PROJETO/OBRA: Restauração do teto da sala de jantar do Palácio Museu Olímpio Campos.

CLIENTE: Libório Gândara Ateliê de Arquitetura.

LOCALIDADE: Aracaju-SE.

MEMÓRIA DE CÁLCULO

**Sumário**

[1) Apresentação/Objetivo: 2](#_Toc526984237)

[2) Documentos de referência: 2](#_Toc526984238)

[3) Geometria da cobertura: 3](#_Toc526984239)

[4) Normas utilizadas: 4](#_Toc526984240)

[5) Materiais: 5](#_Toc526984241)

[6) Combinações dos carregamentos: 5](#_Toc526984242)

[7) Carregamentos adotados/aplicados: 6](#_Toc526984243)

[8) Estudo da ação do vento (NBR 6123). 9](#_Toc526984244)

[9) Descrição dos nós 10](#_Toc526984245)

[10) Relatório de tensões nas barras 12](#_Toc526984246)

[11) Verificações das barras (NBR 14762) 15](#_Toc526984247)

[14) Verificação – Barra Crítica – Tesoura 24](#_Toc526984248)

[15) Verificação – Barra crítica –Tirante 44](#_Toc526984249)

[16) Relatório de esforços na estrutura de apoio 47](#_Toc526984250)

# Apresentação/Objetivo:

A presente memória de cálculo objetiva o cálculo estrutural e dimensionamento da estrutura metálica para suportar de forma parcial a cobertura da sala de jantar do Palácio Museu Olímpio Campos, com dimensões aproximadas de projeção de 13,39 m x 7,3 m.

A estrutura foi projetada e calculada para cargas máximas de peso próprio, carga permanente, sobrecarga de utilização e carga de vento.

Para montagem desta estrutura metálica deve ser estudada a ordem das etapas. A remoção da parte superior da tesoura de madeira deverá ser removida somente após a montagem da estrutura metálica com os devidos apoios e colocação dos tirantes no engradado de madeira de sustentação do forro. Para montagem da estrutura metálica somente poderá ser removida parte das ripas. Em nenhum momento deverão ser removidos caibros, terças ou outros elementos que estejam suportando diretamente ou indiretamente o forro. Durante o período que parte da cobertura esteja descoberta, deverão ser utilizados meios provisórios (ex: lona de plástico) para proteção do forro contra chuvas e demais intempéries durante a execução. Durante a execução é recomendado o escoramento do forro de modo a absorver pequenos e possíveis deslocamentos. De forma alguma é para escorar toda a cobertura com o escoramento do forro para não haver a compressão/esmagamento do forro.

Esta memória de cálculo deve ser lida juntamente com os desenhos de projeto de cálculo estrutural emitidos pelo eng. Helder Silveira Costa de Oliveira.

# Documentos de referência:

Desenhos: 270\_001-R1.dwg e 270\_002-R1.dwg, de emissão do eng. Helder Silveira Costa de Oliveira, contendo vistas, detalhes e informações sobre a estrutura metálica. Este arquivo contém as seguintes folhas:

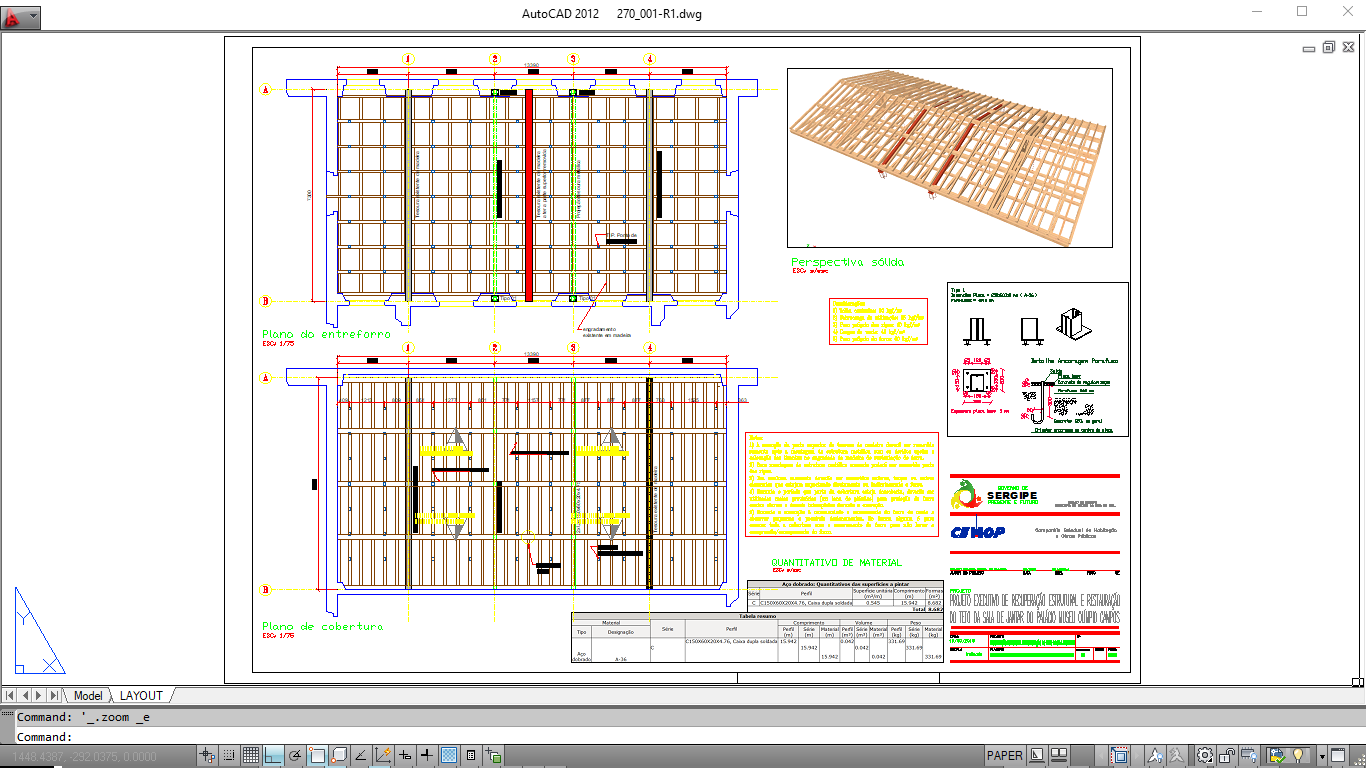


Imagem 01 – Folha 01/02

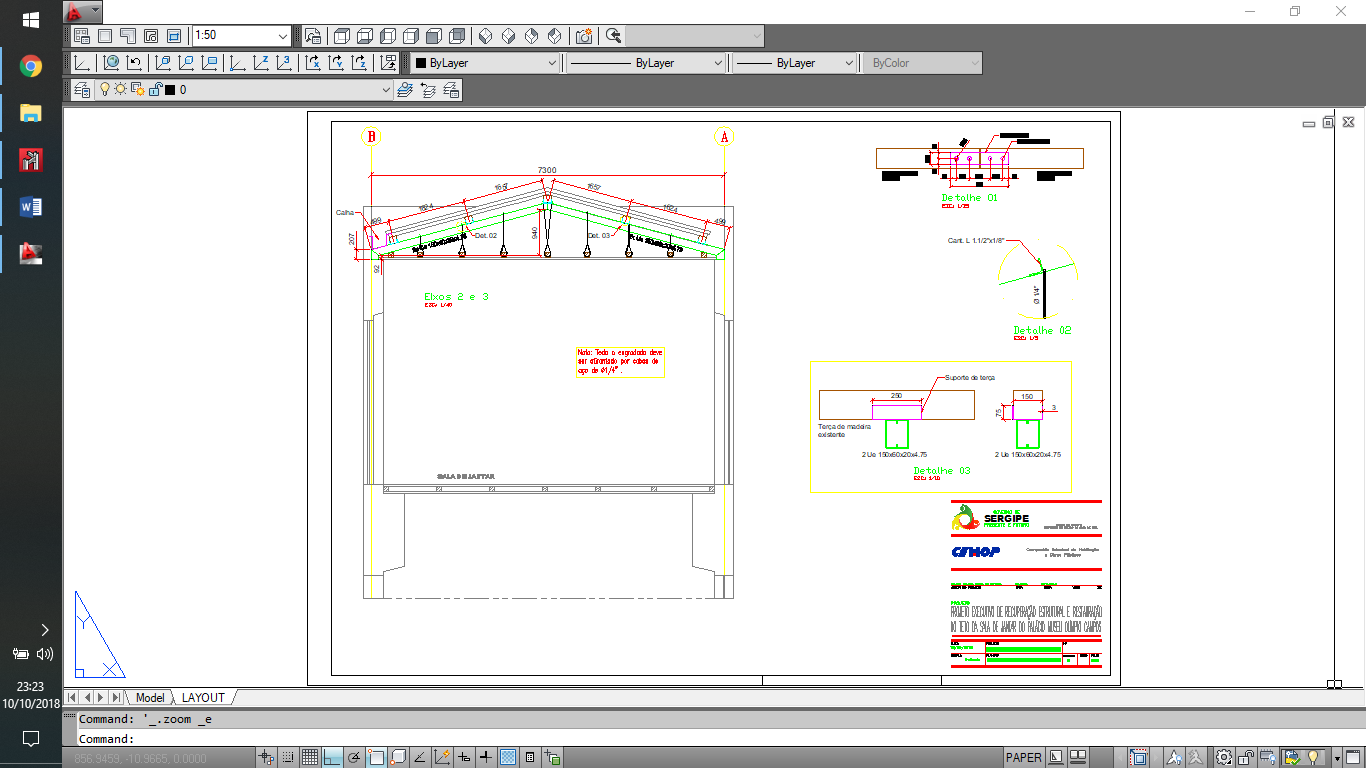


Imagem 02 – Folha 02/02

# Geometria da cobertura:

* Cobertura com dimensões 13,39 m x 7,3 m.
* A estrutura de cobertura é constituída por telha cerâmica com peso próprio de 50 kgf/m² e com inclinação de 27%.
* Os perfis da estrutura são fabricados em chapas de aço: ASTM A-36.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| * **Tabela resumo** | | | | | | |
| Material | | Série | Perfil | Comprimento | Volume | Peso |
| Tipo | Designação | Perfil  (m) | Perfil  (m³) | Perfil  (kg) |
| Aço laminado | A-36 250Mpa | Barra redonda | 1/4" | 40.826 | 0.001 | 10.15 |
|  |
|  |  |
| Aço dobrado | A-36 | C | C150X60X20X4.76, Caixa dupla soldada | 15.942 | 0.042 | 331.69 |
|  |
|  |  |

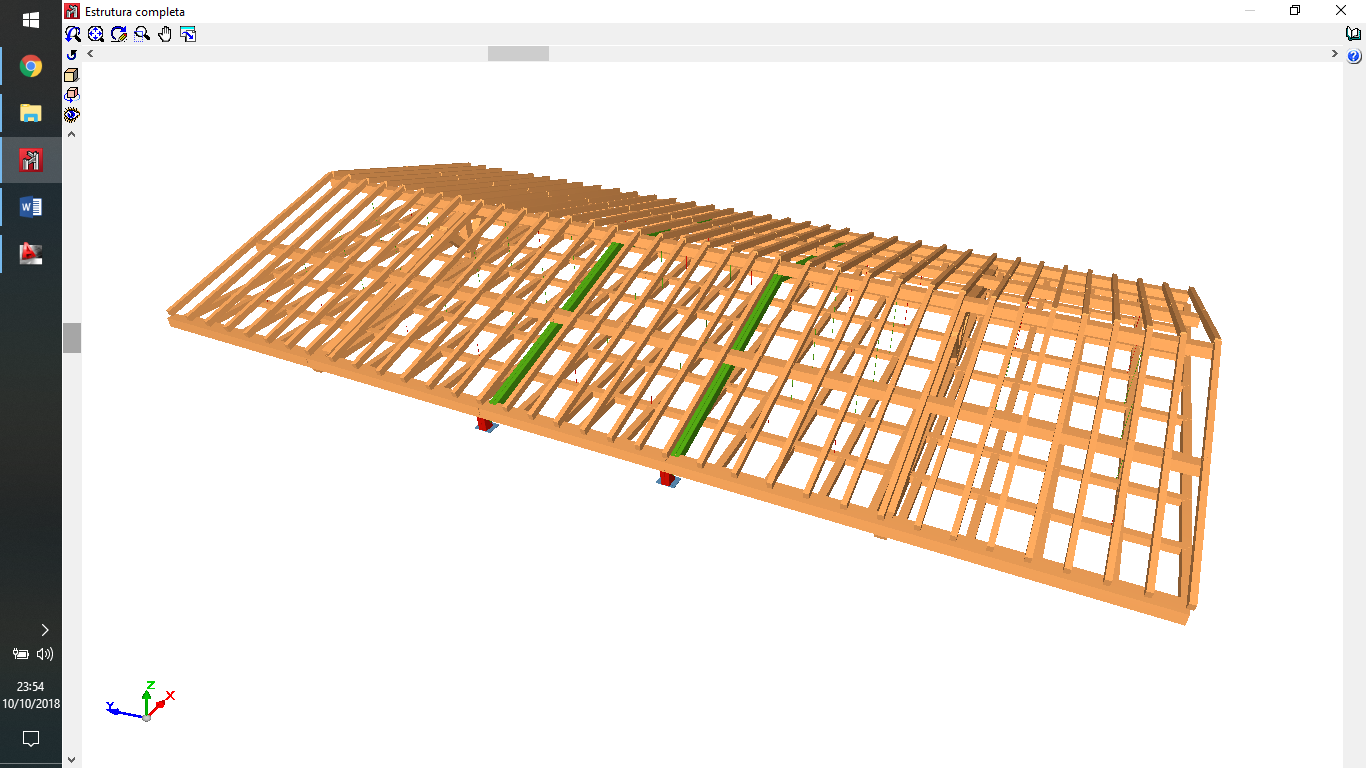


Imagem 03 - Perspectiva da estrutura metálica.

# Normas utilizadas:

Segue abaixo relação de normas utilizadas no cálculo desta estrutura metálica:

* NBR 6120/1980 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações;
* NBR 8681/1984 – Ações e Segurança nas Estruturas;
* NBR 6123/1986 – Forças Devidas ao Vento em Edificações;
* NBR 14762/2010 – Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio;
* NBR 8800/2008 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mista de Aço e Concreto de Edifícios.
* NBR 6355 – Perfis estruturais de aço formados a fio.

# Materiais:

Os perfís de chapa dobrada (perfís de chapa fina formados a frio) – Aço ASTM A-36 ou equivalente com limite de escoamento fy > 250Mpa.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Materiais utilizados** | | | | | | | |
| Material | | E  (kgf/cm²) | ν | G  (kgf/cm²) | fy  (kgf/cm²) | α·t  (m/m°C) | γ  (t/m³) |
| Tipo | Designação |
| Aço dobrado | A-36 | 2089704.4 | 0.300 | 803732.5 | 2548.4 | 0.000012 | 7.850 |
| *Notação:*  *E: Módulo de elasticidade*  *ν: Módulo de poisson*  *G: Módulo de corte*  *fy: Limite elástico*  *α·t: Coeficiente de dilatação*  *γ: Peso específico* | | | | | | | |

# Combinações dos carregamentos:

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **-** |  | **Com coeficientes de combinação** |



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **-** |  | **Sem coeficientes de combinação** |



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| - |  | Onde: | |
| Gk | | | Ação permanente | |
| Pk | | | Acção de pré-esforço | |
| Qk | | | Ação variável | |
| γG | | | Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes | |
| γP | | | Coeficiente parcial de segurança da acção de pré-esforço | |
| γQ,1 | | | Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal | |
| γQ,i | | | Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento | |
| ψp,1 | | | Coeficiente de combinação da ação variável principal | |
| ψa,i | | | Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento | |

Foram consideradas as seguintes combinações de carregamento (E.L.U) no cálculo desta estrutura:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Comb. | PP | CP | SCU (25 kgf/m²) | -Vz |
| 1 | 1.000 | 1.000 |  |  |
| 2 | 1.250 | 1.000 |  |  |
| 3 | 1.000 | 1.250 |  |  |
| 4 | 1.250 | 1.250 |  |  |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 1.500 |  |
| 6 | 1.250 | 1.000 | 1.500 |  |
| 7 | 1.000 | 1.250 | 1.500 |  |
| 8 | 1.250 | 1.250 | 1.500 |  |
| 9 | 1.000 | 1.000 |  | 1.400 |
| 10 | 1.250 | 1.000 |  | 1.400 |
| 11 | 1.000 | 1.250 |  | 1.400 |
| 12 | 1.250 | 1.250 |  | 1.400 |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | 1.400 |
| 14 | 1.250 | 1.000 | 1.050 | 1.400 |
| 15 | 1.000 | 1.250 | 1.050 | 1.400 |
| 16 | 1.250 | 1.250 | 1.050 | 1.400 |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.840 |
| 18 | 1.250 | 1.000 | 1.500 | 0.840 |
| 19 | 1.000 | 1.250 | 1.500 | 0.840 |
| 20 | 1.250 | 1.250 | 1.500 | 0.840 |

# Carregamentos adotados/aplicados:

Foram utilizados os seguintes carregamentos no cálculo desta estrutura:

* Sobrecarga de utilização = 25 kgf/m²
* Peso próprio da estrutura = gerado pelo programa de cálculo.
* Estrutura de madeira existente (tesouras, terças e caibros) = gerado pelo programa de cálculo.
* Telha cerâmica = 50 kgf/m².
* Ripas de madeira = 10 kgf/m².
* Telha cerâmica = 50 kgf/m².
* Vento = 40 kg/m².

Foram geradas figuras com aplicação dos carregamentos adotados na cobertura com escalas das cargas alteradas para melhor visualização das cargas.

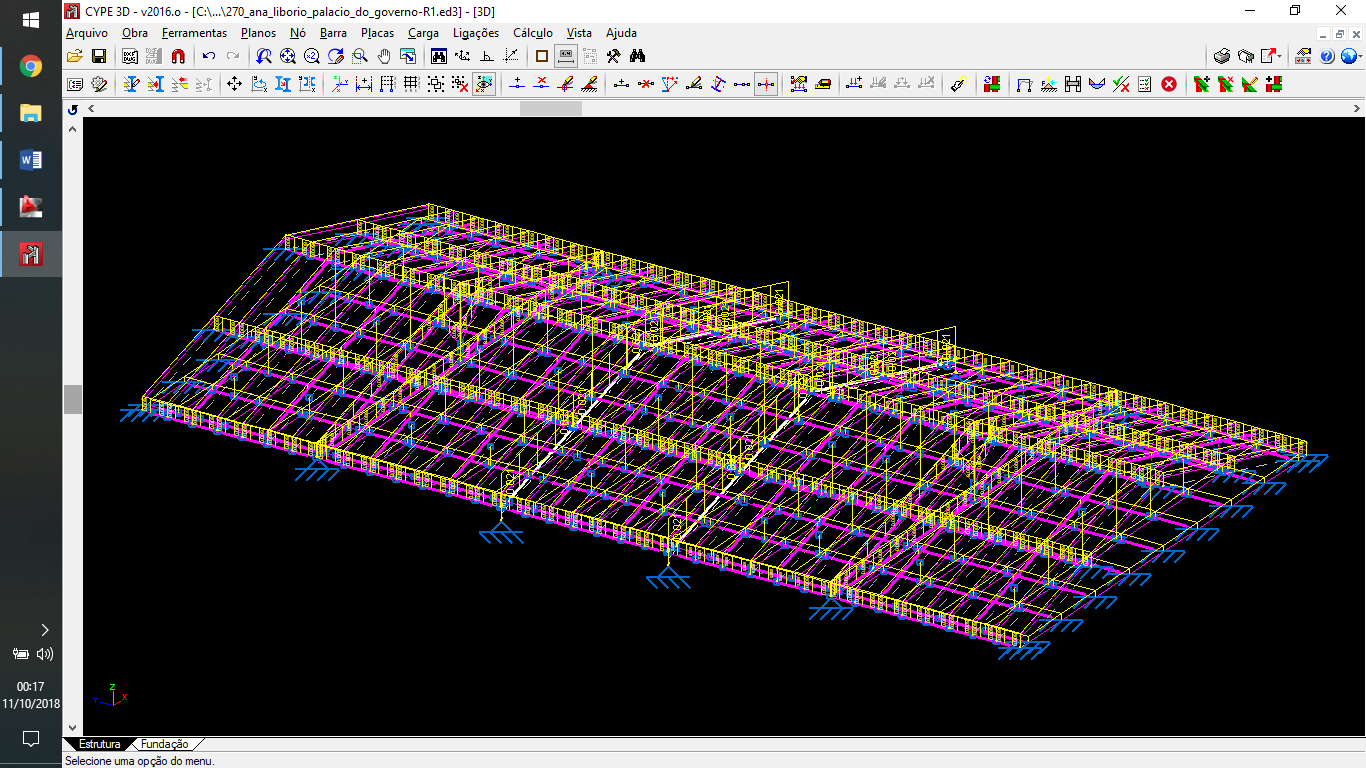


Imagem 04 - Peso próprio da estrutura.

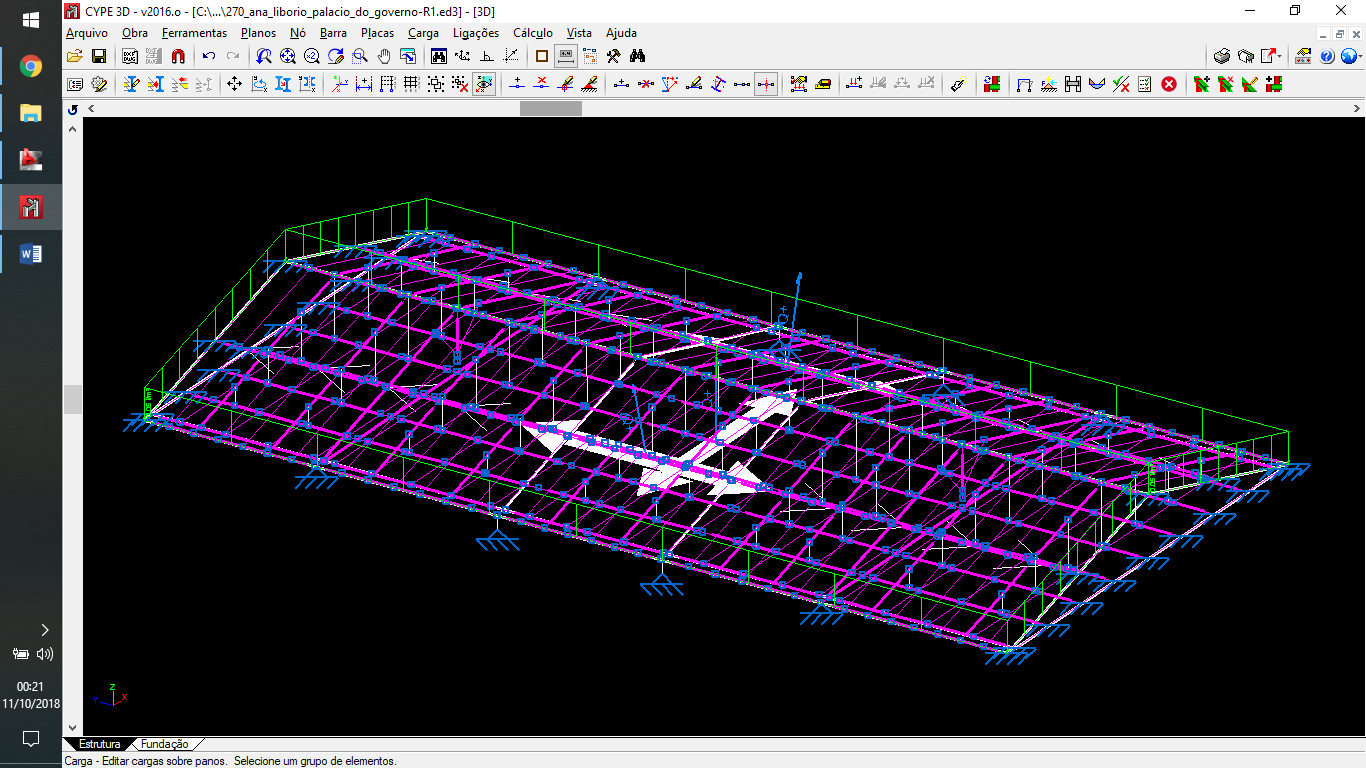


Imagem 05 - Carga Permanente: Telha Cerâmica (50 kgf/m²).

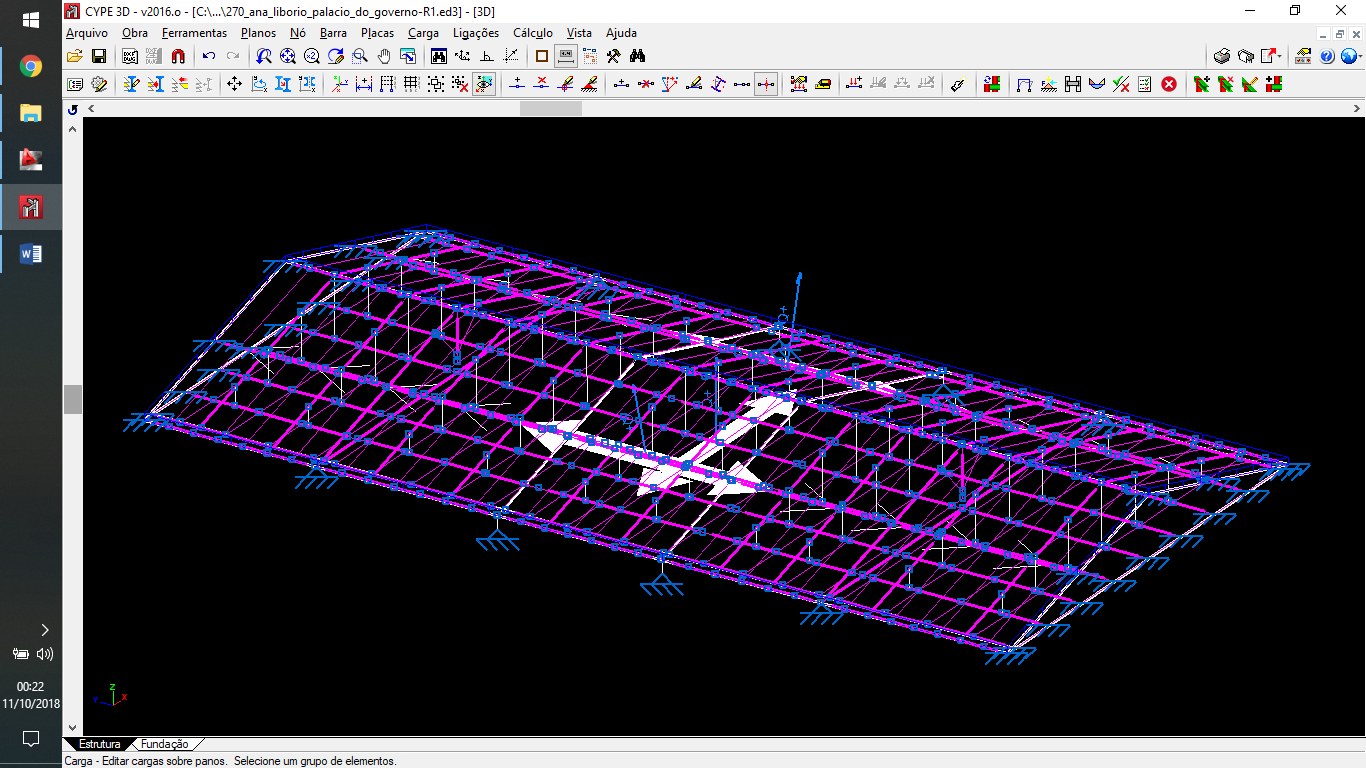


Imagem 06 - Carga Permanente: Ripas (10 kgf/m²).

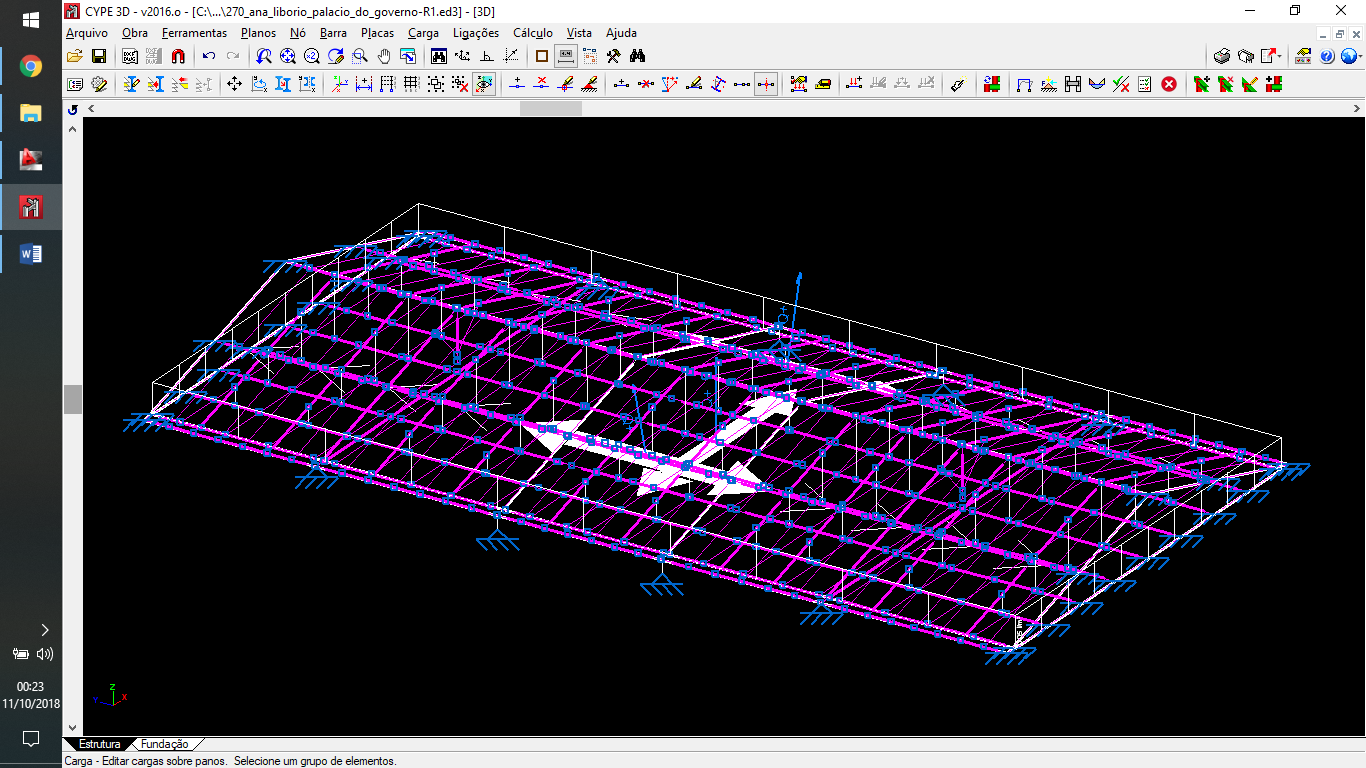


Imagem 07 - Carga Permanente: Forro existente (50 kgf/m²).

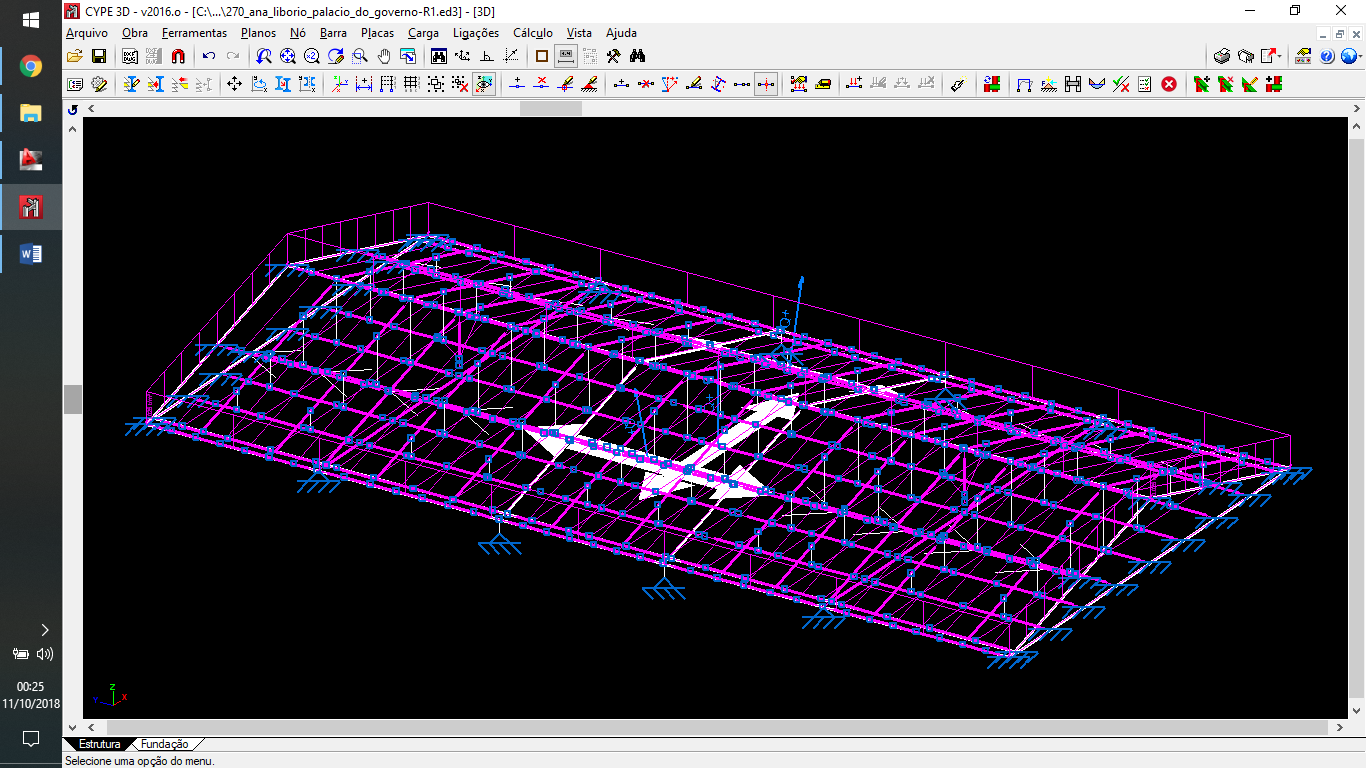


Imagem 08 – Sobrecarga de utilização: 25 kgf/m².

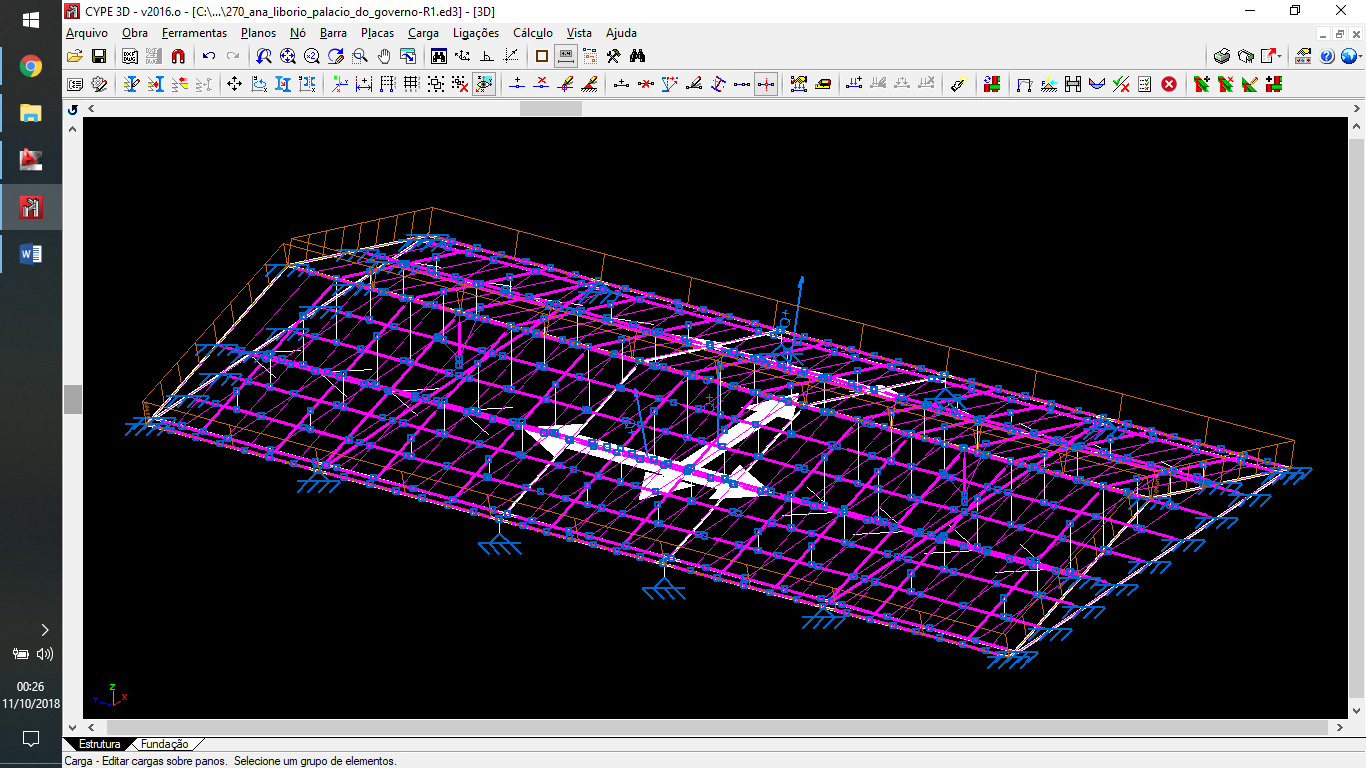


Imagem 09 – Carga de vento: 40 kgf/m².

# Estudo da ação do vento (NBR 6123).

A velocidade básica do vento, Vo, é multiplicada pelos fatores S1, S2 e S3 para ser obtida a velocidade característica do vento, Vk, para a parte da edificação em consideração.



A velocidade básica do vento de 30 m/s para estas localizações foi determinada através da Figura 01 da ABNT NBR 6123, conforme imagem abaixo:

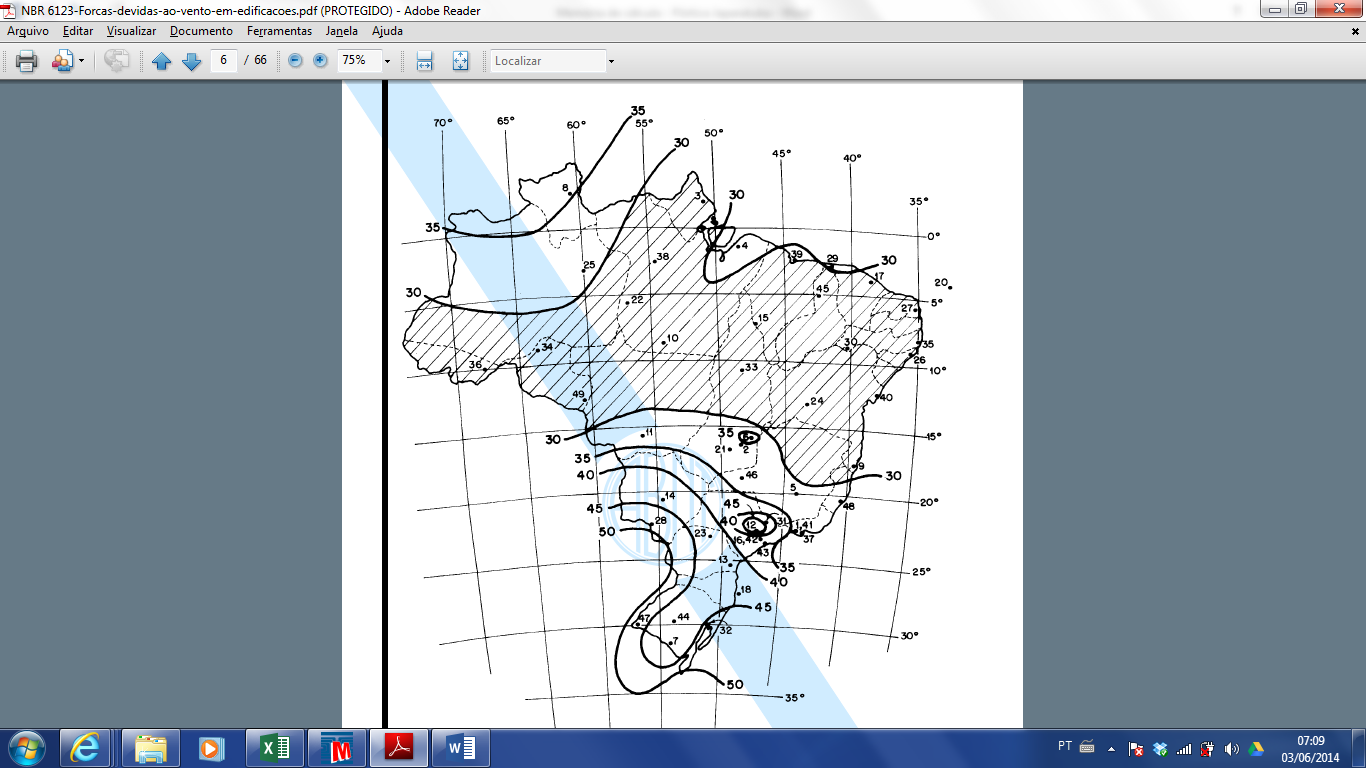


Figura 01 – Isopletas de velocidade básica Vo (m/s).

O fator topográfico S1 leva em consideração as variações do relevo do terreno e neste cálculo foi adotado S1 = 1,0 por se tratar de um terreno plano ou fracamente acidentado.

O fator S2 considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação em consideração. Foi considerado neste cálculo a Categoria V e Classe A. Considerando a edificação com altura que não excede 10 m. O fator S2 = 0,74 de acordo com a tabela 02 da presente norma.

O fator S3 é o fator estatístico baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Neste cálculo, foi considerado S3 = 1,0 pois trata-se de uma edificação com alto fator de ocupação.

Portanto, a velocidade característica desta cobertura é de 22,2 m/s.

A pressão dinâmica do vento, q, de valor, aproximadamente, 40 kg/m² se dá pela equação abaixo:



Foram geradas figuras com aplicação das cargas de vento na cobertura com escalas das cargas alteradas para melhor visualização das cargas.

# Descrição dos nós

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descrição** | | | | | | | | | |
| Material | | Barra  (Ni/Nf) | Peça  (Ni/Nf) | Perfil(Série) | Comprimento  (m) | βxy | βxz | LbSup.  (m) | LbInf.  (m) |
| Tipo | Designação |
| Aço laminado | A-36 250Mpa | N465/N330 | N465/N330 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N466/N467 | N466/N467 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N468/N469 | N468/N469 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N470/N472 | N470/N472 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N473/N477 | N473/N477 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N474/N478 | N474/N478 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N475/N479 | N475/N479 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N481/N480 | N481/N480 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N483/N482 | N483/N482 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N485/N484 | N485/N484 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N486/N342 | N486/N342 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N487/N488 | N487/N488 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N489/N490 | N489/N490 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N491/N492 | N491/N492 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N494/N493 | N494/N493 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N496/N495 | N496/N495 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N498/N497 | N498/N497 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N499/N359 | N499/N359 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N500/N501 | N500/N501 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N502/N503 | N502/N503 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N504/N505 | N504/N505 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N507/N506 | N507/N506 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N509/N508 | N509/N508 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N511/N510 | N511/N510 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N512/N371 | N512/N371 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N513/N514 | N513/N514 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N515/N516 | N515/N516 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N517/N518 | N517/N518 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N520/N519 | N520/N519 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N522/N521 | N522/N521 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N524/N523 | N524/N523 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N525/N388 | N525/N388 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N526/N527 | N526/N527 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N528/N529 | N528/N529 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N530/N531 | N530/N531 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N533/N532 | N533/N532 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N535/N534 | N535/N534 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N537/N536 | N537/N536 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N538/N400 | N538/N400 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N539/N540 | N539/N540 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N541/N542 | N541/N542 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N543/N544 | N543/N544 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N546/N545 | N546/N545 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N548/N547 | N548/N547 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N550/N549 | N550/N549 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N551/N417 | N551/N417 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N552/N553 | N552/N553 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N554/N555 | N554/N555 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N556/N557 | N556/N557 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N559/N558 | N559/N558 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N561/N560 | N561/N560 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N563/N562 | N563/N562 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N564/N425 | N564/N425 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N565/N566 | N565/N566 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N567/N568 | N567/N568 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N569/N570 | N569/N570 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N572/N571 | N572/N571 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N574/N573 | N574/N573 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N576/N575 | N576/N575 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N577/N442 | N577/N442 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N578/N579 | N578/N579 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N580/N581 | N580/N581 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N582/N583 | N582/N583 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N585/N584 | N585/N584 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N587/N586 | N587/N586 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N589/N588 | N589/N588 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N590/N458 | N590/N458 | 1/4" (Barra redonda) | 0.981 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N591/N592 | N591/N592 | 1/4" (Barra redonda) | 0.749 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N593/N594 | N593/N594 | 1/4" (Barra redonda) | 0.517 | 0.00 | 0.00 | - | - |
|  |  | N595/N596 | N595/N596 | 1/4" (Barra redonda) | 0.285 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| Aço dobrado | A-36 | N1/N278 | N1/N41 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.890 | 1.00 | 1.00 | 1.890 | 1.890 |
|  |  | N278/N41 | N1/N41 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.890 | 1.00 | 1.00 | 1.890 | 1.890 |
|  |  | N42/N1 | N42/N1 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 0.207 | 1.00 | 1.00 | 0.207 | 0.207 |
|  |  | N11/N279 | N11/N43 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.890 | 1.00 | 1.00 | 1.890 | 1.890 |
|  |  | N279/N43 | N11/N43 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.890 | 1.00 | 1.00 | 1.890 | 1.890 |
|  |  | N44/N11 | N44/N11 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 0.207 | 1.00 | 1.00 | 0.207 | 0.207 |
|  |  | N293/N291 | N293/N291 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 0.207 | 1.00 | 1.00 | 0.207 | 0.207 |
|  |  | N294/N290 | N294/N290 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 0.207 | 1.00 | 1.00 | 0.207 | 0.207 |
|  |  | N291/N286 | N291/N43 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.889 | 1.00 | 1.00 | 1.889 | 1.889 |
|  |  | N286/N43 | N291/N43 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.889 | 1.00 | 1.00 | 1.889 | 1.889 |
|  |  | N290/N285 | N290/N41 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.889 | 1.00 | 1.00 | 1.889 | 1.889 |
|  |  | N285/N41 | N290/N41 | 2xC150X60X20X4.76([]) (C) | 1.889 | 1.00 | 1.00 | 1.889 | 1.889 |

# Relatório de tensões nas barras

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)

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

η: Aproveitamento da resistência. A barra cumpre as condições de resistência da Norma se cumprir que η ≤ 100 %.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Barra | η  (%) | Posição  (m) | Esforços desfavoráveis | | | | | | Estado |
| N  (t) | Vy  (t) | Vz  (t) | Mt  (t·m) | My  (t·m) | Mz  (t·m) |
| N1/N278 | 41.36 | 0.000 | -4.695 | -0.038 | -0.826 | -0.058 | -0.742 | -0.037 | Passa |
| N278/N41 | 35.97 | 0.000 | -4.273 | -0.060 | 0.591 | 0.002 | 0.637 | -0.032 | Passa |
| N42/N1 | 51.30 | 0.207 | -2.803 | -0.312 | 5.110 | 0.000 | -1.056 | 0.064 | Passa |
| N11/N279 | 37.42 | 0.000 | -4.342 | 0.018 | -0.772 | 0.030 | -0.687 | 0.016 | Passa |
| N279/N43 | 32.94 | 0.000 | -3.968 | 0.032 | 0.545 | -0.001 | 0.593 | 0.019 | Passa |
| N44/N11 | 45.31 | 0.207 | -2.585 | 0.063 | 4.730 | 0.000 | -0.977 | -0.013 | Passa |
| N293/N291 | 45.31 | 0.207 | -2.585 | 0.063 | -4.731 | 0.000 | 0.977 | -0.013 | Passa |
| N294/N290 | 51.30 | 0.207 | -2.803 | -0.312 | -5.111 | 0.000 | 1.056 | 0.064 | Passa |
| N291/N286 | 37.42 | 0.000 | -4.344 | -0.018 | -0.772 | -0.029 | -0.687 | -0.016 | Passa |
| N286/N43 | 32.90 | 0.000 | -3.969 | -0.032 | 0.545 | 0.001 | 0.592 | -0.019 | Passa |
| N290/N285 | 41.36 | 0.000 | -4.697 | 0.038 | -0.825 | 0.058 | -0.741 | 0.037 | Passa |
| N285/N41 | 35.92 | 0.000 | -4.275 | 0.061 | 0.590 | -0.002 | 0.636 | 0.032 | Passa |
| N465/N330 | 3.33 | 0.000 | -0.024 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N466/N467 | 7.54 | 0.000 | -0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N468/N469 | 3.87 | 0.517 | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N470/N472 | 8.13 | 0.000 | -0.060 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N473/N477 | 7.54 | 0.000 | -0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N474/N478 | 3.86 | 0.517 | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N475/N479 | 8.13 | 0.000 | -0.060 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N481/N480 | 21.78 | 0.285 | -0.043 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N483/N482 | 13.18 | 0.517 | 0.097 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N485/N484 | 5.53 | 0.749 | 0.041 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N486/N342 | 67.33 | 0.981 | 0.494 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N487/N488 | 5.54 | 0.749 | 0.041 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N489/N490 | 13.16 | 0.517 | 0.097 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N491/N492 | 21.90 | 0.285 | -0.043 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N494/N493 | 20.28 | 0.285 | -0.026 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N496/N495 | 4.59 | 0.517 | 0.034 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N498/N497 | 3.69 | 0.749 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N499/N359 | 61.27 | 0.981 | 0.450 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N500/N501 | 3.69 | 0.749 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N502/N503 | 4.58 | 0.517 | 0.034 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N504/N505 | 20.49 | 0.285 | -0.026 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N507/N506 | 42.81 | 0.000 | 0.169 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N509/N508 | 28.74 | 0.517 | 0.211 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N511/N510 | 1.92 | 0.000 | -0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N512/N371 | 34.19 | 0.981 | 0.251 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N513/N514 | 1.91 | 0.000 | -0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N515/N516 | 28.77 | 0.517 | 0.211 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N517/N518 | 42.36 | 0.000 | 0.169 | -0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N520/N519 | 61.37 | 0.000 | 0.204 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N522/N521 | 24.02 | 0.517 | 0.176 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N524/N523 | 1.73 | 0.000 | -0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N525/N388 | 31.56 | 0.981 | 0.232 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N526/N527 | 1.72 | 0.000 | -0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N528/N529 | 24.06 | 0.517 | 0.177 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N530/N531 | 60.85 | 0.000 | 0.204 | -0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N533/N532 | 58.93 | 0.000 | 0.191 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N535/N534 | 21.96 | 0.517 | 0.161 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N537/N536 | 2.25 | 0.000 | -0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N538/N400 | 30.28 | 0.981 | 0.222 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N539/N540 | 2.24 | 0.000 | -0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N541/N542 | 21.99 | 0.517 | 0.161 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N543/N544 | 58.42 | 0.000 | 0.191 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N546/N545 | 26.87 | 0.000 | 0.139 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N548/N547 | 29.00 | 0.517 | 0.213 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N550/N549 | 1.90 | 0.749 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N551/N417 | 27.59 | 0.981 | 0.202 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N552/N553 | 1.92 | 0.749 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N554/N555 | 29.03 | 0.517 | 0.213 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N556/N557 | 18.87 | 0.285 | 0.138 | -0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N559/N558 | 3.86 | 0.000 | -0.028 | -0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N561/N560 | 3.63 | 0.000 | -0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N563/N562 | 3.63 | 0.749 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N564/N425 | 56.75 | 0.981 | 0.416 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N565/N566 | 3.64 | 0.749 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N567/N568 | 3.66 | 0.000 | -0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N569/N570 | 3.85 | 0.000 | -0.028 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N572/N571 | 24.17 | 0.285 | -0.042 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N574/N573 | 12.42 | 0.517 | 0.091 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N576/N575 | 6.03 | 0.749 | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N577/N442 | 66.54 | 0.981 | 0.488 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N578/N579 | 6.04 | 0.749 | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N580/N581 | 12.41 | 0.517 | 0.091 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N582/N583 | 24.29 | 0.285 | -0.042 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N585/N584 | 21.23 | 0.000 | -0.059 | 0.000 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N587/N586 | 5.09 | 0.517 | 0.037 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N589/N588 | 7.27 | 0.000 | -0.053 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N590/N458 | 4.26 | 0.981 | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N591/N592 | 7.27 | 0.000 | -0.053 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N593/N594 | 5.10 | 0.517 | 0.037 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |
| N595/N596 | 8.04 | 0.000 | -0.059 | 0.000 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | Passa |

# Verificações das barras (NBR 14762)

Segue abaixo relatório de verificações, de forma resumida, de cada barra. Nos próximos capítulo estarão a verificação completa dos elementos mais crítico de cada seção.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Barras | VERIFICAÇÕES (NBR 14762) | | | | | | | | | | | | | Estado |
| b/t | λ | Nt | Nc | Mx | My | Vx | Vy | MxVy | MyVx | NcMxMy | NtMxMy | Mt |
| N1/N278 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.9 | x: 0 m  η = 30.4 | x: 0 m  η = 1.7 | η = 0.3 | x: 0 m  η = 4.8 | x: 0 m  η = 9.5 | x: 0 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 41.4 | N.P.(2) | η = 2.6 | **PASSA**  **η = 41.4** |
| N278/N41 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.1 | x: 0 m  η = 26.1 | x: 1.89 m  η = 3.8 | η = 0.5 | x: 1.89 m  η = 4.0 | x: 0 m  η = 7.0 | x: 1.89 m  η = 0.1 | x: 0 m  η = 36.0 | N.P.(2) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 36.0** |
| N42/N1 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 5.0 | x: 0.207 m  η = 43.3 | x: 0.207 m  η = 3.0 | η = 2.3 | η = 29.5 | x: 0.207 m  η = 27.5 | x: 0.207 m  η = 0.1 | x: 0.207 m  η = 51.3 | N.P.(2) | Mt,Sd = 0.00  N.P.(3) | **PASSA**  **η = 51.3** |
| N11/N279 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.2 | x: 0 m  η = 28.2 | x: 1.89 m  η = 0.8 | η = 0.1 | x: 0 m  η = 4.5 | x: 0 m  η = 8.1 | x: 1.89 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 37.4 | N.P.(2) | η = 1.3 | **PASSA**  **η = 37.4** |
| N279/N43 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 7.5 | x: 0 m  η = 24.3 | x: 1.89 m  η = 1.9 | η = 0.2 | x: 1.89 m  η = 3.8 | x: 0 m  η = 6.0 | x: 1.89 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 32.9 | N.P.(2) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 32.9** |
| N44/N11 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 4.6 | x: 0.207 m  η = 40.1 | x: 0.207 m  η = 0.6 | η = 0.5 | η = 27.3 | x: 0.207 m  η = 23.5 | x: 0.207 m  η < 0.1 | x: 0.207 m  η = 45.3 | N.P.(2) | Mt,Sd = 0.00  N.P.(3) | **PASSA**  **η = 45.3** |
| N293/N291 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 4.6 | x: 0.207 m  η = 40.1 | x: 0.207 m  η = 0.6 | η = 0.5 | η = 27.3 | x: 0.207 m  η = 23.5 | x: 0.207 m  η < 0.1 | x: 0.207 m  η = 45.3 | N.P.(2) | Mt,Sd = 0.00  N.P.(3) | **PASSA**  **η = 45.3** |
| N294/N290 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 5.0 | x: 0.207 m  η = 43.3 | x: 0.207 m  η = 3.0 | η = 2.3 | η = 29.5 | x: 0.207 m  η = 27.5 | x: 0.207 m  η = 0.1 | x: 0.207 m  η = 51.3 | N.P.(2) | Mt,Sd = 0.00  N.P.(3) | **PASSA**  **η = 51.3** |
| N291/N286 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.2 | x: 0 m  η = 28.2 | x: 1.889 m  η = 0.8 | η = 0.1 | x: 0 m  η = 4.5 | x: 0 m  η = 8.1 | x: 1.889 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 37.4 | N.P.(2) | η = 1.3 | **PASSA**  **η = 37.4** |
| N286/N43 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 7.5 | x: 0 m  η = 24.3 | x: 1.889 m  η = 1.9 | η = 0.2 | x: 1.889 m  η = 3.8 | x: 0 m  η = 6.0 | x: 1.889 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 32.9 | N.P.(2) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 32.9** |
| N290/N285 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.9 | x: 0 m  η = 30.4 | x: 0 m  η = 1.7 | η = 0.3 | x: 0 m  η = 4.8 | x: 0 m  η = 9.5 | x: 0 m  η < 0.1 | x: 0 m  η = 41.4 | N.P.(2) | η = 2.6 | **PASSA**  **η = 41.4** |
| N285/N41 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 8.1 | x: 0 m  η = 26.1 | x: 1.889 m  η = 3.8 | η = 0.5 | x: 1.889 m  η = 4.0 | x: 0 m  η = 6.9 | x: 1.889 m  η = 0.1 | x: 0 m  η = 35.9 | N.P.(2) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 35.9** |
| *Notação:*  *b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura*  *λ: Limitação de esbeltez*  *Nt: Resistência à tração*  *Nc: Resistência à compressão*  *Mx: Resistência à flexão eixo X*  *My: Resistência à flexão eixo Y*  *Vx: Resistência ao esforço cortante X*  *Vy: Resistência ao esforço cortante Y*  *MxVy: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados*  *MyVx: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados*  *NcMxMy: Resistência à flexo-compressão*  *NtMxMy: Resistência à flexo-tração*  *Mt: Resistência à torção*  *x: Distância à origem da barra*  *η: 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) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*  *(3) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.* | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Barras | VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800) | | | | | | | | | | | Estado |
| λ | Nt | Nc | Mx | My | Vx | Vy | NMxMy | T | NMVT | σ τ f |
| N465/N330 | N.P.(1) | x: 0.981 m  η = 1.0 | x: 0 m  η = 3.3 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.3** |
| N466/N467 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 7.5 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η < 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 7.5** |
| N468/N469 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 3.9 | x: 0 m  η = 0.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.9** |
| N470/N472 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 8.1 | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | η = 0.3 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.3 | **PASSA**  **η = 8.1** |
| N473/N477 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 7.5 | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 7.5** |
| N474/N478 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 3.9 | x: 0 m  η = 0.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.9** |
| N475/N479 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 8.1 | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | η = 0.3 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.3 | **PASSA**  **η = 8.1** |
| N481/N480 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 0.1 | x: 0 m  η = 5.9 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 18.8 | η = 0.5 | η < 0.1 | x: 0.285 m  η = 21.8 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.5 | **PASSA**  **η = 21.8** |
| N483/N482 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 13.2 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 13.2** |
| N485/N484 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 5.5 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 5.5** |
| N486/N342 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 67.3 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 67.3** |
| N487/N488 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 5.5 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 5.5** |
| N489/N490 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 13.2 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η < 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 13.2** |
| N491/N492 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 0.1 | x: 0 m  η = 5.9 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 19.0 | η = 0.5 | η < 0.1 | x: 0.285 m  η = 21.9 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.5 | **PASSA**  **η = 21.9** |
| N494/N493 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 2.4 | x: 0 m  η = 4.0 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 18.5 | η = 0.4 | η = 0.1 | x: 0.285 m  η = 20.3 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.4 | **PASSA**  **η = 20.3** |
| N496/N495 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 4.6 | x: 0 m  η = 3.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 4.6** |
| N498/N497 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 3.7 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.7** |
| N499/N359 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 61.3 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 61.3** |
| N500/N501 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 3.7 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.7** |
| N502/N503 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 4.6 | x: 0 m  η = 3.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 4.6** |
| N504/N505 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 2.4 | x: 0 m  η = 4.0 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 18.7 | η = 0.4 | η = 0.1 | x: 0.285 m  η = 20.5 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.4 | **PASSA**  **η = 20.5** |
| N507/N506 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 23.1 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 22.2 | η = 0.3 | η = 0.1 | x: 0 m  η = 42.8 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.3 | **PASSA**  **η = 42.8** |
| N509/N508 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 28.7 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | η < 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 28.7** |
| N511/N510 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.4 | x: 0 m  η = 1.9 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.9** |
| N512/N371 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 34.2 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 34.2** |
| N513/N514 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.4 | x: 0 m  η = 1.9 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.9** |
| N515/N516 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 28.8 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.1 | **PASSA**  **η = 28.8** |
| N517/N518 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 23.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 21.7 | η = 0.3 | η = 0.1 | x: 0 m  η = 42.4 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.3 | **PASSA**  **η = 42.4** |
| N520/N519 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 27.8 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 37.7 | η = 0.6 | N.P.(3) | x: 0 m  η = 61.4 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 61.4** |
| N522/N521 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 24.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 24.0** |
| N524/N523 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.3 | x: 0 m  η = 1.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.7** |
| N525/N388 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 31.6 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 31.6** |
| N526/N527 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.3 | x: 0 m  η = 1.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.7** |
| N528/N529 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 24.1 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 24.1** |
| N530/N531 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 27.8 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 37.2 | η = 0.6 | N.P.(3) | x: 0 m  η = 60.8 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 60.8** |
| N533/N532 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 26.1 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 37.0 | η = 0.6 | N.P.(3) | x: 0 m  η = 58.9 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 58.9** |
| N535/N534 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 22.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 22.0** |
| N537/N536 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 0.8 | x: 0 m  η = 2.2 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 2.2** |
| N538/N400 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 30.3 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 30.3** |
| N539/N540 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 0.8 | x: 0 m  η = 2.2 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 2.2** |
| N541/N542 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 22.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 22.0** |
| N543/N544 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 26.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 36.5 | η = 0.6 | N.P.(3) | x: 0 m  η = 58.4 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 58.4** |
| N546/N545 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 18.9 | N.P.(10) | N.P.(2) | x: 0 m  η = 17.4 | η = 0.2 | η < 0.1 | x: 0 m  η = 26.9 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.2 | **PASSA**  **η = 26.9** |
| N548/N547 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 29.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 29.0** |
| N550/N549 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.9 | x: 0 m  η = 1.4 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.9** |
| N551/N417 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 27.6 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 27.6** |
| N552/N553 | N.P.(1) | x: 0.749 m  η = 1.9 | x: 0 m  η = 1.4 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 1.9** |
| N554/N555 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 29.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 29.0** |
| N556/N557 | N.P.(9) | x: 0.285 m  η = 18.9 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.2 | η < 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.2 | **PASSA**  **η = 18.9** |
| N559/N558 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 1.7 | x: 0 m  η = 3.9 | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.3 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.9** |
| N561/N560 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 2.6 | x: 0 m  η = 3.6 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.6** |
| N563/N562 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 3.6 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.6** |
| N564/N425 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 56.8 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 56.8** |
| N565/N566 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 3.6 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.6** |
| N567/N568 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 2.6 | x: 0 m  η = 3.7 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.7** |
| N569/N570 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 1.7 | x: 0 m  η = 3.9 | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.3 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 3.9** |
| N572/N571 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 0.5 | x: 0 m  η = 5.7 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 21.3 | η = 0.5 | N.P.(3) | x: 0.285 m  η = 24.2 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 24.2** |
| N574/N573 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 12.4 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 12.4** |
| N576/N575 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 6.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 6.0** |
| N577/N442 | N.P.(9) | x: 0.981 m  η = 66.5 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 66.5** |
| N578/N579 | N.P.(9) | x: 0.749 m  η = 6.0 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 6.0** |
| N580/N581 | N.P.(9) | x: 0.517 m  η = 12.4 | N.P.(10) | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 12.4** |
| N582/N583 | N.P.(1) | x: 0.285 m  η = 0.5 | x: 0 m  η = 5.7 | N.P.(2) | x: 0.285 m  η = 21.4 | η = 0.5 | N.P.(3) | x: 0.285 m  η = 24.3 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 24.3** |
| N585/N584 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 8.0 | x: 0 m  η = 17.2 | N.P.(2) | η < 0.1 | η = 0.4 | x: 0 m  η = 21.2 | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.4 | **PASSA**  **η = 21.2** |
| N587/N586 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 5.1 | x: 0 m  η = 1.3 | N.P.(2) | N.P.(2) | η = 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 5.1** |
| N589/N588 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 7.3 | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 7.3** |
| N590/N458 | N.P.(1) | x: 0.981 m  η = 4.3 | x: 0 m  η = 1.2 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 4.3** |
| N591/N592 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 7.3 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η < 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 7.3** |
| N593/N594 | N.P.(1) | x: 0.517 m  η = 5.1 | x: 0 m  η = 1.3 | N.P.(2) | N.P.(2) | N.P.(3) | η = 0.1 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | **PASSA**  **η = 5.1** |
| N595/N596 | N.P.(1) | N.P.(8) | x: 0 m  η = 8.0 | N.P.(2) | N.P.(2) | η < 0.1 | η = 0.4 | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | η = 0.4 | **PASSA**  **η = 8.0** |
| *Notação:*  *λ: Limitação do índice de esbeltez*  *Nt: Resistência à tração*  *Nc: Resistência à compressão*  *Mx: Resistência à flexão eixo X*  *My: Resistência à flexão eixo Y*  *Vx: Resistência ao esforço cortante X*  *Vy: Resistência ao esforço cortante Y*  *NMxMy: Resistência ao esforço axial e flexão combinados*  *T: Resistência à torção*  *NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante*  *σ τ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção*  *x: Distância à origem da barra*  *η: Coeficiente de aproveitamento (%)*  *N.P.: Não procede* | | | | | | | | | | | | |
| *Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):*  *(1) A verificação não procede, já que os comprimentos de flambagem por flexão são nulos.*  *(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) Não existe interação entre o esforço axial e o momento fletor nem entre momentos fletores em ambas as direções para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.*  *(5) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*  *(6) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.*  *(7) 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.*  *(8) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.*  *(9) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.*  *(10) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.* | | | | | | | | | | | | |

# 14) Verificação – Barra Crítica – Tesoura

Barra N44/N11

|  |  |
| --- | --- |
| **Perfil: C150X60X20X4.76, Caixa dupla soldada (Cordão contínuo) Material: Aço (A-36)** | |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Nós | | Comprimento  (m) | Características mecânicas | | | | | Inicial | Final | Área  (cm²) | Ix(1)  (cm4) | Iy(1)  (cm4) | It(2)  (cm4) | | N44 | N11 | 0.207 | 26.51 | 869.99 | 559.97 | 1044.51 | | *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 | 1.00 | 1.00 | | LK | 0.207 | 0.207 | 0.207 | 0.207 | | Cm | 1.000 | 1.000 | - | - | | Cb | - | | 1.000 | | | *Notação:*  *β: Coeficiente de flambagem*  *LK: Comprimento de flambagem (m)*  *Cm: Coeficiente de momentos*  *Cb: Fator de modificação para o momento crítico* | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Barra | VERIFICAÇÕES (NBR 14762) | | | | | | | | | | | | | Estado |
| b/t | λ | Nt | Nc | Mx | My | Vx | Vy | MxVy | MyVx | NcMxMy | NtMxMy | Mt |
| N44/N11 | (bw/t) ≤ 500  (bw/t) ≤ 500  Passa | λxx ≤ 200  λyy ≤ 200  Passa | Nt,Sd = 0.00  N.P.(1) | x: 0 m  η = 4.6 | x: 0.207 m  η = 40.1 | x: 0.207 m  η = 0.6 | η = 0.5 | η = 27.3 | x: 0.207 m  η = 23.5 | x: 0.207 m  η < 0.1 | x: 0.207 m  η = 45.3 | N.P.(2) | Mt,Sd = 0.00  N.P.(3) | **PASSA**  **η = 45.3** |
| *Notação:*  *b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura*  *λ: Limitação de esbeltez*  *Nt: Resistência à tração*  *Nc: Resistência à compressão*  *Mx: Resistência à flexão eixo X*  *My: Resistência à flexão eixo Y*  *Vx: Resistência ao esforço cortante X*  *Vy: Resistência ao esforço cortante Y*  *MxVy: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados*  *MyVx: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados*  *NcMxMy: Resistência à flexo-compressão*  *NtMxMy: Resistência à flexo-tração*  *Mt: Resistência à torção*  *x: Distância à origem da barra*  *η: 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) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*  *(3) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.* | | | | | | | | | | | | | | |

|  |
| --- |
| **Valores máximos da relação comprimento-espessura** (NBR 14762 Artigo 7.1 Tabela 3) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elemento: Alma |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **(b/t)** | : | ***28*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| **b**: Comprimento do elemento. |  | **b** | : | *130.96* | mm |
| **t**: A espessura. |  | **t** | : | *4.76* | mm |
|  | | | | | |
| Elemento: Alma |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **(b/t)** | : | ***21*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| **b**: Comprimento do elemento. |  | **b** | : | *100.96* | mm |
| **t**: A espessura. |  | **t** | : | *4.76* | mm |
|  | | | | | |

|  |
| --- |
| **Limitação de esbeltez** (NBR 14762, Itens 7.6.2 e 7.7.4) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| O índice de esbeltez **λ** das barras comprimidas não deve exceder o valor 200. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | **λxx** | : | ***3.6*** |  |
|  | **λyy** | : | ***4.3*** |  |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **KxLx**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. |  | **KxLx** | : | *0.207* | m |
| **KyLy**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. |  | **KyLy** | : | *0.207* | m |
| **rx**: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. |  | **rx** | : | *5.71* | cm |
| **ry**: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. |  | **ry** | : | *4.81* | cm |

|  |
| --- |
| **Resistência à compressão** (NBR 14762, Artigo 7.7) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.046*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N44, para a combinação de ações 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Nc,Sd**: Força normal de compressão solicitante de cálculo. |  | **Nc,Sd** | : | *2.590* | t |
|  | | | | | |
| A força normal de compressão resistente de cálculo **Nc,Rd** deve ser tomada como: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Nc,Rd** | : | *56.066* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  |  | | --- | --- | | **ρ**: Fator de redução associado à flambagem, |  | |  | **ρxx** | : | *1.00* |  |
|  | **ρyy** | : | *1.00* |  |
|  | **ρzz** | : | *1.00* |  |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | **βxx** | : | *0.48* |  |
|  | **βyy** | : | *0.49* |  |
|  | **βzz** | : | *0.48* |  |
| Onde **α** é o fator de imperfeição inicial conforme tabela 7. |  | **αxx** | : | *0.21* |  |
|  | **αyy** | : | *0.21* |  |
|  | **αzz** | : | *0.34* |  |
|  | | | | | |
| **λ0**: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. |  | **λ0, xx** | : | *0.04* |  |
|  | **λ0, yy** | : | *0.05* |  |
|  | **λ0, zz** | : | *0.06* |  |
| |  | | --- | |  | |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Ne**: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 7.7.2. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Aef**: Área efetiva da seção transversal da barra. |  | **Aef** | : | *24.20* | cm² |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |
|  | | | | | |
| A força normal de flambagem elástica **Ne** é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c): |  | **Ne** | : | *15235.064* | t |
|  | | | | | |
| a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Nex** | : | *38131.017* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Ney** | : | *27051.924* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| c) Força normal de flambagem elástica por torção. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Net** | : | *15235.064* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Ix**: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X. |  | **Ix** | : | *789.02* | cm4 |
| **Iy**: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y. |  | **Iy** | : | *559.77* | cm4 |
| **It**: Momento de inércia à torção uniforme. |  | **It** | : | *1044.51* | cm4 |
| **Cw**: Constante de empenamento da seção. |  | **Cw** | : | *198.81* | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidade. |  | **E** | : | *2089704* | kgf/cm² |
| **G**: Módulo de elasticidade transversal. |  | **G** | : | *803732* | kgf/cm² |
| **KxLx**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. |  | **KxLx** | : | *0.207* | m |
| **KyLy**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. |  | **KyLy** | : | *0.207* | m |
| **KtLt**: Comprimento efetivo de flambagem por torção. |  | **KtLt** | : | *0.207* | m |
| **r0**: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **r0** | : | *7.47* | cm |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| **rx, ry**: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente. |  | **rx** | : | *5.71* | cm |
|  | **ry** | : | *4.81* | cm |
| **x0, y0**: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção. |  | **x0** | : | *0.00* | mm |
|  | **y0** | : | *0.00* | mm |

|  |
| --- |
| **Resistência à flexão eixo X** (NBR 14762, Artigo 7.8.1) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.401*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| O momento fletor desfavorável de cálculo **MSd** é obtido para o nó N11, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  | **MSd** | : | *0.977* | t·m |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| O momento fletor resistente de cálculo **MRd** deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b): |  | **MRd** | : | *2.437* | t·m |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| **a) Início de escoamento da la seção efetiva (7.8.1.1)** |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **MRd** | : | *2.437* | t·m |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Wef**: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com **σ** calculada para o estado limite último de escoamento da seção. |  | **Wef** | : | *105.20* | cm³ |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| **b) Flambagem lateral com torção (7.8.1.2)** |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **MRd** | : | *2.437* | t·m |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Wc,ef**: Módulo de resistência elástico da seção efetiva em relação à fibra comprimida, calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, adotando **σ** = **ρFLT**fy. |  | **Wc,ef** | : | *105.20* | cm³ |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |
| **ρFLT**: Fator de redução associado à flambagem lateral com torção. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **(1)ρFLT** | : | *1.00* |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **λ0** | : | *0.04* |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| **Wc**: Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida. |  | **Wc** | : | *105.20* | cm³ |
|  | | | | | |
| O momento fletor de flambagem lateral com torção **Me**, em regime elástico, pode ser calculado pela seguinte expressão para barras com seccão fechada (caixão), sujeitas à flexão em torno do eixo X: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Me** | : | *1506.992* | t·m |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Cb**: Coeficiente de equivalência de momento na flexão. |  | **Cb** | : | *1.00* |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Ney** | : | *27051.924* | t |
|  | | | | |
| **Iy**: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y. |  | **Iy** | : | *559.77* | cm4 |
| **It**: Momento de inércia à torção uniforme. |  | **It** | : | *1044.51* | cm4 |
| **E**: Módulo de elasticidade. |  | **E** | : | *2089704* | kgf/cm² |
| **G**: Módulo de elasticidade transversal. |  | **G** | : | *803732* | kgf/cm² |
| **KyLy**: Comprimento efetivo de flambagem lateral. |  | **KyLy** | : | *0.207* | m |
|  | | | | | |
| **r0**: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **r0** | : | *7.47* | cm |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| **rx, ry**: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente. |  | **rx** | : | *5.71* | cm |
|  | **ry** | : | *4.81* | cm |
| **x0, y0**: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção. |  | **x0** | : | *0.00* | mm |
|  | **y0** | : | *0.00* | mm |

|  |
| --- |
| **Resistência à flexão eixo Y** (NBR 14762, Artigo 7.8.1) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.006*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
|  | | | | | |
| O momento fletor desfavorável de cálculo **MSd** é obtido para o nó N11, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  | **MSd** | : | *0.013* | t·m |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| O momento fletor resistente de cálculo **MRd** deve ser tomado como: |  | **MRd** | : | *2.161* | t·m |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Wef**: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 7.2, com **σ** calculada para o estado limite último de escoamento da seção. |  | **Wef** | : | *93.30* | cm³ |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |

|  |
| --- |
| **Resistência ao esforço cortante X** (NBR 14762, Artigo 7.8.2) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.005*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **VSd** produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  | **VSd** | : | *0.063* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é **VSd = 0.5 VSd**. |  | **VSd** | : | *0.031* | t |
|  | | | | | |
| A força cortante resistente de cálculo da alma **VRd** deve ser calculada por: |  | **(1)VRd** | : | *6.680* | t |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **1.08(EKV/fy)0.5** | : | *71.47* |  |
|  | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **h/t** | : | *21.21* |  |
|  | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **1.4(EKV/fy)0.5** | : | *92.64* |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **t**: Espessura da alma. |  | **t** | : | *4.76* | mm |
| **h**: Largura da alma. |  | **h** | : | *100.96* | mm |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **E**: Módulo de elasticidade. |  | **E** | : | *2089704* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |
| **KV**: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: |  | **KV** | : | *5.34* |  |
| |  | | --- | |  | |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| **Resistência ao esforço cortante Y** (NBR 14762, Artigo 7.8.2) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.273*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **VSd** produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  | **VSd** | : | *4.730* | t |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é **VSd = 0.5 VSd**. |  | **VSd** | : | *2.365* | t |
|  | | | | | |
| A força cortante resistente de cálculo da alma **VRd** deve ser calculada por: |  | **(1)VRd** | : | *8.665* | t |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **1.08(EKV/fy)0.5** | : | *71.47* |  |
|  | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **h/t** | : | *27.51* |  |
|  | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | para |  | |  | | | | |
|  | **1.4(EKV/fy)0.5** | : | *92.64* |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **t**: Espessura da alma. |  | **t** | : | *4.76* | mm |
| **h**: Largura da alma. |  | **h** | : | *130.96* | mm |
| **fy**: Tensão de escoamento. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **E**: Módulo de elasticidade. |  | **E** | : | *2089704* | kgf/cm² |
| **γ**: Coeficiente de ponderação das resistências. |  | **γ** | : | *1.1* |  |
| **KV**: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: |  | **KV** | : | *5.34* |  |
| |  | | --- | |  | |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| **Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados** (NBR 14762, Artigo 7.8.3) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Os esforços de cálculo desfavoráveis **MSd** e **VSd** são obtidos no nó N11, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.235*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **MSd**: Momento fletor solicitante de cálculo. |  | **MSd** | : | *0.977* | t·m |
| **M0,Rd**: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1. |  | **M0,Rd** | : | *2.437* | t·m |
| **VSd**: Força cortante solicitante de cálculo. |  | **VSd** | : | *4.730* | t |
| **VRd**: Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2. |  | **VRd** | : | *17.330* | t |

|  |
| --- |
| **Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados** (NBR 14762, Artigo 7.8.3) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Os esforços de cálculo desfavoráveis **MSd** e **VSd** são obtidos no nó N11, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | < | ***0.001*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **MSd**: Momento fletor solicitante de cálculo. |  | **MSd** | : | *0.013* | t·m |
| **M0,Rd**: Momento fletor resistente de cálculo conforme 7.8.1.1. |  | **M0,Rd** | : | *2.161* | t·m |
| **VSd**: Força cortante solicitante de cálculo. |  | **VSd** | : | *0.063* | t |
| **VRd**: Força cortante resistente de cálculo conforme 7.8.2. |  | **VRd** | : | *13.360* | t |

|  |
| --- |
| **Resistência à flexo-compressão** (NBR 14762, Artigo 7.9.2) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N11, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η1** | : | ***0.453*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η2** | : | ***0.453*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Nc,Sd**: Força normal de compressão solicitante de cálculo. |  | **Nc,Sd** | : | *2.585* | t |
| **Mx,Sd, My,Sd**: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente. |  | **Mx,Sd** | : | *0.977* | t·m |
|  | **My,Sd** | : | *0.013* | t·m |
| **Nc,Rd**: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 7.7. |  | **Nc,Rd** | : | *56.066* | t |
| **N0,Rd**: Força normal de compressão resistente de cálculo, calculada conforme 7.7, tomando-se **ρ** = 1. |  | **N0,Rd** | : | *56.066* | t |
| **Cmx, Cmy**: Coeficientes de equivalência de momento na flexão composta em relação aos eixos X e Y, respectivamente. |  | **Cmx** | : | *1.00* |  |
|  | **Cmy** | : | *1.00* |  |
| **Mx,Rd, My,Rd**: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 7.8.1, com **Cb** = 1. |  | **Mx,Rd** | : | *2.437* | t·m |
|  | **My,Rd** | : | *2.161* | t·m |
| **Nex, Ney**: Forças normais de flambagem elástica em relação aos eixos X e Y, respectivamente. |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Nex** | : | *38131.017* | t |
|  | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Ney** | : | *27051.924* | t |
|  | | | | |
| Sendo: |  |  |  |  |  |
| **IX**: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X. |  | **IX** | : | *789.02* | cm4 |
| **IY**: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y. |  | **IY** | : | *559.77* | cm4 |
| **KxLx**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. |  | **KxLx** | : | *0.207* | m |
| **KyLy**: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. |  | **KyLy** | : | *0.207* | m |
| **E**: Módulo de elasticidade. |  | **E** | : | *2089704* | kgf/cm² |

# Verificação – Barra crítica –Tirante

Barra N564/N425

|  |  |
| --- | --- |
| **Perfil: 1/4" Material: Aço (A-36 250Mpa)** | |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Nós | | Comprimento  (m) | Características mecânicas | | | | | Inicial | Final | Área  (cm²) | Ix(1)  (cm4) | Iy(1)  (cm4) | It(2)  (cm4) | | N564 | N425 | 0.981 | 0.32 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | | *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 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | LK | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | Cb | - | | 1.000 | | | *Notação:*  *β: Coeficiente de flambagem*  *LK: Comprimento de flambagem (m)*  *Cb: Fator de modificação para o momento crítico* | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Barra | VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008) | | | | | | | | | | | Estado |
| λ | Nt | Nc | Mx | My | Vx | Vy | NMxMy | T | NMVT | σ τ f |
| N564/N425 | N.P.(1) | x: 0.981 m  η = 56.8 | N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4) | N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | N.P.(8) | **PASSA**  **η = 56.8** |
| *Notação:*  *λ: Limitação do índice de esbeltez*  *Nt: Resistência à tração*  *Nc: Resistência à compressão*  *Mx: Resistência à flexão eixo X*  *My: Resistência à flexão eixo Y*  *Vx: Resistência ao esforço cortante X*  *Vy: Resistência ao esforço cortante Y*  *NMxMy: Resistência ao esforço axial e flexão combinados*  *T: Resistência à torção*  *NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante*  *σ τ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção*  *x: Distância à origem da barra*  *η: Coeficiente de aproveitamento (%)*  *N.P.: Não procede* | | | | | | | | | | | | |
| *Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):*  *(1) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.*  *(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.*  *(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.*  *(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.*  *(5) Não existe interação entre o esforço axial e o momento fletor nem entre momentos fletores em ambas as direções para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.*  *(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*  *(7) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.*  *(8) 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.* | | | | | | | | | | | | |

|  |
| --- |
| **Resistência à tração** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2) |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Deve satisfazer: |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **η** | : | ***0.568*** |  |
|  | | | | |
|  | | | | | |
| O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N425, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.05·SCU(25kgf/m²)+1.4·-Vz. |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| **Nt,Sd**: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. |  | **Nt,Sd** | : | *0.416* | t |
|  | | | | | |
| A força axial de tração resistente de cálculo, Nt,Rd, deve ser determinada pela expressão: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | |  | |  | | | | |
|  | **Nt,Rd** | : | *0.734* | t |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Ag**: Área bruta da seção transversal da barra. |  | **Ag** | : | *0.32* | cm² |
| **fy**: Resistência ao escoamento do aço. |  | **fy** | : | *2548.42* | kgf/cm² |
| **γa1**: Coeficiente de segurança do material. |  | **γa1** | : | *1.10* |  |

# Relatório de esforços na estrutura de apoio

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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) |
| N42 | Peso próprio | 0.622 | 0.029 | 0.351 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | CP | 2.203 | 0.126 | 1.177 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | SCU (25 kgf/m²) | 0.503 | 0.036 | 0.280 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | -Vz | 0.750 | 0.057 | 0.432 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| N44 | Peso próprio | 0.585 | -0.004 | 0.329 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | CP | 2.032 | -0.022 | 1.081 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | SCU (25 kgf/m²) | 0.465 | -0.009 | 0.258 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | -Vz | 0.694 | -0.014 | 0.398 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| N293 | Peso próprio | -0.585 | -0.004 | 0.329 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | CP | -2.032 | -0.022 | 1.081 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | SCU (25 kgf/m²) | -0.465 | -0.009 | 0.258 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | -Vz | -0.694 | -0.014 | 0.398 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| N294 | Peso próprio | -0.622 | 0.029 | 0.351 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | CP | -2.204 | 0.126 | 1.177 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | SCU (25 kgf/m²) | -0.503 | 0.036 | 0.280 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
|  | -Vz | -0.750 | 0.057 | 0.432 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Referências:

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

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

De acordo com o exposto neste relatório, concluo que a estrutura atende as cargas citadas acima.

Aracaju, 04 de Outubro de 2018

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Engº. Helder Silveira Costa de Oliveira