

Módulo 1 – Introdução ao projeto é cálculo de Estruturas de aço

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

MARGEM DE SEGURANÇA

$$\sigma_{Sd} = \frac{\sigma_{Rd}}{FS}$$

Onde:

σ_{Rd} : Tensão Resistente para efeitos de projeto

σ_{Sd} : Tensão Solicitante real

FS = Fator de Segurança

Filosofias de cálculo:

Método dos Estados Limites

Projeto por fatoração de Cargas e Resistências (LRFD “Load & Resistance Factor Design”)

Neste método majoramos as cargas atuantes, e praticamente mantemos a resistência das peças

- ✓ Adotado pela NBR8800/08 desde sua primeira edição em 1986
- ✓ Adotaremos essa metodologia de trabalho

X

Método das tensões admissíveis

Projeto pelas resistências admissíveis (ASD “Allowable strength Design”)

Neste método, mantemos as cargas e aplicamos fatores de redução na resistência das peças

- ✓ Adotado pelo AISC
- ✓ Gera resultados muito próximos ao LRFD.
- ✓ Em geral, usamos para pré-dimensionamento e ocasiões onde seja mais prático dimensionar por esse método

MARGEM DE SEGURANÇA NO ASD

Exemplo: Peças Tracionadas no AISC 360 -05 possuem, além de outros, o Estado Limite de Escoamento da Seção Bruta

$$\sigma_{Adm} = \frac{F_y}{1,67}$$

Ou, Reescrevendo:

$$\sigma_{Adm} = 0,60F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD

NO LRFD AS CARGAS SÃO MAJORADAS DE ACORDO COM A MARGEM
PROBABILÍSTICA DE EXCEÇÕES

Suponha um tração de 100 kN, composta por:

10 kN de Peso Próprio de Estruturas Metálicas: $10 \times 1,25 = 12,5$ kN

10 kN de Cargas Permanentes: $10 \times 1,40 = 14$ kN

80 kN de Cargas Variáveis: $80 \times 1,50 = 120$ kN

Tração majorada = 146,5 1,465 x maior que a tração real

$$\sigma_{Real} \cdot \gamma = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} \cdot 1,465 = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,1 \cdot 1,465} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,61}$$

$$\sigma_{Real} = 0,62 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD

Suponha um tração de 100 kN, composta por:

40 kN de Peso Próprio de Estruturas Metálicas: $40 \times 1,25 = 50$ kN

40 kN de Cargas Permanentes: $40 \times 1,40 = 56$ kN

20 kN de Cargas Variáveis: $20 \times 1,50 = 30$ kN

Tração majorada = 136 1,36 x maior que a tração real

$$\sigma_{Real} \cdot \gamma = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} \cdot 1,36 = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,1 \cdot 1,36} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,496}$$
$$\sigma_{Real} = 0,67 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD

Suponha um tração de 100 kN, composta por:

80 kN de Peso Próprio de Estruturas Metálicas: $80 \times 1,25 = 100$ kN

15 kN de Cargas Permanentes: $15 \times 1,40 = 21$ kN

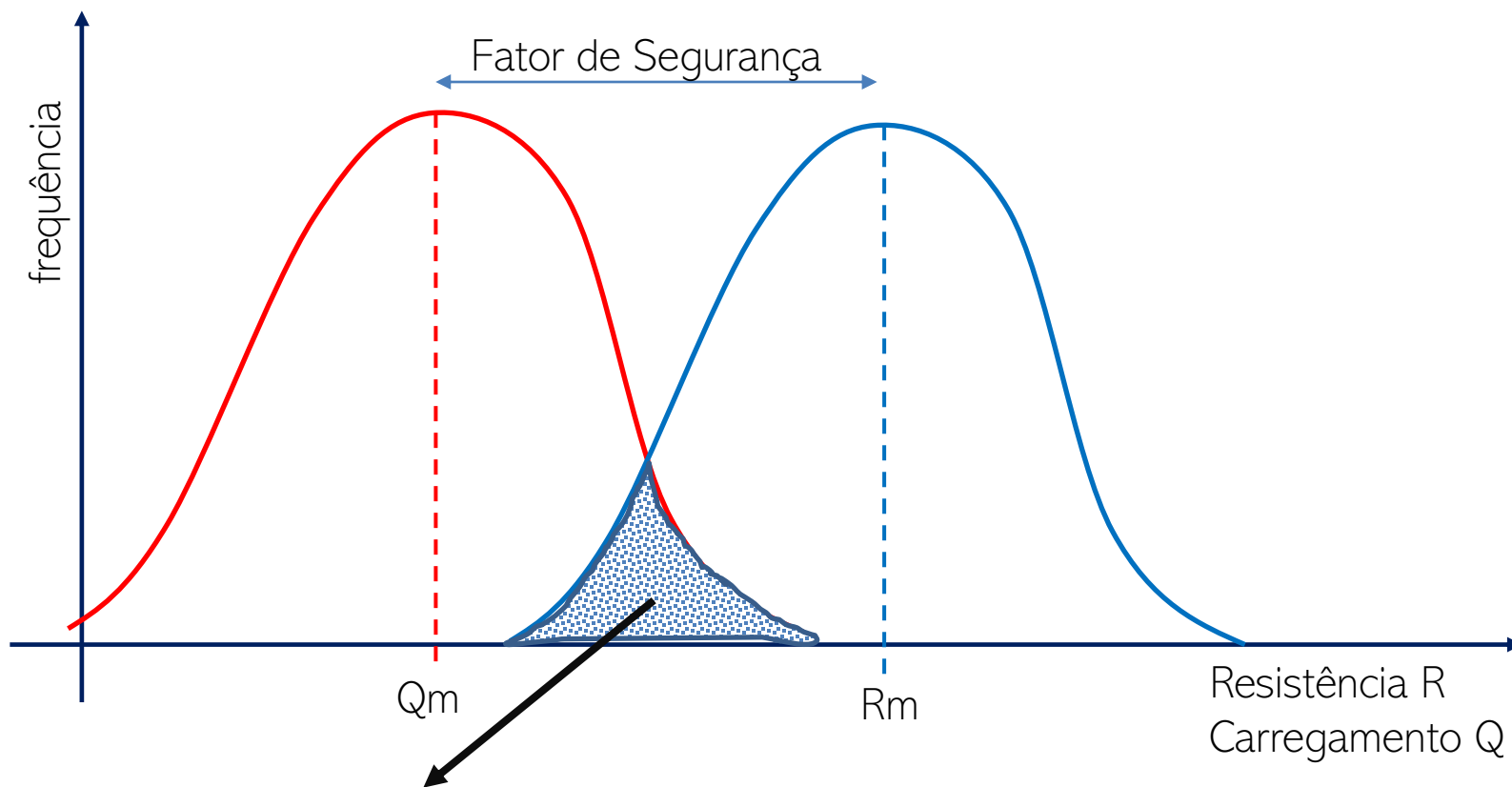
5 kN de Cargas Variáveis: $5 \times 1,50 = 7,5$ kN

Taçaõ Majorada total = 128,5kN 1,28x maior que a traçaõ real

$$\sigma_{Real} \cdot \gamma = \frac{F_y}{1,10} \rightarrow \sigma_{Real} \cdot 1,285 = \frac{F_y}{1,10} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,285 \cdot 1,10} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,41}$$

$$\sigma_{Real} = 0,709 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD



Probabilidade de falha crítica da ordem de 0,0001 %

ESTADOS LIMITES:

Estados Limites de Serviço (E.L.S)

X

Estados Limites Últimos (E.L.U)

São efeitos relacionados ao USO

São efeitos relacionados à SEGURANÇA

Flechas e deformações excessivas

Escoamento

Vibrações excessivas

Ruptura

Deslocamentos excessivos

Instabilidade / Flambagem

Deslizamentos de ligações

Qualquer efeito que possa afetar
o uso, eficiência ou causar alguma
patologia

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Fatores de Majoração a serem aplicados nas cargas

Tabela 1 — Valores dos coeficientes de ponderação das ações $\gamma_f = \gamma_{fl} \gamma_{fs}$

| Combinações | Ações permanentes (γ_g) ^{a c} | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|--|--|-------------|
| | Diretas | | | | | Indiretas |
| | Peso próprio de estruturas metálicas | Peso próprio de estruturas pré-moldadas | Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes | Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i> | Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos | |
| Normais | 1,25 (1,00) | 1,30 (1,00) | 1,35 (1,00) | 1,40 (1,00) | 1,50 (1,00) | 1,20 (0) |
| Especiais ou de construção | 1,15 (1,00) | 1,20 (1,00) | 1,25 (1,00) | 1,30 (1,00) | 1,40 (1,00) | 1,20 (0) |
| Excepcionais | 1,10 (1,00) | 1,15 (1,00) | 1,15 (1,00) | 1,20 (1,00) | 1,30 (1,00) | 0 (0) |
| | Ações variáveis (γ_q) ^{a d} | | | | | |
| | Efeito da temperatura ^b | Ação do vento | Ações truncadas ^e | Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação | | |
| Normais | 1,20 | | 1,40 | 1,20 | 1,50 | |
| Especiais ou de construção | 1,00 | | 1,20 | 1,10 | 1,30 | |
| Excepcionais | 1,00 | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |

Tabela 2 – Valores dos fatores de combinação ψ_0 e de redução ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis

| Ações | | γ_{f2}^a | | |
|--|--|-----------------|------------|------------|
| | | ψ_0 | ψ_1^d | ψ_2^e |
| Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação | Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| | Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ^c | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| | Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| Vento | Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral | 0,6 | 0,3 | 0 |
| Temperatura | Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | Passarelas de pedestres | 0,6 | 0,4 | 0,3 |
| | Vigas de rolamento de pontes rolantes | 1,0 | 0,8 | 0,5 |
| | Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| ^a Ver 4.8.5.3-c). ^b Edificações residenciais de acesso restrito. ^c Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público. ^d Para estado-limite de fadiga (ver o Anexo H), usar igual a 1,0. ^e Para combinações excepcionais em que a ação principal for sismo, admite-se adotar para o valor zero. | | | | |

As resistências receberão um coeficiente de ponderação (Minoração), para absorver incertezas da resistência, e as cargas receberão um coeficiente de Ponderação (Majoração) para absorver as incertezas estatísticas das cargas adotadas

$$\sigma_{SD} \cdot \gamma_f \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_a}$$

Tabela 3 — Valores dos coeficientes de ponderação das resistências γ_m

| Combinações | Aço estrutural ^a | | Concreto γ_c | Aço das armaduras γ_s |
|----------------------------|--|--------------------------|------------------------|------------------------------------|
| | γ_a | | | |
| | Escoamento, flambagem e instabilidade γ_{a1} | Ruptura γ_{a2} | | |
| Normais | 1,10 | 1,35 | 1,40 | 1,15 |
| Especiais ou de construção | 1,10 | 1,35 | 1,20 | 1,15 |
| Excepcionais | 1,00 | 1,15 | 1,20 | 1,00 |

^a Inclui o aço de fôrma incorporada, usado nas lajes mistas de aço e concreto, de pinos e parafusos.

COMBINAÇÕES DE SERVIÇO

Combinação quase permanentes de serviço

Usada para avaliar efeitos estéticos, e de longa duração. Exemplo de aplicação:
Plataforma de acesso restrito dentro de indústria, com baixíssimo fator de ocupação

$$F_{CQPS} = \sum C_p + \sum (\Psi_2 \cdot C_V)$$

Combinação Frequente de serviço

Usada para avaliar efeitos de conforto (vibrações) e efeitos que possam causar danos reversíveis, como eventuais trincas em pisos. Exemplo de aplicação: Estrutura para residências e escritórios comerciais.

$$F_{CFS} = \sum C_p + \Psi_1 \cdot C_{V_1} + \sum (\Psi_2 \cdot C_{V_{2,3 \dots n}})$$

Combinação Rara de Serviço

Usada para avaliar efeitos que causem danos irreversíveis, ou onde o uso da estrutura é intenso. Exemplo: Danceterias, Bares, Arquibancadas

$$F_{CFS} = \sum C_p + C_{V_1} + \sum (\Psi_1 \cdot C_{V_{2,3 \dots n}})$$

COMBINAÇÕES ÚLTIMAS

Combinações Últimas Normais

Usada para dimensionar os elementos da estrutura na situação prevista para uso

$$F_{CUN} = \sum \lambda_G C_p + \lambda_q C_{V_1} + \sum (\Psi_0 \cdot C_{V(2,3 \dots n)})$$

Combinações Últimas Excepcionais

Usada em casos específicos. Exemplo: Choque de veículos contra colunas

$$F_{CUN} = \sum \lambda_G C_p + \lambda_q C_{Exc} + \sum (\Psi_0 \cdot C_{V(2,3 \dots n)})$$

EXEMPLO 1

Determinar as combinações de ações para um mezanino, com as seguintes condições

Cargas:

Peso próprio da estrutura metálica: $0,30 \text{ kN/m}^2$

Laje pre moldada: $2,50 \text{ kN/m}^2$

Contrapiso: $0,70 \text{ kN/m}^2$

Piso Cerâmico: $0,21 \text{ kN/m}^2$

Paredes: $1,00 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga de Uso: $2,50 \text{ kN/m}^2$ (Escritórios)

Resolução:

$$F_{CQPS} = 0,30 + 2,50 + 0,70 + 0,21 + 1,00 + 0,4 \cdot 2,50 = 5,71 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CFS} = 0,30 + 2,50 + 0,70 + 0,21 + 1,00 + 0,6 \cdot 2,50 = 6,21 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CRS} = 0,30 + 2,50 + 0,70 + 0,21 + 1,00 + 2,50 = 7,21 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN} = 1,25 \cdot 0,30 + 1,35 \cdot 2,50 + 1,35 \cdot 0,70 + 1,40 \cdot 0,21 + 1,40 \cdot 1,00 + 1,50 \cdot 2,50 = 10,14 \text{ kN/m}^2$$

Tabela de Pesos específicos de materiais de construção (NBR6120)

Tabela 1 – Peso específico aparente dos materiais de construção (continua)

| Material | | Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³ |
|------------------------------|--|---|
| 1 Rochas naturais | Arenito | 21 a 27 (24) |
| | Ardósia | 28 |
| | Basalto, diorito, gabro | 27 a 31 (29) |
| | Calcário denso | 20 a 29 (24,5) |
| | Gnaíse | 30 |
| | Granito, sienito, pórfiro | 27 a 30 (28,5) |
| | Lava basáltica | 24 |
| | Mármore e calcário | 28 |
| | Outros calcários | 20 |
| | Taquilito | 26 |
| 2 Blocos artificiais e pisos | Blocos de concreto vazados (função estrutural, classes A e B, ABNT NBR 6136) | 14 |
| | Blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas (função estrutural, ABNT NBR 15270-1) | 12 |
| | Blocos cerâmicos vazados com paredes maciças (função estrutural, ABNT NBR 15270-1) | 14 |
| | Blocos cerâmicos maciços | 18 |
| | Blocos de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438) | 5,5 |
| | Blocos de vidro | 9 |
| | Blocos sílico-calcários | 20 |
| | Lajotas cerâmicas | 18 |
| | Porcelanato | 23 |
| | Terracota | 21 |

Tabela 1 (continuação)

| Material | | Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³ |
|--------------------------|--|---|
| 3 Argamassas e concretos | Argamassa de cal, cimento e areia | 19 |
| | Argamassa de cal | 12 a 18 (15) |
| | Argamassa de cimento e areia | 19 a 23 (21) |
| | Argamassa de gesso | 12 a 18 (15) |
| | Argamassa autonivelante | 24 |
| | Concreto simples | 24 |
| | Concreto armado | 25 |
| | NOTA: Os pesos específicos de argamassas e concretos são válidos para o estado endurecido. | |
| 4 Metais | Aço | 77 a 78,5 (77,8) |
| | Alumínio e ligas | 28 |
| | Bronze | 83 a 85 (84) |
| | Chumbo | 112 a 114 (113) |
| | Cobre | 87 a 89 (88) |
| | Estanho | 74 |
| | Ferro forjado | 76 |
| | Ferro fundido | 71 a 72,5 (71,8) |
| 5 Madeiras | Latão | 83 a 85 (84) |
| | Zinco | 71 a 72 (71,5) |
| | Madeiras naturais (umidade U = 12 %) | |
| | Cedro | 5 |
| | Pinho | 5 |
| | Quarubarana | 6 |
| | Louro, Imbuia, Pau-óleo | 6,5 |
| | Angelim Araroba, Angelim Pedra, Cafearana, Louro Preto | 7 |
| | Branquiho, Casca Grossa, Castelo, Guaiçara, Oiticica Amarela | 8 |
| | Guajuvirá, Guatambu, Grápia | 8 |
| | Canafístula, Capiúba, Guarapa Roraima, Guaruaia, Mandioqueira | 9 |
| | Eucalipto, Tatajuba | 10 |
| | Angico, Cabriúva | 10 |
| | Champanhe, Ipê, Jatobá, Sucupira | 11 |
| | Angelim Ferro, Angelim Pedra Verdadeiro, Catiúba, Maçaranduba | 12 |

Sobrecarga de cobertura – Texto específico da Norma NBR6120/2019

As coberturas devem ter no mínimo 1 % de inclinação. Não são recomendadas coberturas com inclinações inferiores a 2 %, devido à maior probabilidade de acúmulo de água, granizo, pó etc. que resultam em cargas adicionais potencialmente perigosas.

As coberturas tensionadas cobertas com elementos flexíveis (tecidos, filmes sintéticos, lonas, telas etc.) devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída de 0,25 kN/m².

As demais coberturas devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída conforme a expressão a seguir:

$$q = 0,50 \times \alpha \quad \text{onde} \quad 0,25 \text{ kN/m}^2 \leq q \leq 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = \begin{cases} 1,0 & 1\% < i \leq 2\% \\ 2,0 - 0,5 \times i & 2\% < i < 3\% \\ 0,5 & i \geq 3\% \end{cases}$$

onde

i é a inclinação da cobertura, medida entre a cumeeira e a extremidade mais baixa, expressa em porcentagem (%).

As cargas citadas anteriormente são apresentadas na Figura 2.

Caso a cobertura possua sistema de drenagem suficiente e rigidez adequada que impeçam a ocorrência do fenômeno de empoçamento progressivo, pode-se considerar carga variável uniformemente distribuída de 0,25 kN/m² (independente da inclinação da cobertura, mas respeitando-se o mínimo de 1 %), desde que seja feita a verificação conforme o Anexo D. Coberturas com inclinações maiores ou iguais a 5 % não precisam ser verificadas para esse fenômeno.

Peso Próprio de Alvenarias e divisórias (NBR6120)

Tabela 2 – Alvenarias

| Alvenaria | Espessura nominal do elemento cm | Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ² | | |
|---|-------------------------------------|--|------|------|
| | | 0 cm | 1 cm | 2 cm |
| ALVENARIA ESTRUTURAL | | | | |
| Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136) | 14 | 2,0 | 2,3 | 2,7 |
| | 19 | 2,7 | 3,0 | 3,4 |
| Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1) | 14 | 2,0 | 2,3 | 2,7 |
| Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1) | 9 | 1,1 | 1,5 | 1,9 |
| | 11,5 | 1,4 | 1,8 | 2,2 |
| | 14 | 1,7 | 2,1 | 2,5 |
| | 19 | 2,3 | 2,7 | 3,1 |
| Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1) | 9 | 1,6 | 2,0 | 2,4 |
| | 11,5 | 2,1 | 2,5 | 2,9 |
| | 14 | 2,5 | 2,9 | 3,3 |
| | 19 | 3,4 | 3,8 | 4,2 |
| Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1) | 9 | 1,1 | 1,5 | 1,9 |
| | 14 | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| | 19 | 1,9 | 2,3 | 2,7 |
| Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1) | 11,5 | 1,9 | 2,3 | 2,7 |
| | 14 | 2,1 | 2,5 | 2,9 |
| | 17,5 | 2,8 | 3,2 | 3,6 |
| ALVENARIA DE VEDAÇÃO | | | | |
| Bloco de concreto vazado (Classe C – ABNT NBR 6136) | 6,5 | 1,0 | 1,4 | 1,8 |
| | 9 | 1,1 | 1,5 | 1,9 |
| | 11,5 | 1,3 | 1,7 | 2,1 |
| | 14 | 1,4 | 1,8 | 2,2 |
| | 19 | 1,8 | 2,2 | 2,6 |
| Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1) | 9 | 0,7 | 1,1 | 1,6 |
| | 11,5 | 0,9 | 1,3 | 1,7 |
| | 14 | 1,1 | 1,5 | 1,9 |
| | 19 | 1,4 | 1,8 | 2,3 |
| Bloco de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438) | 7,5 | 0,5 | 0,9 | 1,3 |
| | 10 | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| | 12,5 | 0,8 | 1,2 | 1,6 |
| | 15 | 0,9 | 1,3 | 1,7 |
| | 17,5 | 1,1 | 1,5 | 1,9 |
| | 20 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| Bloco de vidro (decorativo, sem resistência ao fogo) | 8 | 0,8 | – | – |
| NOTA Na composição de pesos de alvenarias desta Tabela foi considerado o seguinte: | | | | |
| — argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m ³ ; | | | | |
| — revestimento com peso específico médio de 19 kN/m ³ ; | | | | |
| — proporção de um meio bloco para cada três blocos inteiros; | | | | |
| — sem preenchimento de vazios (com graute etc.). | | | | |

Tabela 3 – Divisórias e caixilhos

| Material | Espessura nominal do elemento cm | Peso kN/m ² |
|--|-------------------------------------|---------------------------|
| Drywall (composição: montantes metálicos, quatro chapas com 12,5 mm de espessura cada e isolamento acústico com lã de rocha ou lã de vidro com 50 mm de espessura) | 7 a 30 | 0,5 |
| Divisórias retráteis (exceto divisórias com vidro) | 7 a 12 | 0,6 |
| Caixilhos, incluindo vidro simples (espessura 4 mm): | – | |
| — de alumínio, | | 0,2 |
| — de ferro, | | 0,3 |
| — que vão de piso a piso, com $h \leq 4,0$ m | | 0,5 |
| Fachadas com pele de vidro, fachadas unitizadas | Validar conforme o caso | |

Telhas, telhados, forros e Sprinklers (NBR6120)

Tabela 5 – Telhas

| Material | Peso na superfície inclinada kN/m ² |
|--|---|
| Telha cerâmica em geral (exceto tipo germânica e colonial) | 0,45 |
| Telha cerâmica tipo germânica ou colonial | 0,60 |
| Telha de fibrocimento ondulada com espessura 4 mm | 0,14 |
| Telha de fibrocimento ondulada com espessura 5 mm | 0,16 |
| Telha de fibrocimento ondulada com espessura 6 mm | 0,18 |
| Telha de fibrocimento ondulada com espessura 8 mm | 0,24 |
| Telha de fibrocimento modulada com espessura 8 mm | 0,26 |
| Telha de fibrocimento tipo canaleta com espessura 8 mm | 0,25 |
| Telha de alumínio com espessura 0,6 mm | 0,025 |
| Telha de alumínio com espessura 0,8 mm | 0,035 |
| Telha plástica em geral (exceto tipo colonial) | 0,05 |
| Telha plástica tipo colonial | 0,15 |
| Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,5 mm | 0,06 |
| Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,8 mm | 0,10 |
| Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 1,25 mm | 0,14 |
| Telha de vidro | 0,45 |

NOTA: Peso por metro quadrado de telhas, na superfície inclinada, incluindo a superposição, elementos de fixação e absorção de água.

Tabela 6 – Telhados

| Composição | Peso na superfície horizontal kN/m ² |
|--|--|
| Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$ | 0,7 |
| Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$ | 0,85 |
| Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira | 0,4 |
| Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço | 0,3 |
| Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio | 0,2 |
| Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira | 0,35 |

NOTA: Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).

Tabela 8 – Forros, dutos e sprinkler

| Material | Peso kN/m ² |
|--|---------------------------|
| Forro de fibra mineral, inclui estrutura de suporte | 0,10 |
| Forro de gesso acartonado, inclui estrutura de suporte | 0,25 |
| Forro de gesso em placas, inclui estrutura de suporte | 0,15 |
| Forro de PVC, inclui estrutura de suporte | 0,10 |
| Forro de placas de alumínio, inclui estrutura de suporte | 0,10 |
| Dutos de ventilação, sem isolamento térmico | 0,20 |
| Dutos de ar-condicionado, com isolamento térmico | 0,30 |
| Rede de distribuição de chuveiros automáticos (<i>sprinkler</i>) com diâmetro nominal de até 65 mm | 0,10 |
| Rede de distribuição de chuveiros automáticos (<i>sprinkler</i>) com diâmetro nominal de até 80 mm | 0,15 |

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 – Valores característicos nominais das cargas variáveis (continua)

Tabela 10 (continuação)

| Local | | Carga uniformemente distribuída kN/m ² | Carga concentrada kN |
|---|--|--|-------------------------|
| Aeroportos ^a | Áreas de acesso público, circulações, sanitários | 5 | – |
| | Lojas, <i>duty free</i> | 5 | – |
| | Controle de passaportes, segurança, raios X | 5 | – |
| | Restituição de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos) | 5 | – |
| | Áreas administrativas | 5 | – |
| | Manipulação de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos) | 10 | – |
| | Áreas sujeitas ao tráfego de veículos (ver 6.6) | | |
| | | | |
| Arquibancadas e tribunas ^{a, b} | Com assentos fixos | 4 | – |
| | Com assentos móveis | 5 | – |
| Áreas técnicas ^{a, c} As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela. | Barrilete | 1,5 | ^d |
| | Áreas técnicas em geral (fora da projeção dos equipamentos), exceto barrilete | 3 | – |
| | Sala de ventiladores, pressurização, exaustores | 3 | – |
| | Sala de ar-condicionado (<i>fan coil</i>) | 4 | – |
| | Sala de painéis elétricos de baixa tensão | 4 | – |
| | Sala de gerador e transformador (com leiaute) | 3 | – |
| | Sala de gerador e transformador (sem leiaute) | 10 | – |
| | Sala de <i>no-breaks</i> | 7,5 | – |
| | Sala de baterias | 10 | – |
| | CPD (centro de processamento de dados) | 5 | – |
| | Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v \leq 1,0$ m/s) | 30 ^{e, f} | ^g |
| | Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v > 1,0$ m/s) | 50 ^{e, f} | ^g |
| | Poço de elevador de passageiros | 50 ^f | – |
| | Poço de plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida | 2,5 ^h | – |
| | | | |

| Local | | Carga uniformemente distribuída kN/m ² | Carga concentrada kN |
|---|---|--|-------------------------|
| Balcões, sacadas, varandas e terraços ^{ij} | Residencial | 2,5 | – |
| | Comercial, corporativos e escritórios | 3 | – |
| | Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.) | 4 | – |
| Bancos, agências bancárias, instituições financeiras ^a | Escritórios | 2,5 | – |
| | Sanitários | 2 | – |
| | Salas de diretoria e de gerência | 2,5 | – |
| | Cofre (validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela) | 30 | – |
| | Agência (área de atendimento ao público) | 3 | – |
| | Regiões de arquivos deslizantes | 5 | – |
| | Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicos | 12 | ^k |
| | Áreas técnicas (ver item Áreas Técnicas nesta Tabela) | | |
| | Centro de processamento de dados (ver Áreas técnicas) | | |
| Bibliotecas ^a | Sala de leitura (sem estantes) | 3 | – |
| | Sala de leitura (com estantes) | 4 | – |
| | Sala com estantes de livros ^l | 6 kN/m ² para estantes até 2,2 m de altura + 2 kN/m ² por metro de altura de estante que ultrapassar 2,2 m | – |
| | Regiões de arquivos deslizantes | 5 | – |
| | Salas administrativas | 2,5 | – |
| | Sanitários | 2 | – |
| | Corredores | 3 | – |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Centros de convenções e locais de reunião de pessoas ^a , teatros ^a , igrejas ^a | Plateia com assentos fixos | 4 | – |
| | Plateia com assentos móveis | 5 | – |
| | Sanitários | 2 | – |
| | Acessos, corredores | 5 | – |
| | Plataformas (assembleia) | 5 | – |
| | Palco (área de apresentação) | 5 | – |

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Quando forem previstas paredes divisórias sem posição definida em projeto, sobre estruturas com adequada capacidade de distribuição dos esforços solicitantes, pode-se considerar, além dos demais carregamentos, uma carga uniformemente distribuída adicional conforme a Tabela 11. A consideração dessa carga adicional pode ser dispensada para pavimentos cuja carga variável de projeto seja maior ou igual a $4,0 \text{ kN/m}^2$, exceto para paredes divisórias com peso próprio da parede acabada superior a $3,0 \text{ kN/m}$.

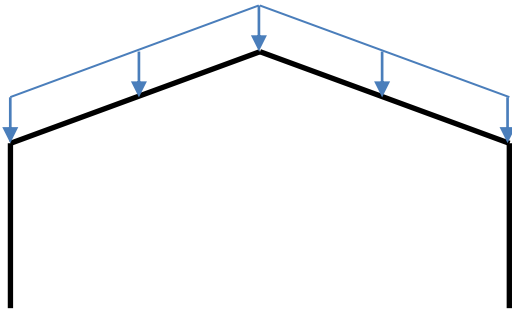
Tabela 11 – Cargas variáveis adicionais para consideração de paredes divisórias sem posição definida em projeto

| Peso próprio (p.p.) da parede acabada kN/m | Carga adicional kN/m ² |
|---|--------------------------------------|
| p.p. $\leq 1,0$ | 0,5 |
| $1,0 < \text{p.p.} \leq 2,0$ | 0,75 |
| $2,0 < \text{p.p.} \leq 3,0$ | 1,0 |
| p.p. $> 3,0$ | Não permitido |

Para paredes divisórias com peso próprio da parede acabada superior a $3,0 \text{ kN/m}$, a respectiva carga linear deve ser considerada como permanente, segundo a posição de projeto.

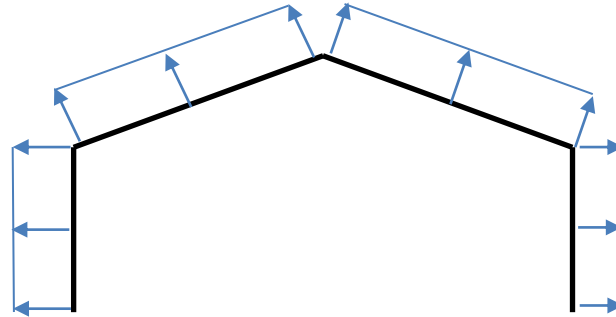
FORMAS DE CARREGAMENTOS

Cargas Permanentes



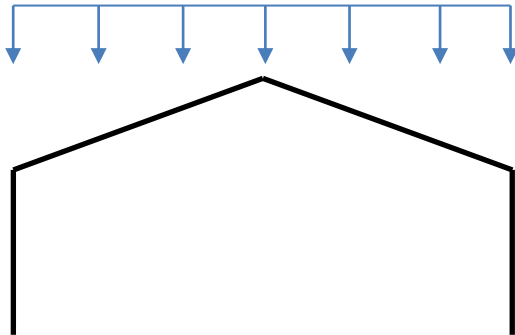
Vertical para baixo

Cargas de Vento



Perpendiculares às Faces

Cargas de Uso



Projeção Horizontal

Exemplo 2

Determinar as combinações de ações para a água direita do galpão abaixo (CFS e CUN)

Peso Próprio de estruturas metálicas: $0,15 \text{ kN/m}^2$

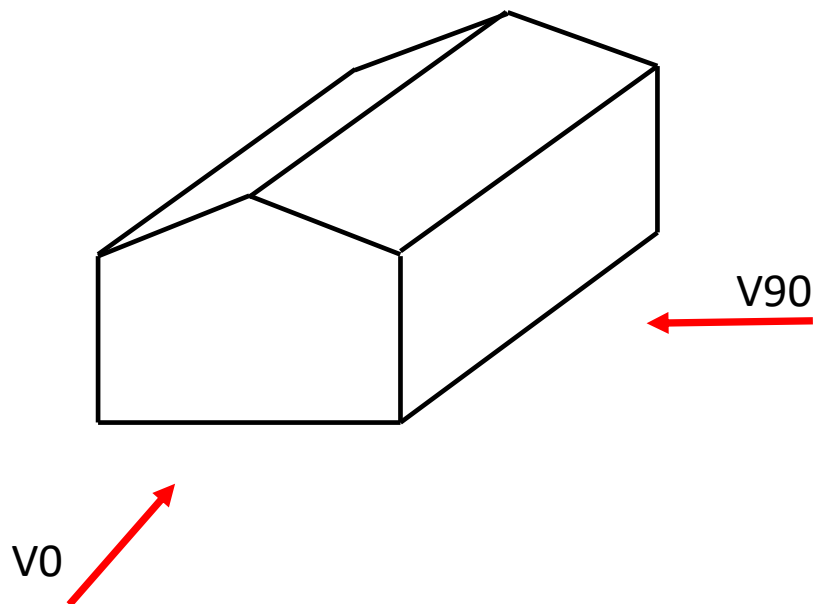
Peso Próprio das telhas: $0,05 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga de Uso: $0,25 \text{ kN/m}^2$

$V0 = 0,70 \text{ kN/m}^2$

$V90 = 0,85 \text{ kN/m}^2$

Inclinação da cobertura: 15% ($8,53^\circ$)



Exemplo 2

Combinações de Serviço

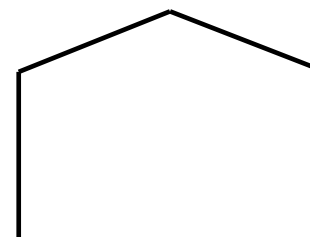
$$F_{CFS_1} = CP + 0,7SC \rightarrow 0,20 + 0,7 \cdot (\cos 8,53)0,25 = 0,373 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CFS_2} = CP + 0,3V0 \rightarrow 0,20 - 0,30 \cdot (\cos 8,53) 0,70 = -0,007 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CFS_3} = CP + 0,3V90 \rightarrow 0,20 - 0,30 \cdot (\cos 8,53) 0,85 = -0,052 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CFS_4} = CP + 0,3V0 + 0,6 \cdot SC \rightarrow 0,20 - 0,30 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,7 + 0,6 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CFS_5} = CP + 0,3V90 + 0,6 \cdot SC \rightarrow 0,20 - 0,30 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,85 + 0,6 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 = 0,096 \text{ kN/m}^2$$



Exemplo 2

Combinações Últimas

$$F_{CUN_1} = 1,4CP + 1,5SC \rightarrow 1,4 \cdot 0,20 + 1,5 \cdot (\cos 8,53)0,25 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$~~F_{CUN_2} = 1,4CP + 1,4V0 \rightarrow 1,4 \cdot 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,70 = -0,69 \text{ kN/m}^2~~$$

$$F_{CUN_3} = CP + 1,4V0 \rightarrow 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,70 = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$~~F_{CUN_4} = 1,4CP + 1,4V90 \rightarrow 1,4 \cdot 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,85 = -0,89 \text{ kN/m}^2~~$$

$$F_{CUN_5} = CP + 1,4V90 \rightarrow 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,85 = -0,98 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_6} = 1,4CP + 1,4V0 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC \rightarrow 1,40 \cdot 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,70 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot (\cos 8,53)0,25 = -0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_7} = CP + 1,4V0 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC \rightarrow 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,70 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot (\cos 8,53)0,25 = -0,47 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_8} = 1,4CP + 1,4V90 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC \rightarrow 1,40 \cdot 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,85 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot (\cos 8,53)0,25 = -0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_9} = CP + 1,4V90 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC \rightarrow 0,20 - 1,4 \cdot (\cos 8,53)0,85 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot (\cos 8,53)0,25 = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_{10}} = 1,4CP + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V0 \rightarrow 1,40 \cdot 0,20 + 1,5 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot (\cos 8,53)0,70 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_{11}} = CP + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V0 \rightarrow 0,20 + 1,5 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot (\cos 8,53)0,70 = -0,01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_{12}} = 1,4CP + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V90 \rightarrow 1,40 \cdot 0,20 + 1,5 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot (\cos 8,53)0,85 = -0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{CUN_{13}} = CP + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V90 \rightarrow 0,20 + 1,5 \cdot (\cos 8,53) \cdot 0,25 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot (\cos 8,53)0,85 = -0,13 \text{ kN/m}^2$$