



SUBESTAÇÃO DE 750kVA – EBAB MAESTRA

**MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO
DO RADIER E COBERTURA METÁLICA**

CAXIAS DO SUL/RS - AGOSTO DE 2024

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	DOCUMENTOS DO PROJETO	3
3.	NORMAS TÉCNICAS	3
4.	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	3
4.1.	ESTRUTURA METÁLICA.....	4
4.2.	FUNDAÇÃO	4
5.	MATERIAIS.....	4
5.1.	ESTRUTURA METÁLICA.....	4
5.2.	CONCRETO ARMADO	4
6.	EXECUÇÃO	5
6.1.	ESTRUTURA METÁLICA.....	5
6.2.	CONCRETO ARMADO	5
7.	AÇÕES ADOTADAS NA ESTRUTURA.....	7
7.1.	ESTRUTURA METÁLICA.....	7
7.2.	CONCRETO ARMADO	7
8.	VERIFICAÇÕES ESTRUTURAIS	8
8.1.	ESTRUTURA METÁLICA.....	8
8.1.1.	VERIFICAÇÃO DAS TERÇAS	10
8.1.2.	VERIFICAÇÃO PERFIS DA TRELIÇA	10
8.1.3.	VERIFICAÇÃO PILARES	11
8.2.	RADIER.....	12
8.3.	TERRAPLENAGEM.....	6
8.4.	DRENAGEM	6
9.	ENCERRAMENTO	14

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO DO RADIER E COBERTURA METÁLICA

1. INTRODUÇÃO

Este documento tem o objetivo de estabelecer os parâmetros, especificações e critérios considerados na concepção do projeto estrutural da cobertura e fundação da nova subestação. Trata-se da subestação de 750kVA da EBAB Maestra em Caxias do Sul no Rio Grande do Sul.

2. DOCUMENTOS DO PROJETO

Os desenhos do projeto estrutural estão relacionados abaixo:

- 01/02 - RADIER DA SUBESTAÇÃO DE 750KVA - EBAB MAESTRA - FORMAS, CORTES E ESTRUTURA METÁLICA
- 02/02 - RADIER DA SUBESTAÇÃO DE 750KVA - EBAB MAESTRA - ARMAÇÕES

3. NORMAS TÉCNICAS

As normas técnicas essenciais consideradas para elaboração do projeto estrutural estão relacionadas abaixo:

- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento;
- NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 6355:2003 - Perfis estruturais de aço formados a frio - padronização;
- NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 6122:2022 - Projeto e execução de fundações
- NBR 06118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

4. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Trata-se da estrutura para uma subestação, composta por uma cobertura de estrutura metálica e uma fundação que suporta tanto a cobertura quanto os equipamentos da subestação.

4.1. ESTRUTURA METÁLICA

A cobertura será composta por telhas metálicas trapezoidais TP40 com espessura de 0,5mm com uma inclinação de 9%. As telhas se apoiam em terças de perfil metálicos “U100x50x3mm” de chapa dobrada a frio.

As terças se apoiam em 7 treliças metálicas compostas por perfis metálicos com formato “U140x50x3mm” e “U134x50x3mm” de chapa dobrada a frio.

E as treliças se apoiam diretamente em perfis tubulares quadrados “140x140x5mm”. Os pilares são fixados diretamente ao radier de concreto armado, por uma chapa de apoio e 4 chumbadores mecânicos $\varnothing 12,5\text{mm}$.

Todas as ligações entre os elementos metálicos são soldadas, tanto na fabricação quanto em campo.

4.2. FUNDAÇÃO

A fundação é direta e rasa do tipo radier, uma placa de concreto armado diretamente apoiada no solo. Essa estrutura além de suportar as cargas dos equipamentos da subestação, também suportará das cargas da cobertura metálica transmitidas pelos pilares.

O radier possui 20cm de espessura com aberturas para caixas de passagens de cabos e instalações.

5. MATERIAIS

5.1. ESTRUTURA METÁLICA

As telhas são em aço galvalume com primer e ou pintura para maior proteção e durabilidade.

Os perfis metálicos e chapas de apoio são de aço ASTM A36.

Os chumbadores devem ser em aço inoxidável, ABNT 304.

Todas as ligações por solda elétrica devem-se utilizar eletrodo E70xx, a solda deve ser homogênea e sem irregularidades. Não deve ser aceita soldas com pontos não preenchidos, a linha de solda deve percorrer sempre a totalidade da emenda, por ambos os lados.

Todas as peças metálicas devem ter proteção anti-corrosão por galvanização a fogo ou tinta apropriada, e as soldas devem sofrer acabamento de zarcão em até duas demãos.

5.2. CONCRETO ARMADO

O radier será uma placa de concreto armado com 20cm de espessura e armado conforme detalhado no projeto. O concreto deve possuir classe de resistência de $f_{ck}=30\text{Mpa}$ (resistência característica do concreto a compressão) e $E_{cs}=27\text{GPa}$ (módulo de elasticidade secante). A dimensão máxima dos agregados deve ser de 19mm e a relação água-cimento menor que 0,5.

A armadura é do tipo CA50 e CA60 com nervuras transversais, produzidos conforme normas NBR 7480.

A impermeabilização do radier será através do uso de aditivo cristalizante ao concreto, podendo ser no momento da dosagem na usina ou no local da obra, diretamente no caminhão betoneira. (selaton-c da marca maxton ou similar).

6. EXECUÇÃO

6.1. ESTRUTURA METÁLICA

O fornecedor da estrutura metálica deverá visitar o local da obra antes do início das operações para avaliar os obstáculos e limitações locais decorrentes dos serviços a serem executados. Além disso, deverá verificar as medidas gerais indicadas no projeto por meios adequados antes da fabricação, comparando-as com as medidas existentes, para assegurar a perfeita fabricação e montagem da estrutura. Em caso de divergência, a fiscalização deverá ser informada para que sejam tomadas as devidas providências.

As obras deverão ser executadas por profissionais devidamente habilitados, abrangendo todos os serviços, desde as instalações iniciais até a limpeza e entrega da obra, com todas as instalações em perfeito e completo funcionamento, e atendendo às normas da ABNT de fabricação e montagem.

O fornecedor da estrutura metálica deverá apresentar a Anotação de Responsabilidade Técnica de Fabricação e Montagem devidamente preenchida, assinada pelos responsáveis técnicos e registrada junto ao CREA.

A empresa executora deverá providenciar as ferramentas e equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários e adequados para o desenvolvimento de cada etapa dos serviços, conforme as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho.

6.2. CONCRETO ARMADO

Antes da execução do radier deve ser removido a camada superficial do solo com presença de material orgânico, após isso deve ser compactado e executado uma camada de brita de 10cm de espessura. Após isso é recomendável colocar uma lona plástica antes da concretagem para evitar a perda de água do concreto.

As formas e armaduras devem estar limpas e isentas de qualquer substância que prejudique a aderência ao concreto.

Devem ser utilizados dispositivos distanciadores e espaçadores que garantam o posicionamento adequado da armadura e cobertura mínimo de 3cm.

nos primeiros 7 dias a partir do lançamento deverá ser feita cura do concreto, mantendo a sua superfície umedecida ou protegendo-a com película impermeável.

Em caso de aparecimento de falhas após a concretagem, as mesmas devem ser corrigidas com argamassas industrializadas adequadas para este fim e não utilizar argamassa com cal.

6.3. TERRAPLENAGEM

A partir do perfil topográfico, contido no Corte A-A, deve para fins de cotas utilizar a partir da CAIXA de ENTRADA + MED. MT, a profundidade de 1,20 m (hum metro e vinte centímetros), a partir do nível impenetrável, conforme laudo de sondagem.

O perfil do impenetrável está contido está explícito no Corte A-A e B-B; para este fim, ao realizar a regularização para nivelamento do aterro, com materiais de boa capacidade de suporte. Lembrando de remover sempre a camada vegetal. Deve para este fim, ser o aterro compactado, se não realizado com material de 3ª categoria, e com um lastro de brita 01 com espessura de 10 (dez) centímetros como nivelamento e travamento das formas do radier.

6.4. DRENAGEM

A drenagem pluvial projetada detém as águas superficiais que a depender das condições de taludes destinarão as mesmas de maneira ordenada e segura, não comprometendo a segurança estrutural. Será constituída de meia-cana em concreto DN 400 mm, e perfarão todo o perímetro da estrutura, conforme contido no Corte C – C e D – D. Deverão ser alocadas de modo que a sua face superior fique nivelada com o nível da estrutura, conforme contido em projeto.

6.5. CERCAMENTO DA SUBESTAÇÃO

Para que a área de acesso à subestação seja restrita, será usado cercamento através de gradil padrão, com malha de 5cm x 20cm, espessura do fio base de 4,52mm, espessura do fio pintado 4,8mm, largura padrão de 2,5mm e altura de 2,43mm com 4 curvas.

Os postes no qual as peças de gradil serão instaladas são com base, em aço galvanizado e pintado. A espessura da chapa é de 1,40mm, dimensões do poste de 40mm x 60mm, altura de 2,48m. A fixação será realizada através de fixador de gradil em Nylon com acompanhamento de parafuso auto brocante.

O portão frontal deve ser confeccionado com abertura de porta bi partida em duas folhas de 1,5m, totalizando 3m, permitindo acesso de materiais e equipamentos. Este portão deve possuir espaço para cadeado padrão da concessionária de energia, permitindo livre acesso.

7. AÇÕES ADOTADAS NA ESTRUTURA

7.1. ESTRUTURA METÁLICA

Para as verificações realizadas foram consideradas as seguintes cargas:

- Peso próprio da telha: $0,06 \text{ kN/m}^2$
- Peso próprio dos perfis metálicos: variável conforme seções
- Sobrecarga de utilização para manutenção da cobertura: $0,25 \text{ kN/m}^2$
- Ação do Vento:
 - $V0=45\text{m/s}$;
 - $S1=1,0$ (terreno plano ou fracamente acidentado);
 - $S2=0,94$ (categoria II, classe A);
 - $S3=1,1$ (grupo 1)

7.2. CONCRETO ARMADO

Para as verificações do radier foram consideradas as reações de apoio da cobertura além das seguintes cargas:

- Peso próprio do radier: 5 kN/m^2
- Carga adicional permanente (revestimento se necessário): $1,25 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de utilização e equipamentos: $3,5 \text{ kN/m}^2$

8. VERIFICAÇÕES ESTRUTURAIS

8.1. ESTRUTURA METÁLICA

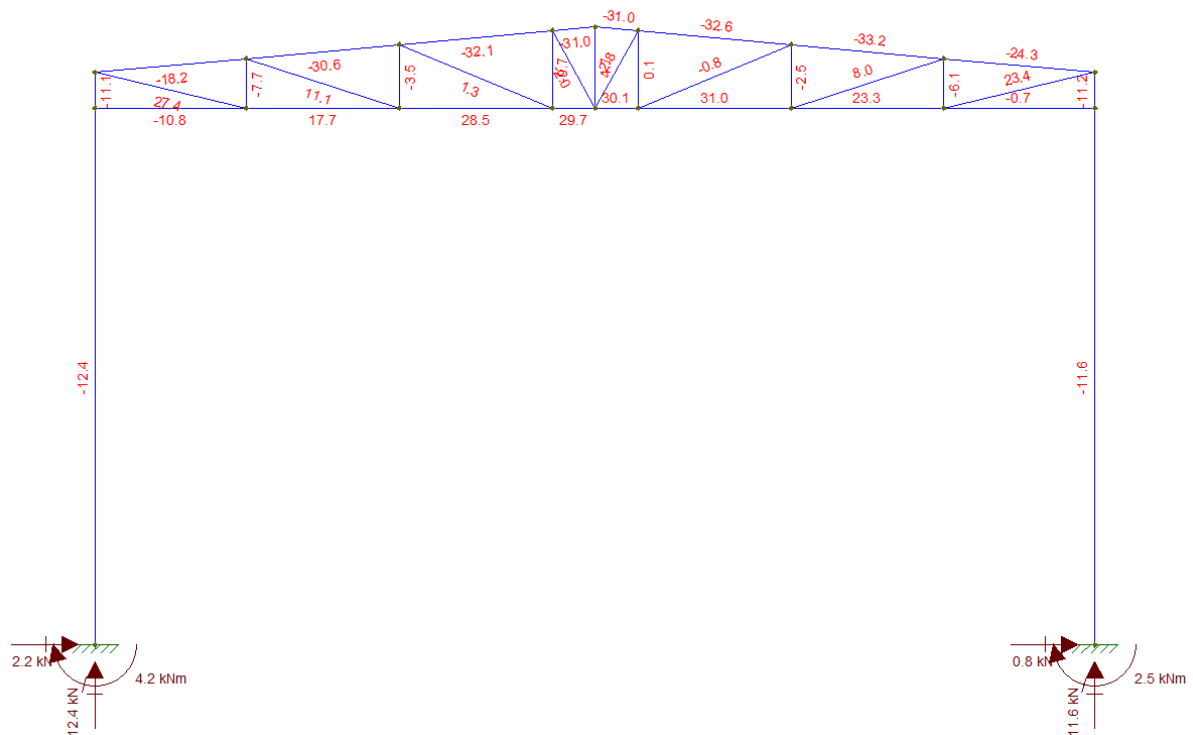


Figura 1 - Diagrama dos esforços normais

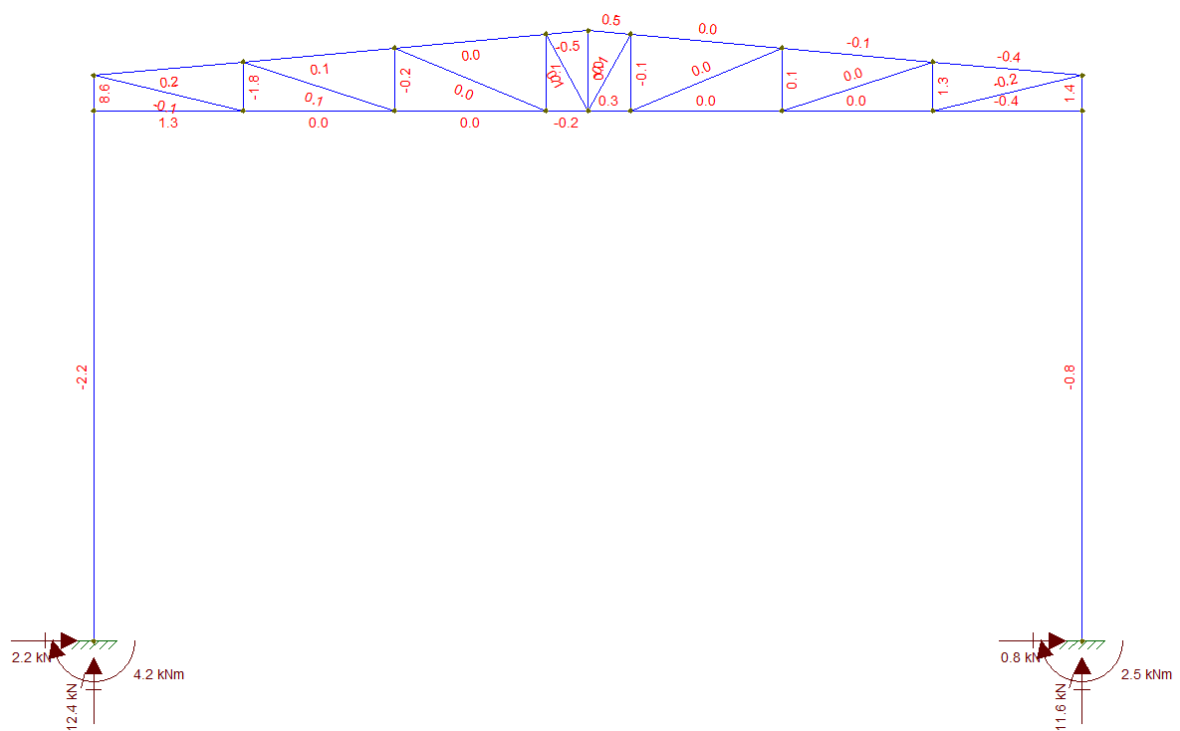


Figura 2 - Diagrama dos esforços cortantes

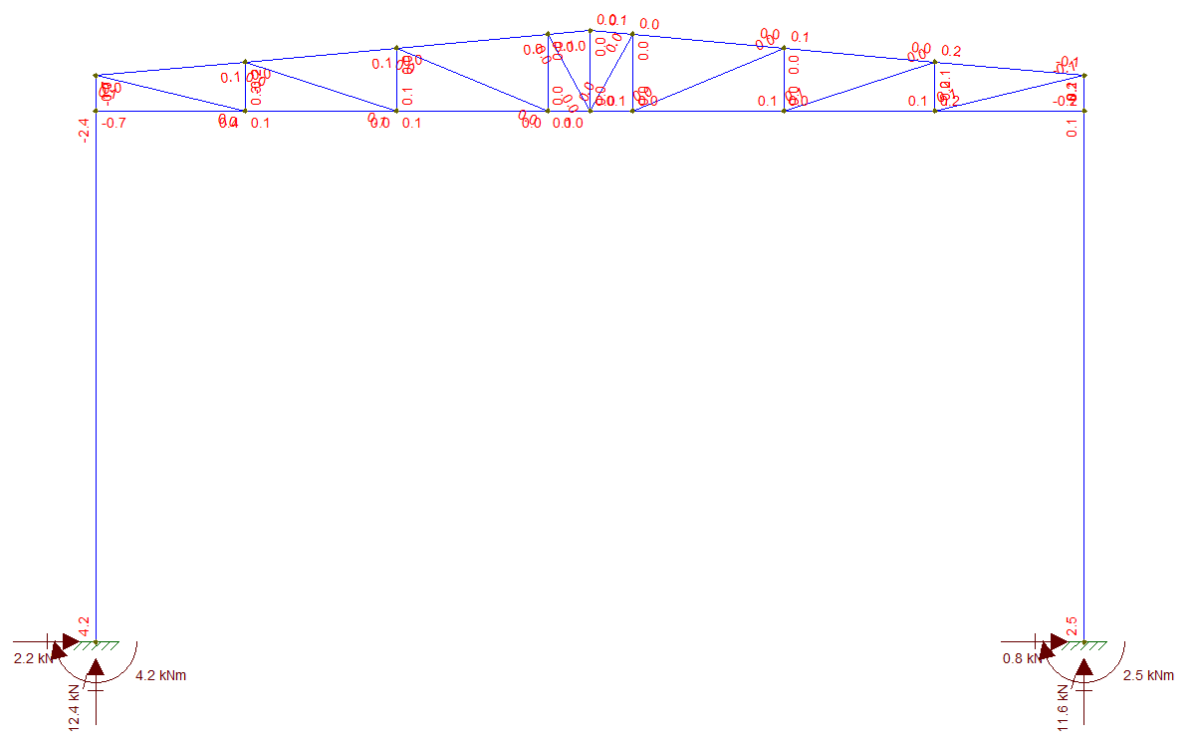


Figura 3 - Diagrama dos momentos fletores

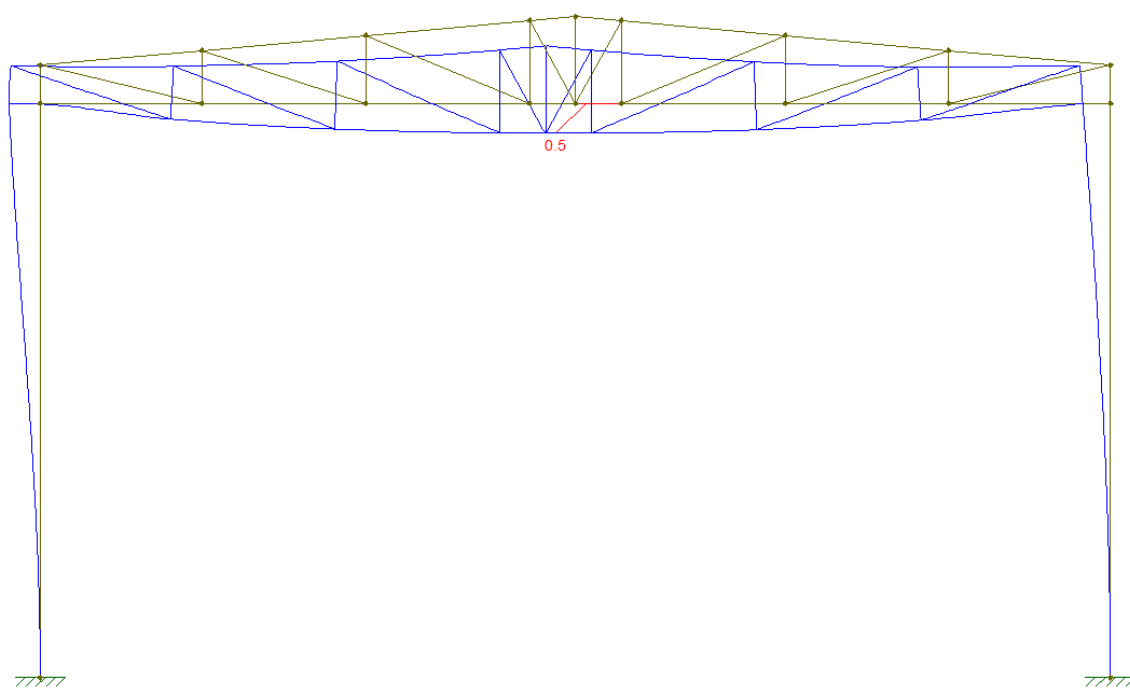


Figura 4 - Diagrama das deformações

8.1.1. VERIFICAÇÃO DAS TERÇAS

- Perfil: perfil de chapa dobrada “C” 100x50x3mm
- Área: 5,8 cm²
- Inércia a flexão (I_{xx}): 88,4 cm⁴
- Inércia a flexão (I_{yy}): 14,1 cm⁴
- Inércia a torção (J): 0,171 cm⁴
- Esforços normais:
 - N_{sd} = 0,4 kN
 - N_{crd} = 50,1 kN
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Flexão:
 - M_d = 0,98 kN
 - M_{rdx} = 2,99 kN.m
 - M_{rdy} = 0,82 kN.m
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Cisalhamento:
 - V_d = 1,87 kN
 - V_{rd} = 34,56 kN
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Esforço combinado:
 - 0,09 (limite 1,00)
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Deformação:
 - 1,01 (limite 1,20)
 - Ok! Perfil atende Estado Limite de Serviço!

8.1.2. VERIFICAÇÃO PERFIS DA TRELIÇA

- Perfil: perfil de chapa dobrada “C” 134x50x3mm
- Área: 6,8 cm²
- Inércia a flexão (I_{xx}): 181,2 cm⁴
- Inércia a flexão (I_{yy}): 15,6 cm⁴
- Inércia a torção (J): 0,20 cm⁴
- Esforços normais:
 - N_{sd} = 33,20 kN
 - N_{crd} = 99,35 kN
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Flexão:
 - M_{dx} = 0,98 kN
 - M_{rdx} = 4,94 kN.m
 - M_{rdy} = 0,87 kN.m
 - Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Cisalhamento:
 - V_d = 8,6kN

- $V_{rd} = 44,38 \text{ kN}$
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Esforço combinado:
 - 0,484 (limite 1,00)
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Deformação:
 - 0,50 (limite 2,24)
Ok! Perfil atende Estado Limite de Serviço!

8.1.3. VERIFICAÇÃO PILARES

- Perfil: tubular quadrado 140x140x5mm
- Área: $27,0 \text{ cm}^2$
- Inércia a flexão (I_{xx}): $821,3 \text{ cm}^4$
- Inércia a flexão (I_{yy}): $821,3 \text{ cm}^4$
- Inércia a torção (J): $1230,2 \text{ cm}^4$
- Coeficiente de forma X (Z_x/W_x): 1,17
- Esforços normais:
 - $N_{sd} = 21,83 \text{ kN}$
 - $N_{crd} = 524,56 \text{ kN}$
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Flexão:
 - $M_d = 13,70 \text{ kN}$
 - $M_{rd} = 31,08 \text{ kN}$
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Cisalhamento:
 - $V_d = 6,61 \text{ kN}$
 - $V_{rd} = 190,91 \text{ kN}$
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Esforço combinado:
 - 0,538 (limite 1,00)
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!
- Deformação:
 - 0,5 (limite 1,20)
Ok! Perfil atende Estado Limite de Serviço!

8.2. RADIER

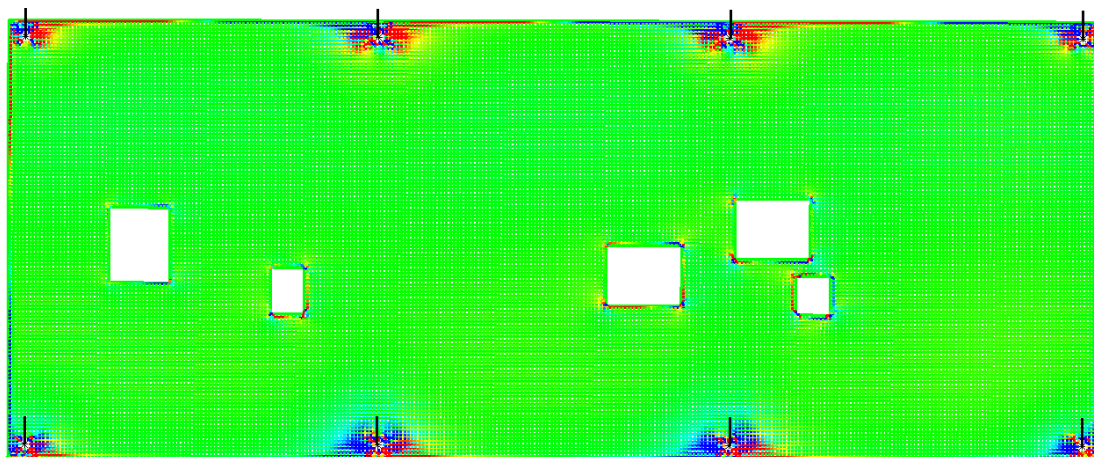


Figura 5 - Diagrama dos esforços cortantes

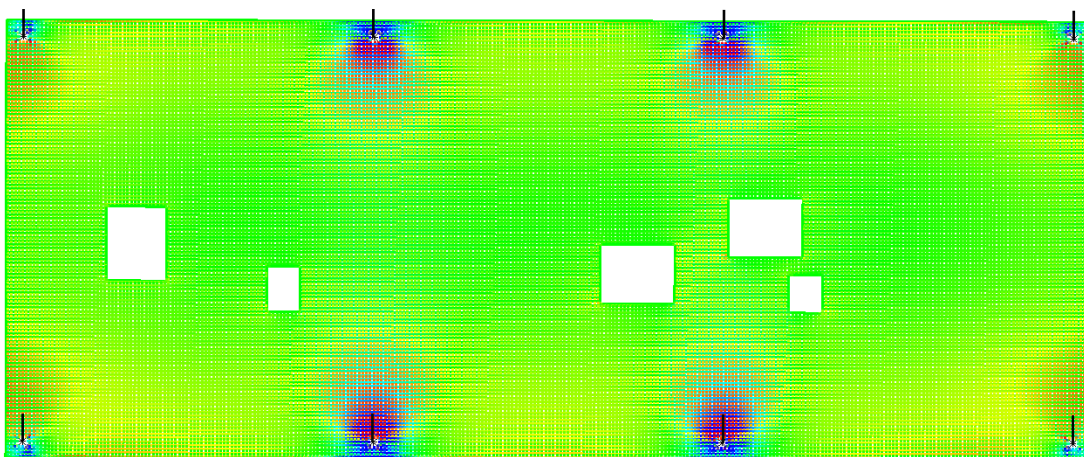


Figura 6 - Diagrama dos momentos fletores

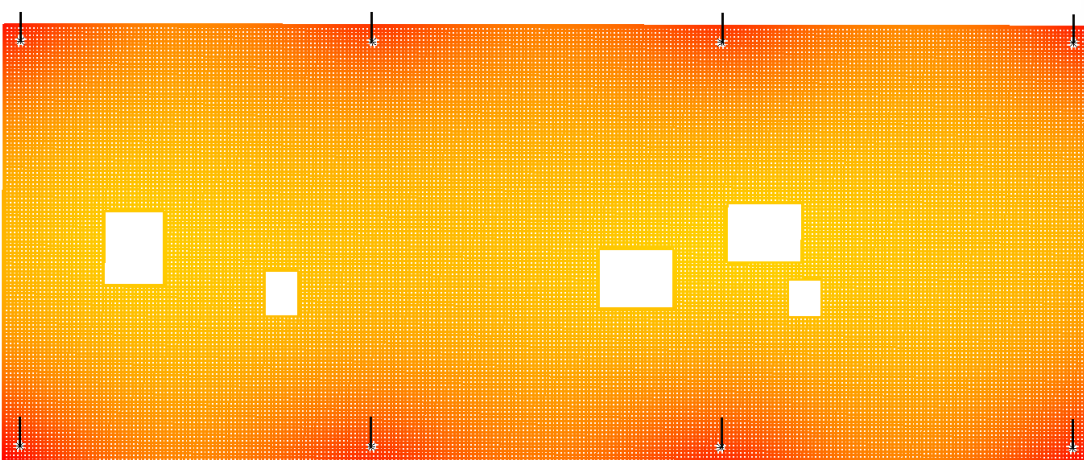


Figura 7 - Diagrama das deformações

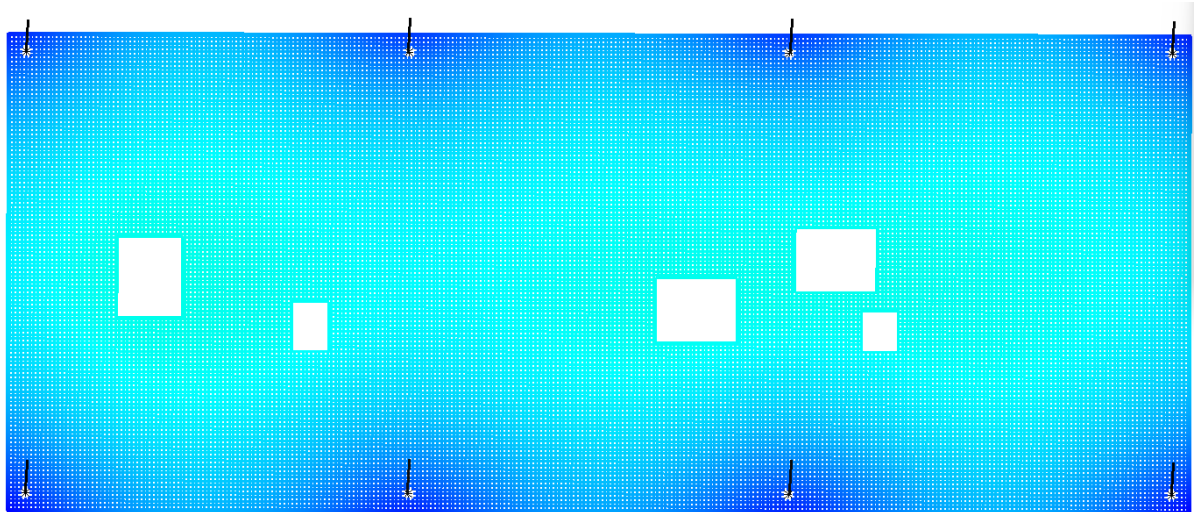


Figura 8 - Diagrama da pressão no solo

- Seção (espessura): 20cm
- Momento positivo (inferior): 13,46 kN.m/m
- Momento negativo (superior): 5,69 kN.m/m
- Armadura:
 - Asc positivo = 1,96 cm²/m (As adotado= 2,00 cm²/m)
 - Asc negativo = 1,25 cm²/m (As adotado= 2,00 cm²/m)
- Cisalhamento:
 - Vd = 101,63 kN/m
 - Vrd2 = 728,07 kN/m
 - Ok! A seção de concreto suporta sem armadura adicional!
- Pressão no solo:
 - Pressão atuante no solo = 32,32 kN/m²
 - tensão admissível do solo = 200 kN/m²
 - Ok! O solo suporta a pressão aplicada!
- Deformação:
 - 0,02 (limite 0,5)
 - Ok! Perfil atende Estado Limite de Serviço!

9. ENCERRAMENTO

Encerra-se aqui o Memorial, composto por 13 (treze) páginas. Este documento é propriedade da Haeser Engenharia e o do contratante, não sendo permitida a sua utilização para qualquer finalidade que não se relacione a análise e execução desta obra. E quaisquer alterações nos projetos deve ser comunicado, analisado e autorizado pelos autores para se manter a responsabilidade técnica.

Agosto de 2024

RESPONSÁVEL TÉCNICO
VÍTOR HAESER ISERHARD
CREA/RS 223072