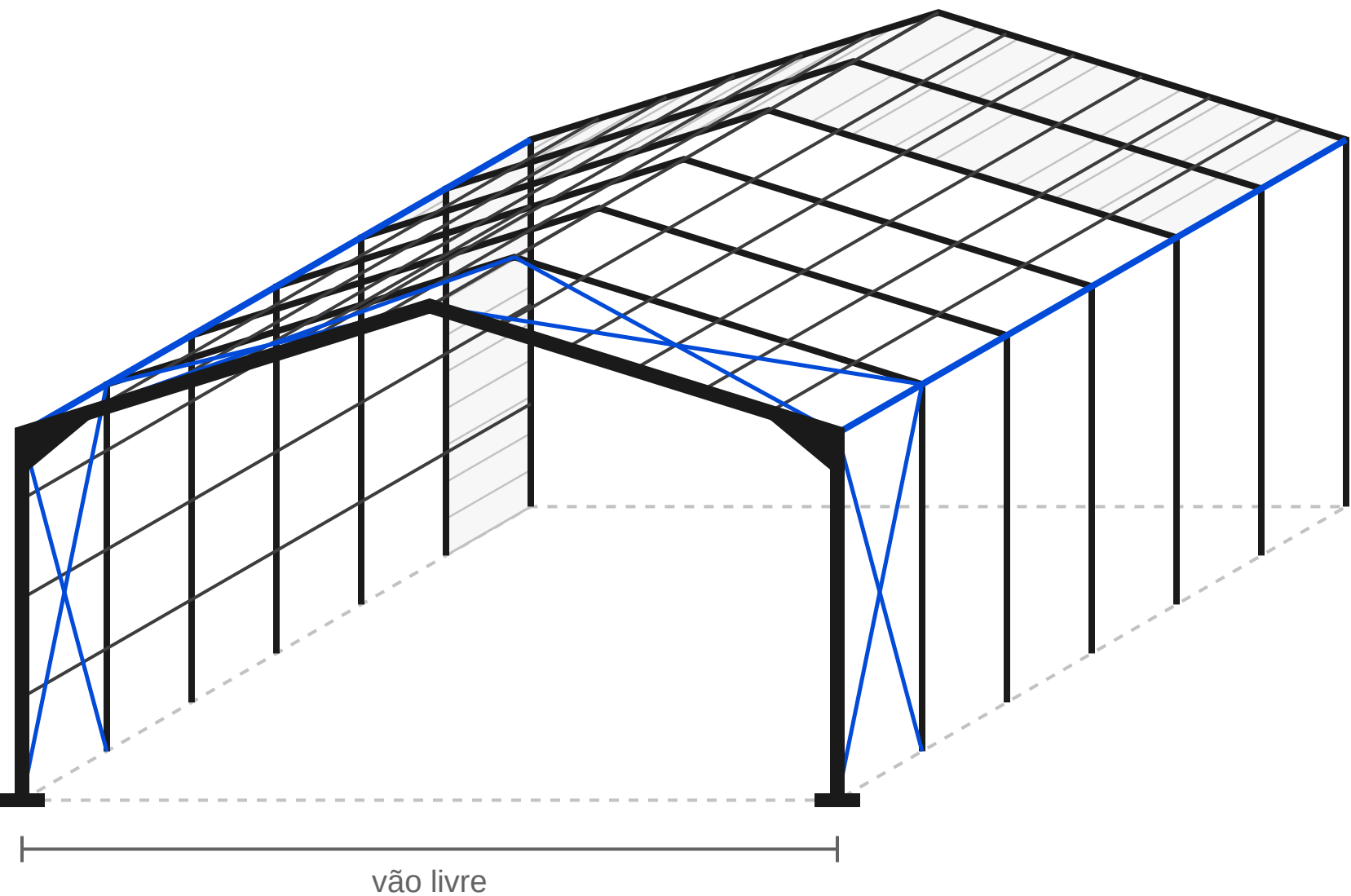


Projeto de galpões industriais em aço

Tipos, aplicações, formatos de pórtico, tesouras, ações e boas práticas. Referências internacionais trazidas para a NBR 8800:2024.



O galpão parece simples. Não é.

É a estrutura de aço mais comum do mercado e uma das mais subestimadas. Os erros raramente estão na conta. Estão na concepção, nas ligações e nos detalhes.

SEIS ARMADILHAS QUE ESTE GUIA MOSTRA

Sucção com peso mínimo

slide 22

O telhado sobe, os esforços invertem e a mesa inferior passa a comprimir.

Abertura dominante

slide 40

Um portão aberto muda a pressão interna e o pórtico inteiro.

Travamentos

slide 24

A terça só trava a viga se estiver ligada ao contraventamento.

Ligações e estabilidade

slide 48

Base flexível com tesoura apoiada num só nó vira mecanismo.

Orientação das terças

slide 30

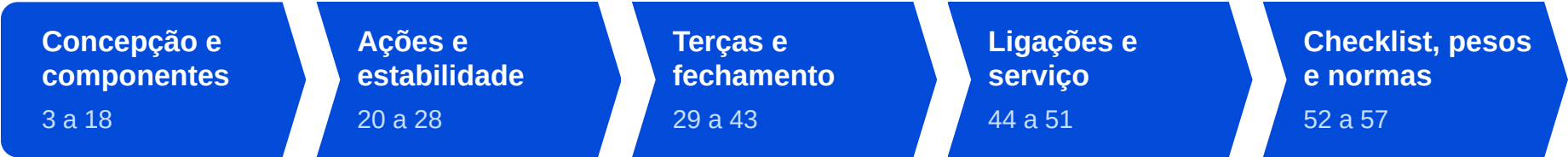
Boca para a cumeeira na cobertura e para baixo no fechamento.

Calhas

slide 38

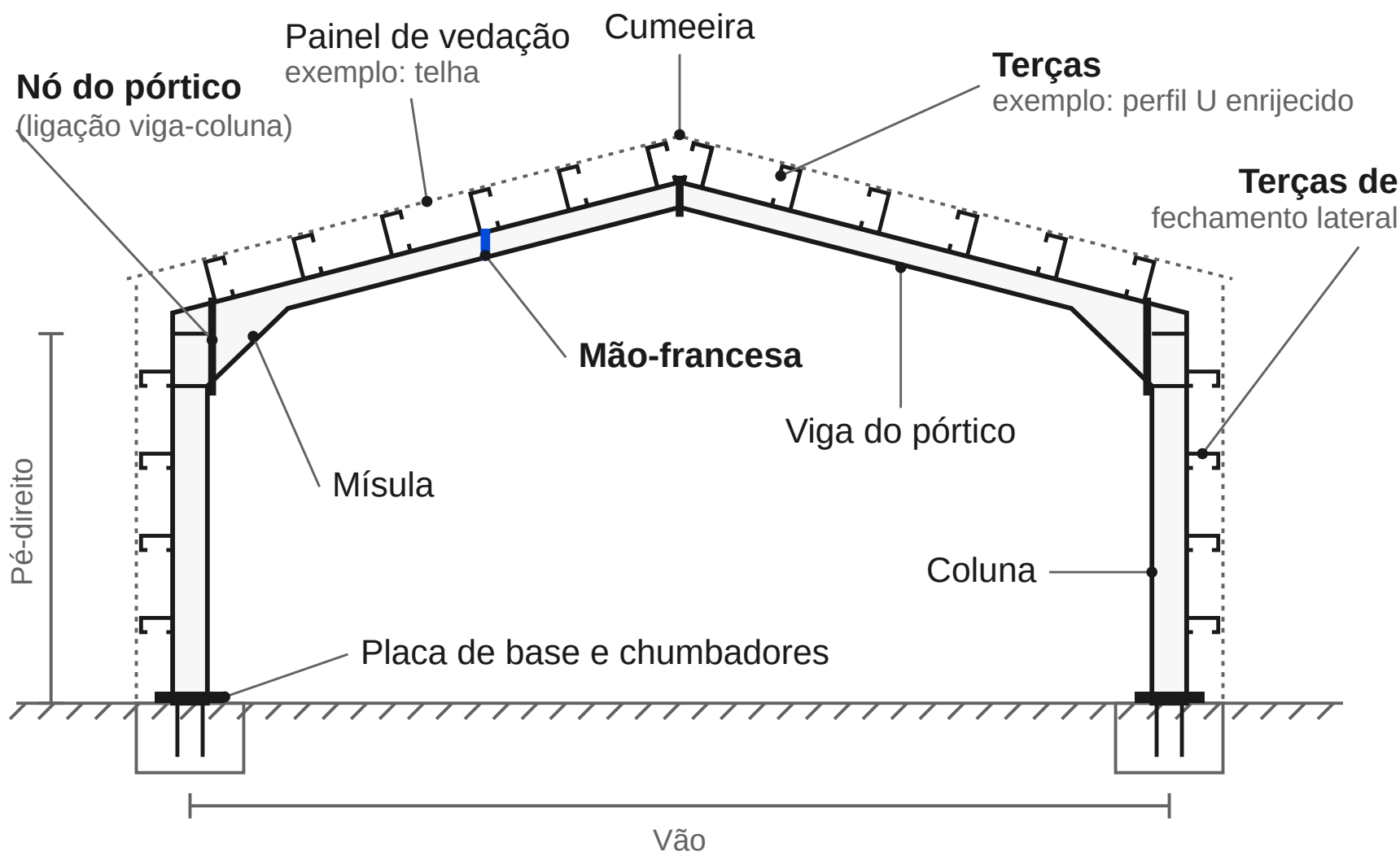
Área de contribuição, vazão e seção pela NBR 10844.

O CAMINHO DESTA GUIA

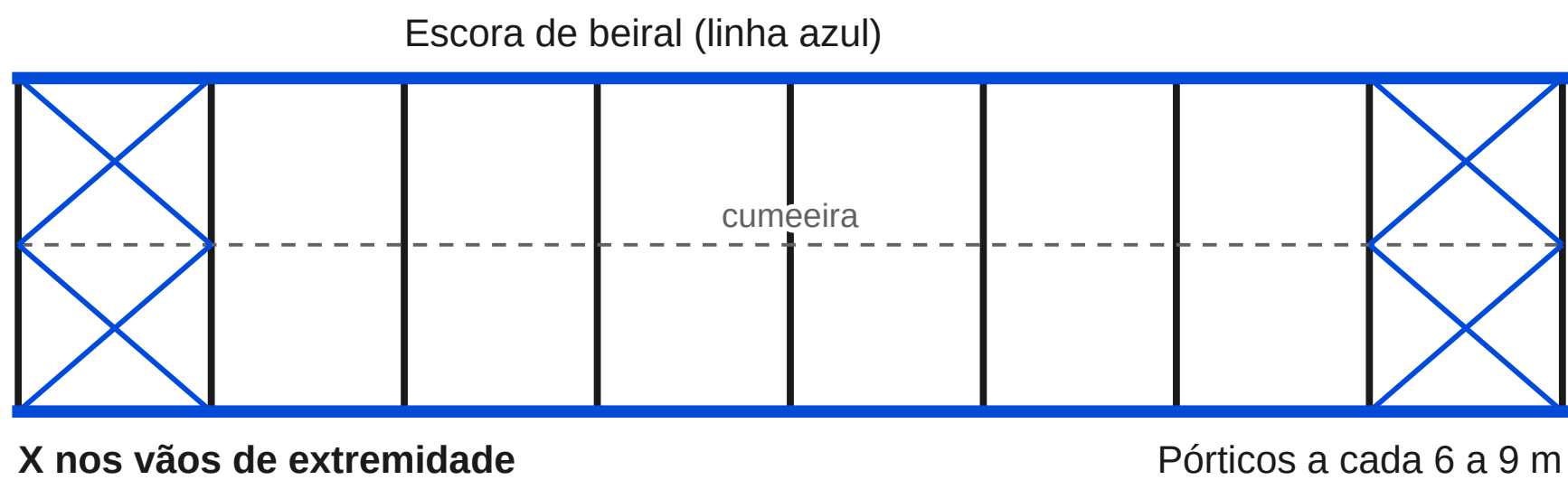


Salve este guia. Ele foi feito para consultar durante o projeto.

Anatomia de um galpão em pórtico

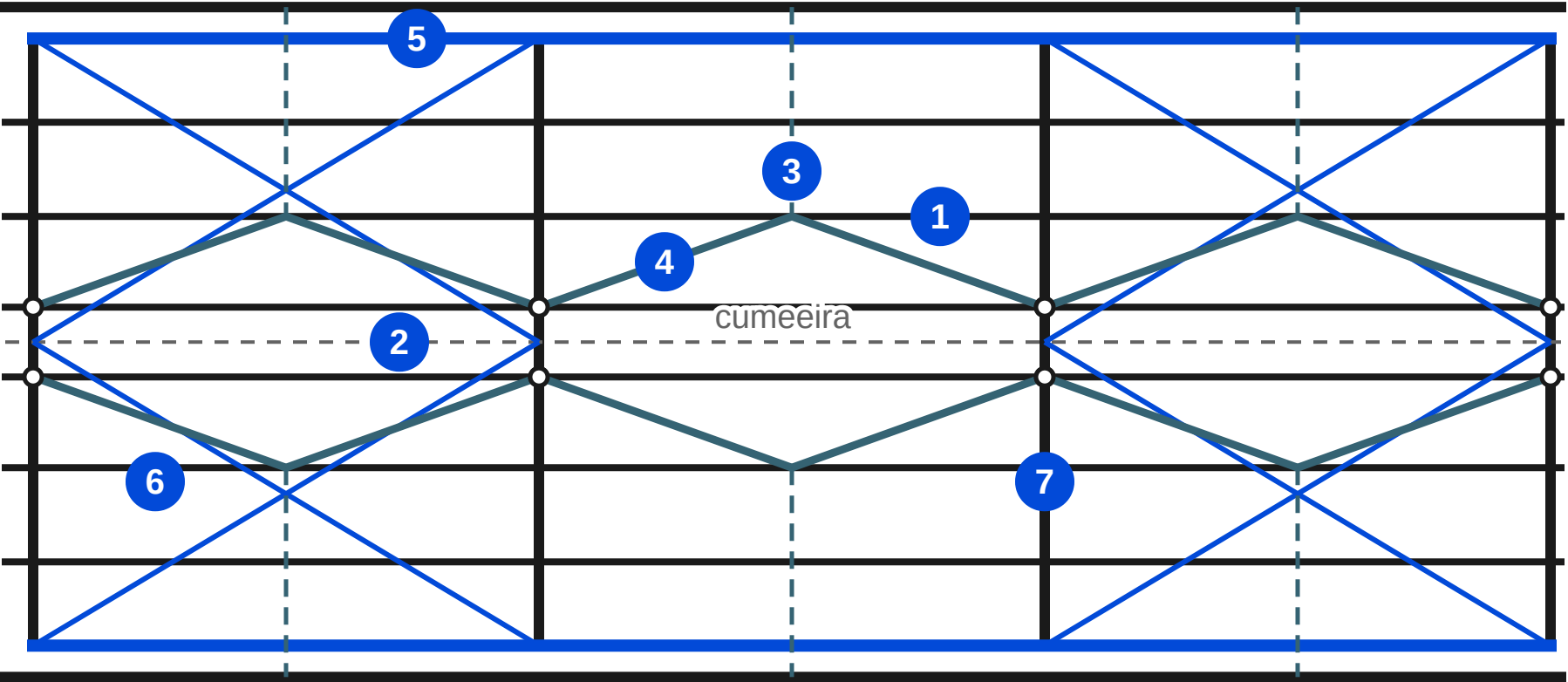


PLANTA DA COBERTURA



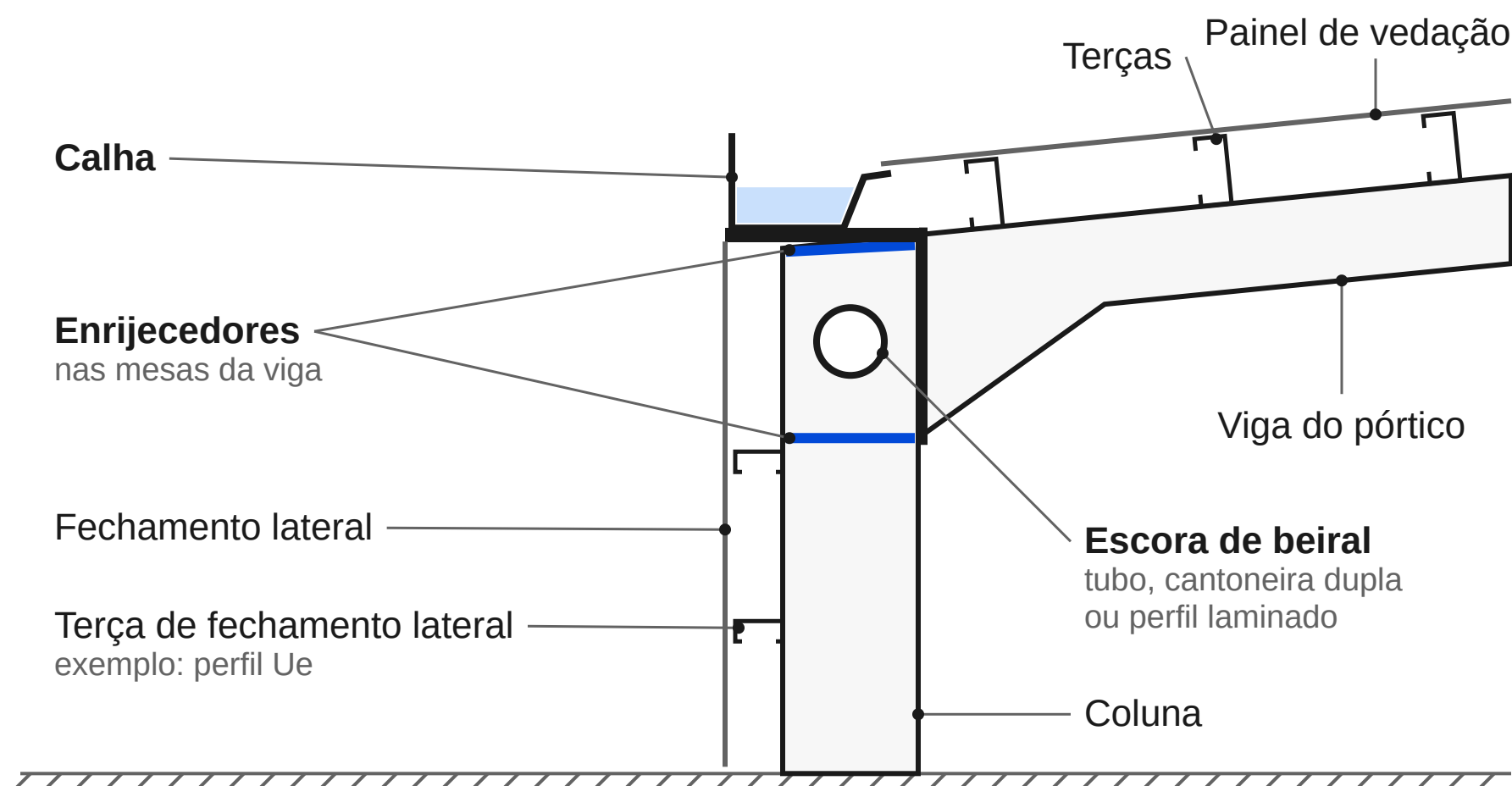
Componentes da cobertura

PLANTA DE TRÊS VÃOS DA COBERTURA



- 1 **Terças:** apoiam as telhas e levam a carga aos pórticos.
- 2 **Terças de cumeeira:** sempre duas, uma de cada lado.
- 3 **Correntes:** flexíveis (barra redonda, só tração) ou rígidas (cantoneira ou perfil).
- 4 **Frechal:** barra que leva a força da linha de correntes até um nó do banzo superior.
- 5 **Escora de beiral:** liga o topo das colunas ao vão contraventado.
- 6 **Contraventamento da cobertura em X,** nos vãos de extremidade.
- 7 **Pórticos:** a estrutura principal que recebe tudo isso.

Calha, escora de beiral e enrijecedores



Enrijecedores no pilar

Chapas na alma do pilar, alinhadas às mesas da viga. Evitam deformação local e mantêm a ligação rígida como modelada. Painel de alma muito cisalhado: diagonal (NBR 8800, 5.7).

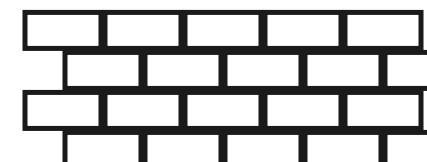
Escora de beiral

Barra comprimida no topo das colunas. Leva o contraventamento da cobertura até o vertical e contém o topo das colunas.

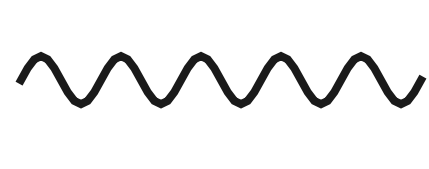
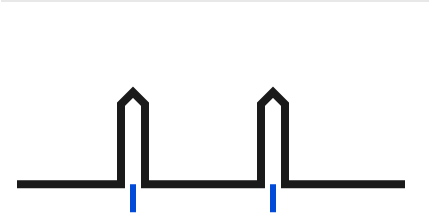
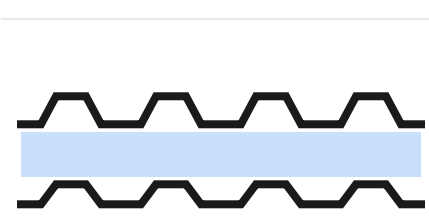
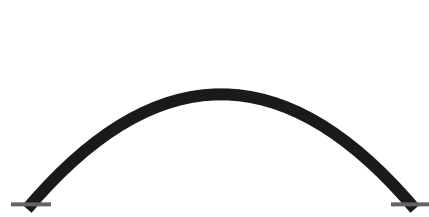
Calha: pode se apoiar nas terças ou ser independente. Independente, trabalha como viga entre pórticos: dimensione para peso próprio, água e manutenção.

Painéis de vedação mais comuns

Separam o ambiente interno do externo. A telha é um exemplo. A escolha muda peso, conforto, custo e até o vento interno.

	<div>Telha metálica simples</div> <div>Aço galvanizado, galvalume ou alumínio. Leve, barata e rápida de montar. O padrão em cobertura e fechamento lateral.</div>
	<div>Painel sanduíche</div> <div>Duas chapas com núcleo de EPS, PIR, PUR ou lã de rocha. Conforto térmico e acústico, câmaras frias. A lã de rocha é a opção para exigências de incêndio.</div>
	<div>Fibrocimento</div> <div>Comum em galpões pequenos e rurais. Mais pesado e frágil para quem anda na cobertura. Hoje sem amianto.</div>
	<div>Translúcida</div> <div>Policarbonato ou fibra de vidro, intercalada com as telhas metálicas para iluminação natural.</div>
	<div>Alvenaria</div> <div>Bloco de concreto ou cerâmico, em geral na parte baixa das fachadas. Resiste a impactos de empilhadeiras.</div>
	<div>Concreto pré-moldado</div> <div>Durável, resistente a impacto e fogo. Pesado: exige guindaste e fundação maior.</div>

Tipos de telha metálica

	<div>Ondulada</div> <div>Perfil senoidal. Galpões pequenos e rurais, vãos curtos entre terças.</div>
	<div>Trapezoidal</div> <div>O padrão nos galpões. A altura da onda define o vão entre terças. Fixada com parafusos que atravessam a telha.</div>
	<div>Zipada</div> <div>Costura feita em campo e cliques ocultos, sem furos. Estanque em baixa inclinação e livre para dilatar. Os cliques deslizantes travam pouco as terças e quase não formam diafragma.</div>
	<div>Termoacústica</div> <div>Sanduíche de duas telhas trapezoidais com núcleo isolante. Mais peso por m² nas terças.</div>
	<div>Autoportante</div> <div>Telha curva que vence o vão sozinha, sem terças. Gera empuxo nos apoios, que a estrutura precisa absorver.</div>
	<div>Telha-forro</div> <div>Trapezoidal com chapa lisa por baixo. Acabamento interno sem forro separado.</div>

Telhas de aço revestido: NBR 14513 e NBR 14514. Vão máximo e carga admissível vêm do catálogo do fabricante. Zipada: AISC Design Guide 7, 3.2.

Onde os galpões aparecem e o que muda

O uso define as dimensões, as cargas e as aberturas. Cada aplicação tem um item que costuma governar o projeto.

LOGÍSTICA E CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO

Pé-direito para porta-paletes, grandes vãos livres, docas e muitas aberturas.

INDÚSTRIA

Pontes rolantes, equipamentos suspensos, fadiga e deslocamentos rigorosos.

AGRONEGÓCIO

Graneleiros com cobertura íngreme, empuxo do grão nas paredes e transportador na cumeeira. Aviários pedem ventilação e durabilidade.

VAREJO E ATACADO

Vãos livres, mezaninos, forros e instalações penduradas na cobertura.

GINÁSIOS E EVENTOS

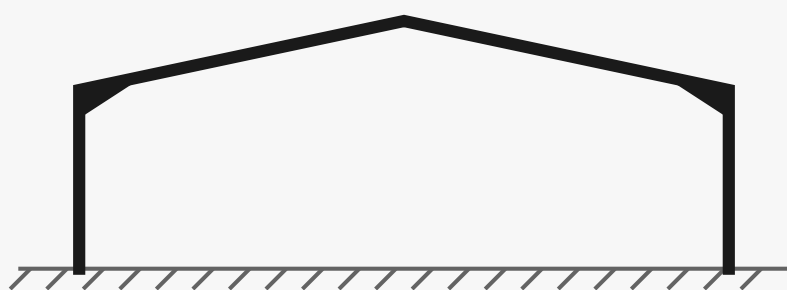
Vãos grandes sem pilares internos. Treliças e arcos ganham espaço.

HANGARES E OFICINAS

Portões grandes viram abertura dominante e mudam a pressão interna do vento.

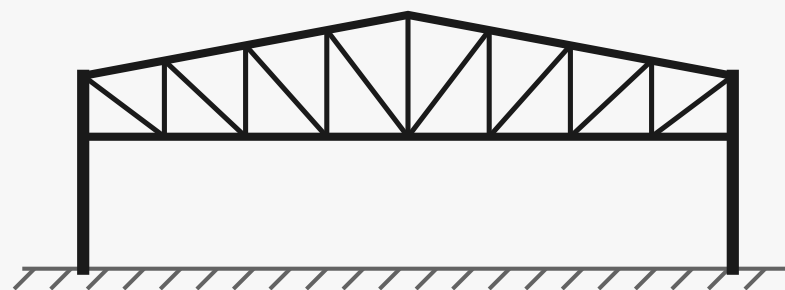
Antes de calcular, feche com o cliente o uso, as cargas especiais e as ampliações previstas. Mudar depois custa caro.

Quatro famílias de estrutura de cobertura



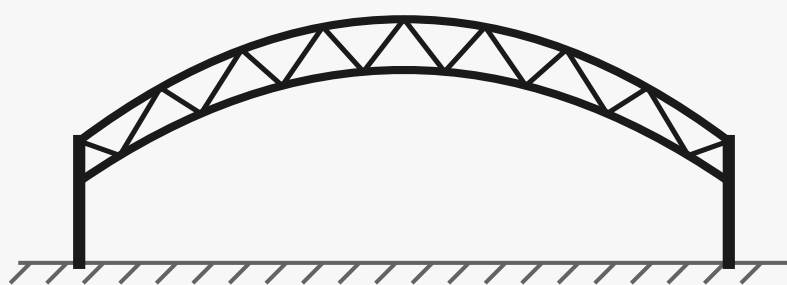
Pórtico de alma cheia

Perfis I laminados ou soldados.
Padronizado, rápido de montar e fácil de ampliar.



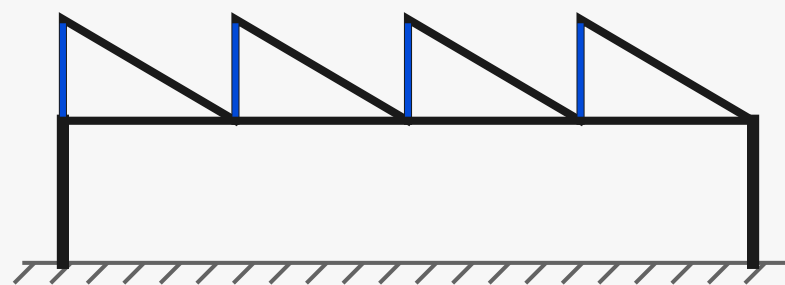
Tesoura ou treliça

Menos aço em vãos grandes, em troca de mais peças, chapas e horas de fabricação.



Arco

Grandes vãos e apelo arquitetônico.
Exige atenção a cargas assimétricas e ao empuxo nos apoios.



Shed

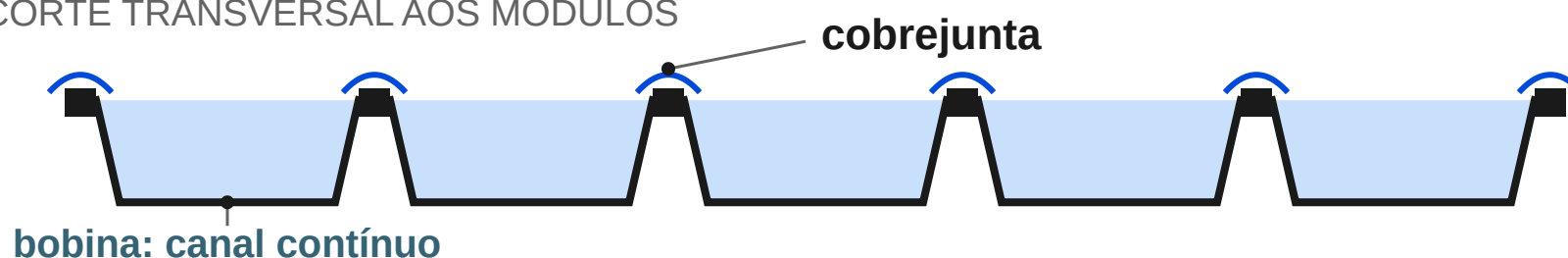
Dentes de serra com faces envidraçadas para luz e ventilação, sobre vigas mestras treliçadas.

Tipologia conforme CBCA, Galpões para usos gerais, cap. 1.

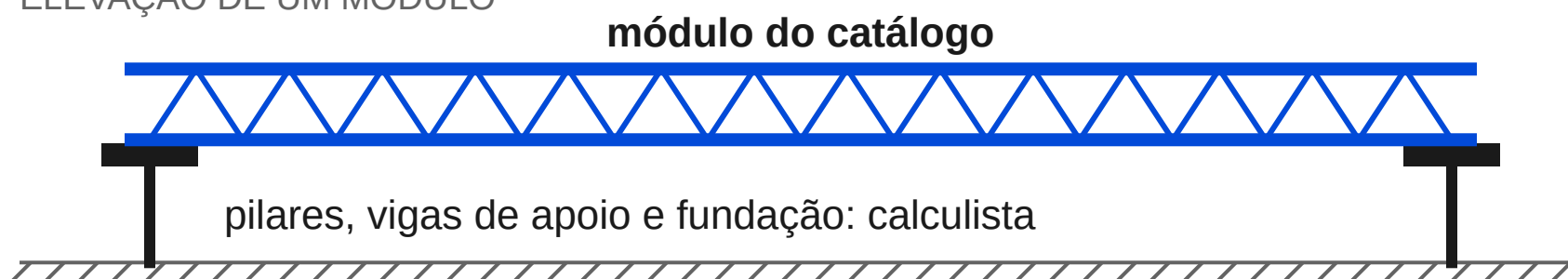
Sistema roll-on: estrutura e cobertura num só produto

Módulos treliçados paralelos recebem bobinas de aço desenroladas na obra, formando canais contínuos de escoamento.

CORTE TRANSVERSAL AOS MÓDULOS



ELEVAÇÃO DE UM MÓDULO



TEM PRONTO: ESCOLHA NO CATÁLOGO

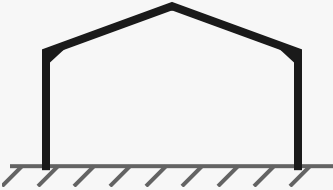
- Módulos treliçados, bobinas, cintas, cobrejuntas e acessórios
- Modelo pela tabela do fabricante: altura (90, 120 ou 150), afastamento e espessura
- Vão admissível tabelado em função da carga

FICA COM O CALCULISTA

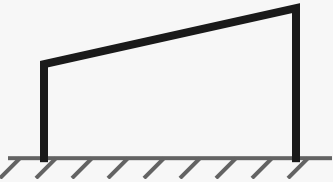
- Cargas da obra, com vento pela NBR 6123. A sucção costuma governar
- Pilares, vigas de apoio e fundações, incluindo o arrancamento
- Estabilidade e contraventamento da estrutura de apoio, níveis e ligações aos apoios

Fontes: catálogo Roll-on (Marko Sistemas Metálicos); "Sistema de cobertura em estrutura metálica Roll-On: um estudo de caso", REMOA/UFSM. Inclinação e vãos: confirme com o fabricante.

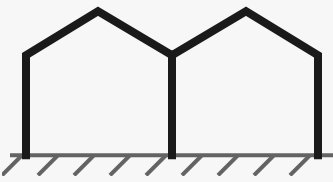
Formatos de pórtico e quando usar



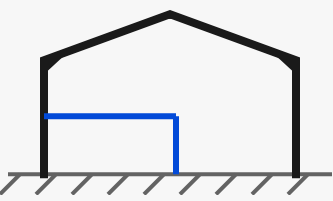
Duas águas
O padrão. Simples de detalhar e ampliar.



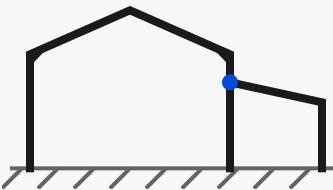
Uma água
Até cerca de 15 m. Sensível ao vento.



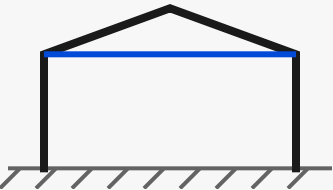
Vãos múltiplos
Pilar central alivia as vigas.



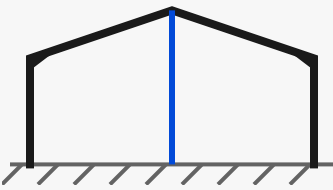
Com mezanino
Entra na análise de estabilidade.



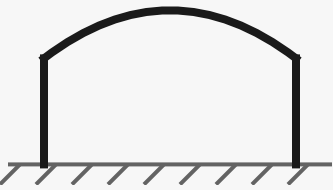
Com anexo lateral
Meia-água, em geral rotulada no pilar.



Atirantado
Reduz a abertura dos pilares. Pede 2ª ordem.



Escorado
Pilar interno reduz a viga e o empuxo na base.



Viga curva ou alveolar
Arquitetura e vãos longos. Alveolar: só elástica.

Classificação baseada em SCI P397 e SCI P252 (Steel Construction Institute) e no manual Gerdau.

Geometria típica: os números de partida

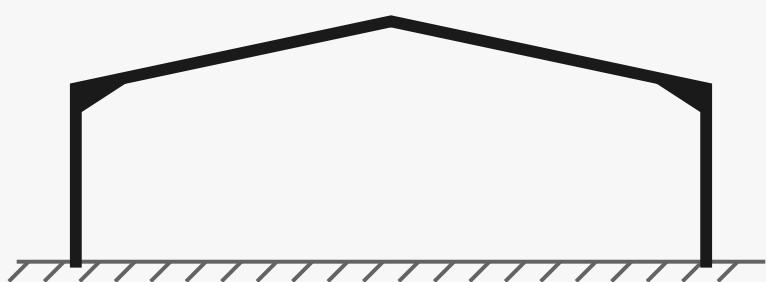
Faixas usuais para começar o pré-dimensionamento de um pórtico de alma cheia. A análise é quem confirma.

Parâmetro	Faixa usual
Vão livre do pórtico	15 a 50 m
Altura livre (piso até a mísula)	5 a 15 m
Espaçamento entre pórticos, referência europeia	6 a 8 m
Espaçamento estudado nas tabelas Gerdau	6 a 12 m
Inclinação da cobertura, galpão de uso geral	5° a 10°
Inclinação em graneleiro, acompanhando o talude do grão	≈ 20° a 30°
Comprimento da mísula no beiral	≈ 10% do vão
Altura da mísula abaixo da viga	≈ altura da viga
Inércia do pilar em relação à viga	≈ 1,5 ×
Espaçamento de terças, telha trapezoidal 0,55 mm	1,3 a 1,8 m

Fontes: SCI P397 (vão, altura, inclinação, mísula, inércia); Gerdau, Galpões em pórticos (vãos e espaçamentos); CBCA (terças). Talude natural medido em campo: milho 20°, trigo 22°, soja 24° (medianas, Univ. de Kentucky).

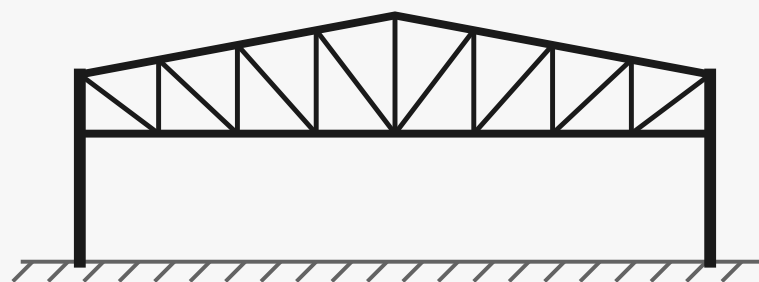
Alma cheia ou treliça?

Não existe resposta única. O vão, a mão de obra disponível e o uso do espaço interno decidem.



Pórtico de alma cheia

- Poucas peças e ligações parafusadas
- Montagem rápida e repetitiva
- Pintura e manutenção simples
- Mais peso por m^2 nos vãos grandes



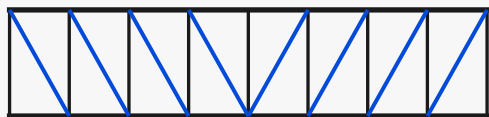
Tesoura ou treliça

- Menos aço nos vãos grandes
- Mais peças, chapas e soldas
- Banzo inferior também precisa de travamento
- Dutos e instalações passam entre as barras

Acima de cerca de **30 m de vão**, vale comparar o custo com uma solução treliçada.

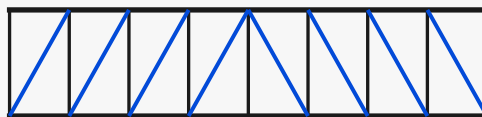
Woolcock et al. Nos EUA, o AISC Design Guide 7 indica treliças fabricadas para vãos acima de cerca de 24 m.

Tipos de tesoura e treliça



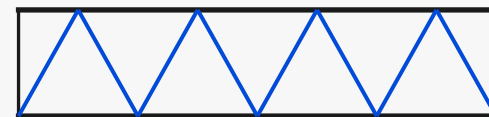
Pratt

Sob gravidade, diagonais tracionadas.



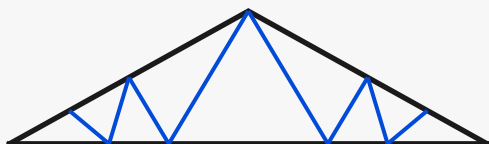
Howe

O inverso da Pratt. Sob sucção, diagonais tracionadas.



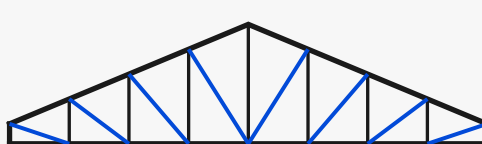
Warren

Diagonais alternadas e poucos nós.



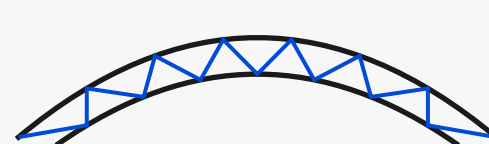
Fink

Triangular, barras curtas. Coberturas inclinadas.



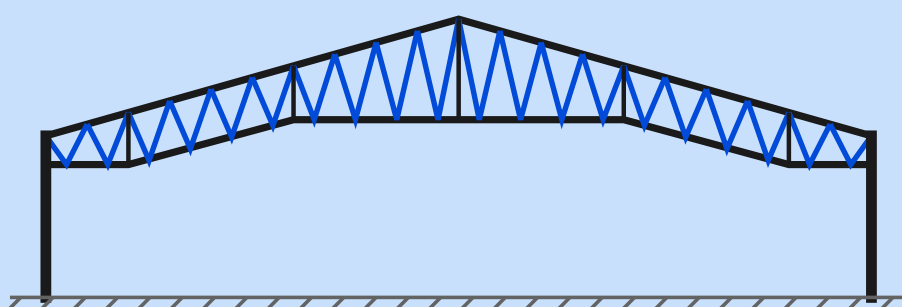
Banzo superior inclinado

Banzo inferior reto. Muito usada no Brasil.



Arco treliçado

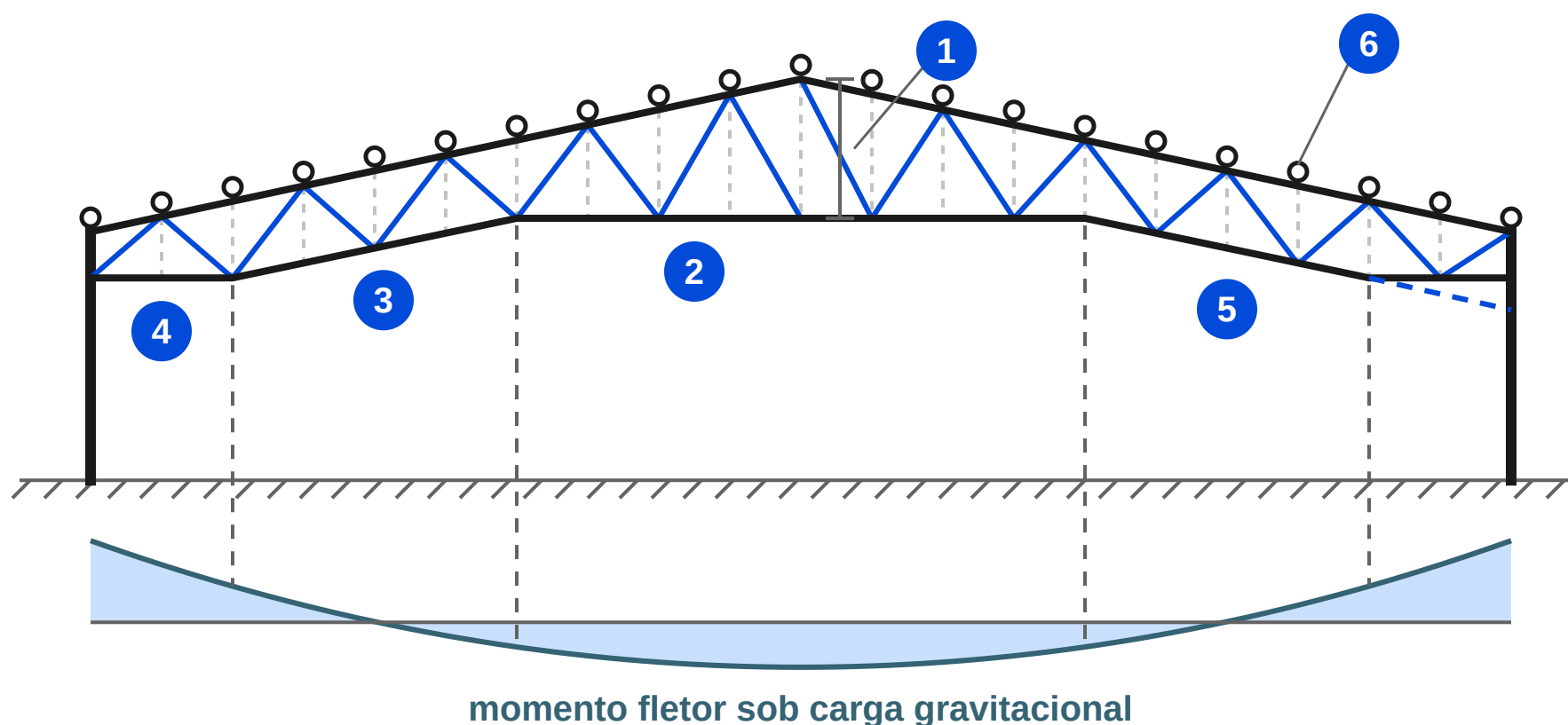
Vãos grandes. Verifique cargas em meia cobertura.



Tesoura de altura variável

Mais alta no nó do pórtico e na cumeeira, banzos paralelos onde o momento troca de sinal. Detalhes nos próximos slides.

Tesoura de altura variável: a forma segue o momento



- 1 Altura máxima na cumeeira de cerca de **2,4 m**, o limite da carreta ($\approx 2,4 \times 12,5$ m).
- 2 Banzo inferior horizontal até a **3ª ou 4ª terça**, contando a partir da cumeeira.
- 3 Banzos paralelos no trecho em que o momento troca de sinal.
- 4 Mísula treliçada até a **2ª ou 3ª terça** a partir do beiral. Pode ficar reta (tracejado).
- 5 Diagonais alternadas. Os montantes verticais, em tracejado, são opcionais.
- 6 Terças apoiadas sobre os nós do banzo superior.

Seguindo essas regras na modelagem, a geometria já nasce alinhada com o diagrama de momentos, antes mesmo de rodar a análise.

Por que ela funciona e onde exige cuidado

É o equivalente treliçado do pórtico de alma cheia com mísulas: material onde o momento é grande, esbeltez onde ele é pequeno.

VANTAGENS

- Braço de alavanca grande onde o momento é máximo. Banzos mais leves.
- Mais rigidez no plano do pórtico, o que ajuda a cumprir $H/300$.
- Módulos que cabem na carreta, com emendas parafusadas em campo.
- Diagonais repetidas e poucos tipos de peça na fábrica.

CUIDADOS

- Junto ao nó do pórtico, o banzo inferior é comprimido sob gravidade. Trave com mãos-francesas.
- Sob sucção, o banzo inferior comprime no trecho central. Trave ali também.
- O momento chega à coluna como binário nos banzos. Dimensione ligação e coluna para isso.
- Carga fora dos nós gera flexão no banzo superior.

Tesoura de altura variável: mísulas treliçadas no beiral e na cumeeira, banzos paralelos no trecho entre elas.

Boas práticas no projeto de treliças

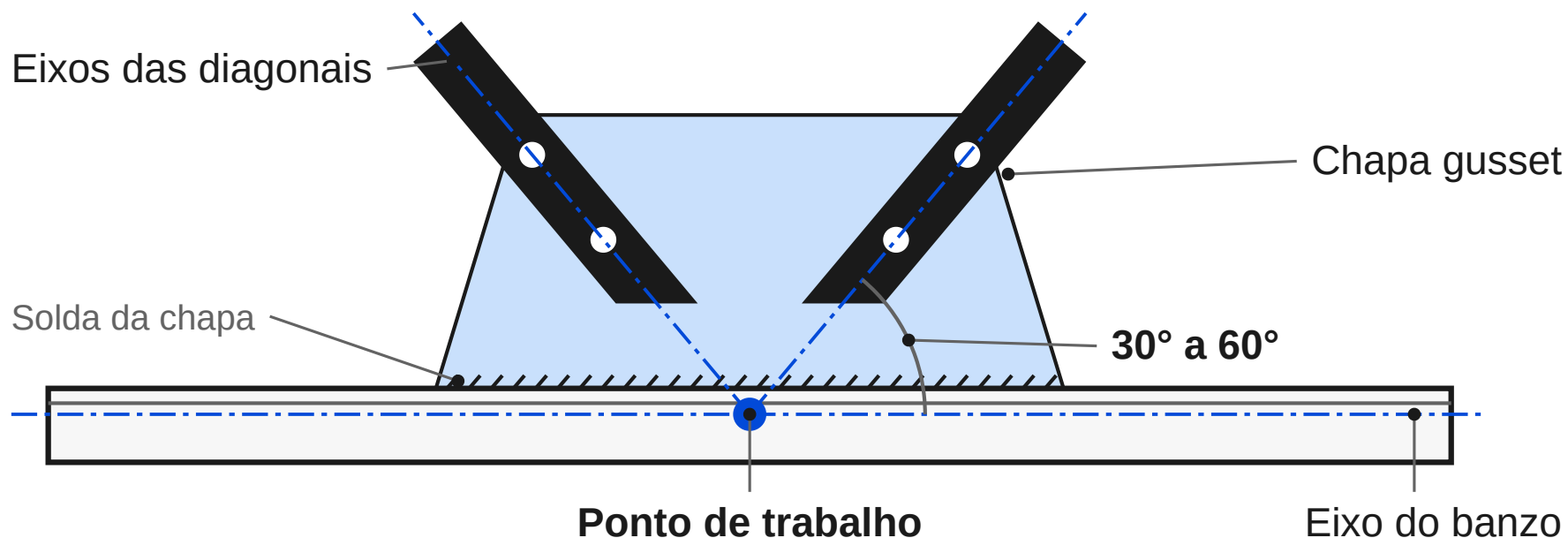
Recomendações do AISC Design Guide 7 que valem em qualquer norma.

- Relação vão/altura entre **15 e 20** costuma ser a mais econômica.
- "Mais alta é mais barata", até o custo do travamento dos banzos mais esbeltos aparecer.
- Respeite a altura máxima de transporte. Acima dela, as diagonais viram ligações de campo.
- Banzos em perfil T reduzem ou eliminam chapas gusset.
- Use poucos tamanhos de cantoneira e que sejam fáceis de distinguir na fábrica.
- Varie a seção do banzo, não a altura da treliça. Repetição é economia.
- Chapas, calços e parafusos podem chegar a **10 a 15%** do peso da treliça. Inclua no cálculo.
- Se o vento de sucção domina, oriente as diagonais para trabalhar à tração nessa condição.

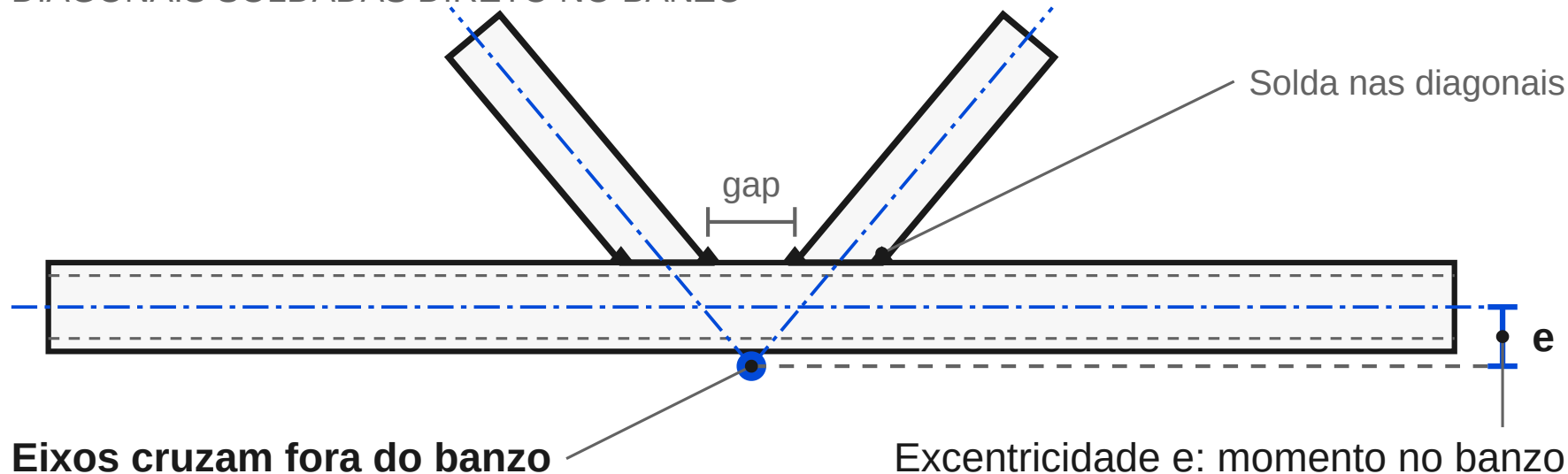
ISC Design Guide 7, cap. 4 (Fisher, 3ª ed.); orientação das diagonais: Woolcock et al., fig. 1.3.

Ponto de trabalho e ângulo das diagonais

NÓ COM CHAPA GUSSET



DIAGONAIS SOLDADAS DIRETO NO BANZO

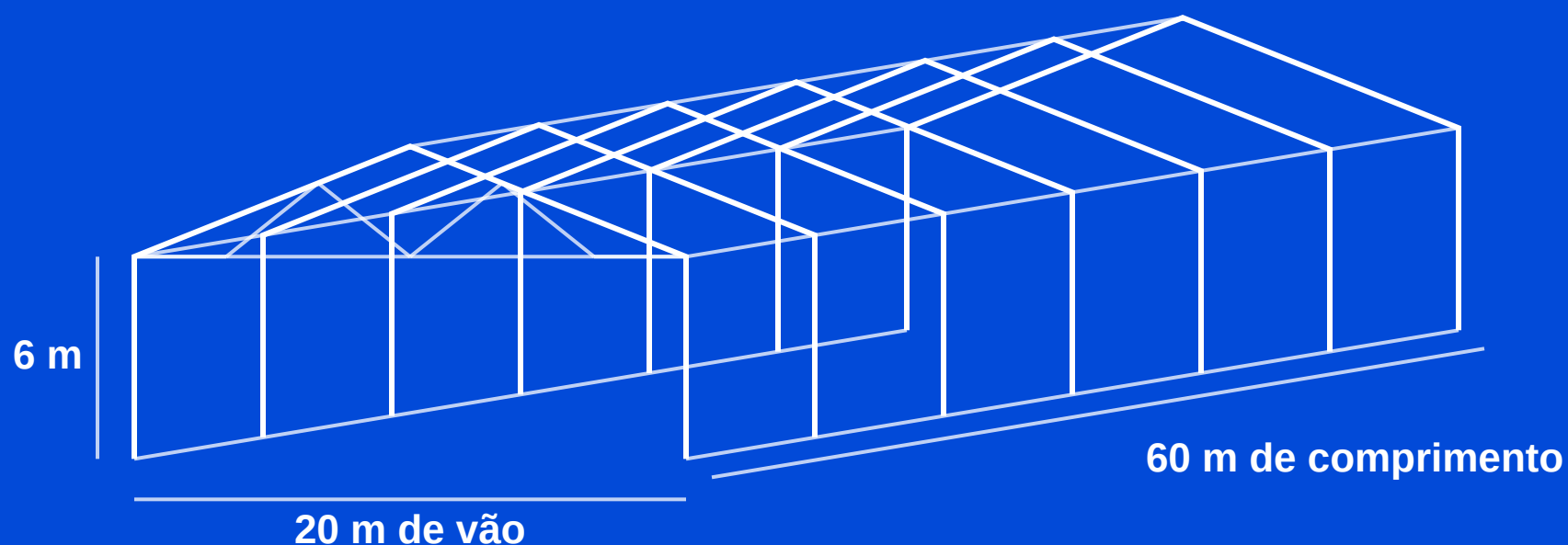


- Diagonais entre 30° e 60° com o banzo.
- Eixos no **ponto de trabalho**: as barras ficam só com força axial.
- Diagonais direto no banzo criam excentricidade. Regra prática: se e não passa da largura da diagonal e o banzo tem folga, despreze; senão, inclua o momento.

PAUSA RÁPIDA

Entender a tesoura é o começo. Projetar o galpão inteiro é outra coisa.

No Treinamento Completo de Estruturas Metálicas, você projeta um galpão real, do cálculo à folha de fabricação.



- ✓ Cálculo manual primeiro, para entender o que o software faz
- ✓ Dimensionamento no Cype 3D Metálicas
- ✓ Detalhamento no Tekla Structures, até a lista de materiais

[CONHECER O TREINAMENTO ›](#)

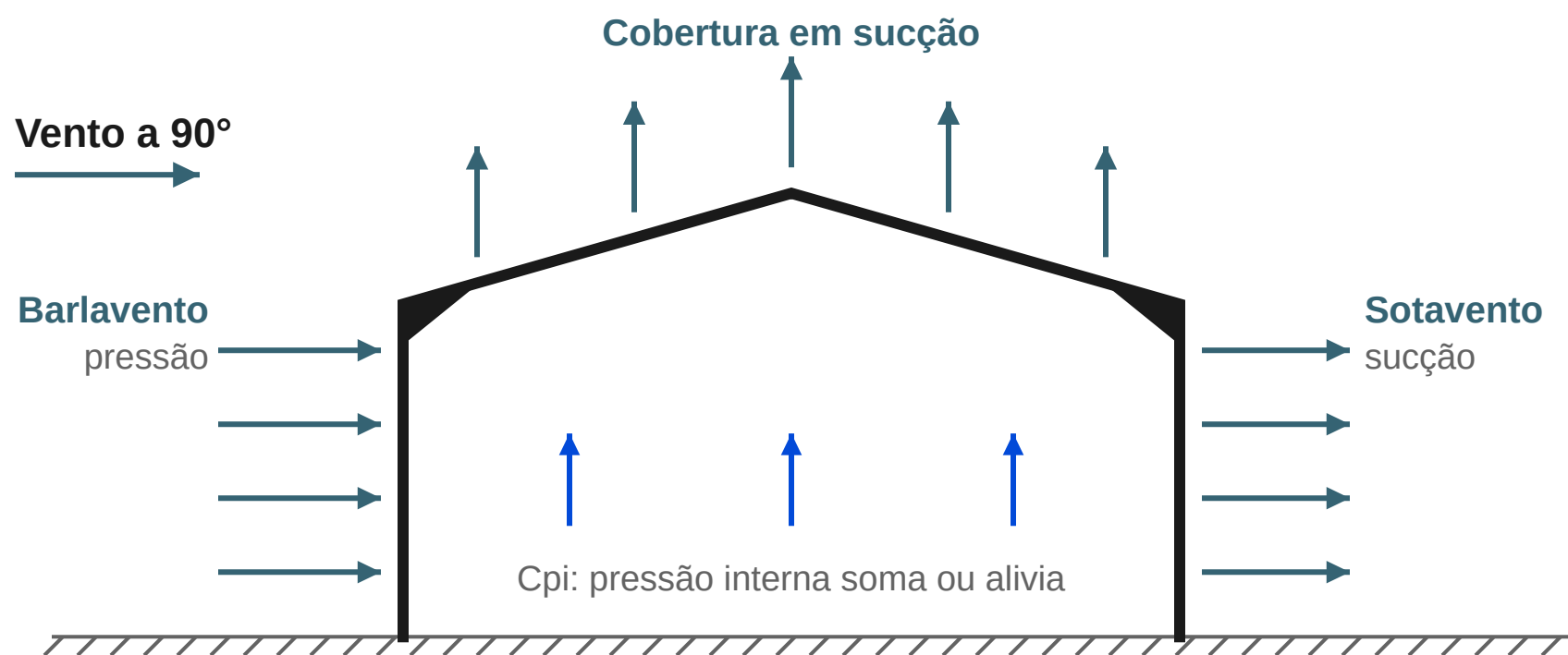
Clique para ver o
conteúdo completo do curso

As ações que entram no galpão

<p>Permanentes</p> <p>Telhas, terças, contraventamentos, pórticos. Exemplo CBCA: 0,45 kN/m² no total.</p>	<p>Sobrecarga de cobertura</p> <p>Manutenção e pequenas instalações, conforme NBR 6120 e o uso previsto.</p>
<p>Cargas suspensas</p> <p>Forro, dutos, sprinklers, luminárias e placas solares. Previstas desde o início.</p>	<p>Vento</p> <p>NBR 6123:2023. Na maioria dos galpões leves, é a ação dominante.</p>
<p>Pontes rolantes</p> <p>Vertical com impacto, força transversal e força longitudinal de frenagem.</p>	<p>Imperfeições</p> <p>Força nocional de 0,3% das cargas gravitacionais de cálculo.</p>
<p>Temperatura</p> <p>Galpões longos pedem estudo de juntas de dilatação.</p>	<p>Água e sismo</p> <p>Empoçamento em telhado pouco inclinado. Sismo: em geral dispensado no Brasil; considere em obras no exterior.</p>

NBR 8800:2024, 4.8 e 4.10.7; CBCA, Galpões para usos gerais, 2.5 e 2.6.

Vento: quem costuma mandar no galpão



Velocidade característica

$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$. Isopletras, topografia, rugosidade e altura, uso.

Pressão externa

Cpe de paredes e cobertura para vento a 0° e a 90°.

Pressão interna

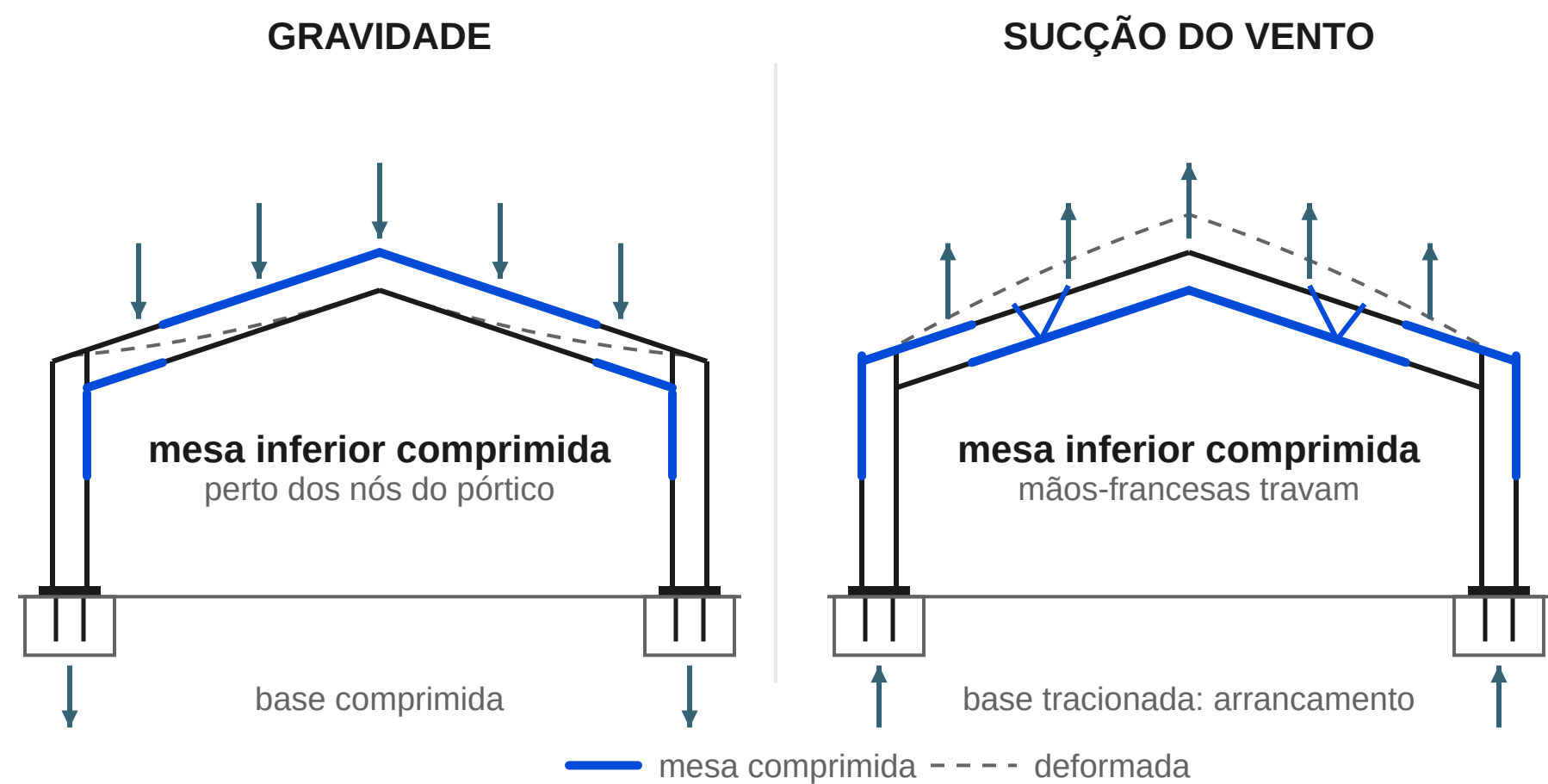
+0,2 ou -0,3 com faces permeáveis. Portões abertos mudam tudo.

Cpe médio

Zonas de borda: dimensionam telhas, terças e fixações.

A combinação que pega: sucção com peso mínimo

Com telha leve, a sucção vence o peso próprio. O pórtico trabalha ao contrário do que a intuição gravitacional sugere.



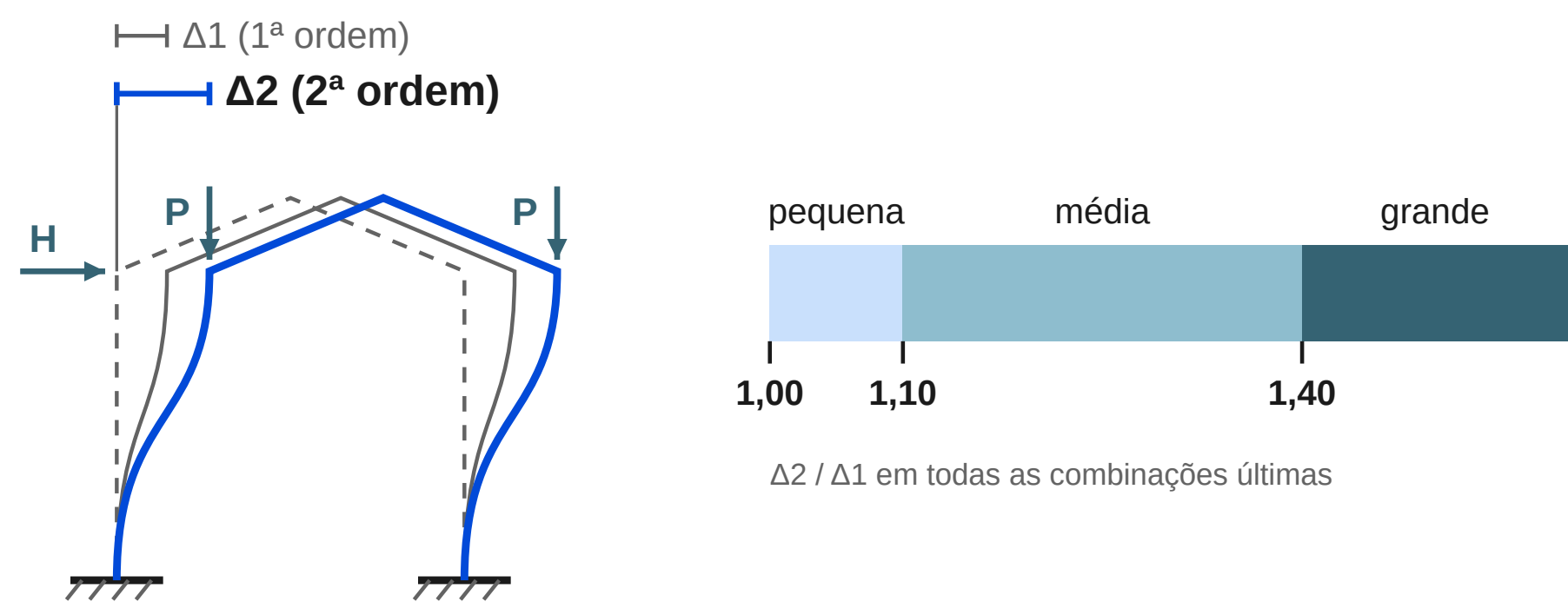
$$F_d = 1,0 \cdot G + 1,4 \cdot W$$

Permanente favorável com $\gamma_g = 1,0$ e vento como ação variável principal (NBR 8800:2024, Tabela 1).

- Mesa inferior comprimida no trecho central da viga: mãos-francesas.
- Base tracionada: chumbadores e fundação contra arrancamento.

Estabilidade e análise de 2ª ordem

NBR 8800:2024, itens 4.10.4 e 4.10.7: a classe vem da razão entre os deslocamentos de 2ª e de 1ª ordem.



Imperfeição geométrica

Deslocamento de $h/333$ ou força nocional de 0,3% das cargas gravitacionais de cálculo.

Imperfeição de material

Média deslocabilidade: rigidez à flexão e axial reduzidas a 80%.

Método aproximado

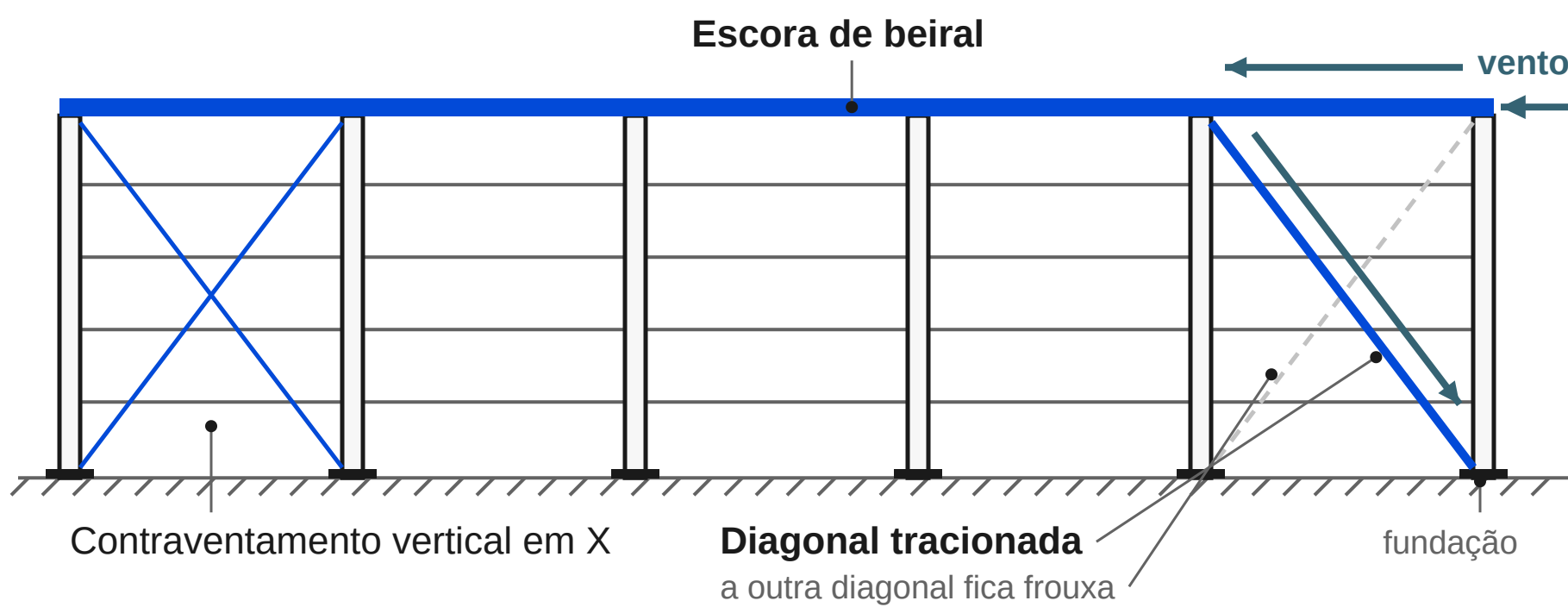
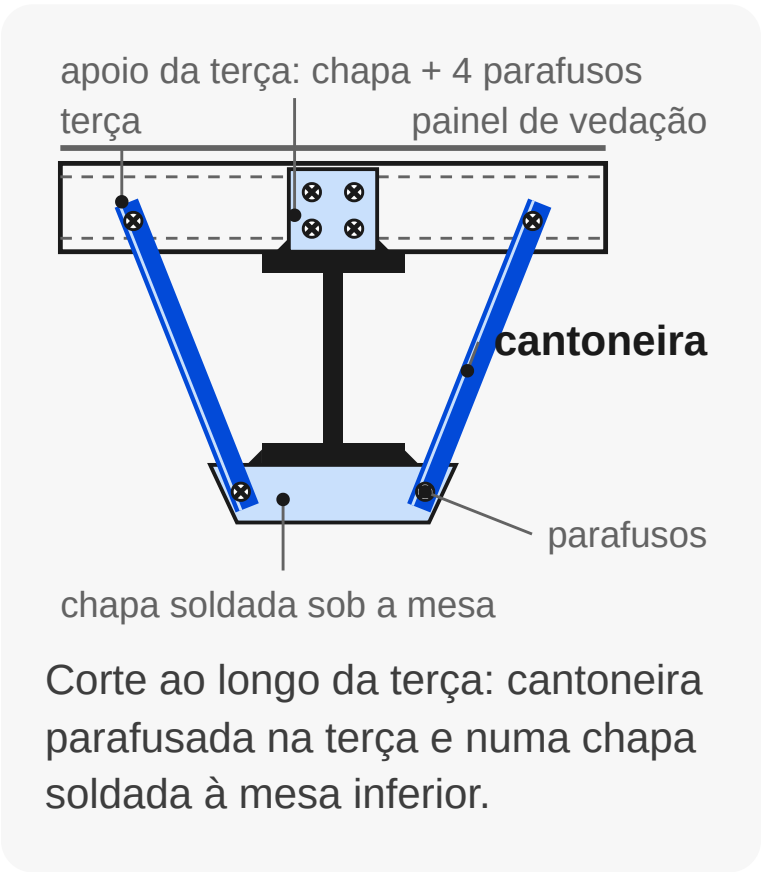
Amplificação dos esforços (MAES, Anexo C) é uma aproximação aceita.

Limites ajustados

Com imperfeição de material no modelo, 1,10 e 1,40 passam a 1,13 e 1,55 (item 4.10.4.5).

Travamentos: o que segura o pórtico fora do plano

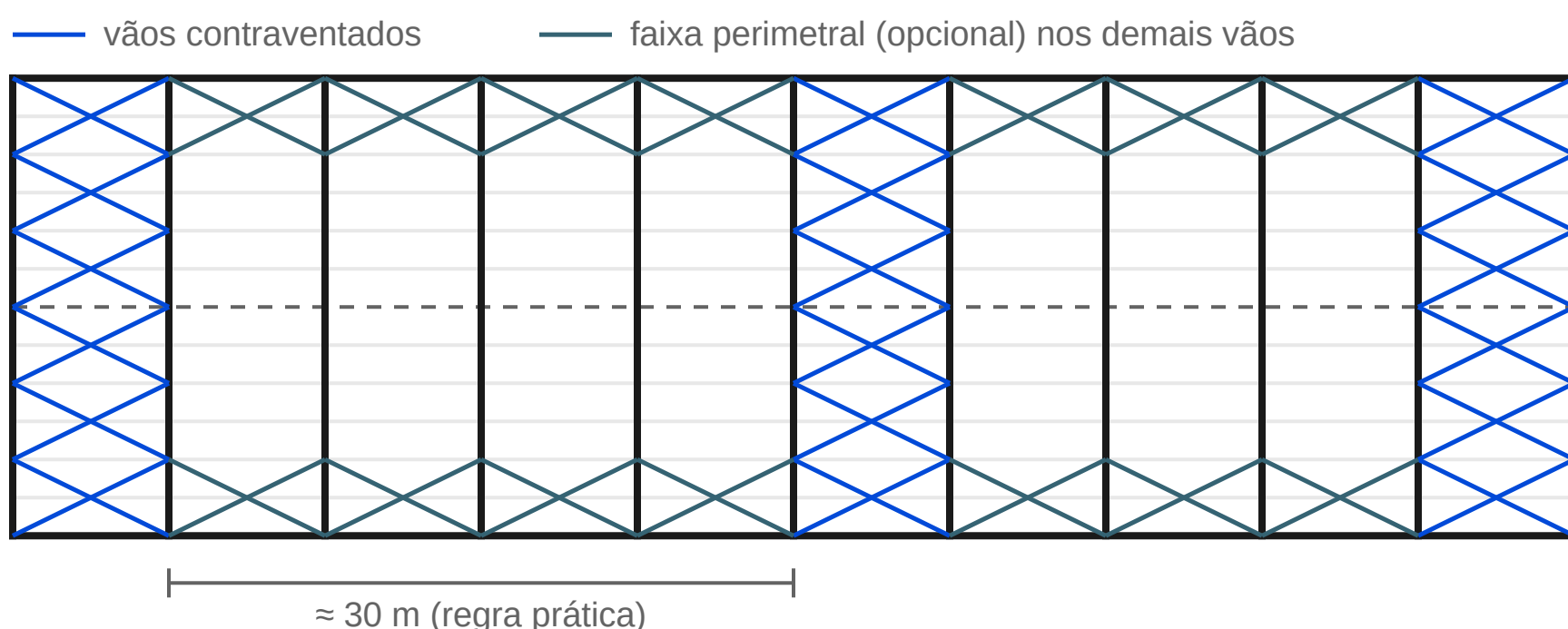
ELEVAÇÃO LATERAL



- Contraventamento em X na cobertura leva o vento da empena até as paredes.
- Escora de beiral liga todos os pórticos ao vão contraventado.
- Só as terças ligadas ao contraventamento da cobertura garantem o travamento da mesa superior. As demais ajudam, mas não conte com elas.
- Manual Gerdau: mesa comprimida da viga contida a cada 2,5 m no máximo.
- Planeje o travamento provisório de montagem.

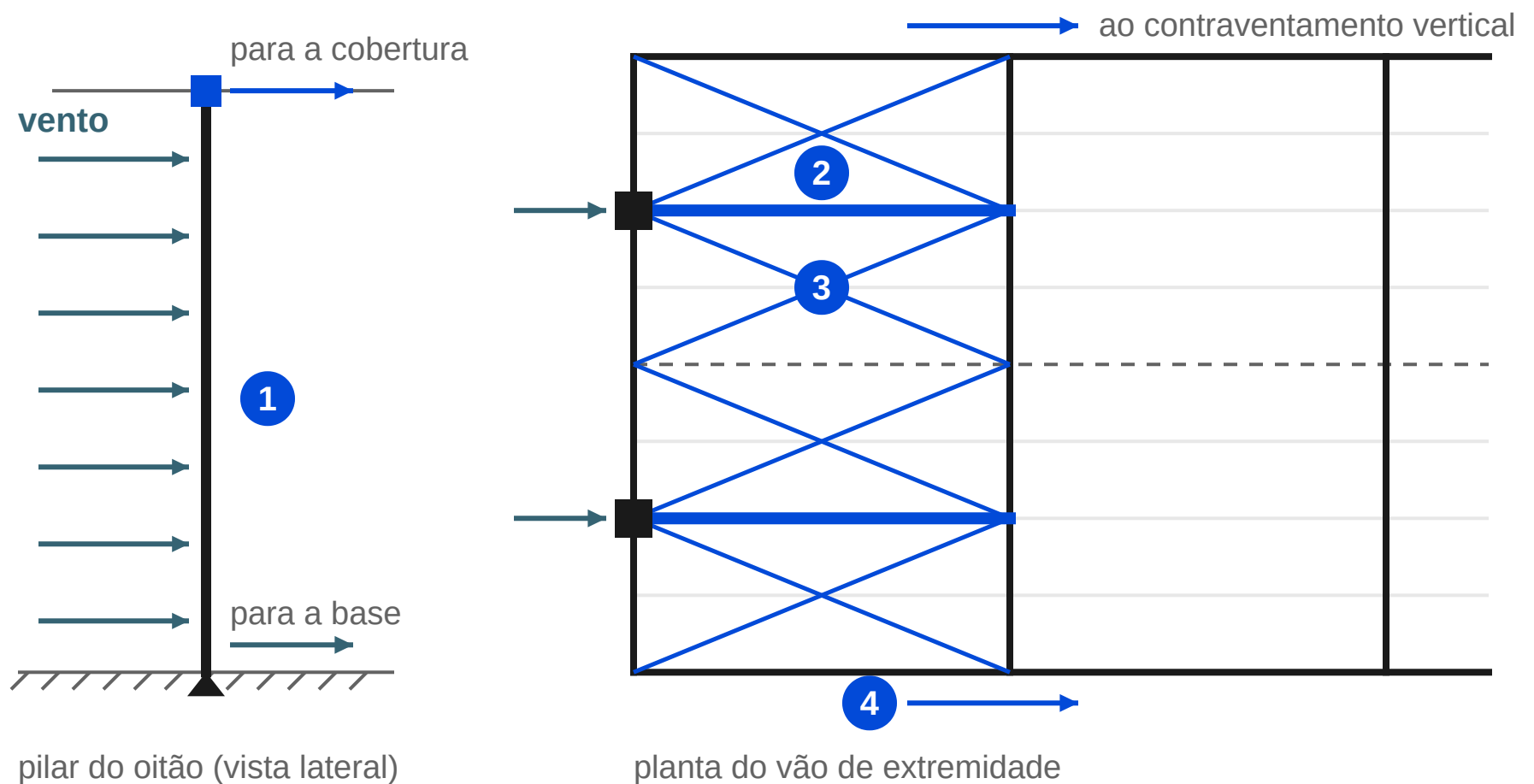
Contraventamento da cobertura na prática

PLANTA DA COBERTURA DE UM GALPÃO LONGO



- Trava os banzos superiores no plano da cobertura e define os comprimentos de flambagem. O banzo inferior continua precisando de mãos-francesas.
- Terças que compartilham nó com o contraventamento viram estrutura primária. Nelas, nada de furo oblongo.
- Regra prática: um vão contraventado a cada 30 m, aproximadamente.
- Faixas perimetrais ao longo dos beirais são opcionais e ajudam a estabilidade horizontal do galpão. Não substituem o travamento das tesouras.
- Barra redonda ligando vãos contraventados só trava se estiver esticada e ancorada nas duas pontas. Verifique a rigidez com o comprimento total ($k = AE/L$).

Coluna do oitão e o caminho do vento frontal



- 1 Pilar do oitão** recebe o vento das faces frontal e posterior e vence o vão entre a base e a cobertura.
- 2 Barra de travamento** leva a reação do topo do pilar até o contraventamento da cobertura. Trabalha à compressão.
- 3 Contraventamento da cobertura** funciona como uma treliça horizontal e entrega a força nos beirais.
- 4 Contraventamento vertical** das paredes laterais leva a força até a fundação.

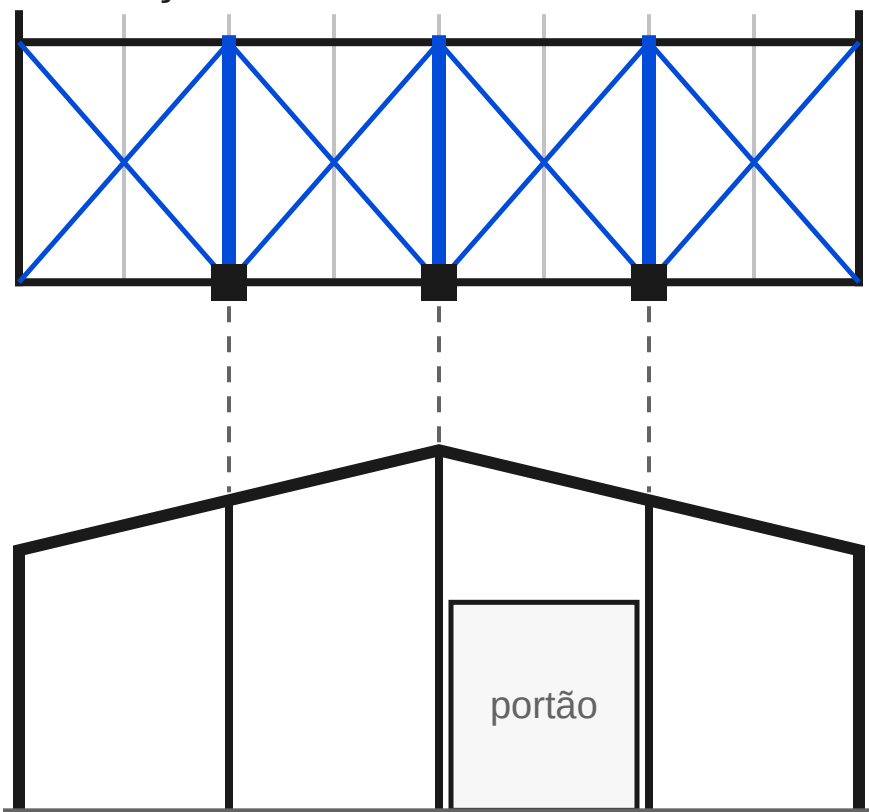
Dá para dispensar o contraventamento com colunas do oitão engastadas e muito rígidas. Raramente compensa.

Barra de travamento: a própria terça ou uma barra independente?

— barra de travamento X contraventamento

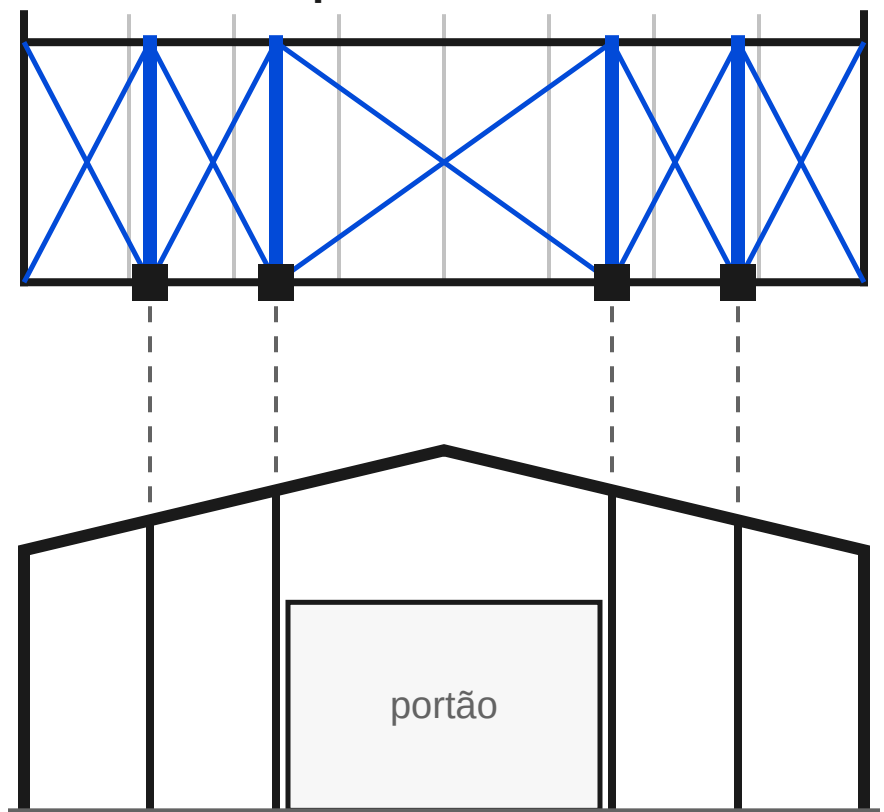
— terça ■ pilar do oitão

A · Terça como barra



Pilares só nas linhas de terça.
Portão limitado ao vão entre elas.

B · Barra independente



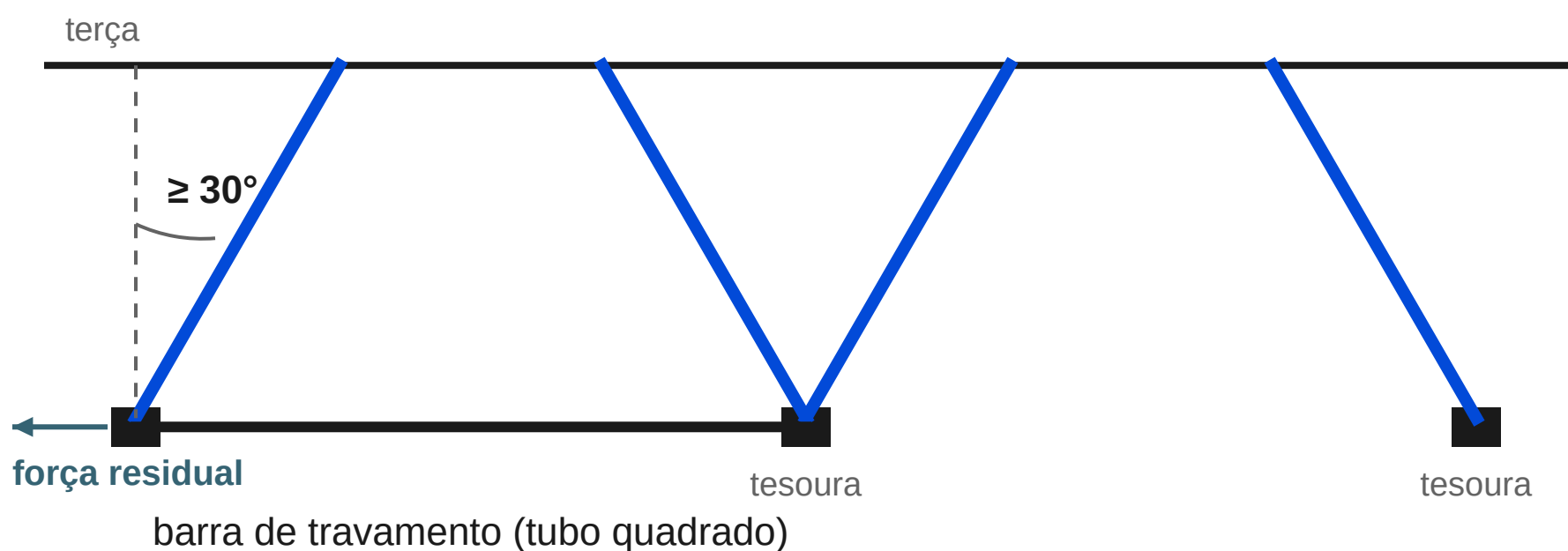
Pilares onde o projeto pede.
Portão com a largura necessária.

- **Terça como barra:** vira estrutura primária, dimensionada à flexo-compressão. Para manter a altura das demais, aumente a espessura ou use perfil duplo.
- Ela amarra os pilares do oitão às linhas de terça. Isso restringe a posição dos pilares e, com eles, a de portões e docas.
- **Barra independente:** recebe a compressão do contraventamento e fica onde o projeto pedir. As terças continuam secundárias.
- Em qualquer caso, os nós do X ficam nas barras de travamento.

Mão-francesa em detalhe

Simples de executar, mas tem um efeito colateral na última tesoura.

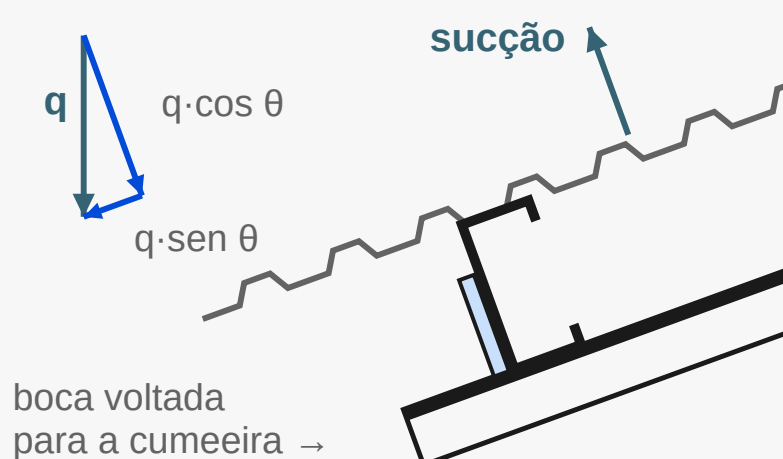
CORTE LONGITUDINAL, PASSANDO PELAS TESOURAS



- Liga a terça ao banzo ou à mesa inferior e trava o lado que comprime: sob sucção e perto do nó do pórtico.
- Incline pelo menos **30° com a vertical**.
- Nas tesouras intermediárias, as componentes horizontais dos dois lados se anulam. Na última, sobra uma força.
- Absorva essa força com uma barra de travamento nos vãos de extremidade, em tubo quadrado, que trabalha à tração e à compressão.

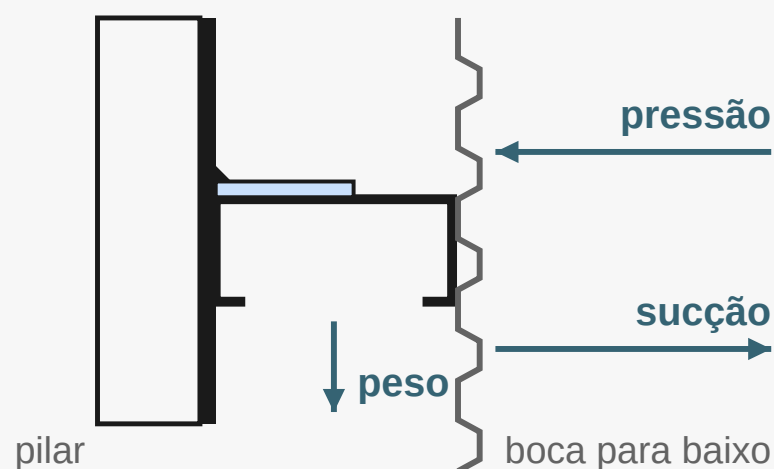
Terças de cobertura e de fechamento lateral

Mesma família de perfis, carregamentos diferentes. Dimensionadas pela NBR 14762, como vigas biapoiadas ou contínuas.



Terças de cobertura

- Peso de telhas, sobrecarga, cargas suspensas e vento.
- Com a inclinação, o peso tem componente no eixo fraco: correntes.
- Espaçamento pela telha: 1,3 a 1,8 m na trapezoidal de 0,55 mm.
- Boca voltada para a cumeeira: monta e resiste melhor.



Terças de fechamento lateral

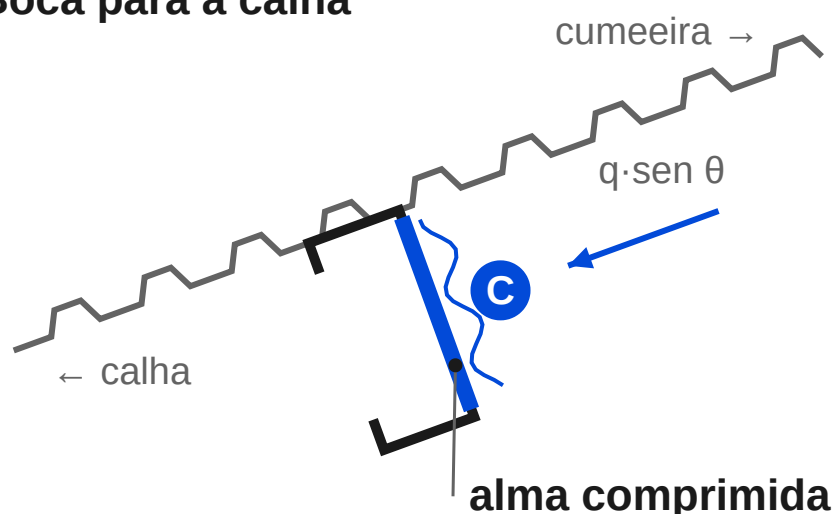
- A ação principal é o vento, de pressão e de sucção, no eixo forte.
- O peso do fechamento age no eixo fraco: correntes no tapamento.
- Portões e janelas pedem requadros com terças reforçadas.
- Boca voltada para baixo, para não reter água.

Nas duas, a mesa presa à telha fica estável. Sob sucção, a mesa livre comprime. Flecha $L/250$ em cada direção (NBR 8800:2024).

Terça de cobertura: boca para a cumeeira ou para a calha?

Parece decisão de montagem, mas muda a resistência do perfil.

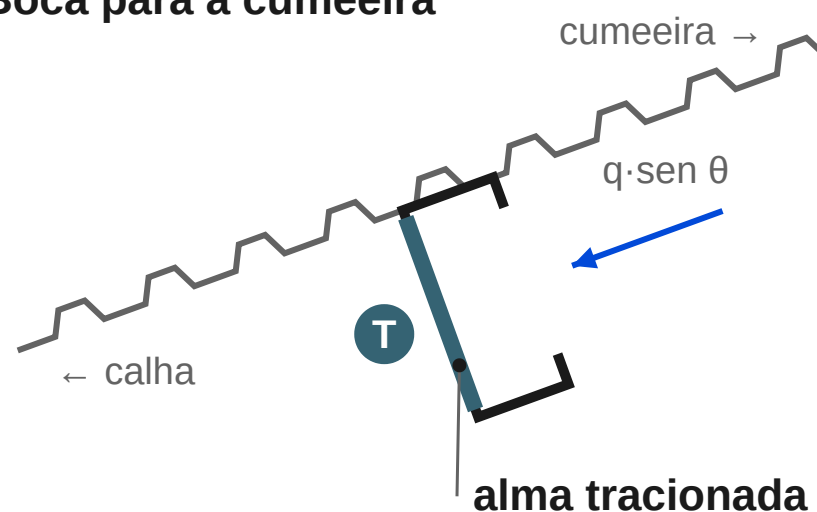
Boca para a calha



Boca para a calha

- Não retém água nem poeira.
- Montagem mais trabalhosa.
- A parcela $q \cdot \sin \theta$ **comprime a alma**. Chapa esbelta comprimida flamba localmente: seção efetiva e momento resistente menores.

Boca para a cumeeira



Boca para a cumeeira

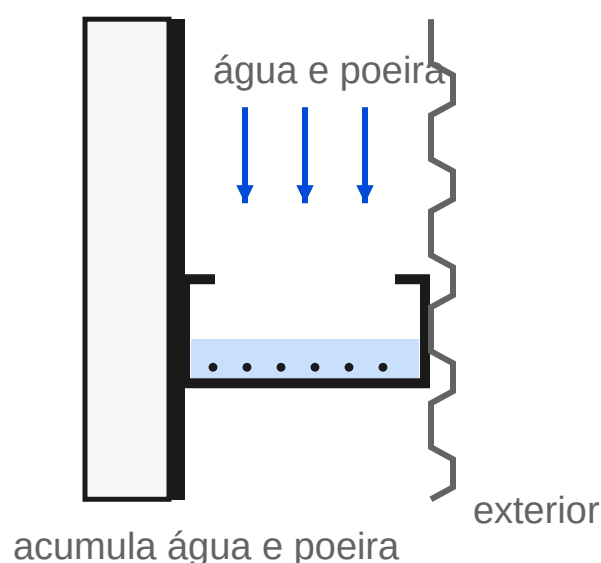
- A terça se apoia no suporte: fácil de posicionar e alinhar antes de parafusar.
- A parcela $q \cdot \sin \theta$ **traciona a alma**. Sem flambagem local, mais capacidade com o mesmo perfil.
- Acumula pouco: inclinação de $\sim 10\%$ e perfil protegido sob a telha.

Na cobertura, boca voltada para a cumeeira: ganha em montagem e em resistência.

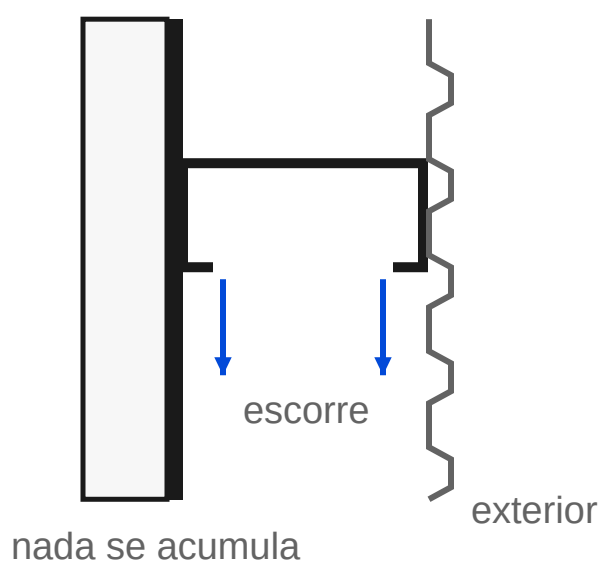
Terça de fechamento lateral: boca para baixo

Aqui a resposta se inverte.

Boca para cima



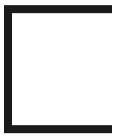
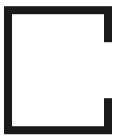
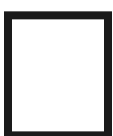
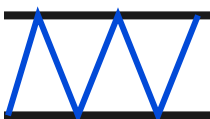
Boca para baixo



- Na parede, a terça é horizontal. Não há inclinação para escoar nada.
- Com a boca para cima, o perfil vira uma calha fechada de ponta a ponta: retém chuva batida, poeira e detritos.
- Resultado: corrosão num ponto de difícil inspeção e acesso ruim para manutenção.
- A penalidade estrutural é menor que na cobertura: o vento age perpendicular à parede e o peso fica no plano do fechamento.
- A durabilidade decide, com folga.

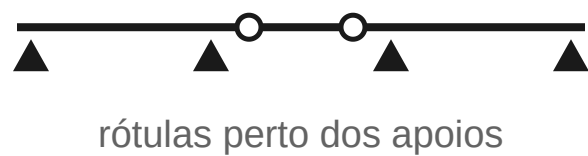
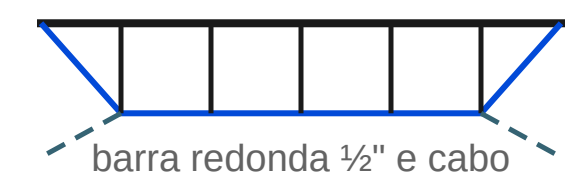
Perfil formado a frio segue a NBR 14762, de onde vêm a flambagem local e a seção efetiva. O vento vem da NBR 6123.

Perfis para terças de cobertura e de fechamento

	<p>U simples dobrado</p> <p>Vãos e cargas pequenos. Barato, mas pouco rígido à torção. Mesas sem enrijecedor flambam cedo.</p>
	<p>U enrijecido (Ue)</p> <p>O mais usado no Brasil em terças de cobertura e de fechamento lateral. Fácil de fixar a telha e de detalhar.</p>
	<p>Z enrijecido (90° ou 45°)</p> <p>Transpasse sobre os apoios dá continuidade, com menos peso e flecha. Empilha no transporte. Em telhados inclinados, eixo principal quase vertical.</p>
	<p>U ou W laminado</p> <p>Ambiente corrosivo (mais espessura), vãos ou cargas além dos formados a frio, risco de impacto da operação.</p>
	<p>Tubo retangular</p> <p>Indústria alimentícia e áreas limpas: sem superfícies que acumulam pó. Dispensa travar a mesa comprimida.</p>
	<p>Terça treliçada</p> <p>Espaçamento grande entre pórticos, quando o perfil de alma cheia ficaria alto e pesado.</p>

Para terças com vão de 6 m, perfis de 100 a 150 mm de altura (CBCA). Fontes: CBCA; AISC Design Guide 7; SCI P397.

Três técnicas para reduzir o momento nas terças

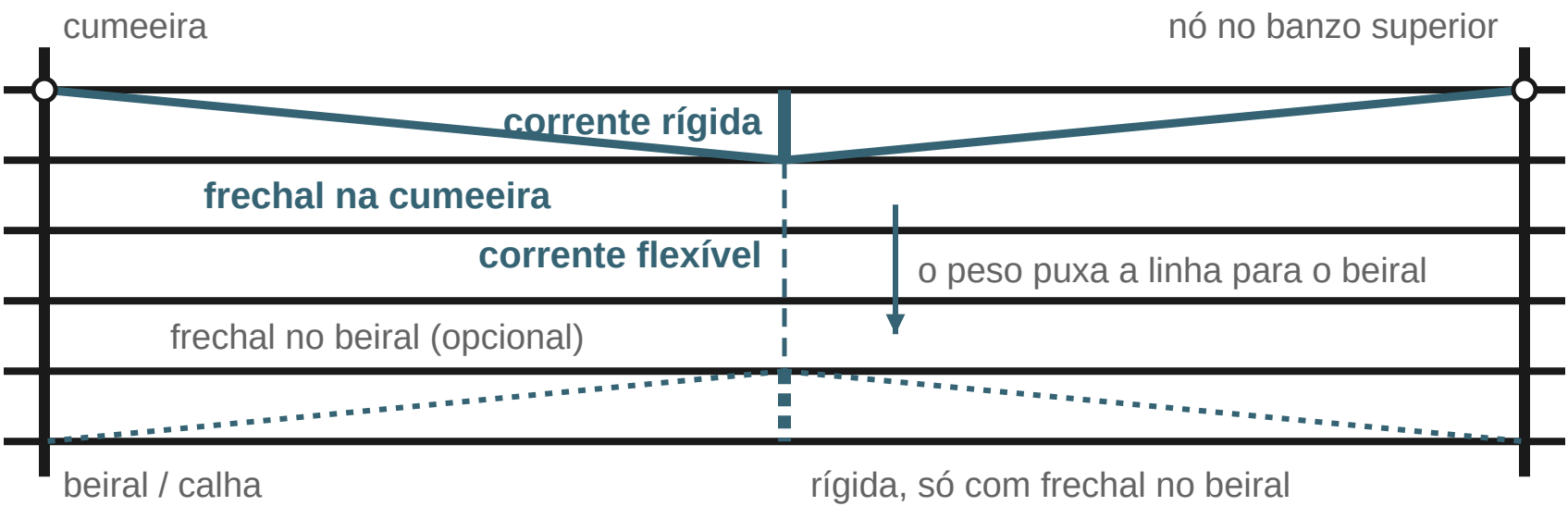
	<p>Z com transpasse</p> <p>Sobreposição sobre os apoios dá continuidade. Costuma compensar em coberturas grandes, a partir de cerca de 1.000 m².</p>
	<p>Ue em sistema Gerber</p> <p>Emendas articuladas perto dos apoios, sem transpasse. A terça vira uma sequência de balanços e trechos apoiados, com momentos menores que na biapoiada.</p>
	<p>Terça vagonada</p> <p>Barra redonda sob a terça, com montantes em cantoneira. Solução típica de reforço de estrutura existente.</p>

Na vagonada, a sucção inverte o esforço e flamba a barra inferior. Um cabo ancorado embaixo mantém o sistema tracionado.

Correntes rígidas e flexíveis

Linhas perpendiculares às terças que reduzem o vão delas no eixo de menor inércia.

PLANTA DE UMA ÁGUA, ENTRE DOIS PÓRTICOS



Flexível

Barra redonda rosqueada, de 12,5 ou 16 mm (CBCA), com porcas na alma das terças. Só à tração.

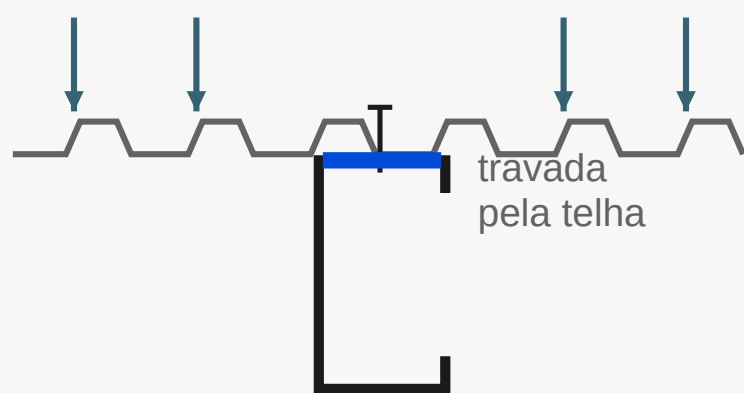
Rígida

Cantoneira, U ou Ue parafusado entre terças. Resiste também à compressão. Vai no último vão entre terças da cumeeira e, se houver frechal no beiral, no último vão junto à calha.

- Seguram a componente do peso paralela ao telhado e a mesa livre comprimida sob sucção.
- Em vãos de 6 m, use uma ou duas linhas. Vãos maiores pedem duas ou mais.
- A força acumula ao longo da linha. O **frechal**, em geral barra redonda, leva essa força até um nó do banzo superior, na cumeeira ou no beiral.
- Com inclinação acima de 5%, as terças tendem a ir para o beiral: o frechal só na cumeeira costuma bastar. Abaixo disso, use dos dois lados.

Correntes: dimensionamento e cuidados

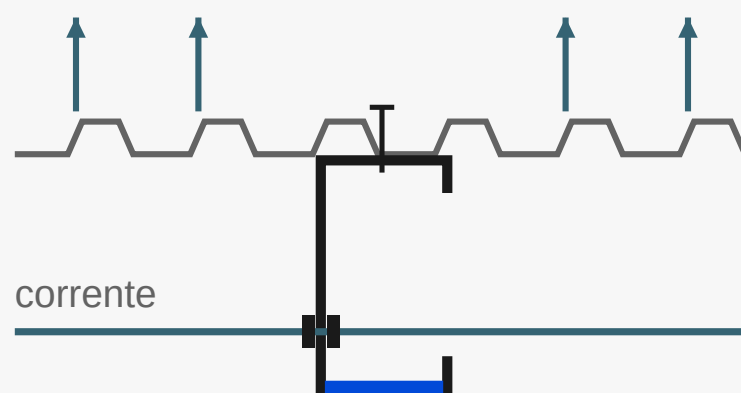
A carga de peso próprio é só parte da história.



mesa superior comprimida

Gravidade

No meio do vão, comprime a mesa presa à telha, que fica travada.



mesa inferior comprimida e livre

Sucção

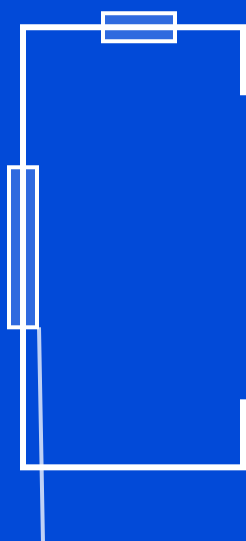
Comprime a mesa livre. A corrente deve ficar perto dela (NBR 8800, 4.12.3.2).

- Em galpão leve, a sucção costuma governar. Corrente só junto à mesa presa à telha não trava a mesa livre.
- Força e rigidez das contenções: item 4.12.3 para terça em flexão. Com compressão, item 4.12.2, com $F_{br} = 0,01 \cdot N_{Sd}$.
- Rigidez da linha de correntes: $k = AE/L$, com o comprimento total da linha.
- Também reduzem a torção causada pelo peso da telha. É possível usar só correntes rígidas, com chapa soldada nas pontas para bloquear a torção.

SE VOCÊ CHEGOU ATÉ AQUI

Terça e corrente são perfis formados a frio. E isso tem norma própria.

Um módulo inteiro do treinamento é dedicado à NBR 14762, com os três métodos da norma.



parte não efetiva

Largura efetiva

O método clássico, elemento por elemento da seção.

Seção efetiva

As propriedades da seção já com a flambagem local.

Resistência direta

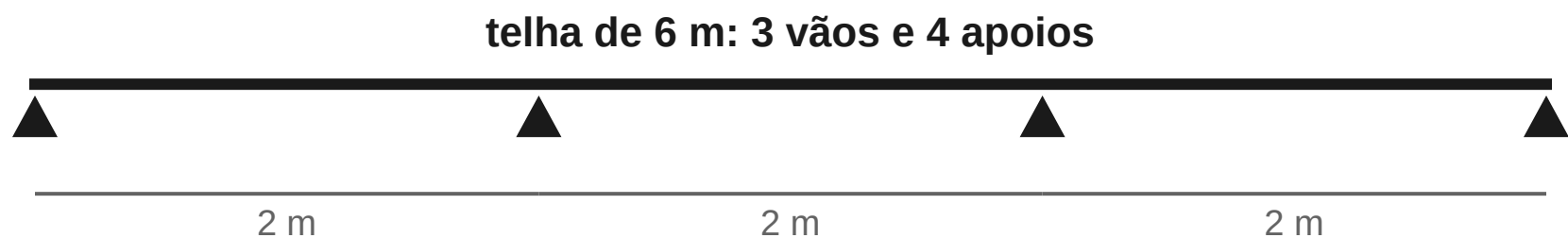
Modos local, distorcional e global numa só análise.

E você aplica tudo nas terças, correntes e no fechamento do galpão do curso.

CONHECER O TREINAMENTO ›

Clique para ver o conteúdo completo do curso

Telhas, calhas e tubos de descida

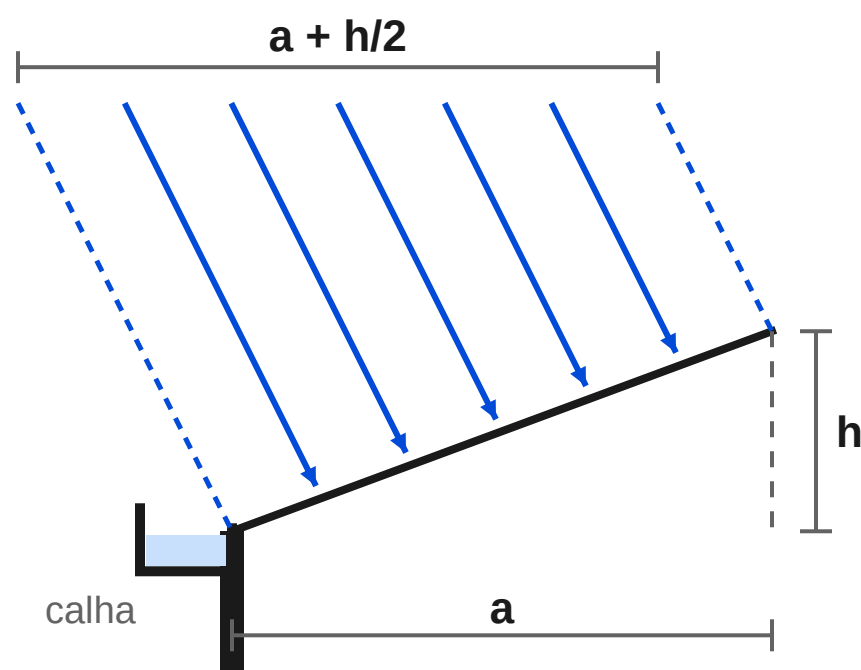


- A telha é o painel de vedação. Terças de cobertura e de fechamento lateral são a estrutura secundária que o sustenta.
- Estimativa rápida do vento na telha: $q \approx 0,613 \cdot V_0^2 \cdot 2$ (N/m²). Nas bordas, confirme com a NBR 6123 completa, usando $S_3 = 0,88$ para vedações.
- No catálogo, o vão máximo e a carga admissível dependem do número de apoios.
- Prefira telhas de até cerca de 6 m. Peças muito longas são difíceis de transportar e montar.
- Calha: regra prática de 1 a 2 cm² de seção por m² de telhado. Tubo de descida: cerca de 1 cm² por m². O cálculo pela NBR 10844 está no próximo slide.

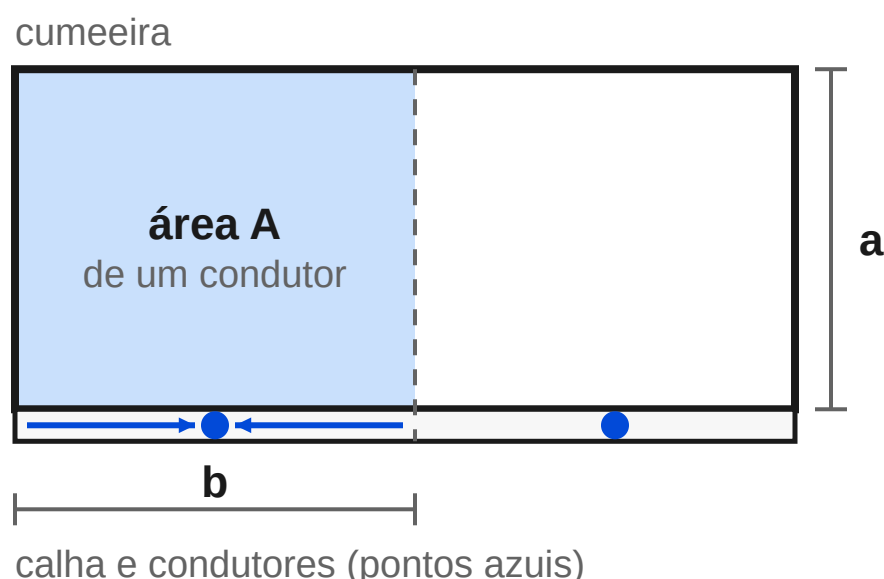
Calhas, parte 1: quanta água chega

Roteiro da NBR 10844. Primeiro a vazão, depois a calha.

Corte de uma água



Planta da mesma água



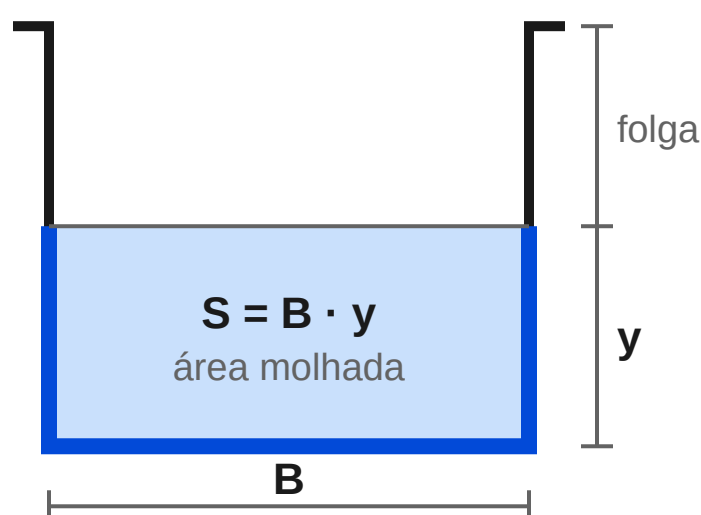
- 1 **Intensidade de chuva I (mm/h).** Tabela da norma para a cidade, com duração de 5 min. Período de retorno de 5 anos para coberturas e de 25 anos onde não se tolera transbordar.
- 2 **Área de contribuição $A = (a + h/2) \cdot b$.** A norma considera a chuva inclinada pelo vento: além da projeção horizontal a , a água intercepta metade da altura h . O b é o trecho de calha que escoar para um mesmo condutor.
- 3 **Vazão de projeto $Q = I \cdot A / 60$ (L/min).** 1 mm de chuva sobre 1 m² é 1 litro. Dividir por 60 passa de por hora para por minuto.

Exemplo: $a = 10$ m, $h = 1$ m, $b = 15$ m e $I = 150$ mm/h. $A = (10 + 0,5) \cdot 15 = 157,5$ m² e $Q = 150 \cdot 157,5 / 60 \approx 394$ L/min.

Calhas, parte 2: a calha e os condutores

A calha precisa escoar a vazão Q do trecho, com folga.

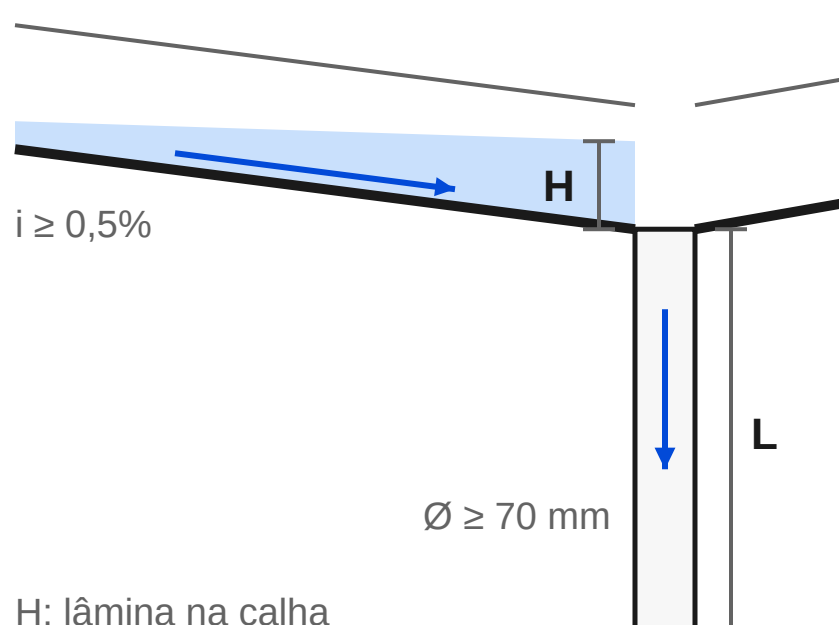
Seção da calha



$$P = B + 2y \text{ (em azul)}$$

$$R = S / P$$

Corte ao longo da calha



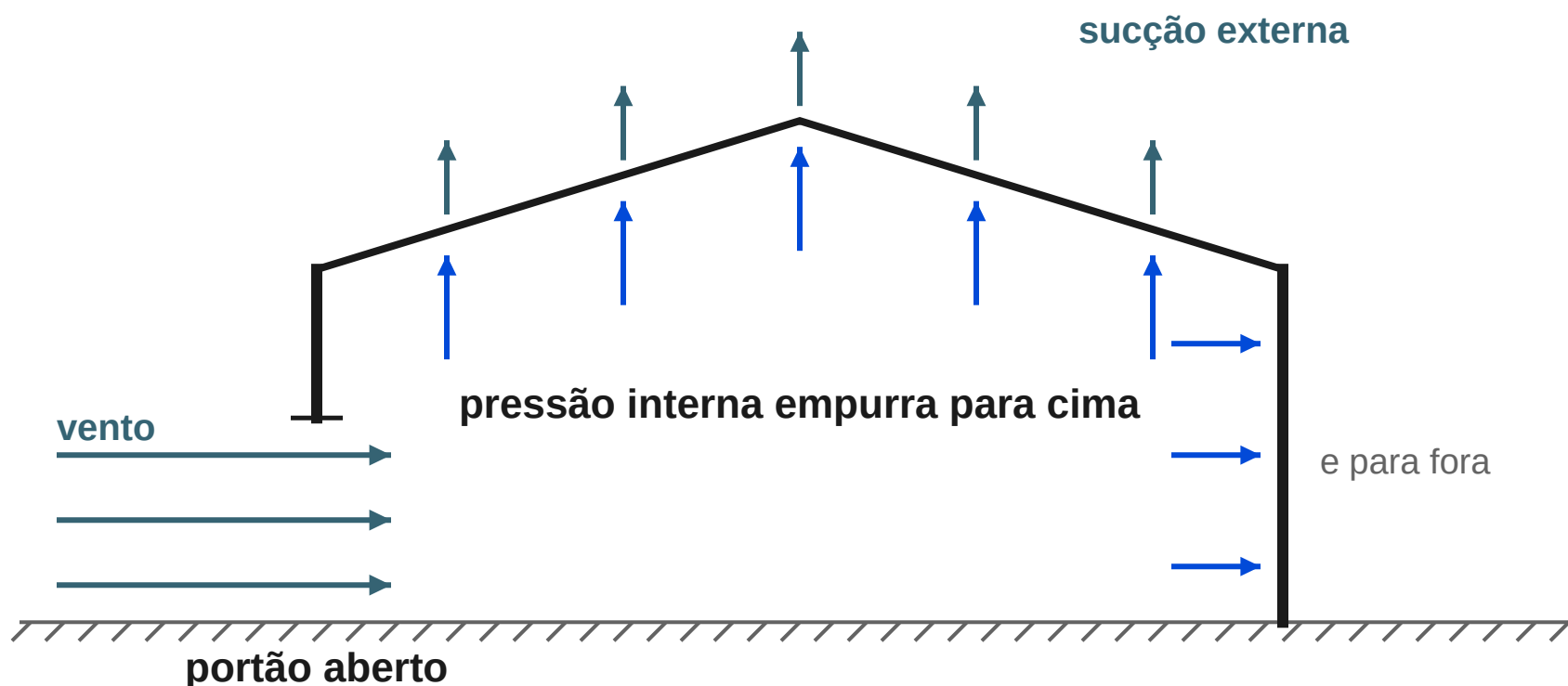
H: lâmina na calha

L: comprimento do condutor

- 4 **Capacidade da calha (Manning).** $Q = 60.000 \cdot (S/n) \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$, com S em m^2 , R em m , i em m/m e Q em L/min . Para aço, $n = 0,011$. Caimento mínimo de 0,5%.
- 5 **Condutor vertical.** Ábacos da norma, para saída em aresta viva ou com funil. Entram Q , a lâmina H na calha e o comprimento L do condutor. Diâmetro mínimo de 70 mm.
- 6 **Condutor horizontal.** Tabela da norma, por diâmetro e declividade, com mínimo de 0,5%.
- 7 **Ajuste.** Mais condutores reduzem b , a vazão de cada trecho e o tamanho da calha.

Exemplo: calha de 20 cm com lâmina de 8 cm. $S = 0,016 m^2$, $P = 0,36 m$, $R = 0,044 m$ e $i = 0,005$. Capacidade $\approx 770 L/min$, maior que os 394 L/min do trecho. Atende.

Abertura dominante: o portão que muda o projeto



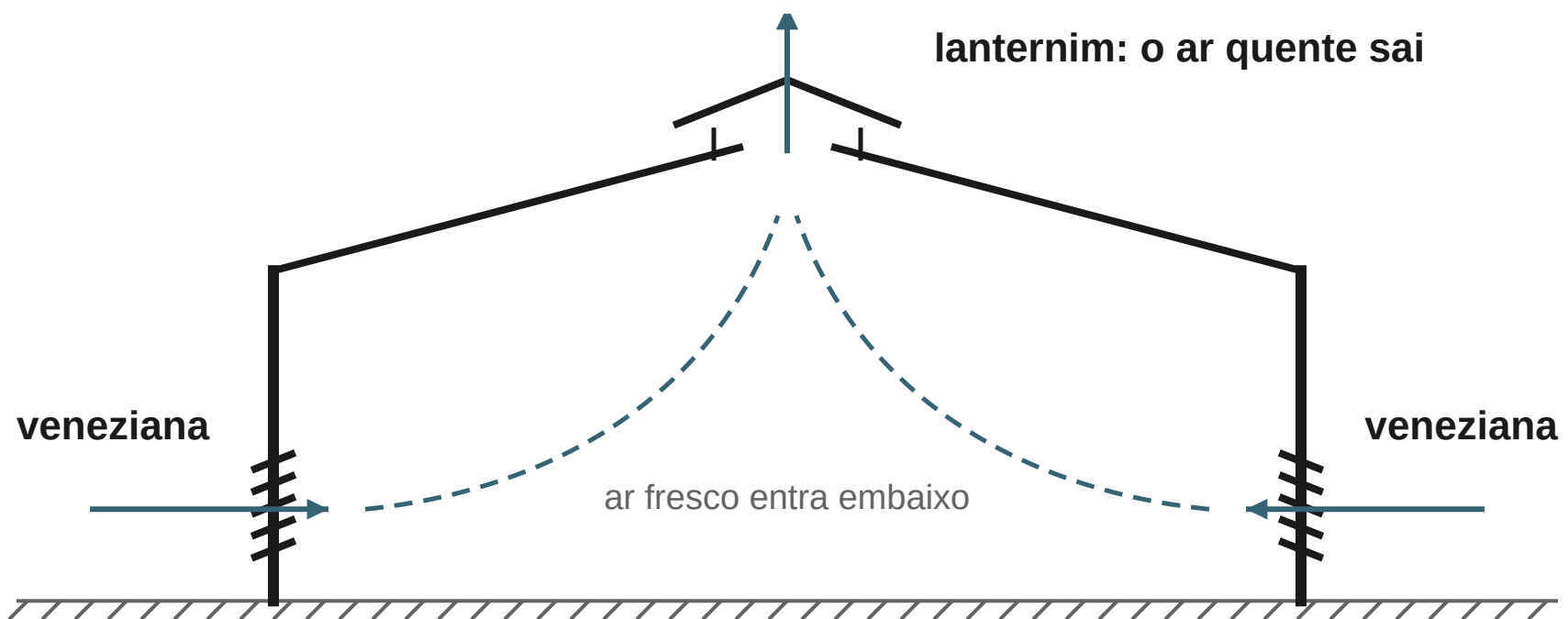
- **Abertura dominante** é aquela com área igual ou maior que a soma de todas as outras aberturas da envoltória (NBR 6123).
- Com faces permeáveis e sem abertura dominante, o C_{pi} fica entre **+0,2 e -0,3**.
- Portão aberto a barlavento enche o galpão: o C_{pi} pode chegar a **+0,8**. A sotavento ou numa lateral, o C_{pi} acompanha a sucção externa daquela face.
- A pressão interna soma com a sucção externa na cobertura. Telhas, terças, fixações e chumbadores sentem primeiro.

$$-1,0 - 0,8 = -1,8$$

Exemplo ilustrativo de coeficiente líquido na cobertura. Sem abertura dominante: $-1,0 - 0,2 = -1,2$.

Venezianas e lanternim

Aberturas permanentes e bem distribuídas: menos pressão interna e ventilação natural.



Venezianas nas fachadas

Aberturas fixas em todas as faces. Quando um portão abre, ele não supera a soma das outras aberturas e deixa de ser dominante.

Lanternim na cumeeira

Abertura permanente numa zona de sucção. Puxa o C_{pi} para negativo e alivia a sucção líquida na cobertura. Verifique as paredes de barlavento, onde a pressão líquida aumenta.

VENTILAÇÃO POR EFEITO LAREIRA (CBCA)

Largura do lanternim $h_2 = n \cdot V / (L \cdot v \cdot 3600)$ e soma das aberturas laterais igual a $1,5 \cdot h_2$. Use n de 15 a 30 trocas de ar por hora e v de 1 a 1,5 m/s no lanternim.

Calcule o C_{pi} com as áreas reais pelo Anexo D da NBR 6123. Sem garantia de que os portões fiquem fechados em ventos fortes, considere-os abertos.

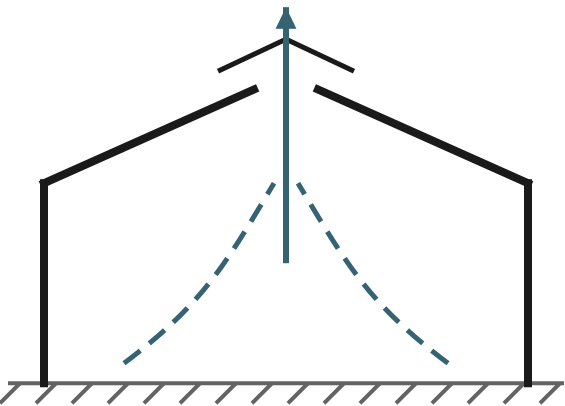
Venezianas, lanternim ou os dois?

Não precisa ter os dois. Depende do objetivo.

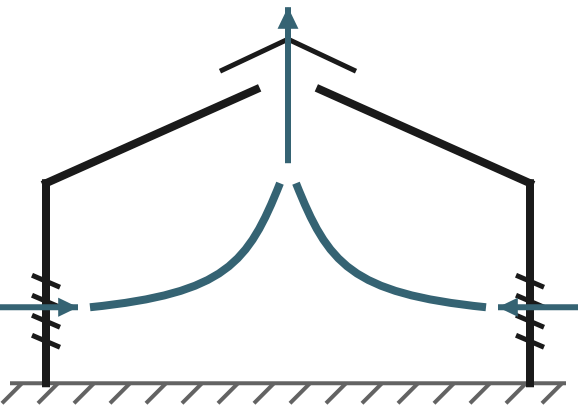
Só venezianas



Só lanternim



Os dois



Só venezianas

Abertura dominante: resolve, se estiverem em todas as faces e somarem mais que o maior portão.

Ventilação: cruzada, só com vento. Sem vento, o ar quente fica sob a cobertura.

Só lanternim

Abertura dominante: resolve, se a área superar a do maior portão. Ele passa a definir o Cpi: sucção interna, que alivia a cobertura e carrega mais a parede de barlavento.

Ventilação: tira o ar quente do topo, mas o ar só entra por portões e frestas.

Os dois

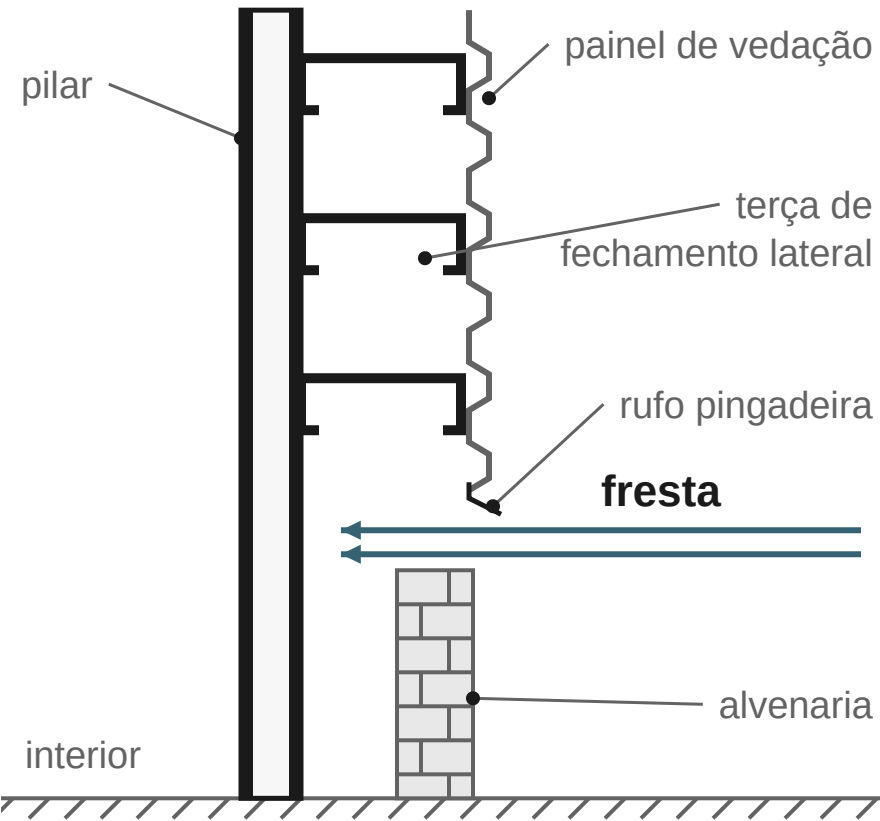
Abertura dominante: resolve.

Ventilação: efeito chaminé completo, com ou sem vento. O ar fresco entra embaixo e o quente sai em cima.

Para a abertura dominante, um dos dois basta. Para ventilação natural eficiente, o efeito chaminé precisa de entrada baixa e saída alta: use os dois.

Dois macetes no fechamento

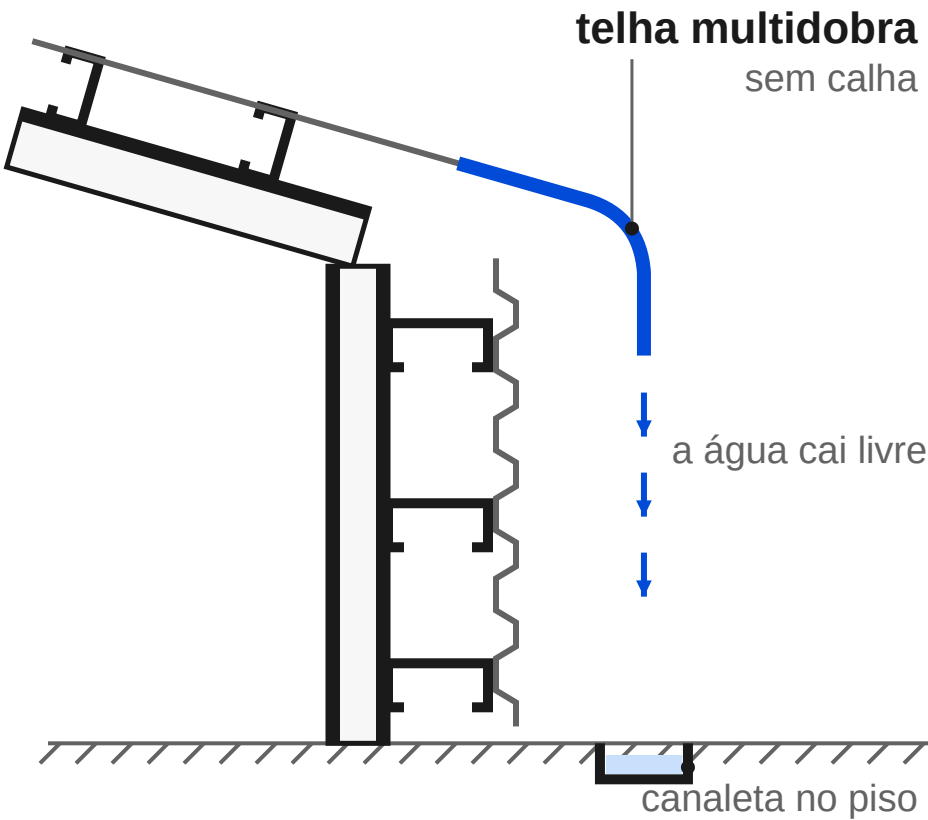
Fresta entre alvenaria e painel



Fresta para evitar abertura dominante

A fresta entre a alvenaria e o painel torna as faces permeáveis. Distribua em todas as faces, senão ela vira a abertura dominante. Um rufo pingadeira protege da chuva. Confira pelo Anexo D da NBR 6123.

Telha multidobra no beiral



Telha multidobra no beiral

A telha avança além da parede e curva para baixo. A água cai livre, longe do fechamento, sem calha. Preveja canaleta no piso junto à fachada.

Deslocamentos-limite da NBR 8800:2024

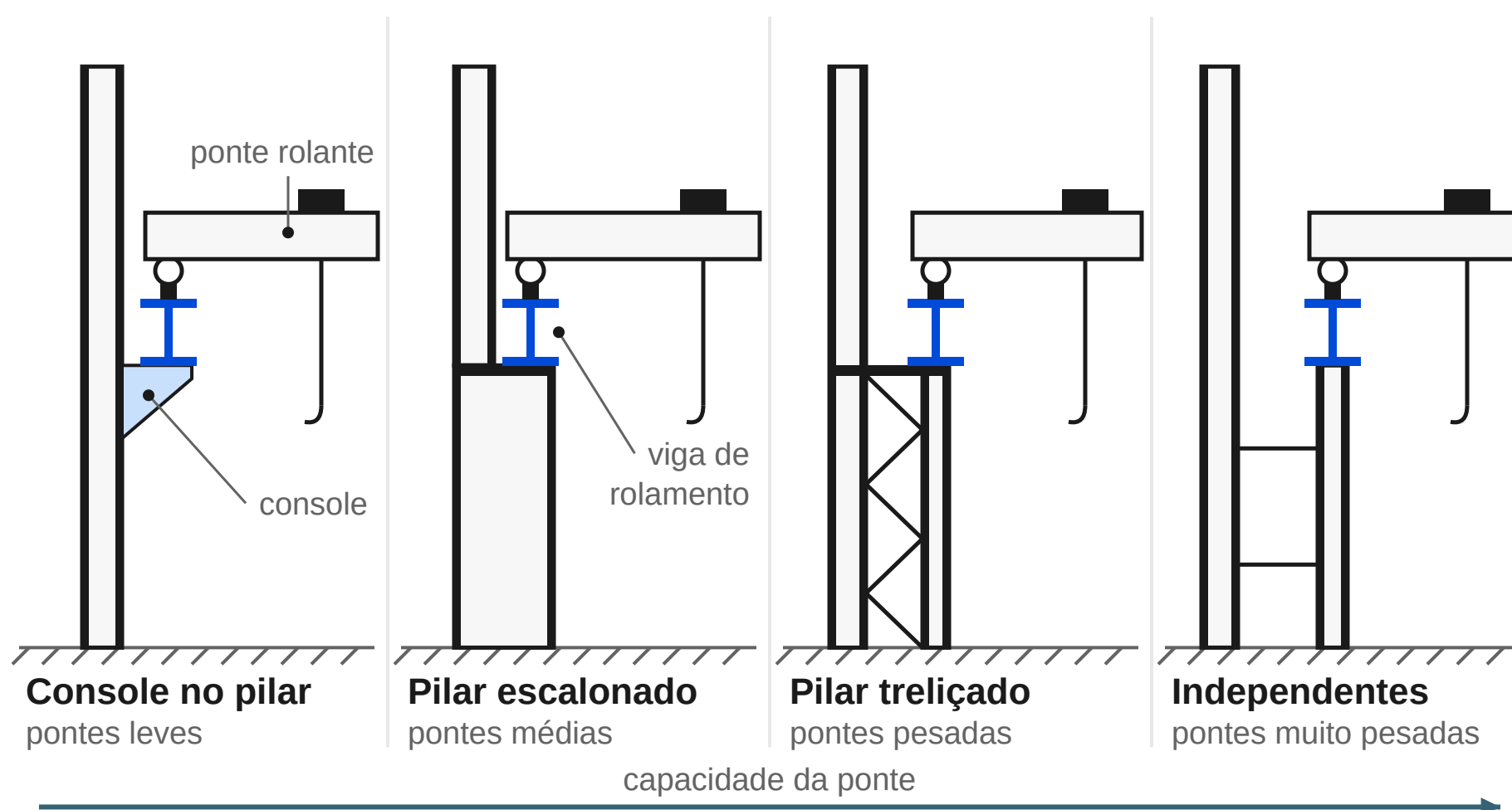
Elemento	Limite
Terças de cobertura e de fechamento lateral	L/250
Vigas de cobertura	L/250
Pilares de fechamento, topo em relação à base	H/250
Galpão: topo dos pilares em relação à base	H/300
Galpão: nível da viga de rolamento	H/500
VIGA DE ROLAMENTO, VERTICAL	
Leve, eventual ou moderado · pesado · severo	L/750 · L/1000 · L/1250
VIGA DE ROLAMENTO, HORIZONTAL	
Exceto severo · severo	L/500 · L/750

Mudança importante: na edição de 2008, terças de cobertura e de fechamento tinham limite L/180. Agora é L/250.

Com alvenaria, limite a fissura na base da parede a 1,5 mm (B.3.4). Referência australiana para comparação: H/150 em galpões com fechamento metálico (Woolcock et al.).

Ponte rolante muda o projeto inteiro

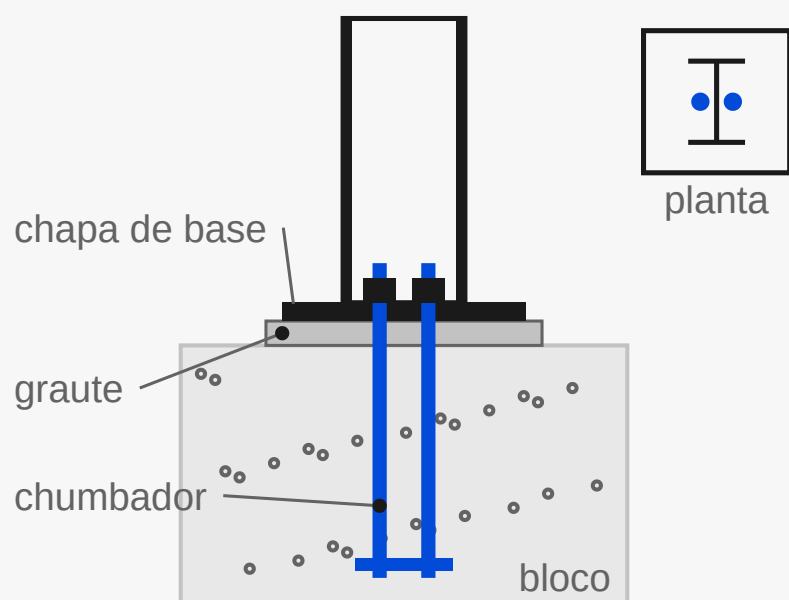
Quatro soluções para apoiar a viga de rolamento, da mais leve à mais pesada.



- Ações: vertical com impacto, transversal e longitudinal de frenagem.
- Fadiga na viga de rolamento e nas ligações (NBR 8800:2024, Anexo H).
- Diferença de deslocamento entre pilares do pórtico de no máximo 15 mm.
- Abertura dos pilares é crítica para a ponte: combine com o fabricante.

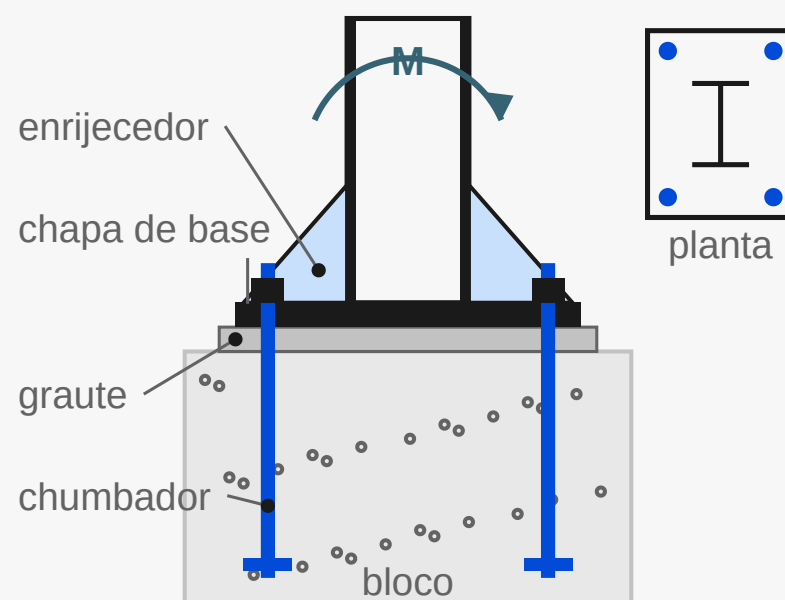
Base rotulada ou engastada?

A escolha da base move custo entre a estrutura de aço e a fundação.



Rotulada

Fundação e chumbadores menores. Pórtico mais pesado e mais deslocável.



Engastada

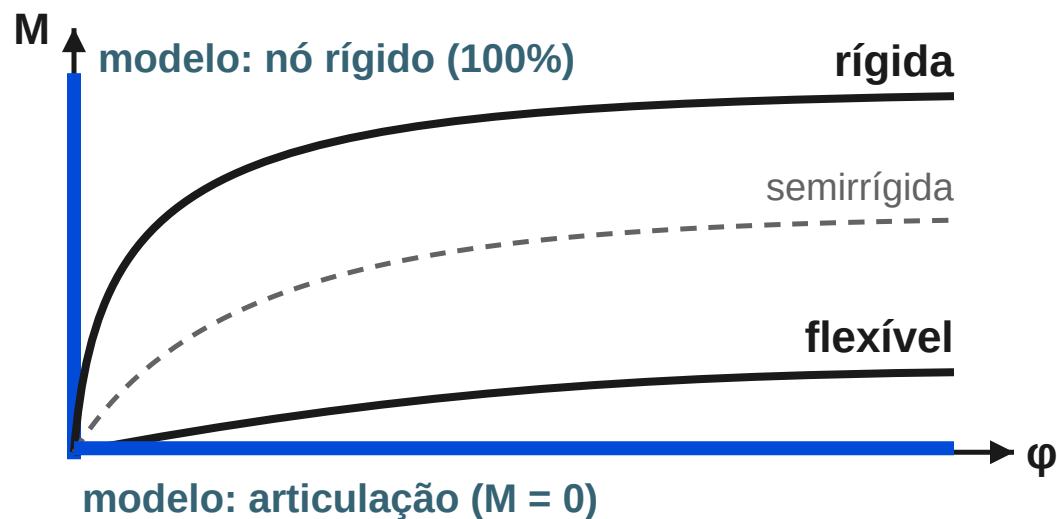
Pórtico mais leve e rígido. Fundação e ancoragem maiores, sob momento.

- Manual Gerda: bases engastadas no plano do pórtico e rotuladas no sentido longitudinal.
- Chumbadores: tração sob sucção, cisalhamento por atrito ou barra de cisalhamento.
- Nó do pórtico (ligação viga-coluna) com chapa de topo e mísula. Emendas de campo parafusadas.

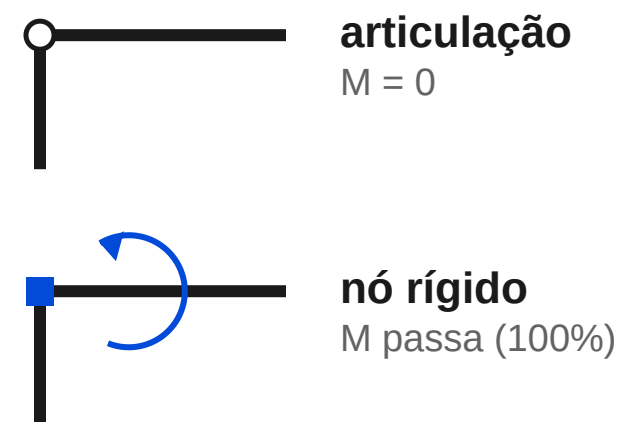
Ligação flexível ou rígida?

Nomenclatura da NBR 8800. O real fica entre os dois modelos ideais.

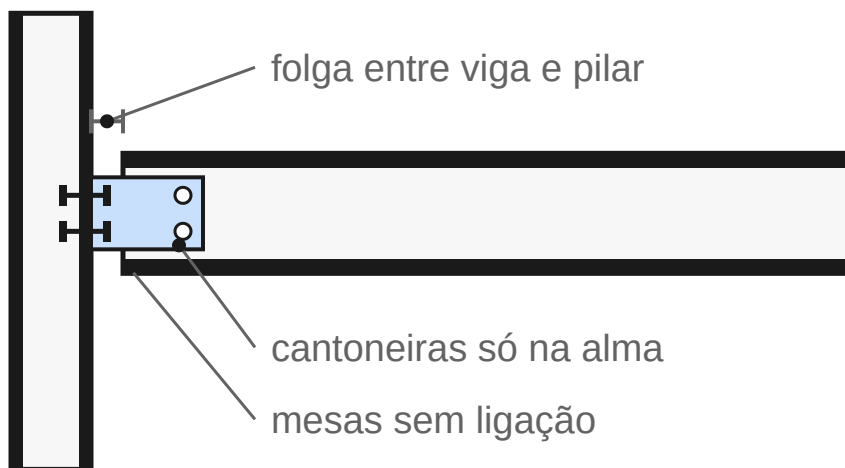
Comportamento real ($M \times$ rotação)



Modelo de cálculo

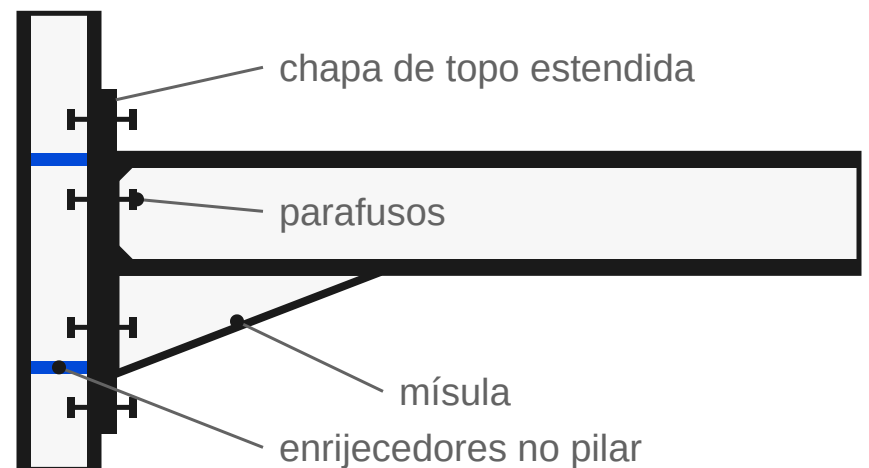


Ligação flexível



A viga gira quase livre: pouco momento.

Ligação rígida



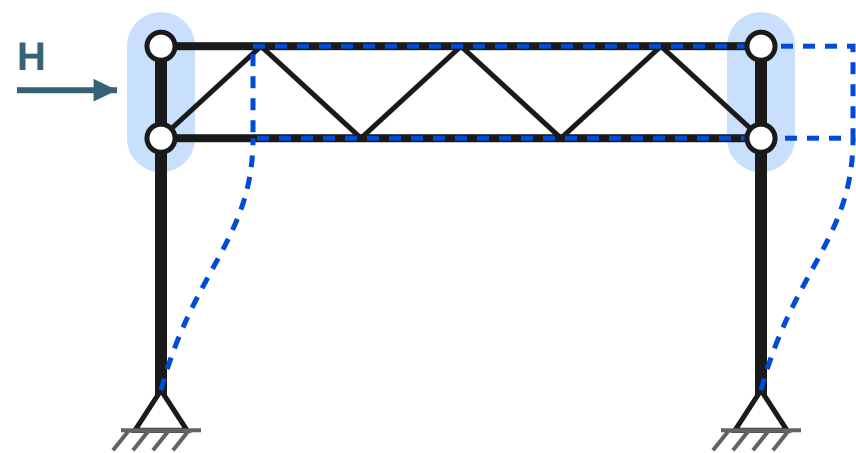
Transmite boa parte do momento.

- **Ligação flexível:** transmite pouco momento fletor. No modelo de cálculo, vira uma articulação, com $M = 0$.
- **Ligação rígida:** transmite boa parte do momento, nunca 100%, porque sempre há alguma rotação na ligação. No modelo, vira um nó rígido, com 100%.
- Entre as duas está a semirrígida, que exige modelar a rigidez da ligação. A norma classifica pela rigidez da ligação em relação à da viga.

Ligações e estabilidade no plano do pórtico

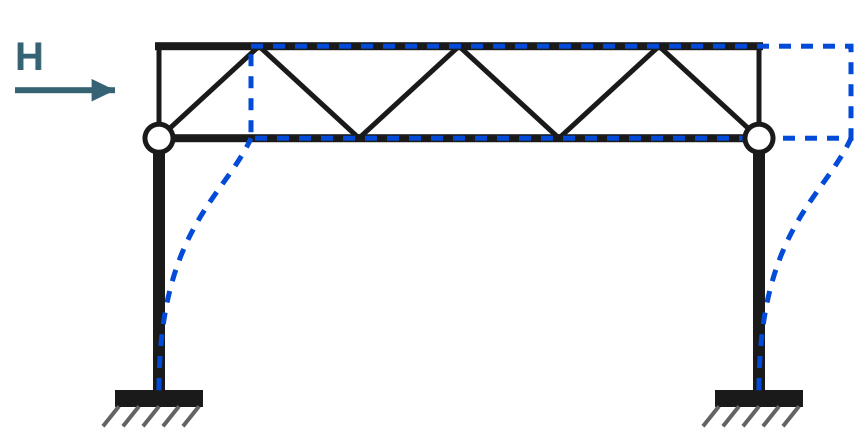
○ ligação flexível (articulação) ● binário entre os banzos △ base flexível — base rígida
- - - - - deformada sob H

Base flexível · dois banzos **estável**



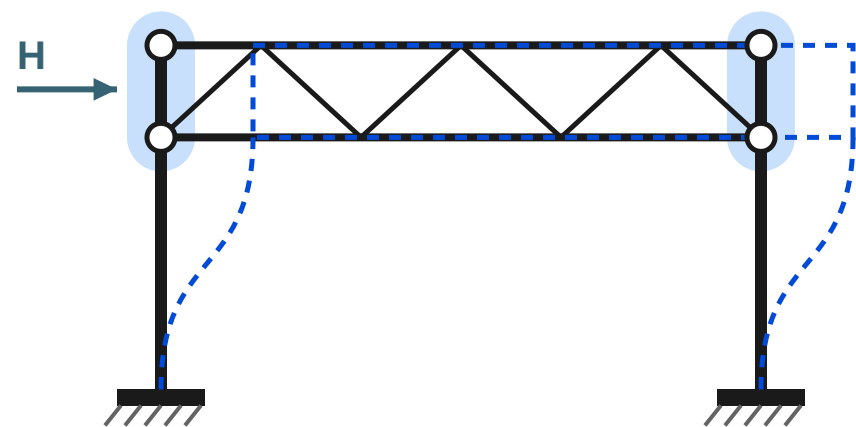
Cada ligação é flexível, mas o binário entre os banzos transmite momento: vira quadro.

Base rígida · um só nó **estável**



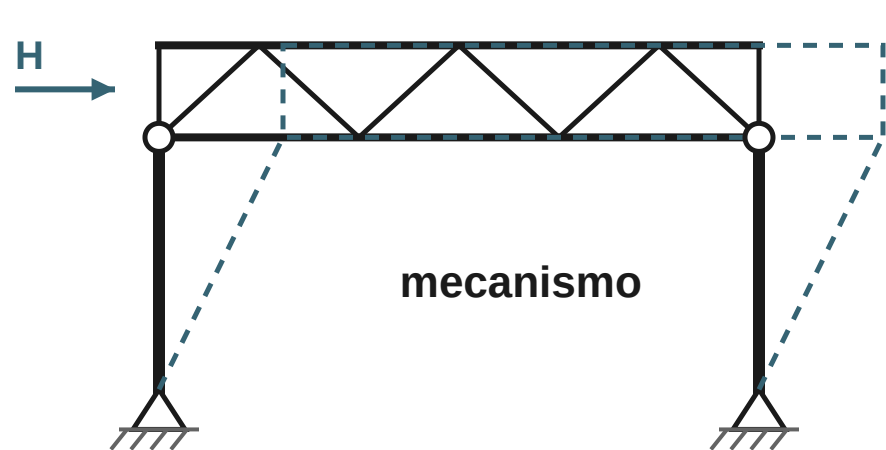
Cada pilar trabalha em balanço. A tesoura só leva a força horizontal.

Base rígida · dois banzos **estável**



Base e binário resistem juntos. O mais rígido, com fundação sob momento.

Base flexível · um só nó **instável**



Só articulações no plano: mecanismo. O pórtico tomba com qualquer força H.

Regra: o pórtico precisa transmitir momento em algum ponto, pela base rígida, pelo binário entre os banzos ou pelos dois. Só articulações formam um mecanismo.

Pórticos de alma cheia: as mesmas combinações

○ ligação flexível (articulação) ■ ligação rígida (com mísula) △ base flexível — base rígida
- - - - deformada sob H

Base flexível · nó rígido

estável

Pilares e viga formam um quadro.
O nó rígido transmite o momento.

Base rígida · nó flexível

estável

Cada pilar trabalha em balanço.
A viga só leva a força horizontal.

Base rígida · nó rígido

estável

O mais rígido e o mais hiperestático.
Fundação maior, sob momento.

Base flexível · nó flexível

instável

Só articulações no plano: mecanismo.
O pórtico tomba com qualquer força H.

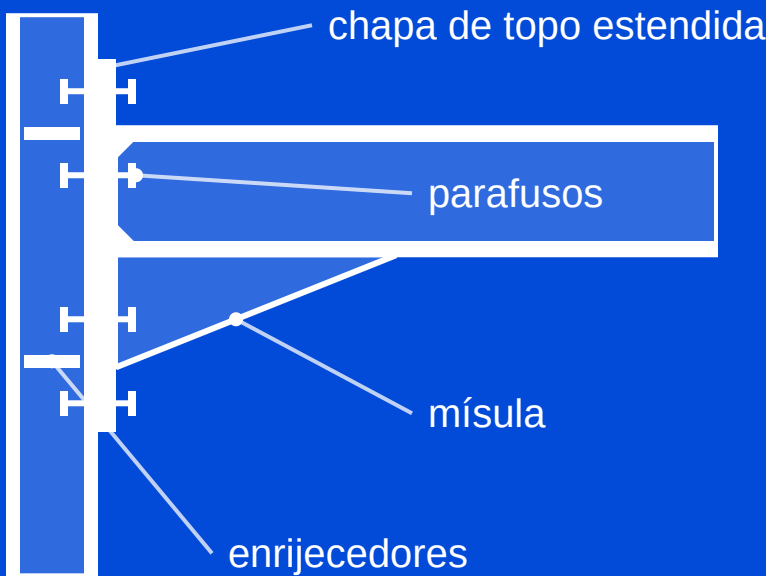
Na alma cheia, o nó rígido é uma ligação rígida de verdade: chapa de topo estendida, mísula e enrijecedores no pilar. Só articulações formam um mecanismo.

DO MODELO À FÁBRICA

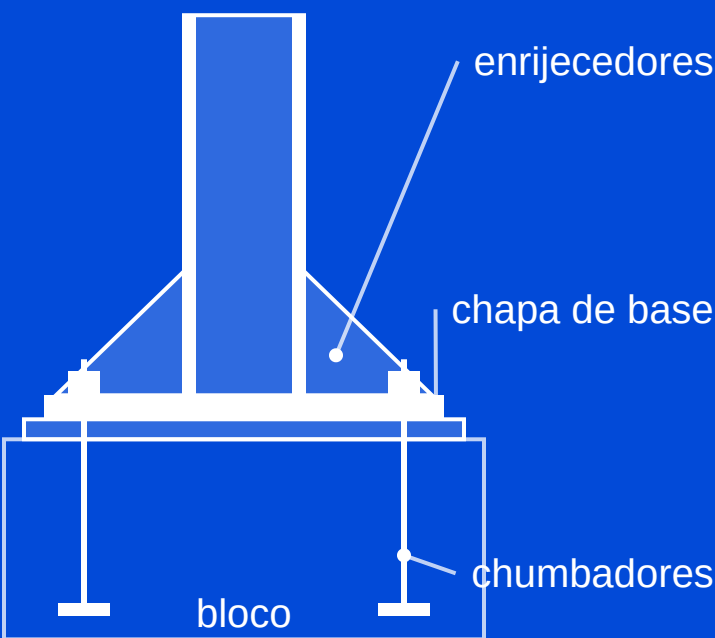
Ligação é onde o modelo vira peça de verdade.

No treinamento, você calcula e detalha as ligações do mezanino e do galpão.

Nó do pórtico



Base de pilar

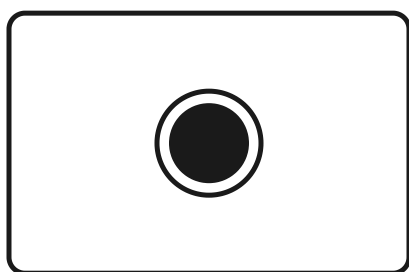


- ✓ Ligações soldadas e parafusadas pela NBR 8800:2024
- ✓ Cálculo de ligações com o IDEA StatiCa
- ✓ Todas as ligações metálicas detalhadas no Tekla

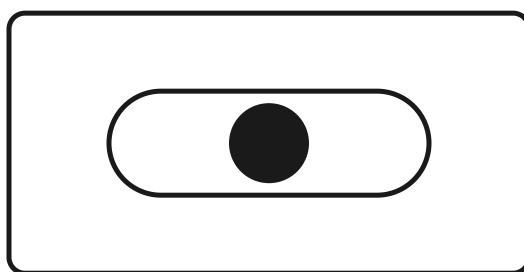
CONHECER O TREINAMENTO >

Clique para ver o conteúdo completo do curso

Folgas, furos e ligações parafusadas



furo padrão: $d + 1,5 \text{ mm}$



furo oblongo



folga de cerca de 2 mm

- Ligações parafusadas garantem a folga entre furo e parafuso. Úteis em ligações flexíveis viga-pilar e viga-viga.
- Terças devem trabalhar só à flexão. Furo oblongo, ou furo maior, evita compressão indesejada e esforço de dilatação.
- Exceção: terças que compartilham nó com o contraventamento. Nelas, furo padrão.
- Regra prática: até cerca de 50 m de comprimento, a folga do furo padrão costuma bastar. Acima disso, uma linha de terças com oblongo funciona como junta.
- Solda só na parte de baixo da terça cria excentricidade. Se houver compressão, aparece flexão adicional.
- Deixe cerca de 2 mm entre peças soldadas no contorno, por tolerância de fabricação e montagem.
- Comprimentos em múltiplos de 3 m aproveitam melhor as barras de 6 e 12 m.

Checklist de concepção

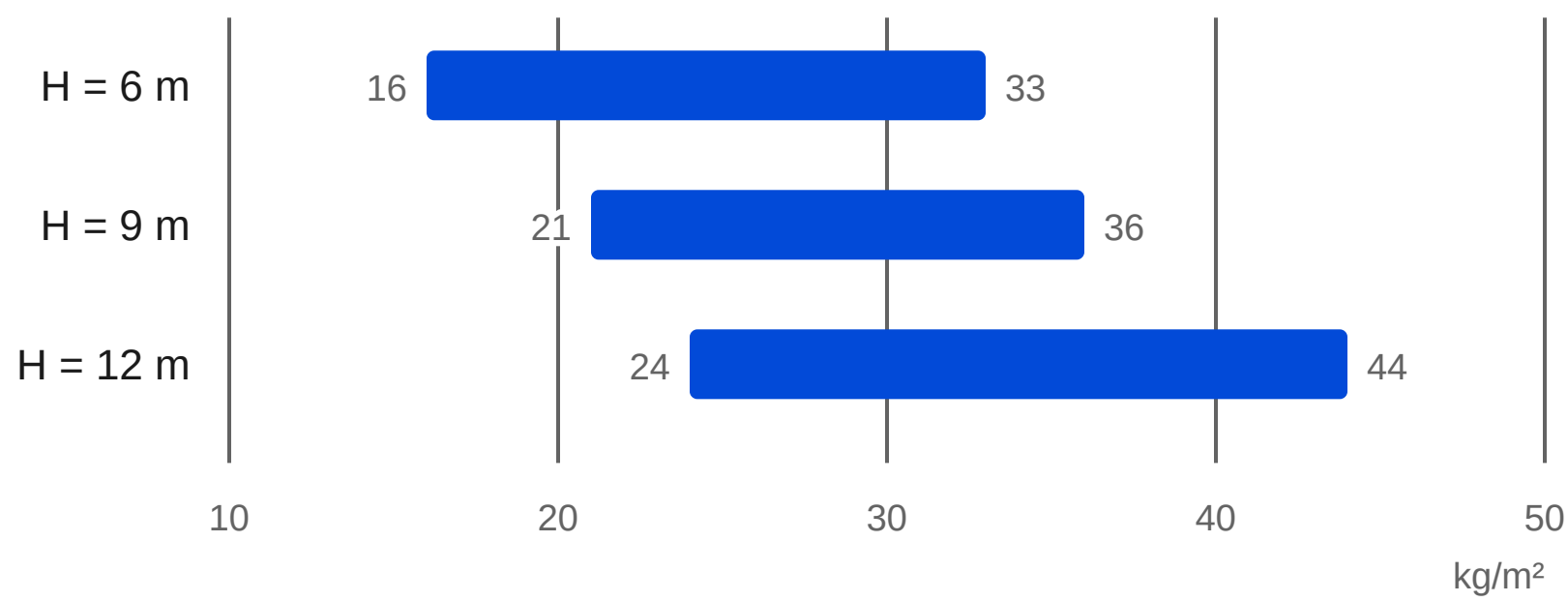
- Comece pelo uso: layout, pé-direito livre, porta-paletes, docas e pontes rolantes.
- Defina cedo as aberturas fixas e móveis. Elas definem a pressão interna.
- Preveja ampliação. O pórtico de extremidade pode virar pórtico intermediário.
- Repita: poucos perfis, a mesma geometria, as mesmas ligações.
- Evite empoçamento. Calhas com fundo a 0,5%, dimensionadas pela NBR 10844.
- Ventilação natural com lanternim e aberturas baixas nas fachadas.
- Pense em fabricação, transporte e montagem desde o primeiro croqui.
- Proteja os pilares contra impacto de empilhadeiras.
- Defina o ambiente e a proteção contra corrosão (NBR 8800:2024, Anexo K).

CBCA, 1.4, 2.1, 2.3 e 2.4; AISC Design Guide 7, cap. 2.

Quanto aço vai num galpão em pórtico?

16 a 44 kg/m²

Faixa aproximada dos ábacos do manual Gerdau para pórticos, placas de base, ligações e travamentos.



Some **6 a 12 kg/m²** de fechamento lateral, que não está nas faixas acima.

Gerdau, Galpões em pórticos com perfis estruturais laminados, cap. 8. ASTM A572 Gr 50, vãos de 15 a 45 m, espaçamento de 6 a 12 m. Use só para estimativa.

Pesos estimados para orçamento: galpões

KG DE AÇO POR M² DE ÁREA COBERTA

Alma cheia	V ₀ 30 m/s	V ₀ 35 m/s	V ₀ 40 m/s	V ₀ 45 m/s	Treliçado	V ₀ 30 m/s	V ₀ 35 m/s	V ₀ 40 m/s	V ₀ 45 m/s
15 m	11–13	13–15	14–15	15–17	15 m	8–10	9,5–12	10,5–13	11,5–14
20 m	12–14	14–18	15–18	16–18	20 m	9–11	11–13	12–14	13–15
25 m	15–17	16–19	17–19	17–19	25 m	10–12	12,5–14	13–15	14–16
30 m	15–18	17–21	18–21	19–21	30 m	11–13	13–15	14–16	15–17
35 m	16–18	18–22	19–22	22–24	35 m	12–14	14–16	15,5–17	16,5–18
40 m	17–19	20–24	22–24	25–27	40 m	13–15	15,5–17	16–18	17,5–19
45 m	18–20	21–25	23–25	26–28	45 m	14–16	16–18	17–19	18–20
50 m	19–21	22–25	24–26	29–31	50 m	15–17	17–19	18–20	19–21

PREMISSAS

Pé-direito de 6 m, pórticos a cada 6 m, terreno plano urbano, telha trapezoidal de 0,50 mm e sobrecarga de 25 kgf/m², com até 5 kgf/m² de utilidades. Inclui terças, correntes, contraventamentos, placas de base e ligações. Não inclui fechamentos, placas solares, forros, plataformas e portões.

Pelas médias das faixas, o treliçado sai de 17% a 33% mais leve. Passar o vento de 30 para 45 m/s aumenta o peso de 12% a 50%.

Fonte: O Calculista de Aço, "Tabelas de pesos estimados para orçamentos de estruturas metálicas" (calculistadeaco.com.br). Valores de referência, não substituem o cálculo.

Pesos estimados: mezaninos e plataformas

Item frequente dentro do galpão. O peso cresce com a sobrecarga.

Sobrecarga de utilização	Peso de aço estimado
200 kg/m²	25–27 kg/m²
250 kg/m²	27–30 kg/m²
300 kg/m²	30–33 kg/m²
400 kg/m²	33–35 kg/m²
500 kg/m²	35–37 kg/m²
600 kg/m²	37–40 kg/m²
700 kg/m²	40–45 kg/m²

PREMISSAS

Maior vão livre até 6 m, pé-direito até 3 m, sem vento. Vigas e pilares em perfis W laminados, com placas de base e ligações. Contrapiso e piso não entram na sobrecarga.

ATENÇÃO

Para áreas menores que 50 m², some 25%. Não inclui paredes, fechamentos, escadas e guarda-corpo.

Fonte: O Calculista de Aço, "Tabelas de pesos estimados para orçamentos de estruturas metálicas" (calculistadeaco.com.br).

As normas brasileiras de um galpão

Tema	Norma
Estruturas de aço e mistas	NBR 8800:2024
Perfis formados a frio (terças)	NBR 14762
Vento	NBR 6123:2023
Ações para o cálculo	NBR 6120
Ações, segurança e combinações	NBR 8681
Sismo	NBR 15421
Incêndio	NBR 14432 · NBR 14323
Concreto e fundações	NBR 6118 · NBR 6122
Equipamentos de levantamento	NBR 8400

Os livros estrangeiros usam AS 4100 (Austrália), BS 5950 e Eurocode 3 (Reino Unido) e AISC 360 (EUA). Os conceitos se transferem. Os coeficientes, não.

Referências usadas neste guia

Galpões para usos gerais, CBCA	Brasil
Galpões em pórticos com perfis laminados, Gerdau	Brasil
Industrial Building Design, AISC Design Guide 7	EUA
Elastic design of single-span portal frames, SCI P397	Reino Unido
Design of single-span steel portal frames, SCI P252	Reino Unido
Design of portal frame buildings, Woolcock et al.	Austrália
Tabelas de pesos estimados, O Calculista de Aço	Brasil

Qual desses temas você quer ver em detalhe no próximo post?

SALVE ESTE GUIA

Do cálculo ao detalhamento de estruturas metálicas.

Teoria a fundo, não apenas cliques em botão no software.

18

módulos, da NBR 8800:2024 ao detalhamento

2

projetos completos: mezanino e galpão de 20 × 60 m

+4.500

alunos treinados

3

caminhos: cálculo manual, Cype 3D e Tekla Structures

PARA QUEM É

- ✓ Estudantes e recém-formados em engenharia
- ✓ Engenheiros que já projetam e querem evoluir
- ✓ Quem quer atuar de forma independente

QUERO ME INSCREVER >

lp.lureengenharia.com.br
Acesso vitalício · 7 dias de garantia incondicional