje e rompimento de elemento estrutural para passagem de tubulação de água.

O desaprumo e a execução de formas retorcidas, são oriundos do processo de concretagem da estrutura e tem sua origem na falha de fixação correta das formas de madeira da estrutura designadas para dar o formato da viga. São diversas as possibilidades que podem originar tais itens, desde vibração excessiva do elemento, falta de fixação adequada até ao material de qualidade inferior.

A ausência de cobrimento das armaduras é um dos principais itens que pode no longo prazo acarretar em maiores problemas a estrutura, vide que a exposição das armaduras (ferragens) a água, facilita o processo de corrosão das mesmas, conforme visíveis nas fotos, já iniciado. A corrosão dentro do seu processo químico acarreta na redução da seção útil das armaduras, podendo gerar a expansão pelo acúmulo de óxido de ferro junto as barras, o que gera no concreto a possibilidade de expansão, fissuração e até degradação da estrutura, acarretando assim em uma redução da resistência do conjunto.

Outro dos itens que corroboram para redução da resistência da estrutura é a passagem de tubulações, conforme figura 42, onde a passagem de tubulação inadequadamente reduziu drasticamente a seção de concreto resistente a menos da metade.

Conforme mencionado algumas falhas do processo executivo, repercutem na qualidade e conseqüentemente na longevidade da estrutura. Tais itens quando vistos de forma singular em uma edificação podem não compromete-la, porém, conforme visto, a visualização de vários destes á uma pequena área demonstra falta de zelo na execução e possibilita a redução da resistência global da estrutura podendo compromete-la.

#### **4. CONCLUSÃO**

Conclui-se o presente laudo, tendo sido apresentando assim pelo presente signatário o nexos causal para as avarias que acometeram o imóvel, sendo estas descritas juntas ao relatório fotográfico de identificação.

Ainda, durante a manifestação técnica, destacamos o nexos e apresentamos como conclusão para solução a proposta de reforço estrutural contida no projeto do Anexo 5.2, tendo seu orçamento apresentado no Anexo 5.3, seu memorial descritivo no Anexo 5.4 e o memorial de cálculo no Anexo 5.5.

Finaliza-se o presente laudo, contendo, incluídas aos anexos 141 páginas, sendo datado e assinado abaixo.

---

Cascavel-PR, 10 de fevereiro de 2023  
**Possatti Engenharia - Matheus Possatti**  
Eng. Civil – CREA-PR 161.133/D  
CPF 088.458.109-84



## 5. ANEXOS

## 5.1 ART





1. Responsável Técnico

**MATHEUS POSSATTI**

Título profissional:

**ENGENHEIRO CIVIL**

Empresa Contratada: **POSSATTI ENGENHARIA EIRELI**

RNP: **1716367212**

Carteira: **PR-161133/D**

Registro/Visto: **70333**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MUNICIPIO DE CEU AZUL**

CNPJ: **76.206.473/0001-01**

AVENIDA NILO UMBERTO DEITOS, 1426

CENTRO - CEU AZUL/PR 85840-000

Contrato: (Sem número)

Celebrado em: 26/01/2023

Valor: R\$ 5.040,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica (Direito Público) brasileira

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA NILO UMBERTO DEITOS, 1740

CMEI RAO DE SOL CENTRO - CEU AZUL/PR 85840-000

Data de Início: 26/01/2023

Previsão de término: 31/01/2023

Coordenadas Geográficas: -25,152677 x -53,853023

Proprietário: MUNICIPIO DE CEU AZUL

CNPJ: **76.206.473/0001-01**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
[Laudo] de edificação de alvenaria	1,00	UNID
[Projeto] de reforço de estruturas metálicas	1,00	UNID
[Elaboração de orçamento] de reforço de estruturas metálicas	1,00	UNID

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

LAUDO DE PARECER TÉCNICO E PROJETO DE REFORÇO EM ESTRUTURA METÁLICA DE PARTE DA EDIFICAÇÃO DO CMEI RAO DE SOL

7. Assinaturas

Documento assinado eletronicamente por MATHEUS POSSATTI, registro Crea-PR PR-161133/D, na área restrita do profissional com uso de login e senha, na data 10/03/2023 e hora 08h06.

MUNICIPIO DE CEU AZUL - CNPJ: 76.206.473/0001-01

8. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, conforme informações no rodapé deste formulário ou conferência no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br).
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br)
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Acesso nosso site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br)

Central de atendimento: 0800 041 0067



**CREA-PR**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Paraná

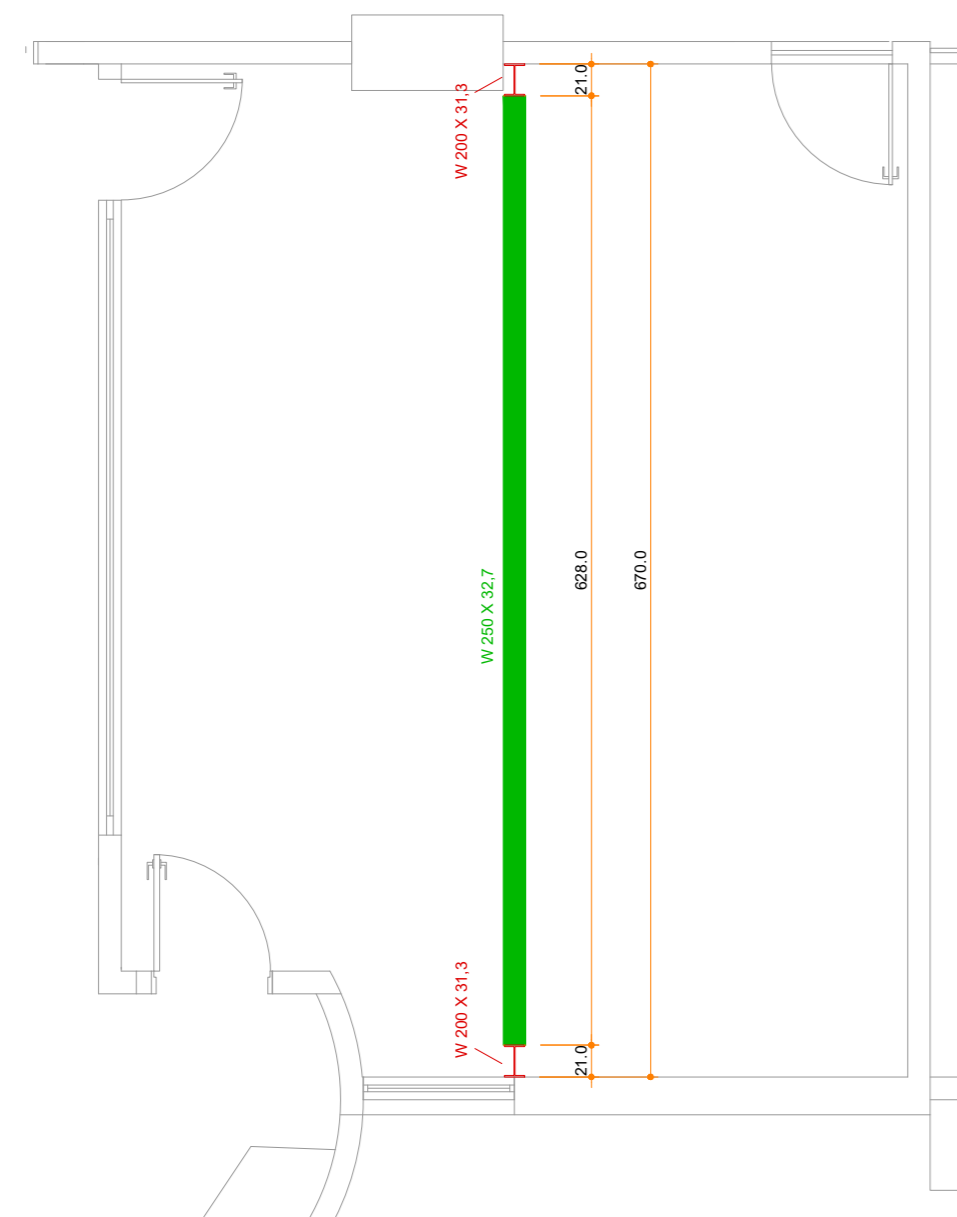
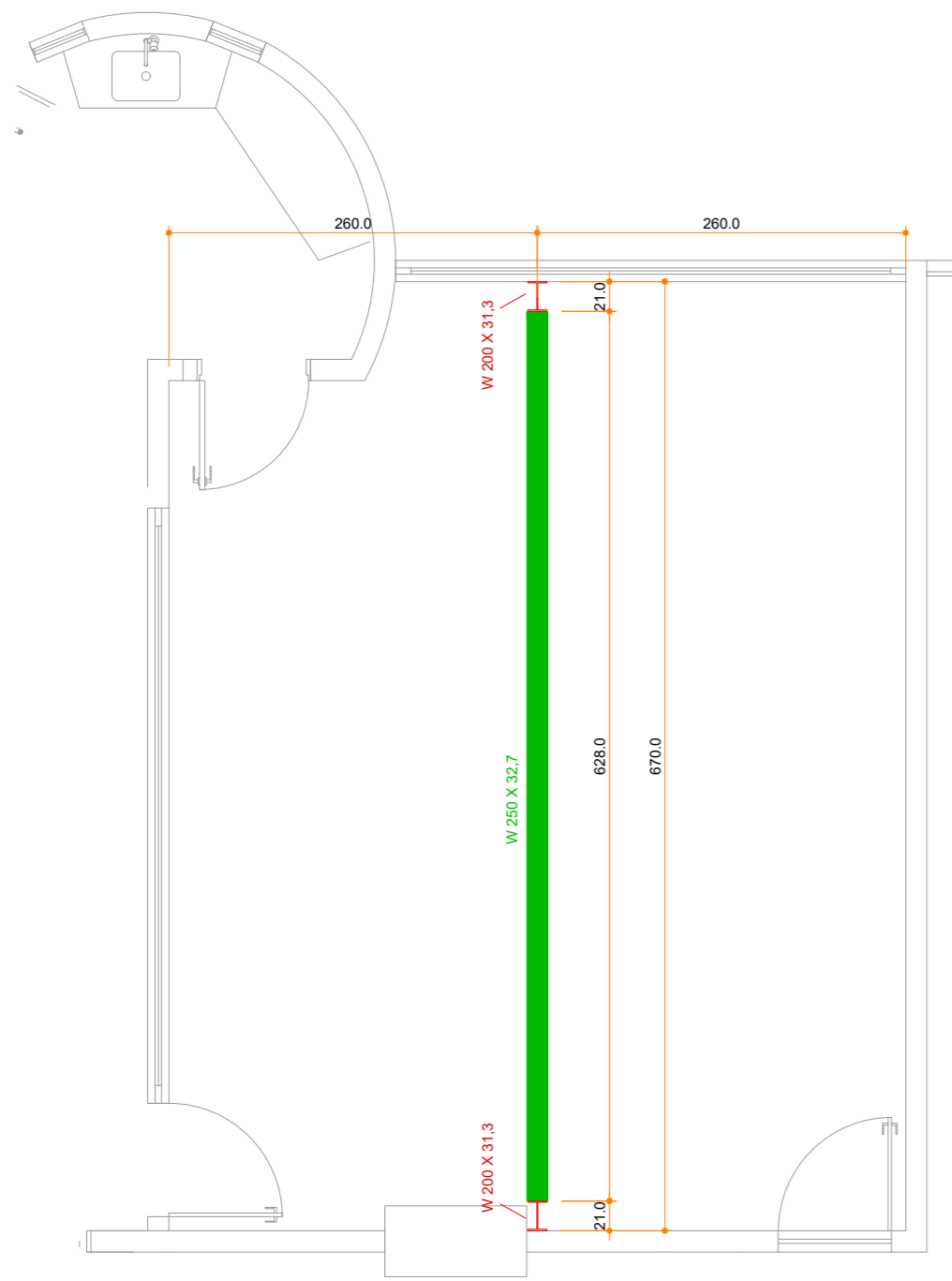
Registrada em : 10/03/2023

ART Isenta

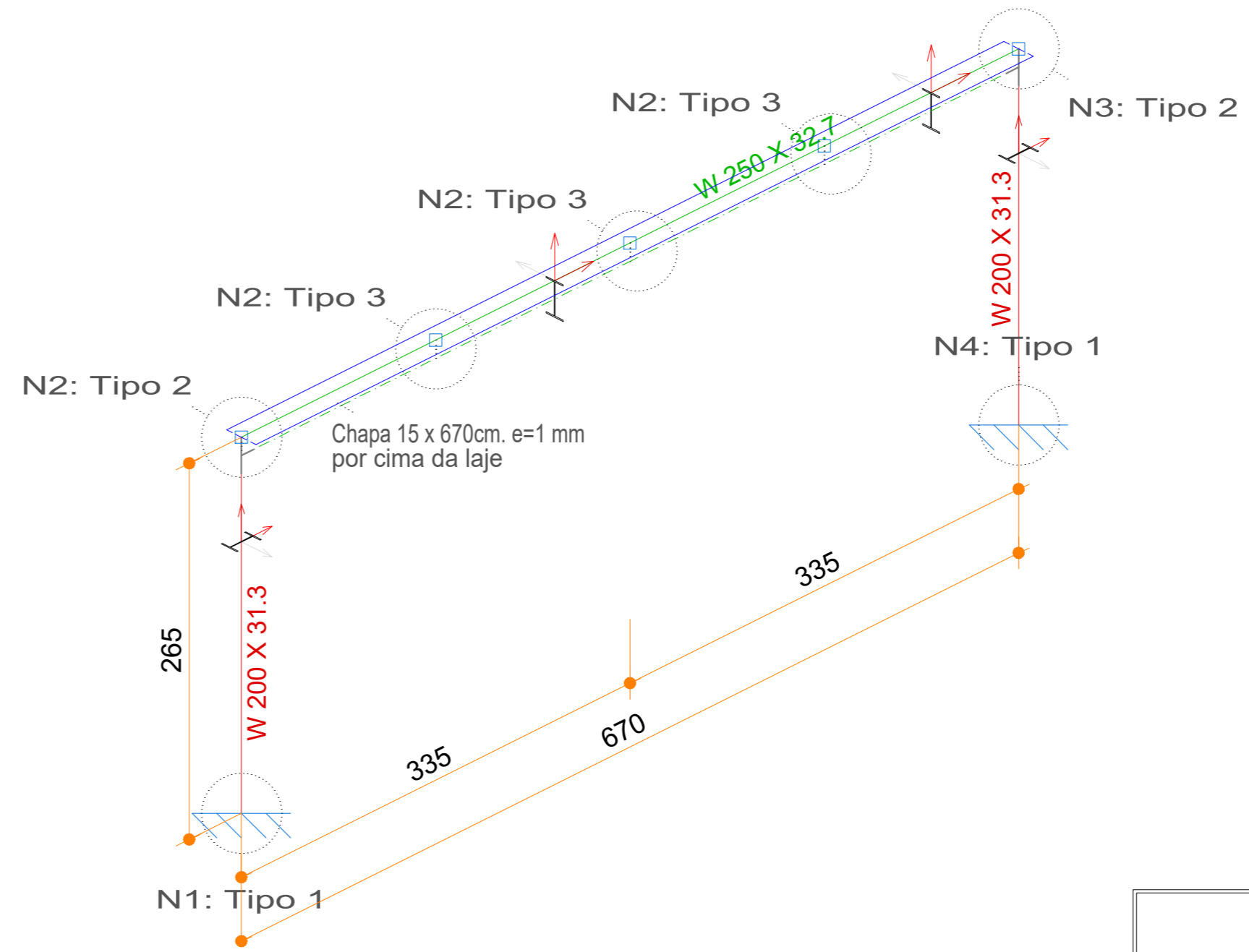


## 5.2. PROJETO DO REFORÇO





**PLANTA BAIXA**  
ESC: 1:50



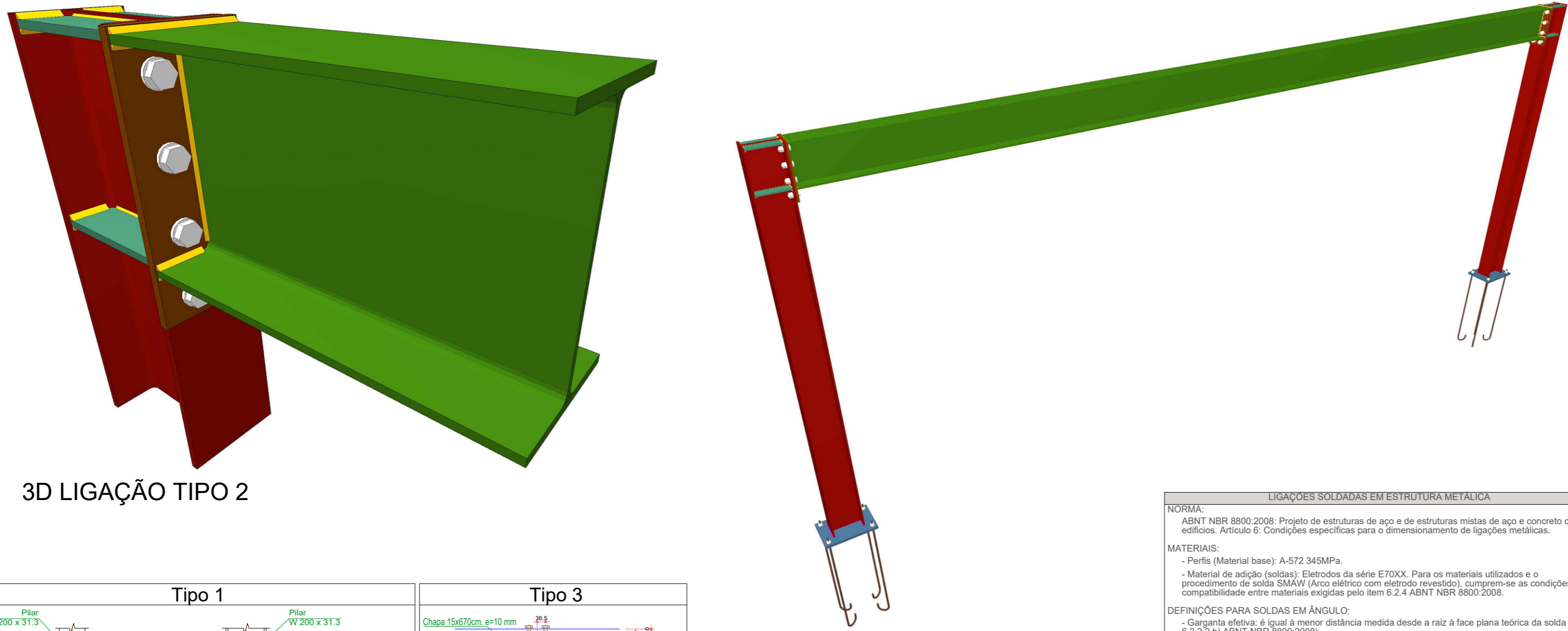
**ISOMÉTRICO ESTRUTURA**  
SEM ESCALA

**Observações:**

- Estrutura Metálica deve ser realizada por profissional capacitado, com experiência em estruturas metálicas.
- A estrutura foi projetada exclusivamente para o reforço das lajes solicitadas com vão de 6,70m.
- Necessário conferir medidas do vão in loco, pois podem haver divergências de alinhamento.
- Não é permitido alteração de projeto ou adoção de outra solução sem a consulta prévia ao projetista.
- Executar estaca de com Ø 25cm na base dos pilares metálicos, devendo ser concretado os parafusos de ancoragem antes da fixação da estrutura superior.

Norma de Aço Laminado: ABNT NBR 8800:2008  
Aço laminado adotado: A=572 345MPa

<b>CONTEUDO</b> - Isométrico Estrutura Metálica - 3D da Estrutura Metálica		PRANCHA	FOLHA
		01/02	A2
<b>OBRA</b> PROJETO REFORÇO ESTRUTURAL		ESCALA Indicada	
<b>RESP. TÉCNICO</b>  _____ Matheus Possatti Engenheiro Civil CREA PR 161133/0	<b>PROPRIETÁRIO</b>  _____ Prefeitura Municipal de Céu Azul CPF/CNPJ: 76.206.473/0001-01		
<b>ORGÃOS PÚBLICOS</b>	<b>ENDEREÇO</b> Avenida Nilo Umberto Feitos, 1426, Centro, Céu Azul/PR		
<b>DATA</b> Janeiro de 2023		<b>PROJETO</b> Matheus Possatti	



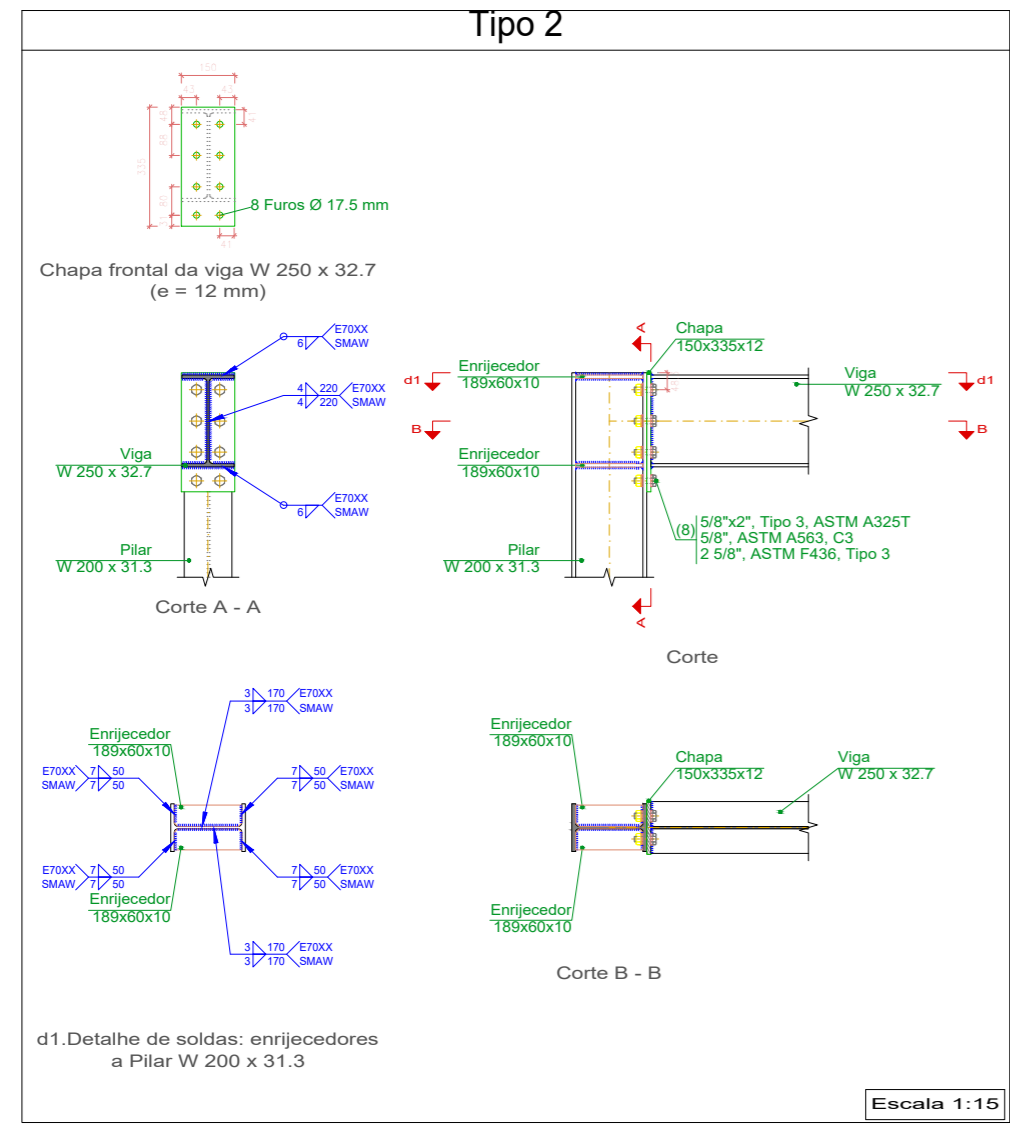
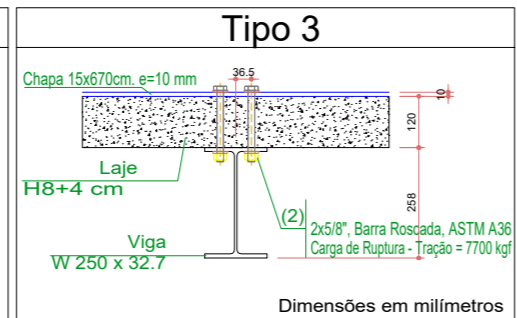
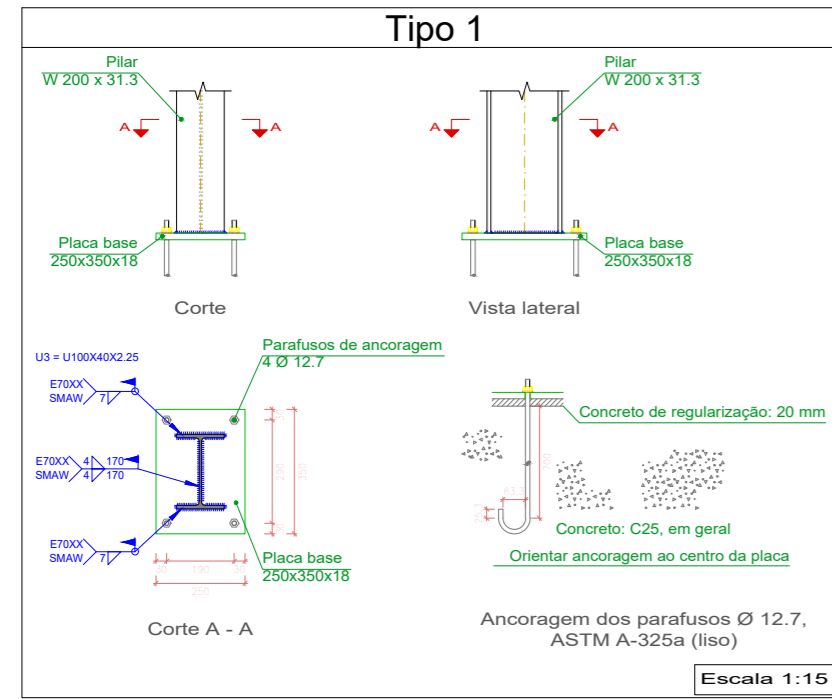
**Observações:**

- Estrutura Metálica deve ser realizada por profissional capacitado, com experiência em estruturas metálicas.
- A estrutura foi projetada exclusivamente para o reforço das lajes solicitadas com vão de 6,70m.
- Necessário conferir medidas do vão in loco, pois podem haver divergências de alinhamento.
- Não é permitido alteração de projeto ou adoção de outra solução sem a consulta prévia ao projetista.
- Executar estaca de com Ø 25cm na base dos pilares metálicos, devendo ser concretado os parafusos de ancoragem antes da fixação da estrutura superior.

Norma de Aço Laminado: ABNT NBR 8800:2008  
Aço laminado adotado: A=572 345MPa

**3D LIGAÇÃO TIPO 2**

**3D ESTRUTURA METÁLICA INFERIOR**



**REFERÊNCIAS E SIMBOLOGIA**

Para a representação dos símbolos de soldas consideram-se as indicações da norma ANSI/AWS A2.4-98 STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING, AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION.

**MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE SOLDAS**

Conforme a figura 2 de ANSI/AWS A2.4-98 e os tipos de soldas utilizados neste projeto, desenvolve-se o seguinte esquema de representação de uma solda:

Referências:

- 1: seta (ligação entre 2 e 6)
- 2: linha de referência
- 3: símbolo de solda
- 4: símbolo solda perimetral.
- 5: símbolo de solda no local de montagem.
- 6: linha do desenho que identifica a ligação proposta.
- S: profundidade do bisel. Em soldas em ângulo, é o lado do cordão de solda.
- (E): tamanho do cordão em soldas de topo.
- L: comprimento efetivo do cordão de solda
- D: dado suplementar. Em geral, a série de eletrodo a utilizar e o processo pré-qualificado de solda.

A informação relacionada com o lado da ligação soldada à qual aponta a seta, coloca-se por baixo da linha de referência, enquanto que para o lado oposto, indica-se acima da linha de referência:

Onde:

OS (Other Side): é o outro lado da seta

AS (Arrow Side): é o lado da seta

**Referência 3**

Designação	Ilustração	Símbolo
Solda de filete		
Solda de topo em "V" simples (com chanfro)		
Solda de topo em bisel simples		
Solda de topo em bisel duplo		
Solda de topo em bisel simples com chanfro de raiz largo		
Solda combinada de topo em bisel simples e em ângulo		
Solda de topo em bisel simples com lado curvo		

**MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DOS PARAFUSOS DE UMA LIGAÇÃO**

Referências:

- N: Quantidade de parafusos
- Ø [in]: Diâmetro nominal
- L [in]: Comprimento nominal do parafuso
- Tb: Tipo ou grau do parafuso
- SPCn: Classe de qualidade do aço do parafuso
- Cn: Classe ou grau da porca
- m: Quantidade de anilhas
- SPCw: Classe de aço da anilha
- Tw: Tipo ou grau da anilha

$\text{Ø} \times \text{L}, \text{Tb, SPCb}$

$(N)$

$\text{Ø} \times \text{SPCn, Cn}$

$m \text{ Ø} \times \text{SPCw, Tw}$

**LIGAÇÕES SOLDADAS EM ESTRUTURA METÁLICA**

**NORMA:**

ABNT NBR 8800:2008. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Artigo 6. Condições específicas para o dimensionamento de ligações metálicas.

**MATERIAIS:**

- Perfis (Material base): A-572 345MPa.
- Material de adição (soldas): Eletrodos da série E70XX. Para os materiais utilizados e o procedimento de solda SMAW (Arco elétrico com eletrodo revestido), cumprem-se as condições de compatibilidade entre materiais exigidas pelo item 6.2.4 ABNT NBR 8800:2008.

**DEFINIÇÕES PARA SOLDAS EM ÂNGULO:**

- Garganta efetiva: é igual à menor distância medida desde a raiz à face plana teórica da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).
- Lado do cordão: é o menor dos dois lados situados nas faces de fusão do maior triângulo que pode ser inscrito na seção da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).
- Raiz da solda: é a interseção das faces de fusão (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).
- Comprimento efetivo do cordão de solda: é igual ao comprimento total da solda com dimensões uniformes, incluídos os retornos (item 6.2.2.2 c) ABNT NBR 8800:2008).

**DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:**

- 1) As prescrições consideradas neste projeto aplicam-se a ligações soldadas nas quais:
  - Os aços das peças a unir têm um limite elástico não superior a 100 ksi [690 MPa] (item 1.2 (1) AWS D1.1/D1.1M:2002).
  - As espessuras das peças a unir são pelo menos de 1/8 in [3mm] (item 1.2 (2) AWS D1.1/D1.1M:2002).
  - As peças soldadas não são de seção tubular.
- 2) Em soldas de topo de penetração total ou parcial verifica-se que:
  - O comprimento efetivo das soldas de penetração total ou parcial é igual ao seu comprimento total, o qual é igual ao comprimento da parte unida (item 6.2.2.1 b) ABNT NBR 8800:2008).
  - Em soldas de penetração total, a garganta efetiva é igual à menor espessura das peças unidas (item 6.2.2.1 c) ABNT NBR 8800:2008).
  - Em soldas de penetração parcial, a espessura mínima da garganta efetiva cumpre os valores da seguinte tabela:

Menor espessura das peças a unir (mm)	Espessura mínima de garganta efetiva (mm)
Menor que ou igual a 6.35	3
Menor que ou igual a 12.5	5
Menor que ou igual a 19	6
Menor que ou igual a 37.5	8
Menor que ou igual a 57	10
Menor que ou igual a 152	13
Maior que 152	16

- A espessura de garganta efetiva das soldas de penetração parcial determina-se segundo a tabela 5 ABNT NBR 8800:2008.

- 3) Em soldas em ângulo verifica-se que:
  - O tamanho mínimo do lado de uma solda de ângulo cumpre os valores da seguinte tabela:

Menor espessura das peças a unir (mm)	Tamanho mínimo do lado de uma solda em ângulo (mm)
Menor que ou igual a 6.35	3
Menor que ou igual a 12.5	5
Menor que ou igual a 19	6
Maior que 19	8

- O tamanho máximo do lado de uma solda em ângulo ao longo das bordas de peças soldadas cumpre o especificado no item 6.2.6.2.2 ABNT NBR 8800:2008, o qual exige que:

- ao longo das bordas de material com espessura inferior a 6.35 mm, seja menor ou igual à espessura do material;
- ao longo das bordas de material com espessura igual ou superior 6.35 mm, seja menor ou igual à espessura do material menos 1.5 mm.

- O comprimento efetivo de um cordão de solda em ângulo cumpre que é maior que ou igual a 4 vezes o tamanho do seu lado, ou que o lado não se considera maior que o 25 % do comprimento efetivo da solda. Além disso, o comprimento efetivo de uma solda em ângulo exposta a qualquer solicitação de cálculo não é inferior a 40 mm (item 6.2.6.2.3 ABNT NBR 8800:2008).

- 4) No detalhe das soldas indica-se o comprimento efetivo do cordão (comprimento sobre o qual o cordão tem o seu tamanho completo). Para alcançar tal comprimento, pode ser necessário prolongar o cordão rodeando os cantos, com o mesmo tamanho de cordão.
- 5) As soldas de ângulo de ligações em "T" com ângulos menores que 30° não se consideram como efetivas para a transmissão das cargas aplicadas (item 2.3.3.4 AWS D1.1/D1.1M:2002).
- 6) Nos processos de fabricação e montagem deverão ser cumpridos os requisitos indicados no capítulo 5 de AWS D1.1/D1.1M:2002. No que diz respeito à preparação do metal base, exige-se que as superfícies sobre as quais se depositará o metal de adição devem ser suaves, uniformes, e livres de fissuras e outras descontinuidades que afetariam a qualidade da solda. As superfícies a soldar, e as superfícies adjacentes a uma solda, deverão estar também livres de lâminas, escamas, óxido solto ou aderido, escória, ferrugem, umidade, óleo, gordura e outros materiais estranhos que impeçam uma solda apropriada ou produzam emissões prejudiciais.

**VERIFICAÇÕES:**

- A resistência de cálculo dos cordões de solda determina-se de acordo com o item 6.2.5 ABNT NBR 8800:2008.
- O método utilizado para a verificação da resistência dos cordões de solda é aquele em que as tensões calculadas nos cordões (resultante vetorial), consideram-se como tensões de corte aplicadas sobre a área efetiva (item 2.5.4.1 AWS D1.1/D1.1M:2002).
- A área efetiva de um cordão de solda é igual ao produto do comprimento efetivo do cordão pela espessura de garganta efetiva (itens 6.2.2.1 a) e 6.2.2.2 a) ABNT NBR 8800:2008).
- Na verificação da resistência dos cordões de solda considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (item 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

**LIGAÇÕES APARAFUSADAS EM ESTRUTURA METÁLICA**

**NORMA:**

ABNT NBR 8800:2008. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. 6.3 Parafusos e barras redondas rosqueadas.

**MATERIAIS:**

- Perfis (Material base): A-572 345MPa.
- Classe de aço dos parafusos utilizados: ASTM A325 (item 6.3 ABNT NBR 8800:2008).

**DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:**

- 1) Consideraram-se as seguintes distâncias mínimas e máximas entre eixos de furos e entre estes e as bordas das peças:

Distâncias	A borda da peça		Entre furos	Entre parafusos
	d	mm		
Mínimas	5/8"	29	2.7 x d <sub>h</sub>	--
Máximas	150 mm	12t	--	200 mm

Notas:

- d: Diâmetro do parafuso
- t: Menor espessura das peças que se unem.

- 2) Uma vez montadas as peças, todas as superfícies de ligação, incluídas as adjacentes às cabeças dos parafusos, porcas e anilhas, devem estar livres de pequenas lâminas (exceto aquelas firmemente aderidas ao material), rebarbas, sujeira ou qualquer outra matéria estranha que impeça o perfeito contato entre as peças.
  - 3) Os parafusos devem estar alinhados para permitir a inserção dos parafusos sem danificar as suas rosca.
  - 4) Deve-se verificar, antes da colocação, se as porcas podem deslocar-se livremente sobre o parafuso correspondente.
  - 5) Em cada parafuso será colocada uma anilha no lado da cabeça e outra no lado da porca.
  - 6) Os furos devem realizar-se através de broca ou outro processo que proporcione um acabamento equivalente.
  - 7) A furação é admitida para peças de espessura não superior ao diâmetro do parafuso mais 3 mm. Para espessuras maiores, os furos devem ser realizados através de broca, ou através de furação prévia com matriz de diâmetro inferior a 3.5 mm do diâmetro definitivo, para depois perfurar até ao diâmetro nominal.
  - 8) Não é permitida a reutilização de parafusos ASTM A325 galvanizados. Os outros parafusos ASTM A325 podem ser reutilizados uma única vez, se for aprovado pelo engenheiro responsável. O reaperto de parafusos previamente apertados que se tenham soldado durante o aperto de parafusos vizinhos não se considera reutilização.
  - 9) Condições para o aperto dos parafusos não pré-tensionados:
    - Cada conjunto de parafuso, porca e anilha deve alcançar a condição de aperto máximo sem sobrecarregar os parafusos. Esta condição é a que poderia conseguir um operário com alguns impactos aplicados por uma chave de impacto ou pelo esforço máximo aplicado por um operário usando uma chave normal.
    - O aperto deve ser realizado a partir dos parafusos localizados na parte mais rígida da ligação, seguindo na direção das bordas livres. Inclusive, é conveniente realizar algum ciclo de aperto adicional.
- VERIFICAÇÕES:**
- São feitas as verificações indicadas nos itens 6.3.3, 6.3.4 e 6.3.5 de ABNT NBR 8800:2008.
  - Na verificação da resistência das ligações parafusadas considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (artigo 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

**Soldas**

Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em oficina	De filete	3	2714
			4	880
			6	1064
			7	1600
			4	680
			7	1050
E70XX	No local de montagem	De filete	4	680
			7	1050

**Chapas**

Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Enrijecedores	8	189x60x10	7.14
	Chapas	2	150x335x12	9.47
	Total			16.61

**Elementos para aparafusar**

Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325	16	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T
Porcas	Gráu C3	16	5/8", ASTM A563
	Classe 10S	8	1/2", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	8	1/2", ASTM F436
	Tipo 3	32	5/8", ASTM F436

**Placas de base**

Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Placa base	2	250x350x18	24.73
	Total			24.73
ASTM A-325a (liso)	Parafusos de ancoragem	8	Ø 12.7 - L = 751 + 145	7.08
	Total			7.08

**CONTEUDO**

- Detalhes Ligações
- Aparafusadas e soldas
- Imagem 3D da estrutura

**FRANQUIA**

**FOLHA**

A1

**02/02**

**ESCALA**

Indicada

**PROJETO REFORÇO ESTRUTURAL**

**RES.P. TECNICO**

Motheus Possatti  
Engenheiro, CREA  
097/096 76.356/472/0001-01

**PROPRIETARIO**

Prefeitura Municipal de Cuiá Azul  
097/096 76.356/472/0001-01

**ENDEREÇO**

Avenida Nilo Umberto Feltos, 1426, Centro, Cuiá Azul/PR

**DATA**

Janerio de 2023

**PROJETO**

Motheus Possatti



### 5.3 ORÇAMENTO

## ORÇAMENTO

O orçamento da solução proposta, foi sintetizado na tabela apresentada ao final. A orçamentação segue os itens abaixo descritos, tendo sido tomada como referência quando utilizada a tabela SINAPI de dez/22.

### 1. Vigas Metálicas

Levantou-se pelo projeto a dimensão das vigas metálicas, seu tipo de perfil, sendo verificado assim o peso (kg/metro) do perfil. Dessa forma obteve-se o peso total utilizado para o perfil das vigas.

Utilizou-se da composição de custo para execução da tabela SINAPI descrita abaixo.

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Quant.
C	88278	MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0140
C	88240	AJUDANTE DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0044
C	88317	SOLDADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0181
I	43082	PERFIL "I" DE AÇO LAMINADO, ABAS PARALELAS, "W", QUALQUER BITOLA	KG	1,0000
I	4777	CANTONEIRA AÇO ABAS IGUAIS (QUALQUER BITOLA), ESPESSURA ENTRE 1/8" E 1/4"	KG	0,0280
I	10997	ELETRODO REVESTIDO AWS - E7018, DIAMETRO IGUAL A 4,00 MM	KG	0,0015
C	93287	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0040
C	93288	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0037
C	100716	JATEAMENTO ABRASIVO COM GRANALHA DE AÇO EM PERFIL METÁLICO EM FÁBRICA. AF_01/2020	M2	0,0358
C	100719	PINTURA COM TINTA ALQUÍDICA DE FUNDO (TIPO ZARCÃO) PULVERIZADA SOBRE PERFIL METÁLICO EXECUTADO EM FÁBRICA (POR DEMÃO). AF_01/2020_P	M2	0,0358



## 2. Pilares Metálicos

Levantou-se pelo projeto a dimensão dos pilares metálicos, seu tipo de perfil, sendo verificado assim o peso (kg/metro) do perfil. Dessa forma obteve-se o peso total utilizado para o perfil dos pilares.

Utilizou-se da composição de custo para execução da tabela SINAPI descrita abaixo.

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Quant.
C	88278	MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0050
C	88240	AJUDANTE DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0013
C	88317	SOLDADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0283
I	41598	PERFIL "H" DE AÇO LAMINADO, "HP" 310 X 79,0	KG	1,0000
I	10997	ELETRODO REVESTIDO AWS - E7018, DIAMETRO IGUAL A 4,00 MM	KG	0,0017
I	1333	CHAPA DE AÇO GROSSA, ASTM A36, E = 1/2 " (12,70 MM) 99,59 KG/M2	KG	0,0550
C	93287	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0015
C	93288	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0014
C	100718	JATEAMENTO ABRASIVO COM GRANALHA DE AÇO EM PERFIL METÁLICO EM FÁBRICA. AF_01/2020	M2	0,0227
C	100719	PINTURA COM TINTA ALQUÍDICA DE FUNDO (TIPO ZARCÃO) PULVERIZADA SOBRE PERFIL METÁLICO EXECUTADO EM FÁBRICA (POR DEMÃO). AF_01/2020_P	M2	0,0227

## 3. Chapas, Enrijecedores, Chapa Base

Levantou-se pelo projeto a dimensão dos materiais, tendo seus pesos expressos em Kilogramas (kg). Levantou-se junto ao fornecedor o preço do material e do custo para o benefício (corte/recorte) nas dimensões de projeto, tendo sido apresentado o custo médio para os itens por kilo.

#### 4. Parafusos, Anilhas, Porcas,

Levantou-se pelo projeto a quantidade dos materiais, tendo seus itens levantados por unidade. A pesquisa em mercado local, retornou à necessidade de compra mínima de caixas por material, o que foi tomado em conta na consideração do custo.

#### 5. Estrutura de Fixação

Levantou-se pelo projeto a necessidade de fixação para o chumbador. Foi adotado a consideração mais próxima encontrada em tabela SINAPI, de estaca broca. Tendo assim o custo do item formado por: custo abertura de estaca, concreto Fck 25Mpa, sistema de fixação (orçamento custo local), regularização da camada base para chapa.

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	92794	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,360000
C	94970	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	M3	0,062000
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,795000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,998000

#### 6. Grauteamento

Levantou-se em projeto a dimensão da chapa de fixação superior. Utilizou-se de tal dimensão da regularização da mesma e de coeficiente de majoração para Graute fck>40Mpa, conforme projeto.

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Quant.
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7,41480000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4,94320000
C	90279	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,8:2,1 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_09/2021	M3	1,20300000



O custo total apresentado pode sofrer variação pois não apresenta composições de custo total para sua execução. Ainda, a pesquisa de alguns custos no mercado local pode insurgir em preços diferentes tanto para mais ou menos sobre o orçamento.

O custo para a execução orçado foi de: **R\$ 22.292,16 ( Vinte e dois mil, duzentos e noventa e dois reais e dezesseis centavos).**

Apresenta-se abaixo o resumo do orçamento de mercado completo, o custo considerando o BDI apresentado pela proposta vencedora da licitação, bem como o desconto proferido pelos mesmos (BDI da TP. 09/2022 e Desconto da TP. 09/2022). Resultando dessa forma um custo total de **R\$ 21.815,47 ( Vinte e um mil, oitocentos e quinze reais, quarenta e sete centavos)** a empresa já executora da obra, como custo adicional.

Custo Total (R\$)	BDI (%)	Custo Total com BDI	Desconto Aplicado (%)	Custo Total com Desconto
R\$ 22.292,16	30,43	R\$ 29.075,66	24,97	R\$ 21.815,47

BDI e Desconto, disponíveis em:

<https://www.ceuazul.pr.gov.br/transparencia/administracao/extratos-licitacoes/tomada-de-precos/tomada-de-precos-n-09-2022-cmei-raio-de-sol-cam>

ORÇAMENTO PROJETO DE REFORÇO CMEI

Item	Referência Utilizada	Descrição Serviço	Unidade	Custo Unitário	Peso de Projeto	Custo Parcial
1.	SINAPI 100764	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	Kg	R\$ 16,45	410,7	R\$ 6.756,02
2.	SINAPI 100766	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	Kg	R\$ 16,17	331,78	R\$ 5.364,88
3.	BORTOLOTTO FERRO E AÇO	CHAPAS PARA CONEXÃO DE VIGAS E PILARES, CHUMBADORES, ETC.	kg	R\$ 21,39	250,9	R\$ 5.366,75
4.	CONEXÕES ALTAIR	PARAFUSOS, ARUELAS, FIXADORES (VERBA GERAL)	vb	R\$ 1.644,00	1,00	R\$ 1.644,00
5.	SINAPI 101174 + PREÇO DE MERCADO PARA FIXADORES	ESTRUTURA DE FIXAÇÃO (ESTACA BROCA EM CONCRETO, ABERTURA, CONCRETO, FIXADORES)	vb	R\$ 1.300,00	1,00	R\$ 1.300,00
6.	SINAPI 89995	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL (GRAUTEAMENTO PARA REGULARIZAÇÃO DA CHAPA DE FIXAÇÃO SUPERIOR)	M3	R\$ 925,63	2,01	R\$ 1.860,52
<b>Custo Total</b>						<b>R\$ 22.292,16</b>



#### 5.4 MEMORIAL DESCRITIVO

## MEMORIAL DESCRITIVO

O memorial descritivo, visa descrever os serviços a serem executadas em cada etapa de forma detalhada, buscando melhorar a capacidade de explicação, acarretando em uma execução mais aprimorada.

A fim de melhor compreensão, divide-se a execução nas etapas construtivas e sub etapas a seguir.

1. **Estrutura:** Composta pelos elementos metálicos e sua fundação, conforme projeto disposto no Anexo 5.2.

### 1.1 Fundação:

- Abertura com trado manual ou mecanizado de estaca para chumbamento do perfil;
- Chumbamento com concreto de fck 25Mpa dos parafusos;
- Regularização de camada (20mm) para fixação de placa base sobre os parafusos;
- Fixação da placa base e do perfil;
- Conexões do perfil a placa base;

### 1.2 Superestrutura:

- Remoção das escoras com macaqueamento da laje a posição original.
- Execução conforme detalhes e descrições do projeto no Anexo 5.2
- Vinculação primeiramente da estrutura a fundação após tempo mínimo de cura do concreto;
- Vinculação dos perfis (W 200x31,3) a base de fixação;
- Vinculação do perfil (W 250x32,7) aos perfis (W 200x31,3) já fixados;
- Regularização da laje superior com graute de fck elevado (>40Mpa) em toda a extensão da chapa superior, respeitado o tempo de cura;
- Perfuração da laje e chapa com perfuratriz adequado para cada material para fixação dos parafusos da chapa no perfil da viga (W 250x32,7);

- Vinculação da chapa a laje e viga (W250x32,7) com aparafusamento e travamento das ligações.
- Retirada do macaqueamento.
- Finalização da pintura de proteção dos itens necessários;

## **2. Revestimentos:** *\*Execução a critério do interessado\**

- Execução em gesso acartonado revestindo a estrutura metálica.
- Pintura a critério do interessado.

**OBSERVAÇÃO:** Todas as ligações contidas no projeto disposto no Anexo 5.2 devem ser seguidas à risca. A estrutura deve ser executada por empresa habilitada e capaz de seguir o projeto e seus detalhamentos. Dúvidas na execução do projeto devem ser consultadas ao projetista.



## 5.5 MEMORIA DE CÁLCULO

## ÍNDICE

<b>1.- DADOS DE OBRA</b>	2
<b>1.1.- Normas consideradas</b>	2
<b>1.2.- Estados limites</b>	2
1.2.1.- Situações de projeto	2
1.2.2.- Combinações	3
<b>2.- ESTRUTURA</b>	4
<b>2.1.- Geometria</b>	4
2.1.1.- Nós	4
2.1.2.- Barras	4
<b>2.2.- Cargas</b>	6
2.2.1.- Barras	6
<b>2.3.- Resultados</b>	7
2.3.1.- Nós	7
2.3.2.- Barras	10
<b>2.4.- Ligações</b>	53
2.4.1.- Especificações para ligações soldadas	53
2.4.2.- Especificações para ligações aparafusadas	56
2.4.3.- Referências e simbologia	57
2.4.4.- Verificações em placas de ancoragem	59
2.4.5.- Memória de cálculo	59
2.4.6.- Quantit.	70



## 1.- DADOS DE OBRA

### 1.1.- Normas consideradas

Aços laminados e soldados: ABNT NBR 8800:2008

**Categoria de uso:** Edificações residenciais

### 1.2.- Estados limites

E.L.U. Aço laminado	NBR 8800: 2008
Deslocamentos	Ações características

#### 1.2.1.- Situações de projeto

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

**- Situações permanentes ou transitórias**

**- Com coeficientes de combinação**

**- Sem coeficientes de combinação**

**- Combinações acidentais**

**- Com coeficientes de combinação**

**- Sem coeficientes de combinação**

- Onde:

$G_k$  Ação permanente

$P_k$  Ação de pré-esforço

$Q_k$  Ação variável

$A_d$  Ação acidental

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$\gamma_{Ad}$  Coeficiente parcial de segurança da ação acidental

$\psi_{p,1}$  Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

**E.L.U. Aço laminado: ABNT NBR 8800:2008**





Normal				
	Coeficientes parciais de segurança ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinação ( $\psi$ )	
	Favorável	Desfavorável	Principal ( $\psi_p$ )	Acompanhamento ( $\psi_a$ )
Permanente (G)	1.000	1.500	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Acidental				
	Coeficientes parciais de segurança ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinação ( $\psi$ )	
	Favorável	Desfavorável	Principal ( $\psi_p$ )	Acompanhamento ( $\psi_a$ )
Permanente (G)	1.000	1.300	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.300	0.300
Acidental (A)	1.000	1.000	-	-

### Deslocamentos

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança ( $\gamma$ )	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

### 1.2.2.- Combinações

#### ■ Nomes das ações

PP                    Peso próprio  
Revestimento    Revestimento  
Sobrecarga      Sobrecarga  
Acidental        Acidental

#### ■ E.L.U. Aço laminado

Comb.	PP	Revestimento	Sobrecarga	Acidental
1	1.000	1.000		
2	1.500	1.000		
3	1.000	1.500		
4	1.500	1.500		
5	1.000	1.000	1.500	
6	1.500	1.000	1.500	
7	1.000	1.500	1.500	
8	1.500	1.500	1.500	
9	1.000	1.000		1.000
10	1.300	1.000		1.000
11	1.000	1.300		1.000
12	1.300	1.300		1.000
13	1.000	1.000	0.300	1.000



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Comb.	PP	Revestimento	Sobrecarga	Acidental
14	1.300	1.000	0.300	1.000
15	1.000	1.300	0.300	1.000
16	1.300	1.300	0.300	1.000

## ■ Deslocamentos

Comb.	PP	Revestimento	Sobrecarga	Acidental
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	

## 2.- ESTRUTURA

### 2.1.- Geometria

#### 2.1.1.- Nós

Referências:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Deslocamentos prescritos em eixos globais.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Rotações prescritas em eixos globais.

Cada grau de liberdade marca-se com 'X' se estiver restringido e, caso contrário, com '-'.  
Cada grau de liberdade marca-se com 'X' se estiver restringido e, caso contrário, com '-'.

Nós										
Referência	Coordenadas			Vínculo c/ exterior						Vinculação interna
	X (m)	Y (m)	Z (m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Engastado
N2	0.000	0.000	2.650	-	-	-	-	-	-	Engastado
N3	0.000	6.700	2.650	-	-	-	-	-	-	Engastado
N4	0.000	6.700	0.000	X	X	X	X	X	X	Engastado
N5	0.000	3.350	2.650	-	-	-	-	-	-	Engastado

#### 2.1.2.- Barras

##### 2.1.2.1.- Materiais utilizados

Materiais utilizados							
Material		E	$\nu$	G	$f_y$	$\alpha_t$	$\gamma$
Tipo	Designação	(kgf/cm <sup>2</sup> )		(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(m/m°C)	(t/m <sup>3</sup> )
Aço laminado	A-572 345MPa	2038736.0	0.300	784913.4	3516.8	0.000012	7.850

Notação:  
E: Módulo de elasticidade  
 $\nu$ : Módulo de poisson  
G: Módulo de corte  
 $f_y$ : Limite elástico  
 $\alpha_t$ : Coeficiente de dilatação  
 $\gamma$ : Peso específico

**2.1.2.2.- Descrição**

Descrição											
Material		Barra (Ni/Nf)	Peça (Ni/Nf)	Perfil(Série)	Comprimento (m)			$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designação				Indeformável origem	Deformável	Indeformável extremo				
Aço laminado	A-572 345MPa	N1/N2	N1/N2	W 200 x 31.3 (I)	-	2.392	0.258	1.00	1.00	-	-
		N2/N5	N2/N3	W 250 x 32.7 (I)	0.105	3.245	-	1.00	1.00	-	-
		N5/N3	N2/N3	W 250 x 32.7 (I)	-	3.245	0.105	1.00	1.00	-	-
		N4/N3	N4/N3	W 200 x 31.3 (I)	-	2.392	0.258	1.00	1.00	-	-

**Notação:**  
*Ni: Nó inicial*  
*Nf: Nó final*  
 $\beta_{xy}$ : Coeficiente de flambagem no plano 'XY'  
 $\beta_{xz}$ : Coeficiente de flambagem no plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>: Espaçamento entre travamentos do banzo superior*  
*Lb<sub>Inf.</sub>: Espaçamento entre travamentos do banzo inferior*

**2.1.2.3.- Características mecânicas**

Tipos de peça	
Ref.	Peças
1	N1/N2 e N4/N3
2	N2/N3

Características mecânicas									
Material		Ref.	Descrição	A (cm <sup>2</sup> )	Av <sub>y</sub> (cm <sup>2</sup> )	Av <sub>z</sub> (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designação								
Aço laminado	A-572 345MPa	1	W 200 x 31.3, (I)	40.30	20.50	10.92	3168.00	410.00	12.59
		2	W 250 x 32.7, (I)	42.10	19.93	13.17	4937.00	473.00	10.44

**Notação:**  
*Ref.: Referência*  
*A: Área da seção transversal*  
*Av<sub>y</sub>: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Y'*  
*Av<sub>z</sub>: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Z'*  
*I<sub>yy</sub>: Inércia da seção em torno do eixo local 'Y'*  
*I<sub>zz</sub>: Inércia da seção em torno do eixo local 'Z'*  
*I<sub>t</sub>: Inércia à torção*  
*As características mecânicas das peças correspondem à seção no ponto médio das mesmas.*

**2.1.2.4.- Tabela de ferro**

Tabela de ferro						
Material		Peça (Ni/Nf)	Perfil(Série)	Comprimento (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designação					
Aço laminado	A-572 345MPa	N1/N2	W 200 x 31.3 (I)	2.650	0.011	83.83
		N2/N3	W 250 x 32.7 (I)	6.700	0.028	221.42
		N4/N3	W 200 x 31.3 (I)	2.650	0.011	83.83

**Notação:**  
*Ni: Nó inicial*  
*Nf: Nó final*





# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

## 2.1.2.5.- Tabela resumo

Tabela resumo												
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso		
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A-572 345MPa	I	W 200 x 31.3	5.300	12.000	12.000	0.021	0.050	0.050	167.67	389.09	389.09
			W 250 x 32.7	6.700			0.028			221.42		

## 2.1.2.6.- Quantitativos de superfícies

Aço laminado: Quantitativos das superfícies a pintar				
Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfície (m²)
I	W 200 x 31.3	0.943	5.300	4.999
	W 250 x 32.7	1.088	6.700	7.288
<b>Total</b>				<b>12.287</b>

## 2.2.- Cargas

### 2.2.1.- Barras

Referências:

'P1', 'P2':

- Cargas pontuais, uniformes, em faixa e momentos pontuais: 'P1' é o valor da carga. 'P2' não se utiliza.
- Cargas trapezoidais: 'P1' é o valor da carga no ponto onde começa (L1) e 'P2' é o valor da carga no ponto onde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' é o valor máximo da carga. 'P2' não se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' e 'P2' são os valores da temperatura nas faces exteriores ou paramentais da peça. A orientação da variação do incremento de temperatura sobre a seção transversal dependerá da direção selecionada.

'L1', 'L2':

- Cargas e momentos pontuais: 'L1' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde se aplica a carga. 'L2' não se utiliza.
- Cargas trapezoidais, em faixa, e triangulares: 'L1' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde começa a carga, 'L2' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde termina a carga.

Unidades:

- Cargas concentradas: t
- Momentos pontuais: t.m.
- Cargas uniformes, em faixa, triangulares e trapezoidais: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas em barras										
Barra	Hipótese	Tipo	Valores		Posição		Direção			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Eixos	X	Y	Z
N1/N2	Peso próprio	Uniforme	0.032	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Peso próprio	Uniforme	0.033	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000



Cargas em barras										
Barra	Hipótese	Tipo	Valores		Posição		Direção			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Eixos	X	Y	Z
N2/N5	Peso próprio	Uniforme	0.777	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Revestimento	Uniforme	0.263	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Sobrecarga	Uniforme	0.299	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Acidental	Uniforme	0.299	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N3	Peso próprio	Uniforme	0.033	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N3	Peso próprio	Uniforme	0.777	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N3	Revestimento	Uniforme	0.263	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N3	Sobrecarga	Uniforme	0.299	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N3	Acidental	Uniforme	0.299	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N4/N3	Peso próprio	Uniforme	0.032	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000

## 2.3.- Resultados

### 2.3.1.- Nós

#### 2.3.1.1.- Deslocamentos

Referências:

Dx, Dy, Dz: Deslocamentos dos nós em eixos globais.

Gx, Gy, Gz: Rotações dos nós em eixos globais.

#### 2.3.1.1.1.- Hipótese

Deslocamentos dos nós, por hipóteses/ações							
Referência	Descrição	Deslocamentos em eixos globais					
		Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Acidental	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Peso próprio	0.000	0.336	-0.080	-2.195	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	0.109	-0.026	-0.713	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	0.124	-0.029	-0.810	0.000	0.000
	Acidental	0.000	0.124	-0.029	-0.810	0.000	0.000
N3	Peso próprio	0.000	-0.336	-0.080	2.195	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	-0.109	-0.026	0.713	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	-0.124	-0.029	0.810	0.000	0.000
	Acidental	0.000	-0.124	-0.029	0.810	0.000	0.000
N4	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Acidental	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Peso próprio	0.000	0.000	-8.004	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	0.000	-2.599	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	0.000	-2.954	0.000	0.000	0.000
	Acidental	0.000	0.000	-2.954	0.000	0.000	0.000



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

## 2.3.1.1.2.- Combinações

Deslocamentos dos nós, por combinação								
Referência	Combinação		Deslocamentos em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Deslocamentos	PP+Revestimento	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Deslocamentos	PP+Revestimento	0.000	0.445	-0.106	-2.908	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	0.569	-0.135	-3.718	0.000	0.000
N3	Deslocamentos	PP+Revestimento	0.000	-0.445	-0.106	2.908	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	-0.569	-0.135	3.718	0.000	0.000
N4	Deslocamentos	PP+Revestimento	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Deslocamentos	PP+Revestimento	0.000	0.000	-10.603	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	0.000	-13.557	0.000	0.000	0.000

## 2.3.1.1.3.- Envoltórias

Envoltória dos deslocamentos em nós								
Referência	Combinação		Deslocamentos em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.445	-0.135	-3.718	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.569	-0.106	-2.908	0.000	0.000
N3	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	-0.569	-0.135	2.908	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	-0.445	-0.106	3.718	0.000	0.000
N4	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	-13.557	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	-10.603	0.000	0.000	0.000

## 2.3.1.2.- Reações

Referências:

Rx, Ry, Rz: Reações em nós com deslocamentos restringidos (forças).

Mx, My, Mz: Reações em nós com rotações restringidas (momentos).

### 2.3.1.2.1.- Hipótese

Reações nos nós, por hipóteses/ações							
Referência	Descrição	Reações em eixos globais					
		Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N1	Peso próprio	0.000	1.396	2.797	-1.077	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	0.454	0.881	-0.350	0.000	0.000
	Sobrecarga	0.000	0.515	1.002	-0.398	0.000	0.000
	Acidental	0.000	0.515	1.002	-0.398	0.000	0.000
N4	Peso próprio	0.000	-1.396	2.797	1.077	0.000	0.000
	Revestimento	0.000	-0.454	0.881	0.350	0.000	0.000





Reações nos nós, por hipóteses/ações							
Referência	Descrição	Reações em eixos globais					
		Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
	Sobrecarga	0.000	-0.515	1.002	0.398	0.000	0.000
	Acidental	0.000	-0.515	1.002	0.398	0.000	0.000

### 2.3.1.2.2.- Combinações

Reações nos nós, por combinação								
Referência	Combinação		Reações em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N1	Concreto em fundações	PP+Revestimento	0.000	1.850	3.679	-1.427	0.000	0.000
		1.4·PP+Revestimento	0.000	2.408	4.798	-1.858	0.000	0.000
		PP+1.4·Revestimento	0.000	2.031	4.032	-1.567	0.000	0.000
		1.4·PP+1.4·Revestimento	0.000	2.590	5.151	-1.998	0.000	0.000
		PP+Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	2.571	5.081	-1.984	0.000	0.000
		1.4·PP+Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	3.130	6.200	-2.415	0.000	0.000
		PP+1.4·Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	2.753	5.434	-2.124	0.000	0.000
		1.4·PP+1.4·Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	3.311	6.553	-2.555	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	0.000	2.365	4.681	-1.825	0.000	0.000
		1.2·PP+Revestimento+Acidental	0.000	2.645	5.240	-2.040	0.000	0.000
		PP+1.2·Revestimento+Acidental	0.000	2.456	4.857	-1.895	0.000	0.000
		1.2·PP+1.2·Revestimento+Acidental	0.000	2.735	5.416	-2.110	0.000	0.000
		PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	2.520	4.981	-1.944	0.000	0.000
		1.2·PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	2.799	5.541	-2.160	0.000	0.000
	PP+1.2·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	2.611	5.157	-2.014	0.000	0.000	
	1.2·PP+1.2·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	2.890	5.717	-2.230	0.000	0.000	
	Tensões sobre o terreno	PP+Revestimento	0.000	1.850	3.679	-1.427	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	2.365	4.681	-1.825	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	0.000	2.365	4.681	-1.825	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga+Acidental	0.000	2.881	5.682	-2.223	0.000	0.000
N4	Concreto em fundações	PP+Revestimento	0.000	-1.850	3.679	1.427	0.000	0.000
		1.4·PP+Revestimento	0.000	-2.408	4.798	1.858	0.000	0.000
		PP+1.4·Revestimento	0.000	-2.031	4.032	1.567	0.000	0.000
		1.4·PP+1.4·Revestimento	0.000	-2.590	5.151	1.998	0.000	0.000
		PP+Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	-2.571	5.081	1.984	0.000	0.000
		1.4·PP+Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	-3.130	6.200	2.415	0.000	0.000
		PP+1.4·Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	-2.753	5.434	2.124	0.000	0.000
		1.4·PP+1.4·Revestimento+1.4·Sobrecarga	0.000	-3.311	6.553	2.555	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	0.000	-2.365	4.681	1.825	0.000	0.000
		1.2·PP+Revestimento+Acidental	0.000	-2.645	5.240	2.040	0.000	0.000
		PP+1.2·Revestimento+Acidental	0.000	-2.456	4.857	1.895	0.000	0.000
		1.2·PP+1.2·Revestimento+Acidental	0.000	-2.735	5.416	2.110	0.000	0.000
		PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	-2.520	4.981	1.944	0.000	0.000
		1.2·PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	-2.799	5.541	2.160	0.000	0.000
	PP+1.2·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	-2.611	5.157	2.014	0.000	0.000	
	1.2·PP+1.2·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	0.000	-2.890	5.717	2.230	0.000	0.000	
	Tensões sobre o terreno	PP+Revestimento	0.000	-1.850	3.679	1.427	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga	0.000	-2.365	4.681	1.825	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	0.000	-2.365	4.681	1.825	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Sobrecarga+Acidental	0.000	-2.881	5.682	2.223	0.000	0.000

Nota: As combinações de concreto indicadas são as mesmas utilizadas para verificar o estado limite de equilíbrio na fundação.



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

## 2.3.1.2.3.- Envoltórias

Envoltórias das reações em nós								
Referência	Combinação		Reações em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N1	Concreto em fundações	Valor mínimo da envoltória	0.000	1.850	3.679	-2.555	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	3.311	6.553	-1.427	0.000	0.000
	Tensões sobre o terreno	Valor mínimo da envoltória	0.000	1.850	3.679	-2.223	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	2.881	5.682	-1.427	0.000	0.000
N4	Concreto em fundações	Valor mínimo da envoltória	0.000	-3.311	3.679	1.427	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	-1.850	6.553	2.555	0.000	0.000
	Tensões sobre o terreno	Valor mínimo da envoltória	0.000	-2.881	3.679	1.427	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	-1.850	5.682	2.223	0.000	0.000

Nota: As combinações de concreto indicadas são as mesmas utilizadas para verificar o estado limite de equilíbrio na fundação.

## 2.3.2.- Barras

### 2.3.2.1.- Esforços

Referências:

N: Esforço axial (t)

Vy: Esforço cortante segundo o eixo local Y da barra. (t)

Vz: Esforço cortante segundo o eixo local Z da barra. (t)

Mt: Momento torsor (t·m)

My: Momento fletor no plano 'XZ' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Y' da barra). (t·m)

Mz: Momento fletor no plano 'XY' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Z' da barra). (t·m)

#### 2.3.2.1.1.- Hipótese

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m	
N1/N2	Peso próprio	N	-2.797	-2.785	-2.779	-2.766	-2.760	-2.747	-2.741	-2.728	-2.722	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-1.077	-0.521	-0.242	0.314	0.593	1.149	1.428	1.984	2.263	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	N	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		My	-0.350	-0.169	-0.079	0.102	0.193	0.373	0.464	0.645	0.735	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Sobrecarga	N	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		My	-0.398	-0.192	-0.089	0.116	0.219	0.424	0.527	0.732	0.835	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Acidental	N	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	



Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
		Vz	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.398	-0.192	-0.089	0.116	0.219	0.424	0.527	0.732	0.835
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.105 m	0.511 m	0.916 m	1.322 m	1.728 m	2.133 m	2.539 m	2.944 m	3.350 m
N2/N5	Peso próprio	N	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.629	-2.300	-1.971	-1.643	-1.314	-0.986	-0.657	-0.329	0.000
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-2.162	-1.163	-0.296	0.437	1.036	1.503	1.836	2.036	2.103
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	N	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.854	-0.747	-0.640	-0.534	-0.427	-0.320	-0.213	-0.107	0.000
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.702	-0.378	-0.096	0.142	0.337	0.488	0.596	0.661	0.683
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	N	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.970	-0.849	-0.728	-0.606	-0.485	-0.364	-0.243	-0.121	0.000
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.798	-0.429	-0.109	0.161	0.383	0.555	0.678	0.751	0.776
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Acidental	N	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.970	-0.849	-0.728	-0.606	-0.485	-0.364	-0.243	-0.121	0.000
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.798	-0.429	-0.109	0.161	0.383	0.555	0.678	0.751	0.776
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.406 m	0.811 m	1.217 m	1.623 m	2.028 m	2.434 m	2.839 m	3.245 m
N5/N3	Peso próprio	N	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396	-1.396
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.329	0.657	0.986	1.314	1.643	1.971	2.300	2.629
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	2.103	2.036	1.836	1.503	1.036	0.437	-0.296	-1.163	-2.162
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	N	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454	-0.454
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.107	0.213	0.320	0.427	0.534	0.640	0.747	0.854
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.683	0.661	0.596	0.488	0.337	0.142	-0.096	-0.378	-0.702
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	N	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000





# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.000 m	0.406 m	0.811 m	1.217 m	1.623 m	2.028 m	2.434 m	2.839 m	3.245 m	
		Vz	0.000	0.121	0.243	0.364	0.485	0.606	0.728	0.849	0.970	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		My	0.776	0.751	0.678	0.555	0.383	0.161	-0.109	-0.429	-0.798	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Acidental	N	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515	-0.515
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz		0.000	0.121	0.243	0.364	0.485	0.606	0.728	0.849	0.970	
	Mt		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	My		0.776	0.751	0.678	0.555	0.383	0.161	-0.109	-0.429	-0.798	
	Mz		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
N4/N3	Peso próprio	N	-2.797	-2.785	-2.779	-2.766	-2.760	-2.747	-2.741	-2.728	-2.722
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	1.077	0.521	0.242	-0.314	-0.593	-1.149	-1.428	-1.984	-2.263
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Revestimento	N	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881	-0.881
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.350	0.169	0.079	-0.102	-0.193	-0.373	-0.464	-0.645	-0.735
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sobrecarga	N	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.398	0.192	0.089	-0.116	-0.219	-0.424	-0.527	-0.732	-0.835
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Acidental	N	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002	-1.002
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.398	0.192	0.089	-0.116	-0.219	-0.424	-0.527	-0.732	-0.835
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

## 2.3.2.1.2.- Combinações

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m	
N1/N2	Aço laminado	PP+Revestimento	N	-3.679	-3.666	-3.660	-3.647	-3.641	-3.629	-3.622	-3.610	-3.603	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	-1.427	-0.690	-0.321	0.416	0.785	1.523	1.891	2.629	2.998	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	1.5-PP+Revestimento			N	-5.078	-5.059	-5.049	-5.030	-5.021	-5.002	-4.993	-4.974	-4.964
				Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
				Vz	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548



Esforços em barras, por combinação														
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra										
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-1.966	-0.950	-0.442	0.574	1.082	2.097	2.605	3.621	4.129		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.5·Revestimento	N	-4.120	-4.107	-4.101	-4.088	-4.082	-4.069	-4.063	-4.050	-4.044		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-1.602	-0.774	-0.360	0.468	0.882	1.709	2.123	2.951	3.365		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		1.5·PP+1.5·Revestimento	N	-5.518	-5.500	-5.490	-5.471	-5.462	-5.443	-5.433	-5.414	-5.405		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.141	-1.035	-0.481	0.625	1.178	2.284	2.837	3.943	4.497		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		PP+Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-5.181	-5.169	-5.163	-5.150	-5.144	-5.131	-5.125	-5.112	-5.106		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.024	-0.978	-0.455	0.591	1.113	2.159	2.682	3.728	4.251		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		1.5·PP+Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-6.580	-6.561	-6.552	-6.533	-6.523	-6.504	-6.495	-6.476	-6.467		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.562	-1.238	-0.576	0.748	1.410	2.734	3.396	4.720	5.382		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-5.622	-5.610	-5.603	-5.591	-5.584	-5.572	-5.565	-5.553	-5.546		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.199	-1.063	-0.494	0.642	1.210	2.346	2.914	4.050	4.618		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-7.021	-7.002	-6.993	-6.974	-6.964	-6.945	-6.936	-6.917	-6.907		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.737	-1.323	-0.616	0.799	1.506	2.920	3.628	5.042	5.749		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		PP+Revestimento+Acidental	N	-4.681	-4.668	-4.662	-4.649	-4.643	-4.630	-4.624	-4.611	-4.605		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-1.825	-0.882	-0.410	0.533	1.004	1.947	2.418	3.361	3.833		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		1.3·PP+Revestimento+Acidental	N	-5.520	-5.503	-5.495	-5.479	-5.471	-5.454	-5.446	-5.430	-5.421		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.148	-1.038	-0.483	0.627	1.182	2.292	2.847	3.957	4.512		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		PP+1.3·Revestimento+Acidental	N	-4.945	-4.932	-4.926	-4.914	-4.907	-4.895	-4.888	-4.876	-4.869		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-1.930	-0.933	-0.434	0.563	1.062	2.059	2.558	3.555	4.053		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		1.3·PP+1.3·Revestimento+Acidental	N	-5.784	-5.768	-5.760	-5.743	-5.735	-5.719	-5.711	-5.694	-5.686		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-2.253	-1.089	-0.507	0.657	1.240	2.404	2.986	4.150	4.732		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-4.981	-4.968	-4.962	-4.950	-4.943	-4.931	-4.924	-4.912	-4.905		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			My	-1.944	-0.940	-0.437	0.567	1.070	2.074	2.577	3.581	4.083		



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m	
	1.3-PP+Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-2.267	-1.096	-0.510	0.662	1.247	2.419	3.005	4.177	4.762		
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		N	-5.820	-5.804	-5.796	-5.779	-5.771	-5.755	-5.747	-5.730	-5.722		
	PP+1.3-Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-5.246	-5.233	-5.227	-5.214	-5.208	-5.195	-5.189	-5.176	-5.170		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		My	-2.049	-0.990	-0.461	0.598	1.127	2.186	2.716	3.775	4.304		
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	1.3-PP+1.3-Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-6.085	-6.068	-6.060	-6.044	-6.036	-6.019	-6.011	-5.995	-5.986		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		My	-2.372	-1.146	-0.534	0.692	1.305	2.531	3.144	4.370	4.983		
Mz		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Esforços em barras, por combinação														
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra										
	Tipo	Descrição		0.105 m	0.511 m	0.916 m	1.322 m	1.728 m	2.133 m	2.539 m	2.944 m	3.350 m		
N2/N5	Aço laminado	PP+Revestimento	N	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-3.482	-3.047	-2.612	-2.177	-1.741	-1.306	-0.871	-0.435	0.000		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	-2.865	-1.541	-0.393	0.578	1.373	1.991	2.432	2.697	2.785		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		1.5-PP+Revestimento	N	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-4.797	-4.197	-3.598	-2.998	-2.398	-1.799	-1.199	-0.600	0.000	0.000	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	-3.946	-2.122	-0.541	0.797	1.891	2.742	3.350	3.715	3.837		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		PP+1.5-Revestimento	N	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	-2.077	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-3.909	-3.421	-2.932	-2.443	-1.955	-1.466	-0.977	-0.489	0.000	0.000	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	-3.216	-1.729	-0.441	0.649	1.541	2.235	2.730	3.028	3.127		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		1.5-PP+1.5-Revestimento	N	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	-2.775	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-5.224	-4.571	-3.918	-3.265	-2.612	-1.959	-1.306	-0.653	0.000	0.000	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	-4.297	-2.311	-0.589	0.868	2.059	2.986	3.648	4.046	4.178		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
PP+Revestimento+1.5-Sobrecarga	N	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623	-2.623			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	-4.938	-4.321	-3.703	-3.086	-2.469	-1.852	-1.234	-0.617	0.000	0.000			
	Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	My	-4.062	-2.184	-0.557	0.820	1.947	2.823	3.449	3.824	3.950				
	Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.5-PP+Revestimento+1.5-Sobrecarga	N	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321	-3.321			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	-6.252	-5.471	-4.689	-3.908	-3.126	-2.345	-1.563	-0.782	0.000	0.000			
	Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	My	-5.143	-2.766	-0.705	1.038	2.465	3.574	4.367	4.842	5.001				
	Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
PP+1.5-Revestimento+1.5-Sobrecarga	N	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850	-2.850			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	-5.365	-4.694	-4.024	-3.353	-2.682	-2.012	-1.341	-0.671	0.000	0.000			
	Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	My	-4.413	-2.373	-0.605	0.891	2.115	3.067	3.747	4.155	4.291				
	Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.5-PP+1.5-Revestimento+1.5-Sobrecarga	N	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			





Esforços em barras, por combinação												
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra								
	Tipo	Descrição		0.105 m	0.511 m	0.916 m	1.322 m	1.728 m	2.133 m	2.539 m	2.944 m	3.350 m
			Vz	-6.679	-5.844	-5.009	-4.174	-3.340	-2.505	-1.670	-0.835	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-5.494	-2.955	-0.753	1.109	2.633	3.818	4.665	5.173	5.342
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	N	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365	-2.365
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-4.453	-3.896	-3.340	-2.783	-2.226	-1.670	-1.113	-0.557	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-3.663	-1.970	-0.502	0.739	1.755	2.546	3.110	3.449	3.562
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3·PP+Revestimento+Acidental	N	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784	-2.784
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-5.241	-4.586	-3.931	-3.276	-2.621	-1.965	-1.310	-0.655	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-4.312	-2.319	-0.591	0.870	2.066	2.996	3.661	4.059	4.192
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.3·Revestimento+Acidental	N	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501	-2.501
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-4.709	-4.120	-3.532	-2.943	-2.354	-1.766	-1.177	-0.589	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-3.874	-2.083	-0.531	0.782	1.856	2.692	3.289	3.647	3.766
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3·PP+1.3·Revestimento+Acidental	N	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920	-2.920
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-5.497	-4.810	-4.123	-3.436	-2.749	-2.062	-1.374	-0.687	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-4.522	-2.432	-0.620	0.913	2.167	3.143	3.840	4.258	4.397
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520	-2.520
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-4.744	-4.151	-3.558	-2.965	-2.372	-1.779	-1.186	-0.593	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-3.902	-2.098	-0.535	0.788	1.870	2.712	3.313	3.674	3.794
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3·PP+Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939	-2.939
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-5.532	-4.841	-4.149	-3.458	-2.766	-2.075	-1.383	-0.692	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-4.551	-2.447	-0.624	0.919	2.181	3.163	3.864	4.285	4.425
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.3·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-5.000	-4.375	-3.750	-3.125	-2.500	-1.875	-1.250	-0.625	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-4.113	-2.212	-0.564	0.830	1.971	2.858	3.492	3.872	3.999
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3·PP+1.3·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-5.788	-5.065	-4.341	-3.618	-2.894	-2.171	-1.447	-0.724	0.000
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-4.762	-2.561	-0.653	0.961	2.282	3.309	4.043	4.483	4.630
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por combinação												
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra								
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.406 m	0.811 m	1.217 m	1.623 m	2.028 m	2.434 m	2.839 m	3.245 m
N5/N3	Aço laminado	PP+Revestimento	N	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.435	0.871	1.306	1.741	2.177	2.612	3.047	3.482
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.785	2.697	2.432	1.991	1.373	0.578	-0.393	-1.541	-2.865
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.5·PP+Revestimento	N	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548	-2.548
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.600	1.199	1.799	2.398	2.998	3.598	4.197	4.797
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	3.837	3.715	3.350	2.742	1.891	0.797	-0.541	-2.122	-3.946





Esforços em barras, por combinação																	
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra													
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.406 m	0.811 m	1.217 m	1.623 m	2.028 m	2.434 m	2.839 m	3.245 m					
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			Vz	0.000	0.692	1.383	2.075	2.766	3.458	4.149	4.841	5.532					
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	4.425	4.285	3.864	3.163	2.181	0.919	-0.624	-2.447	-4.551					
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			PP+1.3·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656	-2.656
				Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
				Vz	0.000	0.625	1.250	1.875	2.500	3.125	3.750	4.375	5.000				
				Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
				My	3.999	3.872	3.492	2.858	1.971	0.830	-0.564	-2.212	-4.113				
				Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			1.3·PP+1.3·Revestimento+0.3·Sobrecarga+Acidental	N	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075	-3.075
				Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
				Vz	0.000	0.724	1.447	2.171	2.894	3.618	4.341	5.065	5.788				
				Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	My	4.630		4.483	4.043	3.309	2.282	0.961	-0.653	-2.561	-4.762						
	Mz	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Esforços em barras, por combinação														
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra										
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m		
N4/N3	Aço laminado	PP+Revestimento	N	-3.679	-3.666	-3.660	-3.647	-3.641	-3.629	-3.622	-3.610	-3.603		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	1.427	0.690	0.321	-0.416	-0.785	-1.523	-1.891	-2.629	-2.998		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		1.5·PP+Revestimento	N	-5.078	-5.059	-5.049	-5.030	-5.021	-5.002	-4.993	-4.974	-4.964		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	2.548	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	1.966	0.950	0.442	-0.574	-1.082	-2.097	-2.605	-3.621	-4.129		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		PP+1.5·Revestimento	N	-4.120	-4.107	-4.101	-4.088	-4.082	-4.069	-4.063	-4.050	-4.044		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	2.077	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	1.602	0.774	0.360	-0.468	-0.882	-1.709	-2.123	-2.951	-3.365		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		1.5·PP+1.5·Revestimento	N	-5.518	-5.500	-5.490	-5.471	-5.462	-5.443	-5.433	-5.414	-5.405		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	2.775	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	2.141	1.035	0.481	-0.625	-1.178	-2.284	-2.837	-3.943	-4.497		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		PP+Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-5.181	-5.169	-5.163	-5.150	-5.144	-5.131	-5.125	-5.112	-5.106		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	2.623	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	2.024	0.978	0.455	-0.591	-1.113	-2.159	-2.682	-3.728	-4.251		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		1.5·PP+Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-6.580	-6.561	-6.552	-6.533	-6.523	-6.504	-6.495	-6.476	-6.467		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	3.321	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	2.562	1.238	0.576	-0.748	-1.410	-2.734	-3.396	-4.720	-5.382		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-5.622	-5.610	-5.603	-5.591	-5.584	-5.572	-5.565	-5.553	-5.546		
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	2.199	1.063	0.494	-0.642	-1.210	-2.346	-2.914	-4.050	-4.618		
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga	N	-7.021	-7.002	-6.993	-6.974	-6.964	-6.945	-6.936	-6.917	-6.907				
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548			
	Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			





# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Esforços em barras, por combinação												
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra								
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
			My	2.737	1.323	0.616	-0.799	-1.506	-2.920	-3.628	-5.042	-5.749
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+Acidental	N	-4.681	-4.668	-4.662	-4.649	-4.643	-4.630	-4.624	-4.611	-4.605
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	1.825	0.882	0.410	-0.533	-1.004	-1.947	-2.418	-3.361	-3.833
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3-PP+Revestimento+Acidental	N	-5.520	-5.503	-5.495	-5.479	-5.471	-5.454	-5.446	-5.430	-5.421
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.148	1.038	0.483	-0.627	-1.182	-2.292	-2.847	-3.957	-4.512
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.3-Revestimento+Acidental	N	-4.945	-4.932	-4.926	-4.914	-4.907	-4.895	-4.888	-4.876	-4.869
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501	2.501
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	1.930	0.933	0.434	-0.563	-1.062	-2.059	-2.558	-3.555	-4.053
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3-PP+1.3-Revestimento+Acidental	N	-5.784	-5.768	-5.760	-5.743	-5.735	-5.719	-5.711	-5.694	-5.686
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.253	1.089	0.507	-0.657	-1.240	-2.404	-2.986	-4.150	-4.732
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-4.981	-4.968	-4.962	-4.950	-4.943	-4.931	-4.924	-4.912	-4.905
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.520	2.520	2.520	2.520	2.520	2.520	2.520	2.520	2.520
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	1.944	0.940	0.437	-0.567	-1.070	-2.074	-2.577	-3.581	-4.083
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3-PP+Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-5.820	-5.804	-5.796	-5.779	-5.771	-5.755	-5.747	-5.730	-5.722
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.939	2.939	2.939	2.939	2.939	2.939	2.939	2.939	2.939
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.267	1.096	0.510	-0.662	-1.247	-2.419	-3.005	-4.177	-4.762
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.3-Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-5.246	-5.233	-5.227	-5.214	-5.208	-5.195	-5.189	-5.176	-5.170
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	2.656	2.656	2.656	2.656	2.656	2.656	2.656	2.656	2.656
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.049	0.990	0.461	-0.598	-1.127	-2.186	-2.716	-3.775	-4.304
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.3-PP+1.3-Revestimento+0.3-Sobrecarga+Acidental	N	-6.085	-6.068	-6.060	-6.044	-6.036	-6.019	-6.011	-5.995	-5.986
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	2.372	1.146	0.534	-0.692	-1.305	-2.531	-3.144	-4.370	-4.983
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

## 2.3.2.1.3.- Envoltórias

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
N1/N2	Aço laminado	N <sub>mín</sub>	-7.021	-7.002	-6.993	-6.974	-6.964	-6.945	-6.936	-6.917	-6.907
		N <sub>máx</sub>	-3.679	-3.666	-3.660	-3.647	-3.641	-3.629	-3.622	-3.610	-3.603
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548
		Vz <sub>máx</sub>	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850
		Mt <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
		My <sub>mín</sub>	-2.737	-1.323	-0.616	0.416	0.785	1.523	1.891	2.629	2.998
		My <sub>máx</sub>	-1.427	-0.690	-0.321	0.799	1.506	2.920	3.628	5.042	5.749
		Mz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.105 m	0.511 m	0.916 m	1.322 m	1.728 m	2.133 m	2.539 m	2.944 m	3.350 m	
N2/N5	Aço laminado	N <sub>mín</sub>	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548
		N <sub>máx</sub>	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	-6.679	-5.844	-5.009	-4.174	-3.340	-2.505	-1.670	-0.835	0.000	
		Vz <sub>máx</sub>	-3.482	-3.047	-2.612	-2.177	-1.741	-1.306	-0.871	-0.435	0.000	
		Mt <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My <sub>mín</sub>	-5.494	-2.955	-0.753	0.578	1.373	1.991	2.432	2.697	2.785	
		My <sub>máx</sub>	-2.865	-1.541	-0.393	1.109	2.633	3.818	4.665	5.173	5.342	
		Mz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.000 m	0.406 m	0.811 m	1.217 m	1.623 m	2.028 m	2.434 m	2.839 m	3.245 m	
N5/N3	Aço laminado	N <sub>mín</sub>	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548	-3.548
		N <sub>máx</sub>	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850	-1.850
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	0.000	0.435	0.871	1.306	1.741	2.177	2.612	3.047	3.482	
		Vz <sub>máx</sub>	0.000	0.835	1.670	2.505	3.340	4.174	5.009	5.844	6.679	
		Mt <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My <sub>mín</sub>	2.785	2.697	2.432	1.991	1.373	0.578	-0.753	-2.955	-5.494	
		My <sub>máx</sub>	5.342	5.173	4.665	3.818	2.633	1.109	-0.393	-1.541	-2.865	
		Mz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
N4/N3	Aço laminado	N <sub>mín</sub>	-7.021	-7.002	-6.993	-6.974	-6.964	-6.945	-6.936	-6.917	-6.907
		N <sub>máx</sub>	-3.679	-3.666	-3.660	-3.647	-3.641	-3.629	-3.622	-3.610	-3.603
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850
		Vz <sub>máx</sub>	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548	3.548
		Mt <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My <sub>mín</sub>	1.427	0.690	0.321	-0.799	-1.506	-2.920	-3.628	-5.042	-5.749
		My <sub>máx</sub>	2.737	1.323	0.616	-0.416	-0.785	-1.523	-1.891	-2.629	-2.998



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.399 m	0.598 m	0.997 m	1.196 m	1.595 m	1.794 m	2.193 m	2.392 m
		Mz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

## 2.3.2.2.- Resistência

Referências:

N: Esforço axial (t)

V<sub>y</sub>: Esforço cortante segundo o eixo local Y da barra. (t)

V<sub>z</sub>: Esforço cortante segundo o eixo local Z da barra. (t)

M<sub>t</sub>: Momento torsor (t·m)

M<sub>y</sub>: Momento fletor no plano 'XZ' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Y' da barra). (t·m)

M<sub>z</sub>: Momento fletor no plano 'XY' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Z' da barra). (t·m)

Os esforços indicados são os correspondentes à combinação desfavorável, ou seja, aquela que solicita a máxima resistência da seção.

Origem dos esforços desfavoráveis:

- G: Verticais
- GV: Verticais + vento
- GSis: Verticais + sismo
- GVSis: Verticais + vento + sismo

$\eta$ : Aproveitamento da resistência. A barra cumpre as condições de resistência da Norma se cumprir que  $\eta \leq 100\%$ .

Verificação de resistência										
Barra	$\eta$ (%)	Posição (m)	Esforços desfavoráveis						Origem	Estado
			N (t)	V <sub>y</sub> (t)	V <sub>z</sub> (t)	M <sub>t</sub> (t·m)	M <sub>y</sub> (t·m)	M <sub>z</sub> (t·m)		
N1/N2	57.55	2.392	-6.907	0.000	-3.548	0.000	5.749	0.000	G	Passa
N2/N5	42.86	0.105	-3.548	0.000	-6.679	0.000	-5.494	0.000	G	Passa
N5/N3	42.86	3.245	-3.548	0.000	6.679	0.000	-5.494	0.000	G	Passa
N4/N3	57.55	2.392	-6.907	0.000	3.548	0.000	-5.749	0.000	G	Passa

## 2.3.2.3.- Flechas

Referências:

Pos.: Valor da coordenada sobre o eixo 'X' local do grupo de flecha no ponto onde se produz o valor péssimo da flecha.

L.: Distância entre dois pontos de corte consecutivos da deformada com a reta que une os nós extremos do grupo de flecha.

Flechas					
Grupo	Flecha máxima absoluta xy	Flecha máxima absoluta xz	Flecha ativa absoluta xy	Flecha ativa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy	Flecha máxima relativa xz	Flecha ativa relativa xy	Flecha ativa relativa xz	





	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N2	0.000	0.00	1.595	1.30	0.000	0.00	1.595	0.28
	-	L/(>1000)	1.595	L/(>1000)	-	L/(>1000)	1.595	L/(>1000)
N2/N3	0.000	0.00	3.245	13.03	0.000	0.00	3.245	2.84
	-	L/(>1000)	3.245	L/498.0	-	L/(>1000)	3.245	L/(>1000)
N4/N3	0.000	0.00	1.595	1.30	0.000	0.00	1.595	0.28
	-	L/(>1000)	1.595	L/(>1000)	-	L/(>1000)	1.595	L/(>1000)

**2.3.2.4.- Verificações E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N2

Perfil: W 200 x 31.3							
Material: Aço (A-572 345MPa)							
Nós	Comprimento (m)		Características mecânicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N1	N2	2.650	40.30	3168.00	410.00	12.59	
Notas: ( <sup>1</sup> ) Inércia em relação ao eixo indicado ( <sup>2</sup> ) Momento de inércia à torção uniforme							
	Flambagem		Flambagem lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	2.650	2.650	0.000	0.000			
C <sub>b</sub>	-		1.000				
Notação: β: Coeficiente de flambagem L <sub>K</sub> : Comprimento de flambagem (m) C <sub>b</sub> : 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 comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : 83.1 ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ<sub>x</sub> : 29.9λ<sub>y</sub> : 83.1

Sendo:

**K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.**K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub>** : 2.650 m**K<sub>y</sub>·L<sub>y</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.**K<sub>y</sub>·L<sub>y</sub>** : 2.650 m**r<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>**: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.**r<sub>x</sub>** : 8.87 cm**r<sub>y</sub>** : 3.19 cm**Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)**



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

## **Resistência à compressão** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.090} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações  $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{Revestimento} + 1.5 \cdot \text{Sobrecarga}$ .

$N_{c,sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : \underline{7.021} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo,  $N_{c,Rd}$ , deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{77.762} \text{ t}$$

Onde:

$\chi$ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.604}$$

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{40.30} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

## **Fator de redução $\chi$** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.604}$$

Onde:

$\lambda_0$ : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{1.098}$$

Sendo:

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{40.30} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$N_e$ : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{117.477} \text{ t}$$

## **Força axial de flambagem elástica** (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica,  $N_e$ , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{117.477} \text{ t}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:



$$N_{ex} : \underline{907.725} \text{ t}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$I_x$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.650} \text{ m}$$

$$I_x : \underline{3168.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} : \underline{117.477} \text{ t}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$I_y$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.650} \text{ m}$$

$$I_y : \underline{410.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$ : Comprimento de flambagem por torção.

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$C_w$ : Constante de empenamento da seção transversal.

$G$ : Módulo de elasticidade transversal do aço.

$J$ : Constante de torção da seção transversal.

$r_0$ : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000} \text{ m}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_w : \underline{40822.00} \text{ cm}^6$$

$$G : \underline{784913} \text{ kgf/cm}^2$$

$$J : \underline{12.59} \text{ cm}^4$$

$$r_0 : \underline{9.42} \text{ cm}$$

Onde:

$r_x, r_y$ : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$X_0, Y_0$ : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{8.87} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.19} \text{ cm}$$

$$X_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

#### Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$6.57 \leq 13.48$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{6.57}$$





# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Onde:

**b**: Largura.

**b**: 67.00 mm

**t**: Espessura.

**t**: 10.20 mm

**(b/t)<sub>lim</sub>**: Relação limite entre largura e espessura.

**(b/t)<sub>lim</sub>**: 13.48

Onde:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E**: 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>**: 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

**29.62** ≤ **35.87**

Sendo:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

**(b/t)**: 29.62

Onde:

**b**: Largura.

**b**: 189.60 mm

**t**: Espessura.

**t**: 6.40 mm

**(b/t)<sub>lim</sub>**: Relação limite entre largura e espessura.

**(b/t)<sub>lim</sub>**: 35.87

Onde:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E**: 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>**: 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

## Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$\eta$ : 0.531 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.392 m do nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**M<sub>sd</sub><sup>+</sup>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

**M<sub>sd</sub><sup>+</sup>**: 5.749 t·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

**29.63** ≤ **137.24**

Onde:

$\lambda$ : 29.62

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

**h**: 189.60 mm



$t_w$ : Espessura da alma.

$t_w$  : 6.40 mm

$\lambda_r$  : 137.24

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$E$  : 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

O momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$M_{Rd}$  : 10.825 t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$M_{Rd}$  : 14.469 t·m

Onde:

$W_x$ : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$W_x$  : 301.71 cm<sup>3</sup>

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$\gamma_{a1}$  : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

**6.57 ≤ 9.15**

$M_{Rd}$  : 10.825 t·m

Onde:

$\lambda$  : 6.57

Sendo:

$b_f$ : Largura da mesa comprimida.

$b_f$  : 134.00 mm

$t_f$ : Espessura da mesa comprimida.

$t_f$  : 10.20 mm

$\lambda_p$  : 9.15

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$E$  : 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

$M_{pl}$  : 11.908 t

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástico.

$Z_x$  : 338.60 cm<sup>3</sup>

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$\gamma_{a1}$  : 1.10



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$29.62 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} : \underline{10.825} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{29.62}$$

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{189.60} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{11.908} \text{ t}$$

Onde:

**Z<sub>x</sub>**: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{338.60} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

## **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

## **Resistência ao esforço cortante X** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

## **Resistência ao esforço cortante Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.138} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.





$V_{Sd}$ : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.  
A força cortante resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , é determinada pela expressão:

$$V_{Sd} : \underline{3.548} \text{ t}$$

$$29.62 \leq 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{25.781} \text{ t}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{29.62}$$

Sendo:

$h$ : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{189.60} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

$k_v$ : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{28.360} \text{ t}$$

Sendo:

$A_w$ : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{13.44} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{210.00} \text{ mm}$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

### **Resistência ao esforço axial e flexão combinados** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.576} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.392 m do nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

$N_{c,Sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,Sd} : \underline{6.907} \text{ t}$$

$M_{x,Sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{5.749} \text{ t}\cdot\text{m}$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

$M_{y,sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$M_{y,sd}^-$  : 0.000 t·m

**0.089 < 0.200**

$\eta$  : 0.576

Onde:

$N_{c,Rd}$ : Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$N_{c,Rd}$  : 77.762 t

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$ : Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$M_{x,Rd}$  : 10.825 t·m

$M_{y,Rd}$  : 2.592 t·m

## **Resistência à torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

## **Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

## **Resistência a interações de esforços e momento de torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.



Barra N2/N5

Perfil: W 250 x 32.7						
Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós	Comprimento (m)	Características mecânicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N2	N5	3.350	42.10	4937.00	473.00	10.44
Notas: <sup>(1)</sup> Inércia em relação ao eixo indicado <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral		
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>k</sub>		3.350	3.350	0.000	0.000	
C <sub>b</sub>		-		1.000		
Notação: β: Coeficiente de flambagem L <sub>k</sub> : Comprimento de flambagem (m) C <sub>b</sub> : 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 comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : 99.9 ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ<sub>x</sub> : 30.9λ<sub>y</sub> : 99.9

Sendo:

K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub> : 3.350 mK<sub>y</sub>·L<sub>y</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.K<sub>y</sub>·L<sub>y</sub> : 3.350 mr<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.r<sub>x</sub> : 10.83 cmr<sub>y</sub> : 3.35 cm**Resistência à tração** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

**Resistência à compressão** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : 0.055 ✓





# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações  $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{Revestimento} + 1.5 \cdot \text{Sobrecarga}$ .

$N_{c,sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : \underline{3.548} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo,  $N_{c,Rd}$ , deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{64.382} \text{ t}$$

Onde:

$\chi$ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.490}$$

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{0.976}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{42.10} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

**Fator de redução  $\chi$ :** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.490}$$

Onde:

$\lambda_0$ : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{1.305}$$

Sendo:

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{0.976}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{42.10} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$N_e$ : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{84.807} \text{ t}$$

**Força axial de flambagem elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica,  $N_e$ , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{84.807} \text{ t}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} : \underline{885.185} \text{ t}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{3.350} \text{ m}$$

$I_x$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{4937.00} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:



$$N_{ey} : \underline{84.807} \text{ t}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$I_y$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$K_y \cdot L_y : \underline{3.350} \text{ m}$$

$$I_y : \underline{473.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$ : Comprimento de flambagem por torção.

E: Módulo de elasticidade do aço.

$C_w$ : Constante de empenamento da seção transversal.

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

J: Constante de torção da seção transversal.

$r_0$ : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000} \text{ m}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_w : \underline{73104.00} \text{ cm}^6$$

$$G : \underline{784913} \text{ kgf/cm}^2$$

$$J : \underline{10.44} \text{ cm}^4$$

$$r_0 : \underline{11.34} \text{ cm}$$

Onde:

$r_x, r_y$ : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$X_0, Y_0$ : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{10.83} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.35} \text{ cm}$$

$$X_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

#### Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

As barras submetidas a força axial de compressão, nas quais os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) maiores que os valores limite dados na Tabela F.1, têm o fator de redução total Q dado por:

$$Q : \underline{0.976}$$

Onde:

$Q_s$ : Fator de redução que tem em conta a flambagem local dos elementos AL. Quando existem dois ou mais elementos AL com fatores de redução  $Q_s$  diferentes, adota-se o menor destes fatores.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$Q_s : \underline{1.000}$$

$$8.02 \leq 13.48$$

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{8.02}$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Onde:

<b>b</b> : Largura.	<b>b</b> : <u>73.00</u> mm
<b>t</b> : Espessura.	<b>t</b> : <u>9.10</u> mm
<b>E</b> : Módulo de elasticidade do aço.	<b>E</b> : <u>2038736</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> : Resistência ao escoamento do aço.	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>3516.82</u> kgf/cm <sup>2</sup>

**Q<sub>a</sub>**: Fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.

$$Q_a : \underline{0.976}$$

Sendo:

<b>A<sub>g</sub></b> : Área bruta da seção transversal da barra.	<b>A<sub>g</sub></b> : <u>42.10</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>ef</sub></b> : Área efetiva da seção transversal da barra.	<b>A<sub>ef</sub></b> : <u>41.09</u> cm <sup>2</sup>

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$39.31 > 35.87$$

$$b_{ef} : \underline{223.27} \text{ mm}$$

Sendo:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{39.31}$$

Onde:

<b>b</b> : Largura.	<b>b</b> : <u>239.80</u> mm
<b>t</b> : Espessura.	<b>t</b> : <u>6.10</u> mm
<b>E</b> : Módulo de elasticidade do aço.	<b>E</b> : <u>2038736</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> : Resistência ao escoamento do aço.	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>3516.82</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>C<sub>a</sub></b> : Coeficiente para elementos que não sejam mesas ou almas de seções tubulares retangulares.	<b>C<sub>a</sub></b> : <u>0.34</u>

## Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.105 m do nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**M<sub>sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{5.494} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$39.31 \leq 137.24$$





Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{239.80} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{6.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{18.354} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

**W<sub>x</sub>**: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$\mathbf{W_x} : \underline{382.71} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\mathbf{8.02} \leq \mathbf{9.15}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{8.02}$$

Sendo:

**b<sub>f</sub>**: Largura da mesa comprimida.

$$\mathbf{b_f} : \underline{146.00} \text{ mm}$$

**t<sub>f</sub>**: Espessura da mesa comprimida.

$$\mathbf{t_f} : \underline{9.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

$$M_{pl} : \underline{15.070} \text{ t}$$

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástica.

$$Z_x : \underline{428.50} \text{ cm}^3$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$39.31 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

$h$ : Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{239.80} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{15.070} \text{ t}$$

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástica.

$$Z_x : \underline{428.50} \text{ cm}^3$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

## **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

## **Resistência ao esforço cortante X** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

## **Resistência ao esforço cortante Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.221} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.105 m do nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

$V_{Sd}$ : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.  
A força cortante resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , é determinada pela expressão:

$$V_{Sd} : \underline{6.679} \quad t$$

$$39.31 \leq 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{30.190} \quad t$$

Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

$h$ : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{239.80} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.10} \quad \text{mm}$$

$$\lambda_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

$k_v$ : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \quad \text{kgf/cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \quad \text{kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{33.209} \quad t$$

Sendo:

$A_w$ : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{15.74} \quad \text{cm}^2$$

$d$ : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{258.00} \quad \text{mm}$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

### **Resistência ao esforço axial e flexão combinados** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.429} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.105 m do nó N2, para a combinação de ações  $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{Revestimento} + 1.5 \cdot \text{Sobrecarga}$ .

$N_{c,Sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,Sd} : \underline{3.548 \text{ t}}$$

$M_{x,Sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{5.494 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$M_{y,Sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd} : \underline{0.000 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$0.055 < 0.200$$

$$\eta : \underline{0.429}$$

Onde:

$N_{c,Rd}$ : Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{64.382 \text{ t}}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$ : Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{13.700 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{2.072 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

## **Resistência à torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

## **Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

## **Resistência a interações de esforços e momento de torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.





Barra N5/N3

Perfil: W 250 x 32.7						
Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós	Comprimento (m)	Características mecânicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N5	N3	3.350	42.10	4937.00	473.00	10.44
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.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>k</sub>		3.350	3.350	0.000	0.000	
C <sub>b</sub>		-		1.000		
Notação: β: Coeficiente de flambagem L <sub>k</sub> : Comprimento de flambagem (m) C <sub>b</sub> : 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 comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : 99.9 ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ<sub>x</sub> : 30.9λ<sub>y</sub> : 99.9

Sendo:

K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub> : 3.350 mK<sub>y</sub>·L<sub>y</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.K<sub>y</sub>·L<sub>y</sub> : 3.350 mr<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.r<sub>x</sub> : 10.83 cmr<sub>y</sub> : 3.35 cm**Resistência à tração** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

**Resistência à compressão** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : 0.055 ✓



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações  $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{Revestimento} + 1.5 \cdot \text{Sobrecarga}$ .

$N_{c,sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : \underline{3.548} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo,  $N_{c,Rd}$ , deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{64.382} \text{ t}$$

Onde:

$\chi$ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.490}$$

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{0.976}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{42.10} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

**Fator de redução  $\chi$ :** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.490}$$

Onde:

$\lambda_0$ : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{1.305}$$

Sendo:

$Q$ : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{0.976}$$

$A_g$ : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{42.10} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$N_e$ : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{84.807} \text{ t}$$

**Força axial de flambagem elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica,  $N_e$ , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{84.807} \text{ t}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} : \underline{885.185} \text{ t}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{3.350} \text{ m}$$

$I_x$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{4937.00} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:



$$N_{ey} : \underline{84.807} \text{ t}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{3.350} \text{ m}$$

$I_y$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{473.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$ : Comprimento de flambagem por torção.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000} \text{ m}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$C_w$ : Constante de empenamento da seção transversal.

$$C_w : \underline{73104.00} \text{ cm}^6$$

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

$$G : \underline{784913} \text{ kgf/cm}^2$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{10.44} \text{ cm}^4$$

$r_0$ : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$r_0 : \underline{11.34} \text{ cm}$$

Onde:

$r_x, r_y$ : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{10.83} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.35} \text{ cm}$$

$X_0, Y_0$ : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$X_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

#### Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

As barras submetidas a força axial de compressão, nas quais os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) maiores que os valores limite dados na Tabela F.1, têm o fator de redução total Q dado por:

$$Q : \underline{0.976}$$

Onde:

$Q_s$ : Fator de redução que tem em conta a flambagem local dos elementos AL. Quando existem dois ou mais elementos AL com fatores de redução  $Q_s$  diferentes, adota-se o menor destes fatores.

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$8.02 \leq 13.48$$

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{8.02}$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Onde:

<b>b</b> : Largura.	<b>b</b> : <u>73.00</u> mm
<b>t</b> : Espessura.	<b>t</b> : <u>9.10</u> mm
<b>E</b> : Módulo de elasticidade do aço.	<b>E</b> : <u>2038736</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> : Resistência ao escoamento do aço.	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>3516.82</u> kgf/cm <sup>2</sup>

**Q<sub>a</sub>**: Fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.

$$Q_a : \underline{0.976}$$

Sendo:

<b>A<sub>g</sub></b> : Área bruta da seção transversal da barra.	<b>A<sub>g</sub></b> : <u>42.10</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>ef</sub></b> : Área efetiva da seção transversal da barra.	<b>A<sub>ef</sub></b> : <u>41.09</u> cm <sup>2</sup>

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$39.31 > 35.87$$

$$b_{ef} : \underline{223.27} \text{ mm}$$

Sendo:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{39.31}$$

Onde:

<b>b</b> : Largura.	<b>b</b> : <u>239.80</u> mm
<b>t</b> : Espessura.	<b>t</b> : <u>6.10</u> mm
<b>E</b> : Módulo de elasticidade do aço.	<b>E</b> : <u>2038736</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> : Resistência ao escoamento do aço.	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>3516.82</u> kgf/cm <sup>2</sup>
<b>C<sub>a</sub></b> : Coeficiente para elementos que não sejam mesas ou almas de seções tubulares retangulares.	<b>C<sub>a</sub></b> : <u>0.34</u>

## Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 3.245 m do nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**M<sub>sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{5.494} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$39.31 \leq 137.24$$





Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{239.80} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{6.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{18.354} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

**W<sub>x</sub>**: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$\mathbf{W_x} : \underline{382.71} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\mathbf{8.02} \leq \mathbf{9.15}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{8.02}$$

Sendo:

**b<sub>f</sub>**: Largura da mesa comprimida.

$$\mathbf{b_f} : \underline{146.00} \text{ mm}$$

**t<sub>f</sub>**: Espessura da mesa comprimida.

$$\mathbf{t_f} : \underline{9.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

$$M_{pl} : \underline{15.070} \text{ t}$$

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástica.

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$Z_x : \underline{428.50} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$39.31 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} : \underline{13.700} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

$h$ : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$t_w$ : Espessura da alma.

$$h : \underline{239.80} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{6.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{15.070} \text{ t}$$

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástica.

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$Z_x : \underline{428.50} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

## **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

## **Resistência ao esforço cortante X** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

## **Resistência ao esforço cortante Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.221} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 3.245 m do nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

$V_{Sd}$ : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.  
A força cortante resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , é determinada pela expressão:

$$V_{Sd} : \underline{6.679} \text{ t}$$

$$39.31 \leq 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{30.190} \text{ t}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{39.31}$$

Sendo:

$h$ : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{239.80} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

$k_v$ : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{33.209} \text{ t}$$

Sendo:

$A_w$ : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{15.74} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{258.00} \text{ mm}$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

### **Resistência ao esforço axial e flexão combinados** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.429} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 3.245 m do nó N5, para a combinação de ações  $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{Revestimento} + 1.5 \cdot \text{Sobrecarga}$ .

$N_{c,Sd}$ : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,Sd} : \underline{3.548 \text{ t}}$$

$M_{x,Sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{5.494 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$M_{y,Sd}$ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd} : \underline{0.000 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$0.055 < 0.200$$

$$\eta : \underline{0.429}$$

Onde:

$N_{c,Rd}$ : Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{64.382 \text{ t}}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$ : Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{13.700 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{2.072 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

## **Resistência à torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

## **Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

## **Resistência a interações de esforços e momento de torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.





Barra N4/N3

Perfil: W 200 x 31.3						
Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós	Comprimento (m)	Características mecânicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N4	N3	2.650	40.30	3168.00	410.00	12.59
Notas: <sup>(1)</sup> Inércia em relação ao eixo indicado <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral		
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>k</sub>		2.650	2.650	0.000	0.000	
C <sub>b</sub>		-		1.000		
Notação: β: Coeficiente de flambagem L <sub>k</sub> : Comprimento de flambagem (m) C <sub>b</sub> : 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 comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : 83.1 ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ<sub>x</sub> : 29.9λ<sub>y</sub> : 83.1

Sendo:

K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.K<sub>x</sub>·L<sub>x</sub> : 2.650 mK<sub>y</sub>·L<sub>y</sub>: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.K<sub>y</sub>·L<sub>y</sub> : 2.650 mr<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.r<sub>x</sub> : 8.87 cmr<sub>y</sub> : 3.19 cm**Resistência à tração** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

**Resistência à compressão** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : 0.090 ✓



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**$N_{c,sd}$** : Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

**$N_{c,sd}$**  : 7.021 t

A força axial de compressão resistente de cálculo,  $N_{c,Rd}$ , deve ser determinada pela expressão:

**$N_{c,Rd}$**  : 77.762 t

Onde:

**$\chi$** : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

**$\chi$**  : 0.604

**$Q$** : Fator de redução total associado à flambagem local.

**$Q$**  : 1.000

**$A_g$** : Área bruta da seção transversal da barra.

**$A_g$**  : 40.30 cm<sup>2</sup>

**$f_y$** : Resistência ao escoamento do aço.

**$f_y$**  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{a1}$** : Coeficiente de segurança do material.

**$\gamma_{a1}$**  : 1.10

**Fator de redução  $\chi$** : (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

**$\chi$**  : 0.604

Onde:

**$\lambda_0$** : Índice de esbeltez reduzido.

**$\lambda_0$**  : 1.098

Sendo:

**$Q$** : Fator de redução total associado à flambagem local.

**$Q$**  : 1.000

**$A_g$** : Área bruta da seção transversal da barra.

**$A_g$**  : 40.30 cm<sup>2</sup>

**$f_y$** : Resistência ao escoamento do aço.

**$f_y$**  : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

**$N_e$** : Força axial de flambagem elástica.

**$N_e$**  : 117.477 t

**Força axial de flambagem elástica**: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica,  $N_e$ , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

**$N_e$**  : 117.477 t

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

**$N_{ex}$**  : 907.725 t

Onde:

**$K_x \cdot L_x$** : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

**$K_x \cdot L_x$**  : 2.650 m

**$I_x$** : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

**$I_x$**  : 3168.00 cm<sup>4</sup>

**$E$** : Módulo de elasticidade do aço.

**$E$**  : 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:



$$N_{ey} : \underline{117.477} \text{ t}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$ : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$I_y$ : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.650} \text{ m}$$

$$I_y : \underline{410.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$ : Comprimento de flambagem por torção.

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$C_w$ : Constante de empenamento da seção transversal.

$G$ : Módulo de elasticidade transversal do aço.

$J$ : Constante de torção da seção transversal.

$r_0$ : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000} \text{ m}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_w : \underline{40822.00} \text{ cm}^6$$

$$G : \underline{784913} \text{ kgf/cm}^2$$

$$J : \underline{12.59} \text{ cm}^4$$

$$r_0 : \underline{9.42} \text{ cm}$$

Onde:

$r_x, r_y$ : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$X_0, Y_0$ : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{8.87} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.19} \text{ cm}$$

$$X_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

#### Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$6.57 \leq 13.48$$

Sendo:

$(b/t)$ : Relação entre largura e espessura.

Onde:

$b$ : Largura.

$t$ : Espessura.

$(b/t)_{lim}$ : Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{6.57}$$

$$b : \underline{67.00} \text{ mm}$$

$$t : \underline{10.20} \text{ mm}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{13.48}$$

Onde:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

$$29.62 \leq 35.87$$

Sendo:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

$$\mathbf{(b/t)} : \underline{29.62}$$

Onde:

**b**: Largura.

$$\mathbf{b} : \underline{189.60} \text{ mm}$$

**t**: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{6.40} \text{ mm}$$

**(b/t)<sub>lim</sub>**: Relação limite entre largura e espessura.

$$\mathbf{(b/t)_{lim}} : \underline{35.87}$$

Onde:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

## Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.531} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.392 m do nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**M<sub>sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{sd}} : \underline{5.749} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$29.63 \leq 137.24$$

Onde:

$$\lambda : \underline{29.62}$$

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{189.60} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo **M<sub>Rd</sub>** de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{10.825} \text{ t}\cdot\text{m}$$





(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} : \underline{14.469} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$W_x$ : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{301.71} \text{ cm}^3$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$6.57 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{10.825} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{6.57}$$

Sendo:

$b_f$ : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{134.00} \text{ mm}$$

$t_f$ : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{11.908} \text{ t}$$

Onde:

$Z_x$ : Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{338.60} \text{ cm}^3$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$29.62 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} : \underline{10.825} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{29.62}$$



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

**h** : 189.60 mm

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

**t<sub>w</sub>** : 6.40 mm

**λ<sub>p</sub>** : 90.53

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>** : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

**M<sub>pl</sub>** : 11.908 t

Onde:

**Z<sub>x</sub>**: Módulo de resistência plástica.

**Z<sub>x</sub>** : 338.60 cm<sup>3</sup>

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>** : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

**γ<sub>a1</sub>** : 1.10

## **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

## **Resistência ao esforço cortante X** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

## **Resistência ao esforço cortante Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

**η** : 0.138 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**V<sub>Sd</sub>**: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

**V<sub>Sd</sub>** : 3.548 t

A força cortante resistente de cálculo, **V<sub>Rd</sub>**, é determinada pela expressão:

**29.62** ≤ **59.22**

**V<sub>Rd</sub>** : 25.781 t

Onde:

**λ** : 29.62



Sendo:

**h**: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.**h** : 189.60 mm**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.**t<sub>w</sub>** : 6.40 mm**λ<sub>p</sub>** : 59.22

Sendo:

**k<sub>v</sub>**: Coeficiente de flambagem.**k<sub>v</sub>** : 5.00**E**: Módulo de elasticidade do aço.**E** : 2038736 kgf/cm<sup>2</sup>**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 3516.82 kgf/cm<sup>2</sup>**V<sub>pl</sub>** : 28.360 t

Sendo:

**A<sub>w</sub>**: Área efetiva ao cisalhamento.**A<sub>w</sub>** : 13.44 cm<sup>2</sup>**d**: Altura total da seção transversal.**d** : 210.00 mm**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.**γ<sub>a1</sub>** : 1.10**Resistência ao esforço axial e flexão combinados** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

**η** : 0.576 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.392 m do nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Revestimento+1.5·Sobrecarga.

**N<sub>c,sd</sub>**: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.**N<sub>c,sd</sub>** : 6.907 t**M<sub>x,sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.**M<sub>x,sd</sub>** : 5.749 t·m**M<sub>y,sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.**M<sub>y,sd</sub>** : 0.000 t·m**0.089** < **0.200****η** : 0.576

Onde:

**N<sub>c,Rd</sub>**: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).**N<sub>c,Rd</sub>** : 77.762 t**M<sub>x,Rd</sub>, M<sub>y,Rd</sub>**: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em**M<sub>x,Rd</sub>** : 10.825 t·m



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

---

relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$M_{y,Rd}$  : 2.592 t·m

## **Resistência à torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

## **Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

## **Resistência a interações de esforços e momento de torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.



**2.3.2.5.- Verificações E.L.U. (Resumido)**

Barras	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	$\lambda$	$N_t$	$N_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$NM_xM_y$	T	NMVT	$\sigma \tau f$	
N1/N2	$\lambda \leq 200.0$ Passa	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 2.392 m $\eta = 53.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	$\eta = 13.8$	x: 2.392 m $\eta = 57.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>PASSA</b> $\eta = 57.6$
N2/N5	$\lambda \leq 200.0$ Passa	N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 5.5$	x: 0.105 m $\eta = 40.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.105 m $\eta = 22.1$	x: 0.105 m $\eta = 42.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>PASSA</b> $\eta = 42.9$
N5/N3	$\lambda \leq 200.0$ Passa	N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 5.5$	x: 3.245 m $\eta = 40.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.245 m $\eta = 22.1$	x: 3.245 m $\eta = 42.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>PASSA</b> $\eta = 42.9$
N4/N3	$\lambda \leq 200.0$ Passa	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 2.392 m $\eta = 53.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	$\eta = 13.8$	x: 2.392 m $\eta = 57.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>PASSA</b> $\eta = 57.6$

**Notação:**

$\lambda$ : Limitação do índice de esbeltez  
 $N_t$ : Resistência à tração  
 $N_c$ : Resistência à compressão  
 $M_x$ : Resistência à flexão eixo X  
 $M_y$ : Resistência à flexão eixo Y  
 $V_x$ : Resistência ao esforço cortante X  
 $V_y$ : Resistência ao esforço cortante Y  
 $NM_xM_y$ : Resistência ao esforço axial e flexão combinados  
T: Resistência à torção  
NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante  
 $\sigma \tau f$ : Resistência a interações de esforços e momento de torção  
x: Distância à origem da barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aproveitamento (%)  
N.P.: Não procede

**Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):**

- (1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
- (2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
- (3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
- (4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
- (5) Não há interação entre o esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.
- (6) Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

**2.4.- Ligações****2.4.1.- Especificações para ligações soldadas****Norma:**

ABNT NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Artigo 6: Condições específicas para o dimensionamento de ligações metálicas.

**Materiais:**

- Perfis (Material base): A-572 345MPa.

- Material de adição (soldas): Eletrodos da série E70XX. Para os materiais utilizados e o procedimento de solda SMAW (Arco elétrico com eletrodo revestido), cumprem-se as condições de compatibilidade entre materiais exigidas pelo item 6.2.4 ABNT NBR 8800:2008.

**Definições para soldas em ângulo:**

- Garganta efetiva: é igual à menor distância medida desde a raiz à face plana teórica da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).

- Lado do cordão: é o menor dos dois lados situados nas faces de fusão do maior triângulo que pode ser inscrito na seção da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).

- Raiz da solda: é a interseção das faces de fusão (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).



- Comprimento efetivo do cordão de solda: é igual ao comprimento total da solda com dimensões uniformes, incluídos os retornos (item 6.2.2.2 c) ABNT NBR 8800:2008).

Disposições construtivas:

1) As prescrições consideradas neste projeto aplicam-se a ligações soldadas nas quais:

- Os aços das peças a unir têm um limite elástico não superior a 100 ksi [690 MPa] (item 1.2 (1) AWS D1.1/D1.1M:2002).

- As espessuras das peças a unir são pelo menos de 1/8 in [3mm] (item 1.2 (2) AWS D1.1/D1.1M:2002).

- As peças soldadas não são de seção tubular.

2) Em soldas de topo de penetração total ou parcial verifica-se que:

- O comprimento efetivo das soldas de penetração total ou parcial é igual ao seu comprimento total, o qual é igual ao comprimento da parte unida (item 6.2.2.1 b) ABNT NBR 8800:2008).

- Em soldas de penetração total, a garganta efetiva é igual à menor espessura das peças unidas (item 6.2.2.1 c) ABNT NBR 8800:2008).

- Em soldas de penetração parcial, a espessura mínima da garganta efetiva cumpre os valores da seguinte tabela:

<b>Tabela 9 ABNT NBR 8800:2008</b>	
Menor espessura das peças a unir (mm)	Espessura mínima de garganta efetiva (mm)
Menor que ou igual a 6.35	3
Menor que ou igual a 12.5	5
Menor que ou igual a 19	6
Menor que ou igual a 37.5	8
Menor que ou igual a 57	10
Menor que ou igual a 152	13
Maior que 152	16

- A espessura de garganta efetiva das soldas de penetração parcial determina-se segundo a tabela 5 ABNT NBR 8800:2008.

3) Em soldas em ângulo verifica-se que:

- O tamanho mínimo do lado de uma solda de ângulo cumpre os valores da seguinte tabela:

**Tabela 10 ABNT NBR 8800:2008**



Menor espessura das peças a unir (mm)	Tamanho mínimo do lado de uma solda em ângulo <sup>(*)</sup> (mm)
Menor que ou igual a 6.35	3
Menor que ou igual a 12.5	5
Menor que ou igual a 19	6
Maior que 19	8

*(\*)Executada em uma só passada*

- O tamanho máximo do lado de uma solda em ângulo ao longo das bordas de peças soldadas cumpre o especificado no item 6.2.6.2.2 ABNT NBR 8800:2008, o qual exige que:

- ao longo das bordas de material com espessura inferior a 6.35 mm, seja menor ou igual à espessura do material.

- ao longo das bordas de material com espessura igual ou superior 6.35 mm, seja menor ou igual à espessura do material menos 1.5 mm.

- O comprimento efetivo de um cordão de solda em ângulo cumpre que é maior que ou igual a 4 vezes o tamanho do seu lado, ou que o lado não se considera maior que o 25 % do comprimento efetivo da solda. Além disso, o comprimento efetivo de uma solda em ângulo exposta a qualquer solicitação de cálculo não é inferior a 40 mm (item 6.2.6.2.3 ABNT NBR 8800:2008).

4) No detalhe das soldas indica-se o comprimento efetivo do cordão (comprimento sobre o qual o cordão tem o seu tamanho completo). Para alcançar tal comprimento, pode ser necessário prolongar o cordão rodeando os cantos, com o mesmo tamanho de cordão.

5) As soldas de ângulo de ligações em 'T' com ângulos menores que 30° não se consideram como efetivas para a transmissão das cargas aplicadas (item 2.3.3.4 AWS D1.1/D1.1M:2002).

6) Nos processos de fabricação e montagem deverão ser cumpridos os requisitos indicados no capítulo 5 de AWS D1.1/D1.1M:2002. No que diz respeito à preparação do metal base, exige-se que as superfícies sobre as quais se depositará o metal de adição devem ser suaves, uniformes, e livres de fissuras e outras descontinuidades que afetariam a qualidade ou resistência da solda. As superfícies a soldar, e as superfícies adjacentes a uma solda, deverão estar também livres de lâminas, escamas, óxido solto ou aderido, escória, ferrugem, umidade, óleo, gordura e outros materiais estranhos que impeçam uma solda apropriada ou produzam emissões prejudiciais.

#### Verificações:

- A resistência de cálculo dos cordões de solda determina-se de acordo com o item 6.2.5 ABNT NBR 8800:2008.

- O método utilizado para a verificação da resistência dos cordões de solda é aquele em que as tensões calculadas nos cordões (resultante vetorial), consideram-se como tensões de corte aplicadas sobre a área efetiva (item 2.5.4.1 AWS D1.1/D1.1M:2002).

- A área efetiva de um cordão de solda é igual ao produto do comprimento efetivo do cordão pela espessura de garganta efetiva (itens 6.2.2.1 a) e 6.2.2.2 a) ABNT NBR 8800:2008).



- Na verificação da resistência dos cordões de solda considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (item 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

## 2.4.2.- Especificações para ligações aparafusadas

Norma:

ABNT NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. 6.3 Parafusos e barras redondas rosqueadas.

Materiais:

- Perfis (Material base): A-572 345MPa.
- Classe de aço dos parafusos utilizados: ASTM A325 (item 6.3 ABNT NBR 8800:2008).

Disposições construtivas:

- 1) Consideraram-se as seguintes distâncias mínimas e máximas entre eixos de furos e entre estes e as bordas das peças:

Disposições construtivas para parafusos, segundo itens 6.3.9, 6.3.10, 6.3.11 e 6.3.12 ABNT NBR 8800:2008				
Distâncias	À borda da peça		Entre furos	Entre parafusos
	$d_b$	mm		
Mínimas	5/8"	29	$2.7 \cdot d_b$	--
Máximas	150 mm 12t		--	200 mm 14t

Notas:  
 $d_b$ : Diâmetro do parafuso  
 $t$ : Menor espessura das peças que se unem.

- 2) Uma vez montadas as peças, todas as superfícies de ligação, incluídas as adjacentes às cabeças dos parafusos, porcas e anilhas, devem estar livres de pequenas lâminas (exceto aquelas firmemente aderidas ao material), rebarbas, sujeira ou qualquer outra matéria estranha que impeça o perfeito contato entre as peças.

- 3) Os parafusos devem estar alinhados para permitir a inserção dos parafusos sem danificar as suas roscas.

- 4) Deve-se verificar, antes da colocação, se as porcas podem deslocar-se livremente sobre o parafuso correspondente.

- 5) Em cada parafuso será colocada uma anilha no lado da cabeça e outra no lado da porca.

- 6) Os furos devem realizar-se através de broca ou outro processo que proporcione um acabamento equivalente.

- 7) A furação é admitida para peças de espessura não superior ao diâmetro do parafuso mais 3 mm. Para espessuras maiores, os furos devem ser realizados através de broca, ou através de furação prévia





com matriz de diâmetro inferior a 3.5 mm do diâmetro definitivo, para depois perfurar até ao diâmetro nominal.

8) Não é permitida a reutilização de parafusos ASTM A325 galvanizados. Os outros parafusos ASTM A325 podem ser reutilizados uma única vez, se for aprovado pelo engenheiro responsável. O reaperto de parafusos previamente apertados que se tenham soltado durante o aperto de parafusos vizinhos não se considera reutilização.

9) Condições para o aperto dos parafusos não pré-tensionados:

- Cada conjunto de parafuso, porca e anilhas deve alcançar a condição de aperto máximo sem sobrecarregar os parafusos. Esta condição é a que poderia conseguir um operário com alguns impactos aplicados por uma chave de impacto ou pelo esforço máximo aplicado por um operário usando uma chave normal.

- O aperto deve ser realizado a partir dos parafusos localizados na parte mais rígida da ligação, seguindo na direção das bordas livres. Inclusive, é conveniente realizar algum ciclo de aperto adicional.

Verificações:

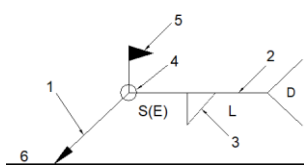
- São feitas as verificações indicadas nos itens 6.3.3, 6.3.4 e 6.3.5 de ABNT NBR 8800:2008.
- Na verificação da resistência das ligações parafusadas considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (artigo 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

### 2.4.3.- Referências e simbologia

Para a representação dos símbolos de soldas consideram-se as indicações da norma ANSI/AWS A2.4-98 'STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING, AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION'.

#### Método de representação de soldas

Conforme a figura 2 de ANSI/AWS A2.4-98 e os tipos de soldas utilizados neste projeto, desenvolve-se o seguinte esquema de representação de uma solda:



Referências:

1: seta (ligação entre 2 e 6)

2: linha de referência

3: símbolo de solda

4: símbolo solda perimetral.

5: símbolo de solda no local de montagem.

6: linha do desenho que identifica a ligação proposta.

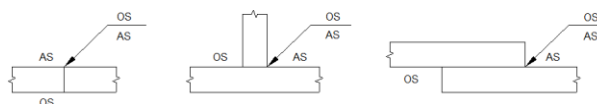
S: profundidade do bisel. Em soldas em ângulo, é o lado do cordão de solda.

(E): tamanho do cordão em soldas de topo.

L: comprimento efetivo do cordão de solda

D: dado suplementar. Em geral, a série de eletrodo a utilizar e o processo pré-qualificado de solda.

A informação relacionada com o lado da ligação soldada à qual aponta a seta, coloca-se por baixo da linha de referência, enquanto que para o lado oposto, indica-se acima da linha de referência:



Onde:

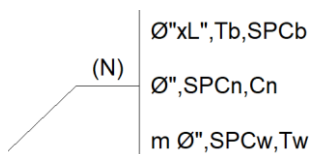
OS(Other Side): é o outro lado da seta

AS(Arrow Side): é o lado da seta

### Referência 3

Designação	Ilustração	Símbolo
Solda de filete		
Solda de topo em 'V' simples (com chanfro)		
Solda de topo em bisel simples		
Solda de topo em bisel duplo		
Solda de topo em bisel simples com chanfro de raiz largo		
Solda combinada de topo em bisel simples e em ângulo		
Solda de topo em bisel simples com lado curvo		

### Método de representação dos parafusos de uma ligação

**Referências:**

N: Quantidade de parafusos

Ø"[in]: Diâmetro nominal

L"[in]: Comprimento nominal do parafuso

Tb: Tipo ou grau do parafuso

SPCb: Classe de qualidade do aço do parafuso

SPCn: Classe de qualidade do aço da porca

Cn: Classe ou grau da porca

m: Quantidade de anilhas

SPCw: Classe de aço da anilha

Tw: Tipo ou grau da anilha

**2.4.4.- Verificações em placas de ancoragem**

Em cada placa de ancoragem realizam-se as seguintes verificações (assumindo a hipótese de placa rígida):

**1. Concreto sobre o qual se apóia a placa**

Verifica-se se a tensão de compressão na interface placa de ancoragem-concreto é menor que a tensão admissível do concreto segundo a natureza de cada combinação.

**2. Parafusos de ancoragem**

a) *Resistência do material dos parafusos:* Decompõem-se os esforços atuantes sobre a placa em esforços axiais e cortantes nos parafusos e verifica-se que ambos os esforços, isoladamente e com interação entre eles (tensão de Von Mises), produzem tensões menores que a tensão limite do material dos parafusos.

b) *Ancoragem dos parafusos:* Verifica-se a ancoragem dos parafusos no concreto, de forma que não se produza deslizamento por falta de aderência, arrancamento do cone de ruptura ou fratura por esforço cortante (esmagamento).

c) *Esmagamento:* Verifica-se se em cada parafusos não se ultrapassa o esforço cortante que produziria o esmagamento da placa contra o parafuso.

**3. Placa de ancoragem**

a) *Tensões globais:* Em placas com balanços, analisam-se quatro seções no perímetro do perfil, e verificam-se em todas elas se as tensões de Von Mises são menores que a tensão limite, de acordo com a Norma.

b) *Flechas globais relativas:* Verificam-se os balanços das placas para que não apareçam flechas maiores que 1/250 do balanço.

c) *Tensões locais:* Verificam-se as tensões de Von Mises em todas as placas locais nas quais tanto o perfil como os enrijecedores dividem a placa de ancoragem propriamente dita. Os esforços em cada uma das subplacas obtêm-se a partir das tensões de contacto com o concreto e as axiais dos parafusos. O modelo gerado resolve-se por diferenças finitas.

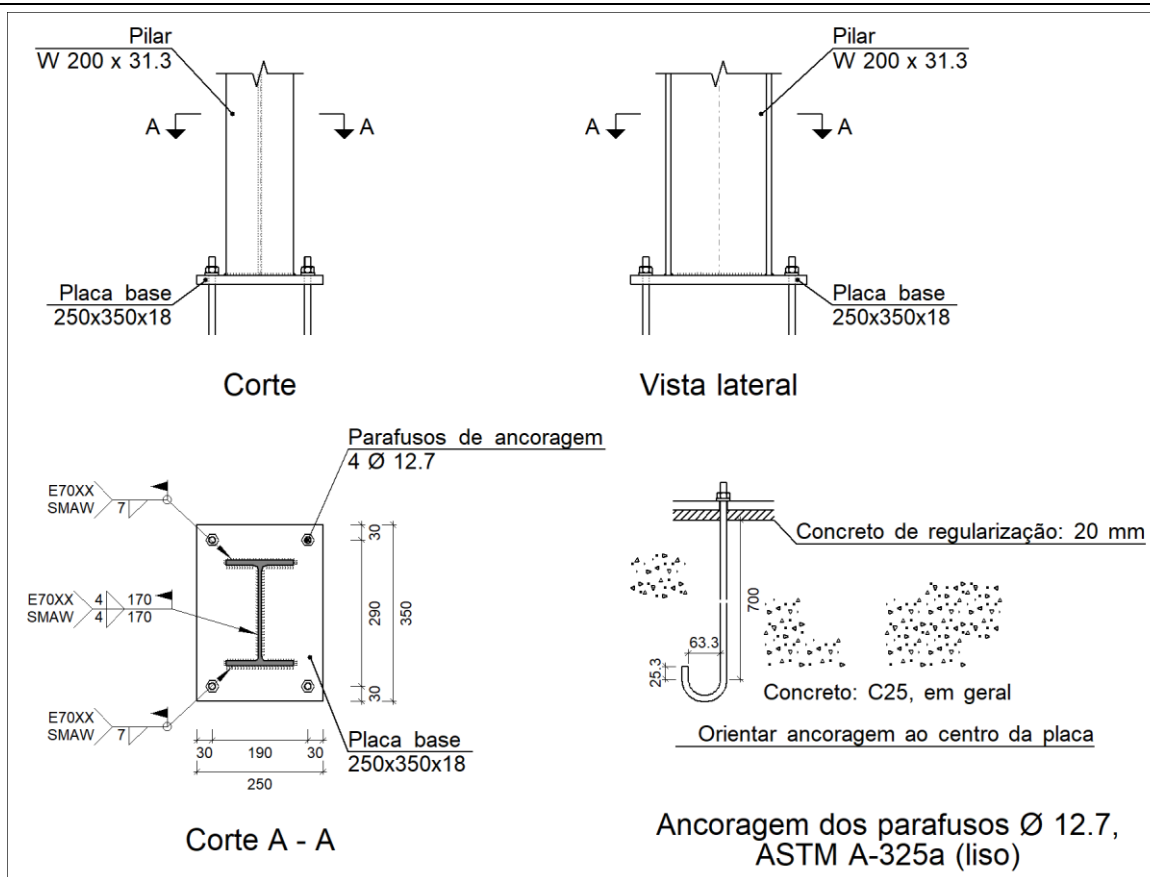
**2.4.5.- Memória de cálculo****2.4.5.1.- Tipo 1****a) Detalhe**



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23



## b) Descrição dos componentes da ligação

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
Placa base		250	350	18	4	12.7	A-572 345MPa	3516.8	4587.2

## c) Verificação

### 1) Pilar W 200 x 31.3

## Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)									
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna			
				$l_{w,min}$ (mm)	$l_w$ (mm)	$d_{w,min}$ (mm)	$d_{w,max}$ (mm)	$d_w$ (mm)	
Solda da aba superior	De ângulo	SMAW	10	40	134	5	10	7	
Solda da alma	De ângulo	SMAW	6	40	170	3	6	4	





Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)								
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				$l_{w,min}$ (mm)	$l_w$ (mm)	$d_{w,min}$ (mm)	$d_{w,max}$ (mm)	$d_w$ (mm)
Solda da aba inferior	De ângulo	SMAW	10	40	134	5	10	7

*P.S.: Procedimento de soldagem.  
t: Menor espessura do metal-base.  
l<sub>w</sub>: Comprimento total da solda.  
d<sub>w</sub>: Perna da solda.*

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	Eléctrode f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Metal - base f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
						Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	γ <sub>a1</sub>	γ <sub>w1</sub>	γ <sub>w2</sub>
Solda da aba superior	7	10	134	E70XX (485.0)	345.0	128.8	215.6	59.76	91.1	188.2	48.40	1.10	1.25	1.35
Solda da alma	4	6	170	E70XX (485.0)	345.0	111.8	215.6	51.88	79.1	188.2	42.02	1.10	1.25	1.35
Solda da aba inferior	7	10	134	E70XX (485.0)	345.0	128.8	215.6	59.76	91.1	188.2	48.40	1.10	1.25	1.35

*Sd: Solicitação de cálculo  
Rd: Resistente de cálculo  
- Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.*

## 2) Placa de ancoragem

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 190 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 18 mm Calculado: 49 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 25 mm Calculado: 30 mm	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 38 cm Calculado: 70 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto:		
- Tração:	Máximo: 4.449 t Calculado: 2.969 t	Passa
- Cortante:	Máximo: 3.114 t Calculado: 0.828 t	Passa
- Tração + Cortante:	Máximo: 4.449 t Calculado: 4.152 t	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 7.34 t Calculado: 3.187 t	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 5825.69 kgf/cm <sup>2</sup> Calculado: 2869.08 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 18.032 t Calculado: 0.887 t	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais:	Máximo: 3516.82 kgf/cm <sup>2</sup>	
- Direita:	Calculado: 307.203 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa
- Esquerda:	Calculado: 307.203 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa
- Acima:	Calculado: 3253.42 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa
- Abaixo:	Calculado: 3253.42 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i>	Mínimo: 250	
- Direita:	Calculado: 100000	Passa
- Esquerda:	Calculado: 100000	Passa
- Acima:	Calculado: 368.468	Passa
- Abaixo:	Calculado: 368.468	Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 3516.82 kgf/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kgf/cm <sup>2</sup>	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		

d) Quantit.

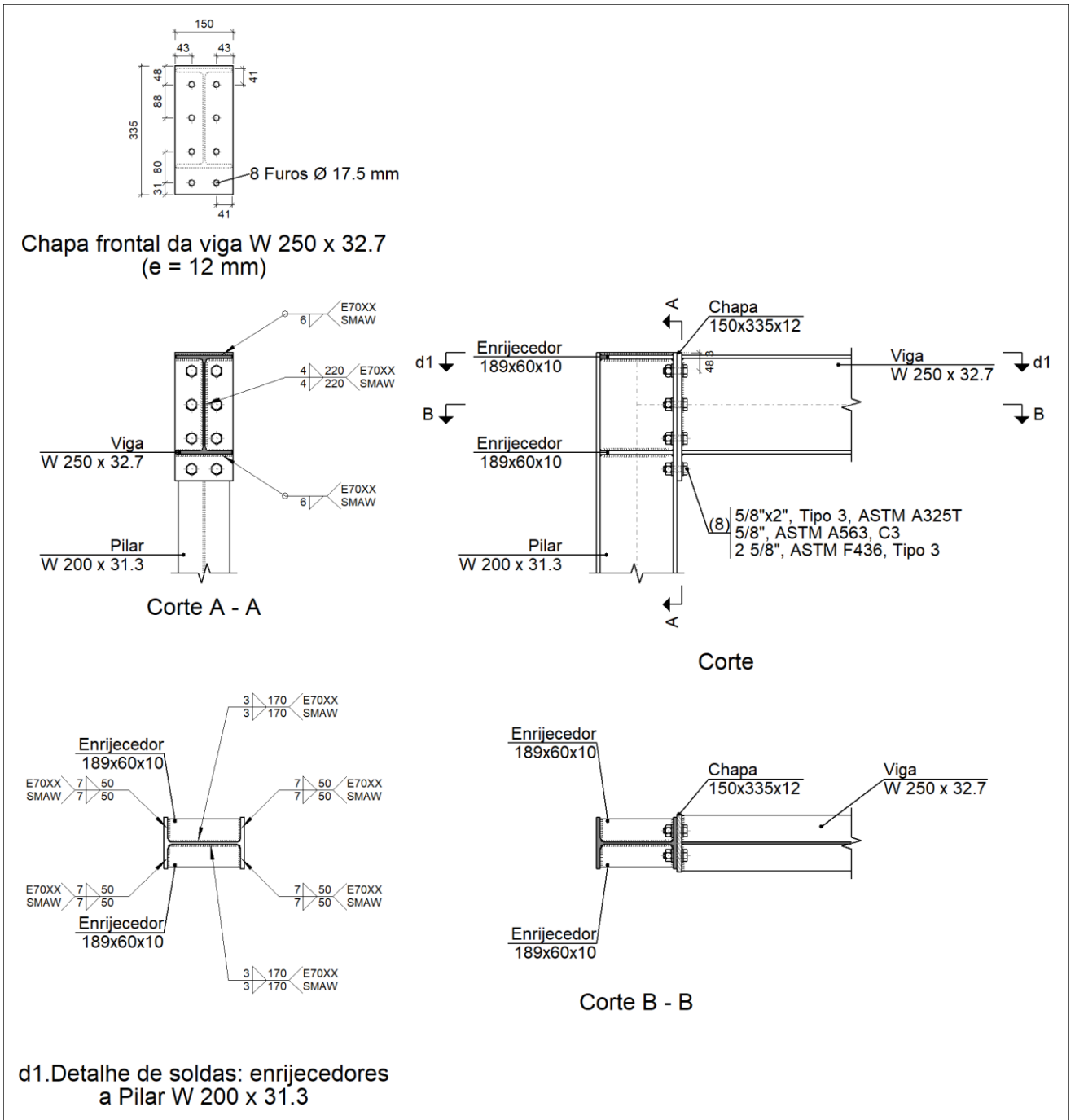
Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	No local de montagem	De filete	4	340
			7	525

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Porcas	Classe 10S	4	1/2", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	4	1/2", ASTM F436

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Placa base	1	250x350x18	12.36
				Total
ASTM A-325a (liso)	Parafusos de ancoragem	4	Ø 12.7 - L = 751 + 145	3.54
				Total

## 2.4.5.2.- Tipo 2

a) Detalhe



b) Descrição dos componentes da ligação

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura da aba (mm)	Espessura da mesa (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura da aba (mm)	Espessura da mesa (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
Pilar	W 200 x 31.3		210	134	10.2	6.4	A-572 345MPa	3516.8	4587.2
Viga	W 250 x 32.7		258	146	9.1	6.1	A-572 345MPa	3516.8	4587.2

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
Enrijecedor		189.6	60	10	-	-	A-572 345MPa	3516.8	4587.2
Chapa frontal: Viga W 250 x 32.7		150	335	12	8	17.5	A-572 345MPa	3516.8	4587.2

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T 5/8", ASTM A563, C3 2 5/8", ASTM F436, Tipo 3		5/8"	50.8	ASTM A325	6473.0	8409.8

## c) Verificação

### 1) Pilar W 200 x 31.3

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Painel	Esbeltez	--	--	--	42.321
	Cortante	kN	247.97	311.81	79.53





	Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	171.62	313.64	54.72
	Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	201.63	313.64	64.29
	Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	171.62	313.64	54.72
	Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	201.63	313.64	64.29
	Aba	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	194.67	313.64	62.07
Viga W 250 x 32.7	Aba	Tração por flexão	kN	168.36	146.22	115.15
		Tração	kN	37.99	198.22	19.17
	Alma	Tração	kN	92.38	126.99	72.75

## Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

### Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)

Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				l <sub>w,min</sub> (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	d <sub>w,min</sub> (mm)	d <sub>w,max</sub> (mm)	d <sub>w</sub> (mm)
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	10	40	50	5	10	7
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	6	40	170	3	6	3
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	10	40	50	5	10	7
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	6	40	170	3	6	3
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	10	40	50	5	10	7
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	6	40	170	3	6	3
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	10	40	50	5	10	7
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	6	40	170	3	6	3

P.S.: Procedimento de soldagem.  
t: Menor espessura do metal-base.  
l<sub>w</sub>: Comprimento total da solda.  
d<sub>w</sub>: Perna da solda.

### Verificação de cordões de soldadura

Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	Eléctrode f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Metal - base f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
						Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	γ <sub>a1</sub>	γ <sub>w1</sub>	γ <sub>w2</sub>
Solda do enrijecedor superior às mesas	7	10	50	E70XX (485.0)	345.0	173.4	215.6	80.43	122.6	188.2	65.14	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior à alma	3	6	170	E70XX (485.0)	345.0	119.3	215.6	55.33	84.3	188.2	44.81	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	7	10	50	E70XX (485.0)	345.0	203.7	215.6	94.49	144.0	188.2	76.53	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	3	6	170	E70XX (485.0)	345.0	140.1	215.6	65.00	99.1	188.2	52.65	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior às mesas	7	10	50	E70XX (485.0)	345.0	173.4	215.6	80.43	122.6	188.2	65.14	1.10	1.25	1.35



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	Eléctrode f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Metal - base f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
						Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	γ <sub>a1</sub>	γ <sub>w1</sub>	γ <sub>w2</sub>
Solda do enrijecedor superior à alma	3	6	170	E70XX (485.0)	345.0	119.3	215.6	55.33	84.3	188.2	44.81	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	7	10	50	E70XX (485.0)	345.0	203.7	215.6	94.49	144.0	188.2	76.53	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	3	6	170	E70XX (485.0)	345.0	140.1	215.6	65.00	99.1	188.2	52.65	1.10	1.25	1.35

*Sd: Solicitação de cálculo  
Rd: Resistente de cálculo  
- Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.*

## 2) Viga W 250 x 32.7

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tração por flexão	kN	168.36	167.44	100.55
Aba	Compressão	kN	290.47	382.45	75.95
	Tração	kN	41.26	208.35	19.80
Alma	Tração	kN	85.85	135.65	63.29

## Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)									
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna			
				l <sub>w,min</sub> (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	d <sub>w,min</sub> (mm)	d <sub>w,max</sub> (mm)	d <sub>w</sub> (mm)	
Solda da aba superior	De ângulo	SMAW	9	40	146	5	9	6	
Solda da alma	De ângulo	SMAW	6	40	220	3	6	4	
Solda da aba inferior	De ângulo	SMAW	9	40	146	5	9	6	

*P.S.: Procedimento de soldagem.  
t: Menor espessura do metal-base.  
l<sub>w</sub>: Comprimento total da solda.  
d<sub>w</sub>: Perna da solda.*

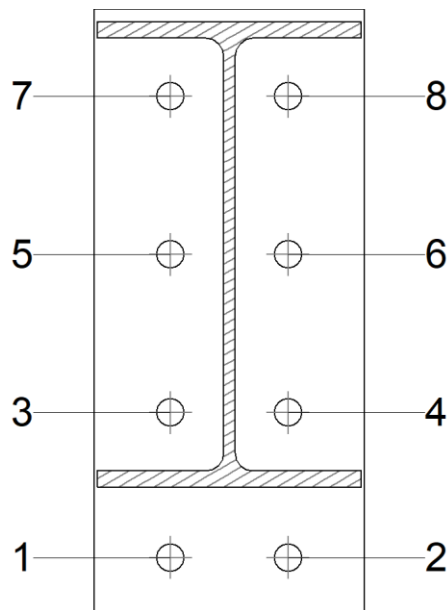
Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	Eléctrode f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Metal - base f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
						Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	γ <sub>a1</sub>	γ <sub>w1</sub>	γ <sub>w2</sub>
Solda da aba superior	6	9	146	E70XX (485.0)	345.0	198.6	215.6	92.13	140.4	188.2	74.62	1.10	1.25	1.35
Solda da alma	4	6	220	E70XX (485.0)	345.0	275.0	215.6	127.60	194.5	188.2	103.35	1.10	1.25	1.35



Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l <sub>w</sub> (mm)	Eléctrode	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	Sd (N/mm <sup>2</sup> )	Rd (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	γ <sub>a1</sub>	γ <sub>w1</sub>	γ <sub>w2</sub>
Solda da aba inferior	6	9	146	E70XX (485.0)	345.0	185.0	215.6	85.82	130.8	188.2	69.51	1.10	1.25	1.35

*Sd: Solicitação de cálculo*  
*Rd: Resistente de cálculo*  
 - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.

## Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)



Disposições constructivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	31	65	80
2	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	31	65	80
3	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	80
4	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	80
5	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	88
6	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	88
7	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	88
8	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T	17.5	35	--	65	88

--: Não precisa ser considerado.

## Resistência



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Parafuso	Cisalhamento				Tração				Interação tração e esforço transversal	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	32.761	48.384	67.71	Espiga	0.000	89.104	0.00	67.71	67.71
	Esmagamento	32.761	129.540	25.29	Punção	0.000	186.348	0.00		
2	Seção transversal	32.761	48.384	67.71	Espiga	0.000	89.104	0.00	67.71	67.71
	Esmagamento	32.761	129.540	25.29	Punção	0.000	186.348	0.00		
3	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	9.134	89.104	10.25	11.63	11.63
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	9.134	186.348	4.90		
4	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	9.134	89.104	10.25	11.63	11.63
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	9.134	186.348	4.90		
5	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	69.874	89.104	78.42	78.42	78.42
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	69.874	186.348	37.50		
6	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	69.874	89.104	78.42	78.42	78.42
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	69.874	186.348	37.50		
7	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	102.600	89.104	115.15	115.15	115.15
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	102.600	186.348	55.06		
8	Seção transversal	5.625	48.384	11.63	Espiga	102.600	89.104	115.15	115.15	115.15
	Esmagamento	5.625	129.540	4.34	Punção	102.600	186.348	55.06		

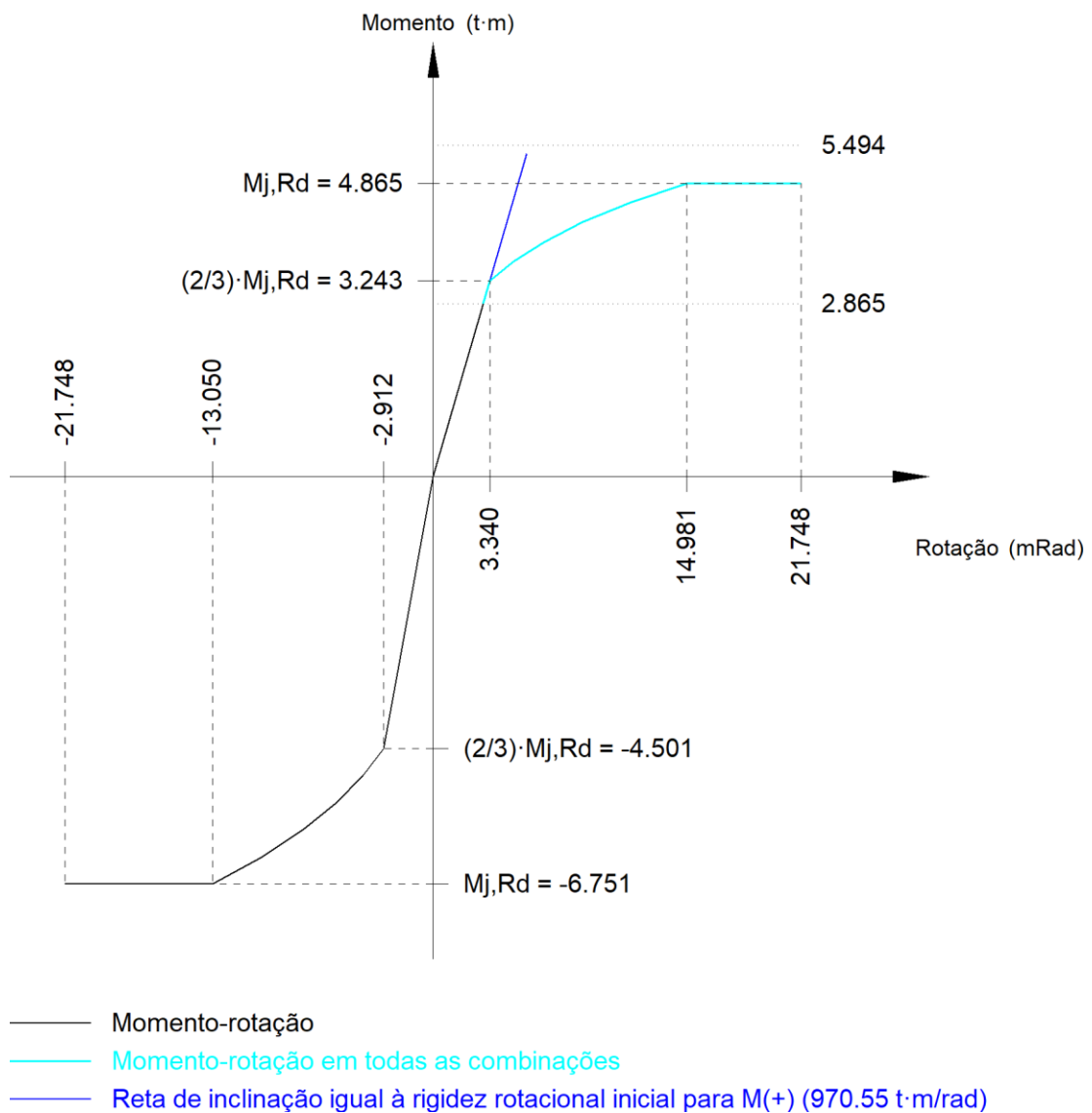
Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	705.08	970.55
Calculada para momentos negativos	705.08	1545.98

## Comportamento da ligação para flexão simples no plano xz





## Comportamento da ligação para flexão simples no plano xz



Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Relação entre modos 1 e 3	--	1.15	1.80	63.92
Momento resistente	kNm	53.90	47.73	112.93
Capacidade de rotação	mRad	1080.311	667	162.05

d) Quantit.



# Relatórios

Projeto Reforço CMEI – CEU AZUL

Data: 31/01/23

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em oficina	De filete	3	1357
			4	440
			6	532
			7	800

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Enrijecedores	4	189x60x10	3.57
	Chapas	1	150x335x12	4.73
	Total			8.31

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325	8	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T
Porcas	Grau C3	8	5/8", ASTM A563
Anilhas	Tipo 3	16	5/8", ASTM F436

## 2.4.6.- Quantit.

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em oficina	De filete	3	2714
			4	880
			6	1064
			7	1600
	No local de montagem	De filete	4	680
			7	1050

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Enrijecedores	8	189x60x10	7.14
	Chapas	2	150x335x12	9.47
	Total			16.61

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325	16	5/8"x2", Tipo 3, ASTM A325T
Porcas	Grau C3	16	5/8", ASTM A563
	Classe 10S	8	1/2", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	8	1/2", ASTM F436
	Tipo 3	32	5/8", ASTM F436



<b>Placas de base</b>				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-572 345MPa	Placa base	2	250x350x18	24.73
				Total
ASTM A-325a (liso)	Parafusos de ancoragem	8	Ø 12.7 - L = 751 + 145	7.08
				Total

