



CENTRO UNIVERSITÁRIO IBMEC/RJ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTRUTURAS METÁLICAS E DE MADEIRA

EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES

PROFESSOR: VICTOR MACHADO DA SILVA, M.SC.

RIO DE JANEIRO/RJ

2021

COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO EM ESTRUTURAS

Exercício 1

Um elemento de madeira possui 4m de comprimento, e faz parte da estrutura de uma residência unifamiliar. Considerando que a peça possui dimensões 10cm x 40cm e os carregamentos listados abaixo, calcule as tensões máximas de flexão para os estados limite último e de serviço, considerando combinações normais e quase permanentes, respectivamente.

- Peso próprio de estrutura de madeira: $q_{g1} = 0,5kN/m$;
- Peso próprio de estruturas moldadas no local: $q_{g2} = 4,5kN/m$;
- Sobrecarga de utilização: $q_{g4} = 1,5kN/m$;
- Vento: $q_{g5} = 0,5kN/m$;

Exercício 2

Uma viga metálica biapoiada de 5m de comprimento, em um edifício destinado a uma biblioteca possui os seguintes carregamentos básicos:

- Peso próprio de estruturas metálicas $q_{g1} = 1kN/m$;
- Peso próprio de estruturas moldadas no local $q_{g2} = 8kN/m$;
- Peso próprio das paredes de alvenaria e contrapisos $q_{g3} = 10kN/m$;
- Sobrecarga de sala de leitura $q_{q1} = 8kN/m$;
- Vento $q_{q2} = 0,5kN/m$;

Considerando as ações variáveis agrupadas (conforme indicado na apostila) e as ações permanentes agrupadas, conforme a tabela 1 da NBR8681/2003 (reproduzida abaixo), e que o perfil metálico possui $I_x = 7158cm^4$ e $M_{d,res} = 138kN.m$, responda às solicitações a seguir:

- a) Verifique o elemento à flexão simples, considerando uma combinação normal de ações, para o estado limite último;

- b) Verifique o elemento à deformação, considerando uma combinação normal e quase-permanente de ações, para o estado limite de serviço. Considere que a deformação máxima em uma viga biapoiada é $\delta_{m\acute{a}x} = \frac{5ql^4}{384EI_x}$.

ESTRUTURAS DE MADEIRA

Exercício 1

Verifique uma peça de madeira de dimensões 15cm x 30cm, de comprimento 1,5m e considerada engastada e livre, submetida a um esforço normal característico de compressão igual a 60kN, centrado na peça. A madeira é dicotiledônea de classe C40, serrada, com classe de umidade 2 e de 1ª categoria.

Exercício 2

Uma terça com um vão igual a 2m, composta por madeira conífera C25 e de dimensões 10cm x 20cm está submetida a um carregamento vertical de projeto $q_d = 10kN/m$. Esta terça está posicionada em um telhado de inclinação 15 graus. Considerando que ela possui um esforço adicional de compressão igual a $N_d = 50kN$, verifique o elemento ao efeito de flexocompressão oblíqua. Considere que a madeira possui classe de umidade 3, o carregamento é de longa duração, a madeira é serrada e de 1ª categoria.

Exercício 3

Dimensione uma seção quadrada de madeira submetida a uma carga de tração de projeto de 150kN, considerando uma peça de madeira conífera C20, serrada, de 2ª categoria e classe de umidade 2. Considere ainda que o carregamento é considerado de longa duração.

Exercício 4

Dada uma peça de madeira de seções 10cm x 20cm, com comprimento de flambagem de 3m, dicotiledônea C40, laminada colada, de 1ª categoria e classe de umidade 1, com carregamento de média duração, verifique a sua resistência para um carregamento de compressão de projeto de 150kN.

Exercício 5

Dada uma viga biapoiada, com vão de 4m e com apoios de 20cm de largura, dimensione uma peça de madeira dicotiledônea C30, com $k_{mod} = 0,60$, considerando um

carregamento uniformemente distribuído de projeto de 5kN/m em todo o vão. A peça deve ser dimensionada de forma a não necessitar de contenção lateral no meio do vão.

Exercício 6

Para uma ligação entre duas peças submetidas a um esforço de tração de 40kN, determine o número de parafusos de diâmetro 12,7mm ($f_{y,k} = 310MPa$), considerando madeira conífera C30 e $k_{mod} = 0,60$. Considere que a chapa de madeira mais fina na conexão possui 4cm de espessura, e que os parafusos estão submetidos a corte duplo. Considere também que a resistência do parafuso é superior à resistência da madeira nesta ligação, e portanto não precisa ser calculada.

Exercício 7

O banzo inferior de uma treliça é composto por elementos de madeira de seção transversal 15cm x 30cm. Sabe-se que a madeira é serrada, de primeira categoria e dicotiledônea de classe C30, com classe de umidade 3. Para a combinação de carregamentos principais, considera-se que os elementos estão sujeitos a um carregamento axial permanente de 70kN e um carregamento axial variável de 50kN, ambos de tração. Há também uma segunda combinação de carregamento, na qual o esforço axial de compressão de projeto é igual a 150kN. Com essas informações, atenda aos seguintes pedidos:

- Verifique os elementos para a primeira combinação de carregamento, considerando a possibilidade de ocorrer uma excentricidade geométrica de 5cm, de forma a gerar um momento fletor na menor inércia;
- Verifique os elementos para a segunda combinação de carregamento, considerando a carga centrada e um comprimento de flambagem igual a 2,5m;
- Caso o esforço de compressão de projeto, centrado, fosse de 300kN, identifique qual seria a menor dimensão necessária para atender aos critérios de segurança conforme as normas vigentes, considerando a seguinte lista de perfis: 12,5cm x 25cm, 15cm x 30cm ou 20cm x 40cm;

Exercício 8

O banzo inferior de uma treliça é composto por dois elementos de madeira, de seção transversal 10cm x 20cm e conectados por duas chapas de madeira de 4cm de espessura (uma em cada lado das barras), e que pode ter comprimento variável, conforme a necessidade de projeto. Sabe-se que a madeira é serrada, de primeira categoria e dicotiledônea de classe C40, com classe de umidade 2. Para a combinação de carregamentos principais, considera-se que os elementos estão sujeitos a um carregamento axial permanente de 55kN e um carregamento axial variável de 25kN, ambos de tração. Há também uma segunda combinação de carregamento, na qual o esforço axial de compressão de projeto é igual a 150kN. Quando necessário, devem ser utilizados parafusos de diâmetro 1/2" (12,7mm), 5/8" (16mm) ou 3/4" (19,1mm), de aço ASTM A307. Com essas informações, atenda aos seguintes pedidos:

- a) Verifique os elementos para a primeira combinação de carregamento, considerando a possibilidade de ocorrer uma excentricidade geométrica de 5cm, de forma a gerar um momento fletor na menor inércia;
- b) Verifique os elementos para a segunda combinação de carregamento, considerando a carga centrada e um comprimento de flambagem igual a 3m;
- c) Caso uma ou ambas as verificações acima falhem, identifique qual seria a menor dimensão necessária para atender aos critérios de segurança conforme as normas vigentes, considerando a seguinte lista de perfis: 15cm x 25cm, 15cm x 30cm ou 20cm x 40cm;
- d) Dimensione a ligação, elaborando um croqui indicando os parafusos e os espaçamentos entre si. Para o dimensionamento, considere a pior das duas combinações de carregamento apresentada (tração ou compressão), e ignore qualquer excentricidade.

Exercício 9

Como calculista, foi solicitado o dimensionamento de uma escada de madeira de viga única, conforme mostrado nas figuras abaixo. A viga possui dimensões 15cm x 30cm e os degraus são compostos por chapas de 4cm de espessura, 100cm de largura e 30cm de profundidade.

A estrutura é composta de madeira conífera, com classe de resistência C30 ($f_{c0,k} = 30MPa$, $f_{c0,k} = 30MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$ e $E_{c0,m} = 14500MPa$). A classe de umidade é 2, a madeira é serrada e de 1ª categoria.

No detalhe 1, a cantoneira usada para a ligação (de aço ASTM A36) possui dimensões 80mm x 80mm x 8mm. Os parafusos são de aço ASTM A307.

A estrutura foi modelada usando o software Ftool com um carregamento simples de 1kN/m. Os diagramas de esforços normais, esforços cortantes e momento fletor estão apresentados nas figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Como calculista, você deve projetar a viga considerando os seguintes carregamentos:

- Peso próprio da estrutura (permanente) de 0,50kN/m;
- Sobrecarga (média duração) de 3kN/m² sobre todos os degraus.

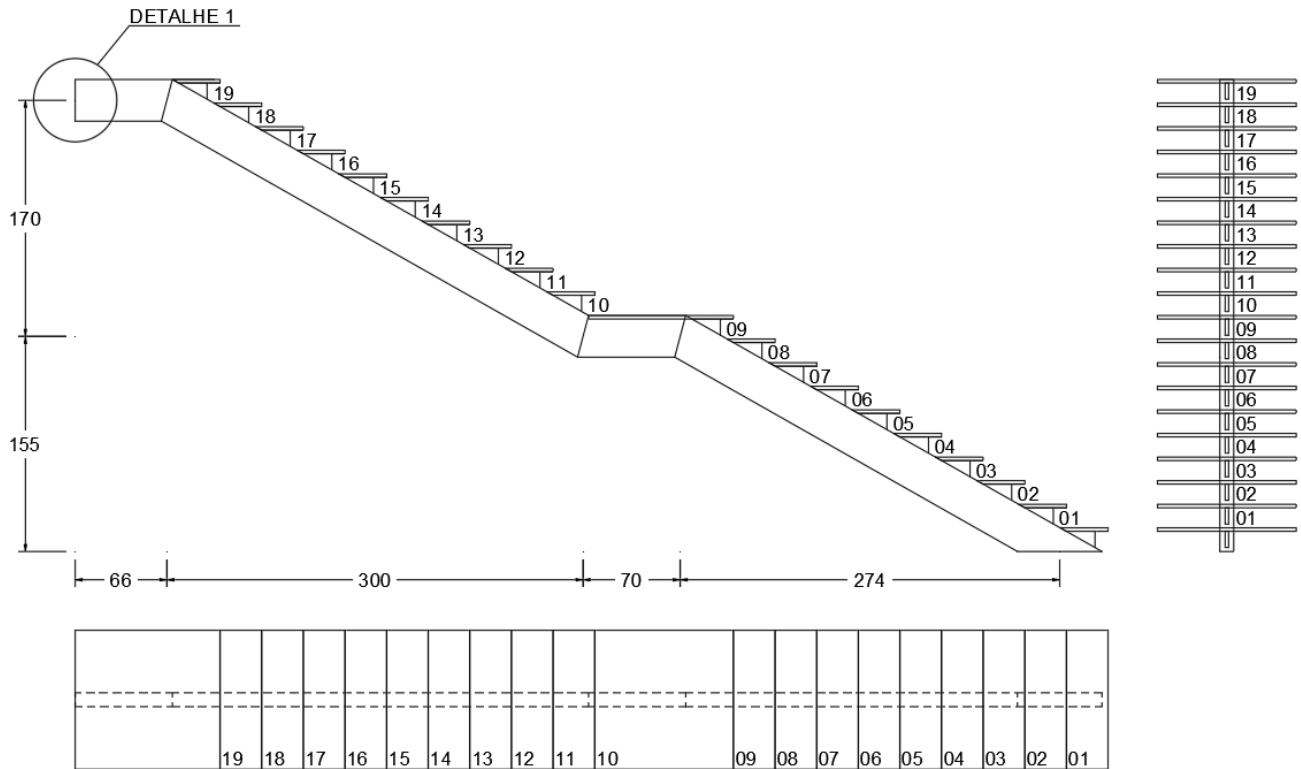
Os degraus devem ser dimensionados conforme instrução da NBR6120, reproduzida a seguir:

"Quando uma escada for constituída por degraus isolados, estes devem ser calculados para suportarem uma carga concentrada de 2,5kN, aplicada na posição mais desfavorável. Este carregamento não deve ser considerado na composição de cargas das vigas que suportam os degraus, as quais devem ser calculadas para carga indicada na Tabela 2 [mencionadas acima]."

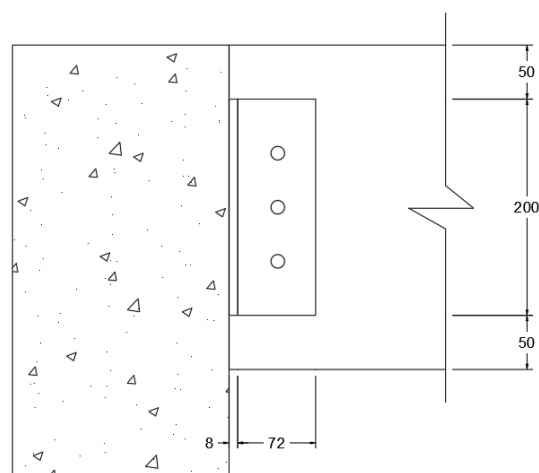
Portanto, solicita-se o seguinte:

- a) Verificar a viga central para os carregamentos mencionados, aplicando o princípio da superposição da efeitos com base nos diagramas de esforços apresentados. Caso necessário, considere a excentricidade devida à fluência igual a 0,21cm;
- b) Verificar um degrau típico, para o carregamento mencionado;

- c) Dimensionar os parafusos da ligação apresentada no detalhe 1, considerando uma lista com diâmetros 12,7mm, 16mm, 19mm e 22,2mm. Caso nenhuma dimensão seja satisfatória, relatar.



Vistas principais



Vista longitudinal

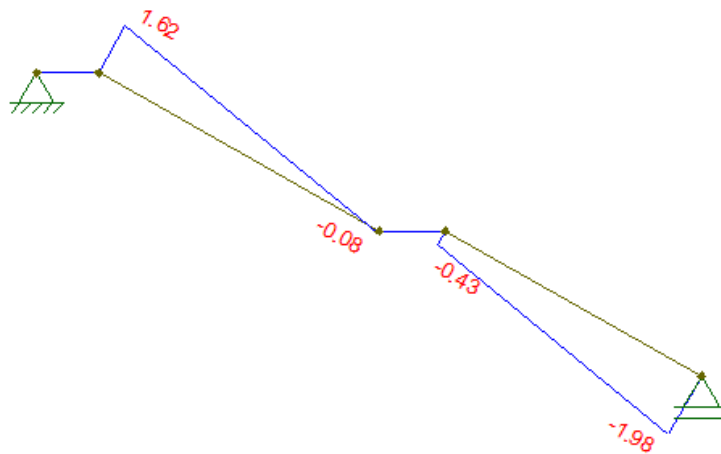


Diagrama de esforços normais

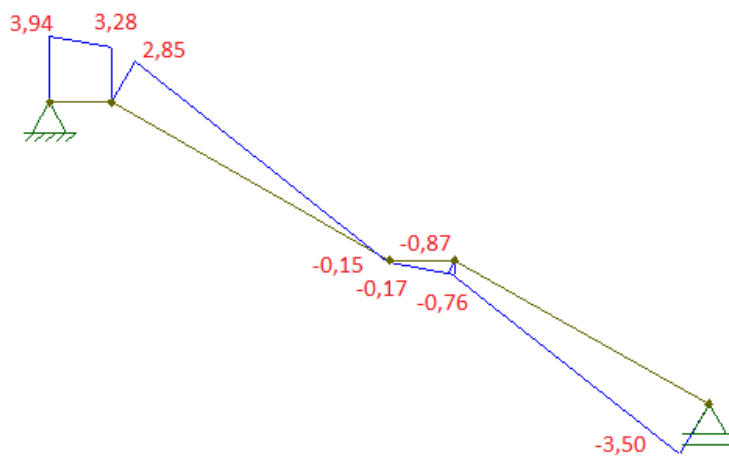


Diagrama de esforços cortantes

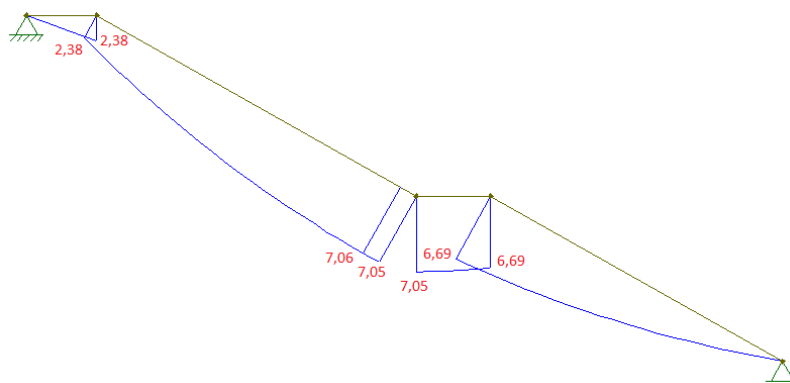
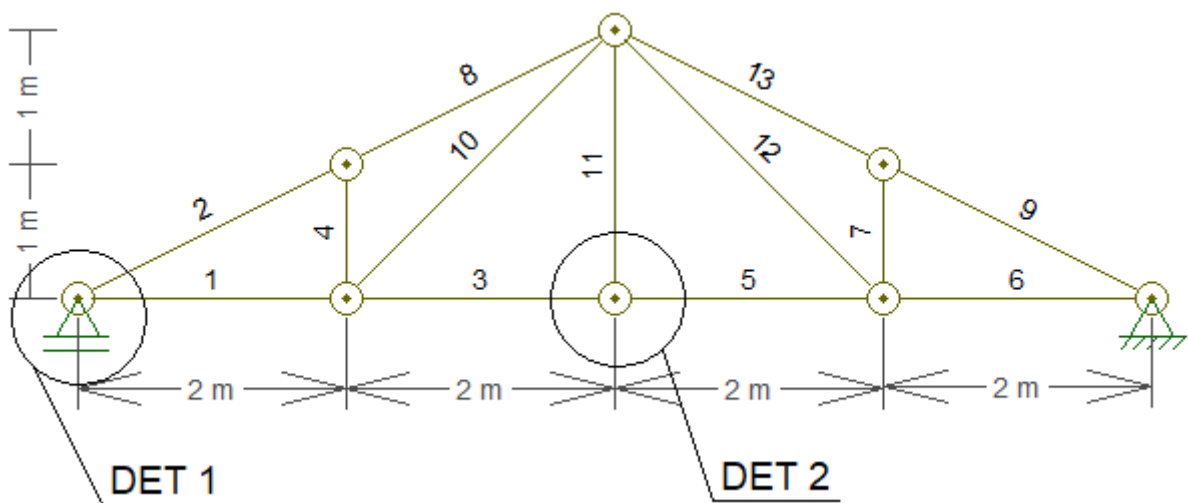


Diagrama de momentos fletores

Exercício 10

A treliça biapoiada da figura abaixo é composta por elementos de madeira dicotiledônea, classe C40 ($f_{c0,k} = 40MPa$, $f_{c0,k} = 40MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$, $E_{c0,m} = 19500MPa$), considerando um $k_{mod} = 0,48$. As tabelas apresentam os esforços normais devidos aos carregamentos permanentes e os esforços normais devidos aos carregamentos variáveis. Para o Estado Limite Último, atenda aos pedidos abaixo:

- Considerando que todas as peças possuem a mesma seção transversal, dimensione a estrutura para a condição de flexotração, considerando que há uma excentricidade em uma direção de 3cm, e na outra direção de 5cm. Estão disponíveis perfis quadrados de lados 20cm, 22,5cm e 25cm;
- Assumindo agora que todas as peças possuem seção transversal 17,5cm x 17,5cm, verifique a segurança da estrutura para a condição de compressão axial simples (não se esqueça de levar em consideração as excentricidades acidentais e de fluência, se existirem);
- Dimensione uma ligação dentre as duas indicadas nos desenhos. Escolha qual será o tipo de ligação utilizado, dentre as seguintes opções: por entalhe ou parafusada. Despreze qualquer excentricidade construtiva que possa ocorrer. Considere, quando necessário, peças de dimensões 10cm x 15cm, e parafusos de diâmetro 16mm em aço ASTM A307 ($f_{y,k} = 310MPa$, $f_{y,k} = 310MPa$).



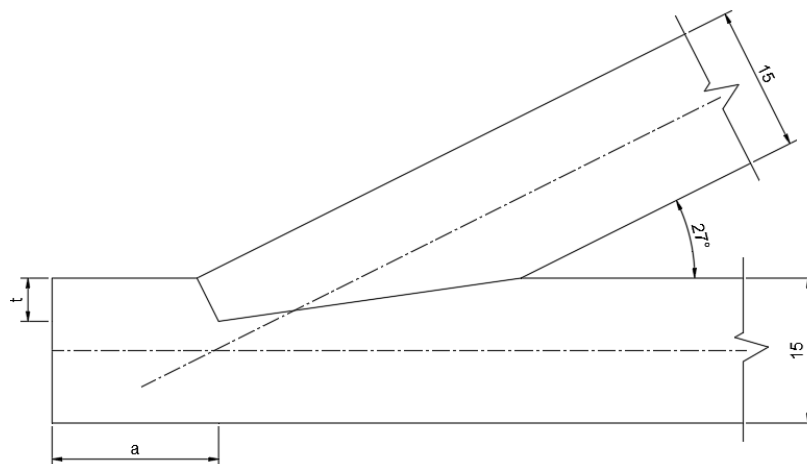
Vista da estrutura

Barra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N (kN)	125,0	-139,8	80,0	-45,0	80,0	115,0	-35,0	-150,9	-173,3	63,6	20,0	49,5	-162,1

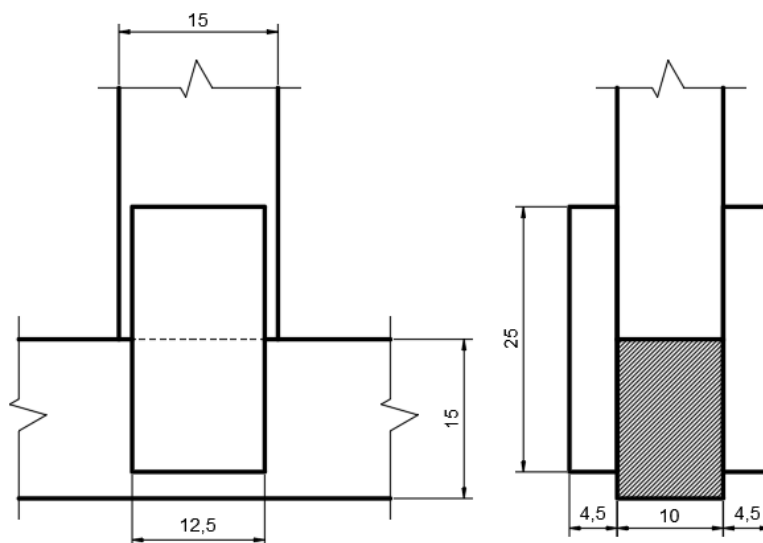
Cargas permanentes

Barra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N (kN)	38,7	-43,3	26,2	-12,5	26,2	33,7	-7,5	-48,9	-57,3	17,7	10,0	10,6	-51,7

Cargas variáveis



Ligação por entalhe (usar $\sin 27^\circ = 0,45$ e $\cos 27^\circ = 0,89$) – cotas em cm



Ligação parafusada – cotas em cm

ESTRUTURAS DE AÇO

Exercício 1

O pórtico biengastado da figura 1 é composto por elementos metálicos de aço ASTM A36, e possui os seguintes carregamentos básicos:

- CB01: Cargas permanentes estimadas em 9kN/m na viga e 1kN/m nos pilares;
- CB02: Cargas variáveis, aplicada em um pilar como 2kN/m e no outro como 1kN/m.

Para cada carregamento básico são apresentados o DEN, o DEC e o DMF. Sabe-se ainda que os pilares são compostos por perfis laminados W 150 x 29,8 (H), as vigas são perfis laminados W 150 x 13,0, as mãos francesas são compostas por cantoneiras duplas 63,5mm x 63,5mm x 6,35mm, que os parafusos adotados são de aço ASTM A307 e eletrodo de solda é especificado como E60. Portanto, para o Estado Limite Último, atenda aos pedidos abaixo:

(a1) Verifique a segurança da viga nos nós de conexão com as diagonais, aos efeitos de flexotração e cisalhamento, considerando que a peça está contida lateralmente; OU (a2) Verifique a segurança do pilar no apoio, aos efeitos de flexocompressão e cisalhamento, considerando que a peça está contida lateralmente;

(b1) Verifique a ligação parafusada da mão francesa com a viga para as dimensões mostradas no detalhe 1. Observe que a diagonal está comprimida, despreze a excentricidade entre o eixo dos parafusos e a linha de centro da cantoneira, e considere parafusos de diâmetro 5/8" (15,9mm); OU (b2) Verifique a solda de filete na conexão da viga com o pilar para as dimensões mostradas no detalhe 2, onde os valores de d , h e b_f são dimensões referentes à viga (W 150 x 13,0). Sabe-se que a seção se solda possui área igual a 13,7cm² e momento de inércia em relação à maior inércia igual a 507cm⁴.

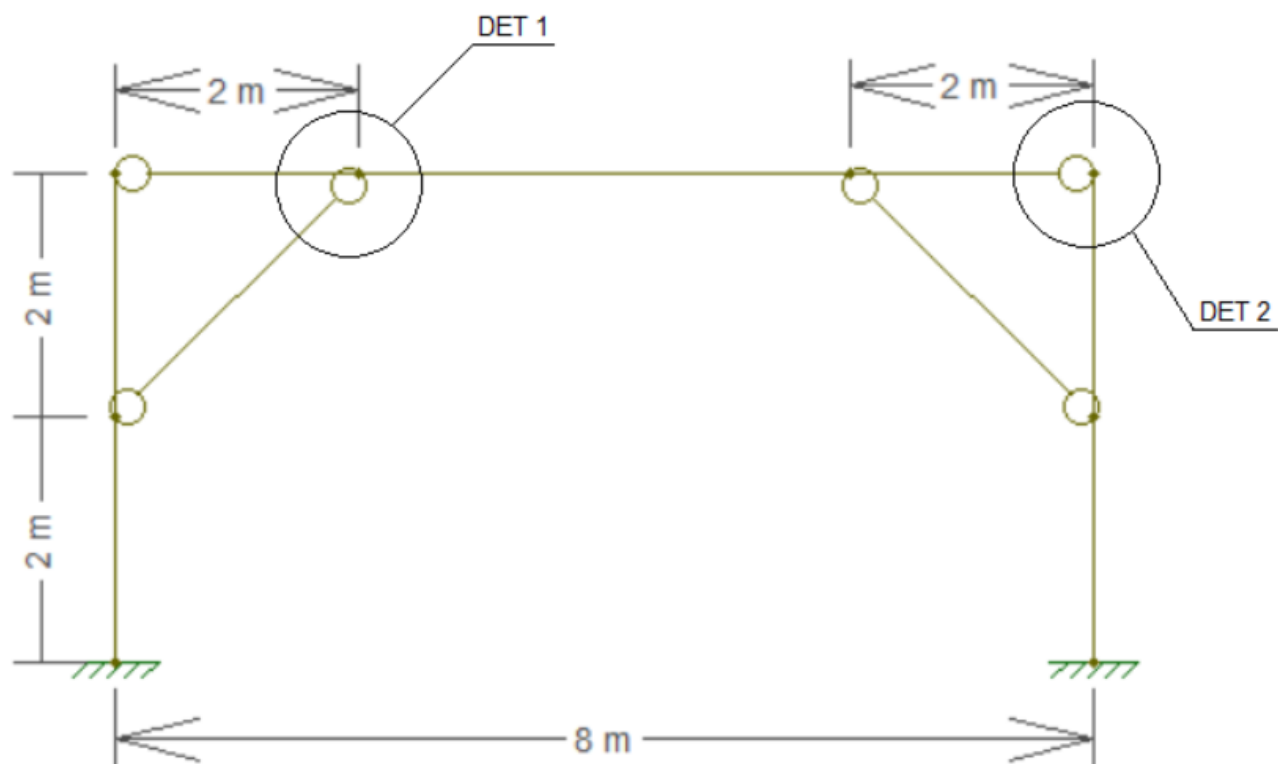


Figura 1 - Modelo estrutural

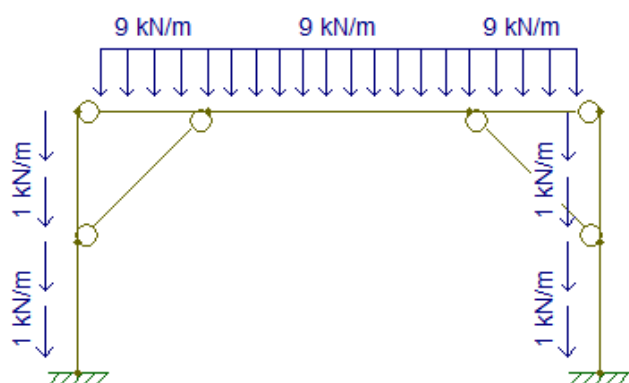


Figura 2 - CB01

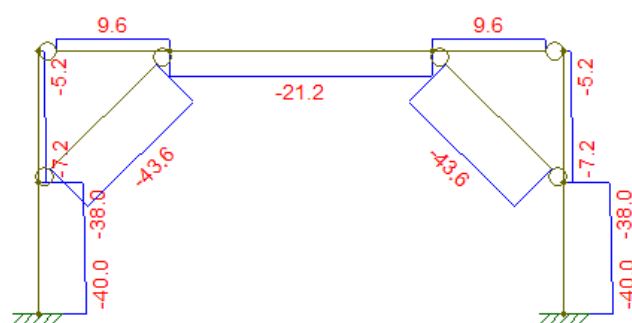


Figura 3 - CB01 - DEN

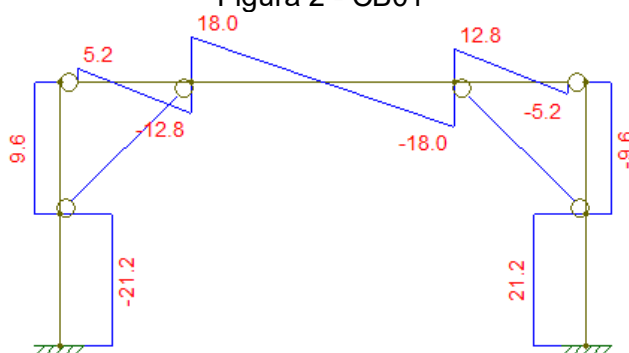


Figura 4 - CB01 - DEC

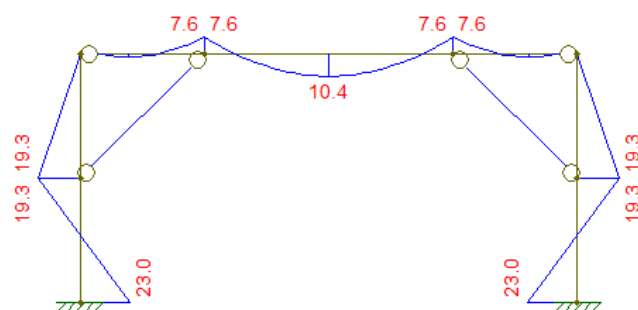


Figura 5 - CB01 - DMF

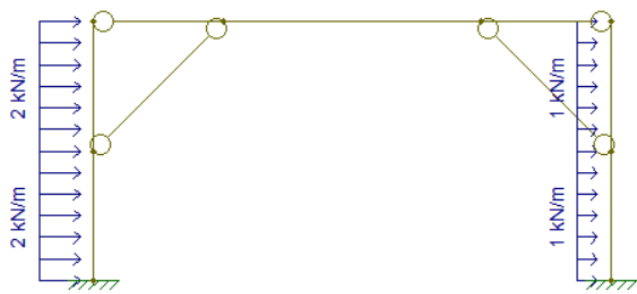


Figura 6 - CB02

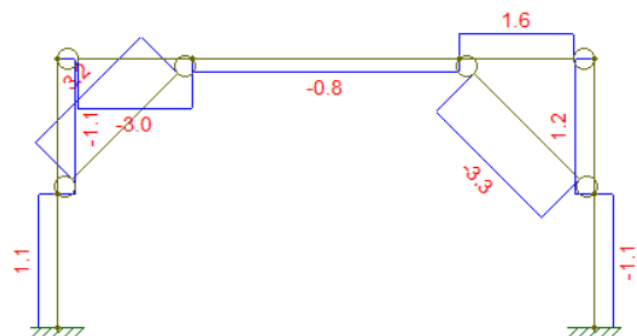


Figura 7 - CB02 - DEN

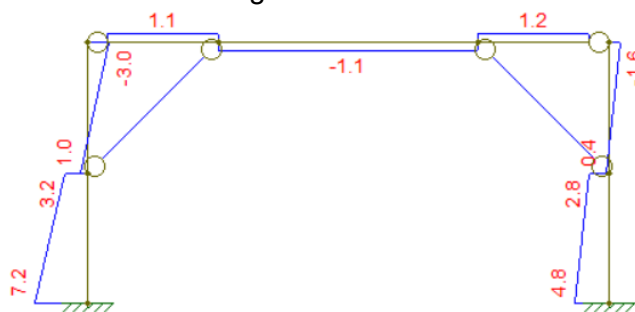


Figura 8 - CB02 - DEC

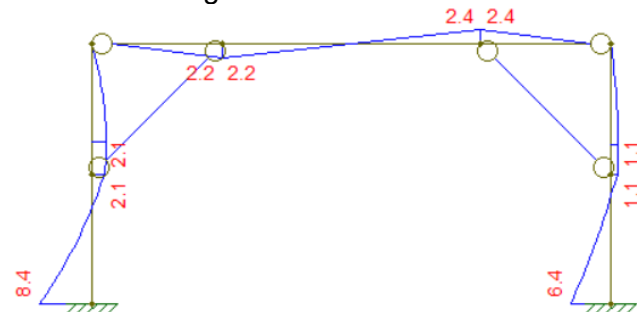


Figura 9 - CB02 - DMF

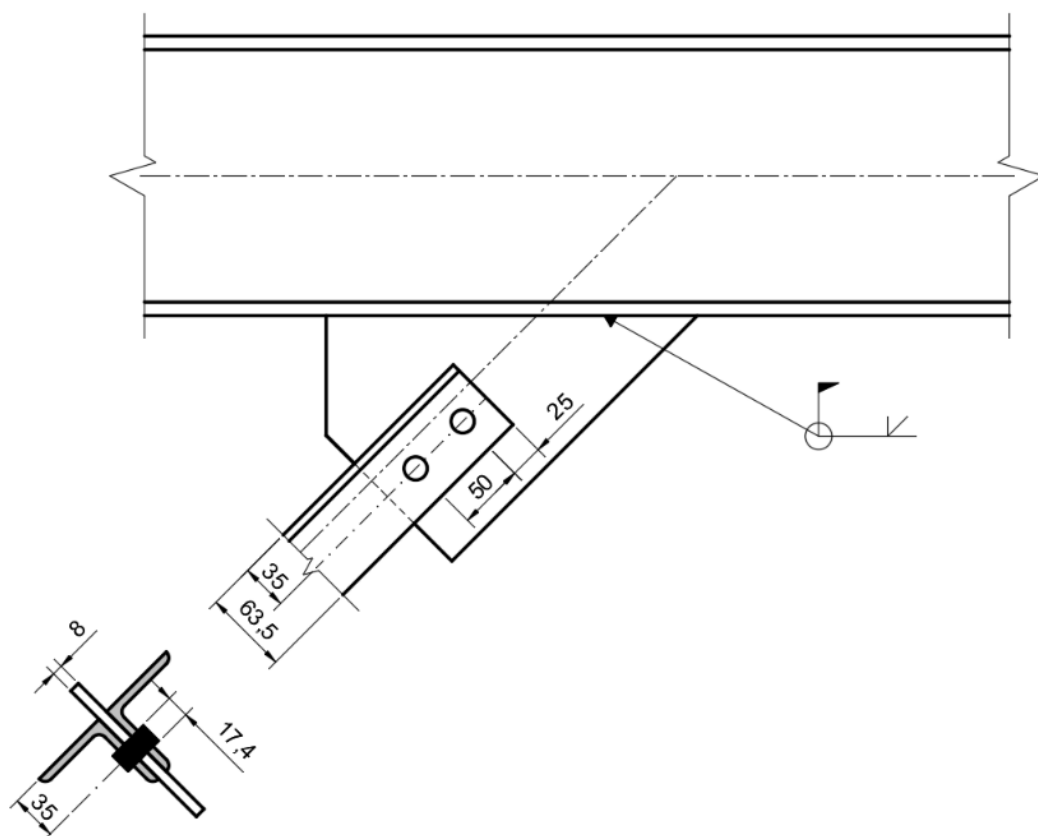


Figura 10 - Detalhe 1

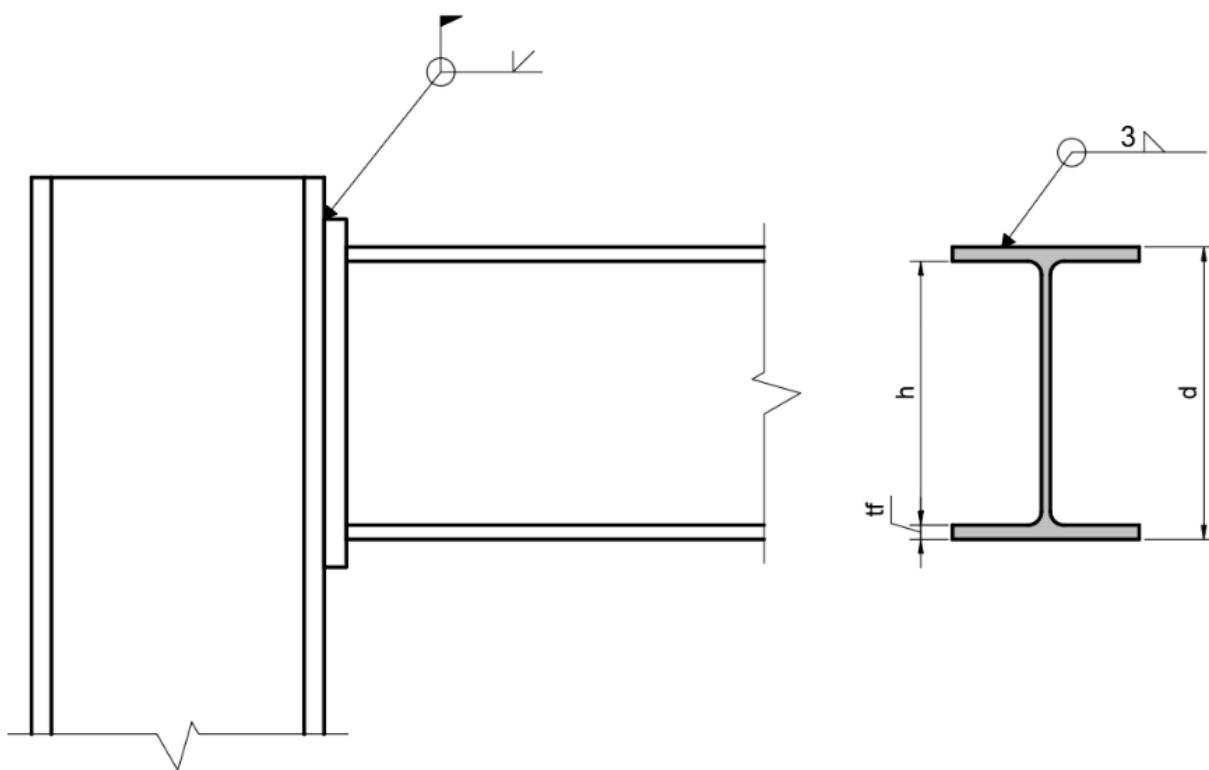


Figura 11 - Detalhe 2

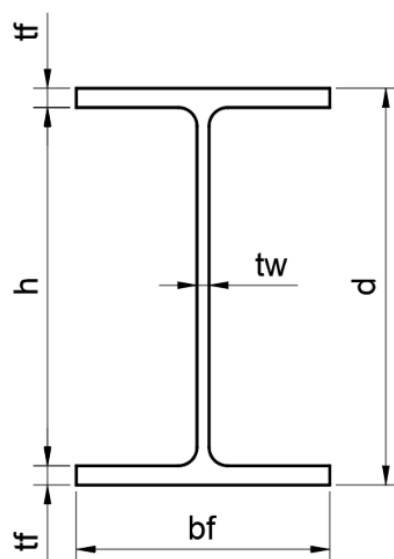


Figura 12 - Dimensões de um perfil I laminado genérico

Bitola mm x kg/m	d mm	bf mm	tw mm	tf mm	h mm	Área cm ²	Maior inércia			
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³
W 150 x 13,0	148	100	4,3	4,9	138	16,6	635	85,8	6,18	96,4
W 150 x 29,8 (H)	157	153	6,6	9,3	138	38,5	1739	221,5	6,72	247,5

Bitola mm x kg/m	Menor inércia				Esbeltez	
	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	Aba bf/2tf	Alma d'/tw
W 150 x 13,0	82	16,4	2,22	25,5	10,20	27,49
W 150 x 29,8 (H)	556	72,6	3,80	110,8	8,23	17,94

Tabela 1 - Propriedades geométricas de perfis I laminados

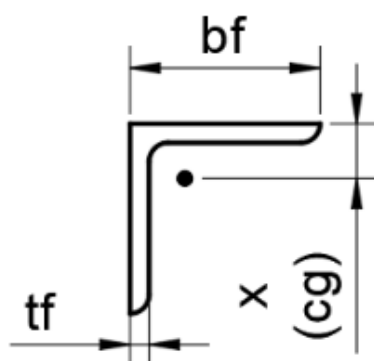


Figura 13 - Dimensões de uma cantoneira de abas iguais

bf mm	Área cm ²	tf mm	I _x = I _y cm ⁴	W _x = W _y cm ³	r _x = r _y cm	x cm
63,5	7,67	6,35	29,00	6,40	1,96	1,83

Tabela 2 - Propriedades geométricas de cantoneiras de abas iguais laminadas

Exercício 2

Para a estrutura de um galpão situada no bairro de Bangu, no Rio de Janeiro, com o propósito de armazenar elementos metálicos, e que possui uma altura de 5m, determine a pressão dinâmica do vento a ser aplicada na estrutura.

Exercício 3

Para a estrutura de um galpão ilustrada nas figuras 1 a 3, calcule uma possível combinação de cargas de vento a serem aplicadas nos pórticos. Considere que todas as faces do galpão são impermeáveis, e o telhado possui uma inclinação de 10° . O galpão está situado no município de Recife/PE, em um bairro plano e central.

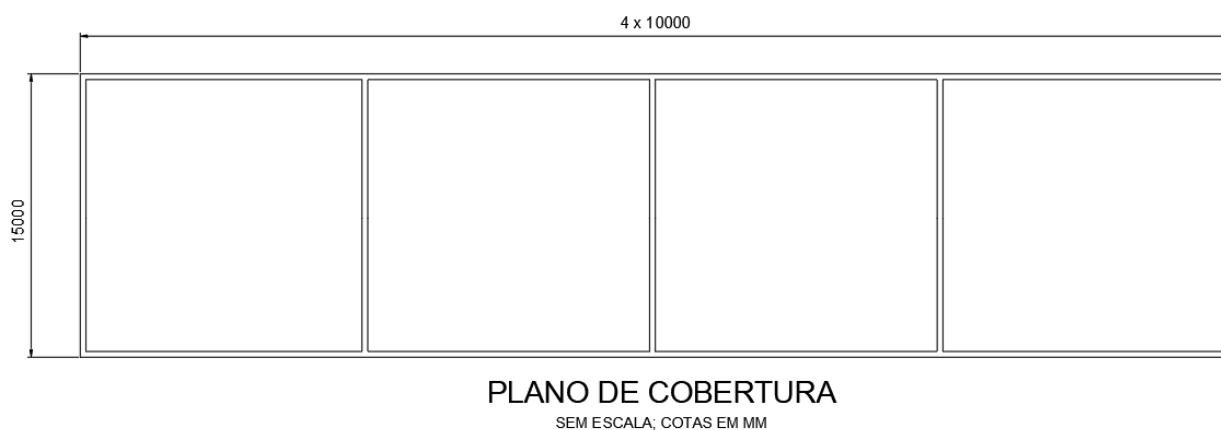


Figura 1 – Vista da cobertura

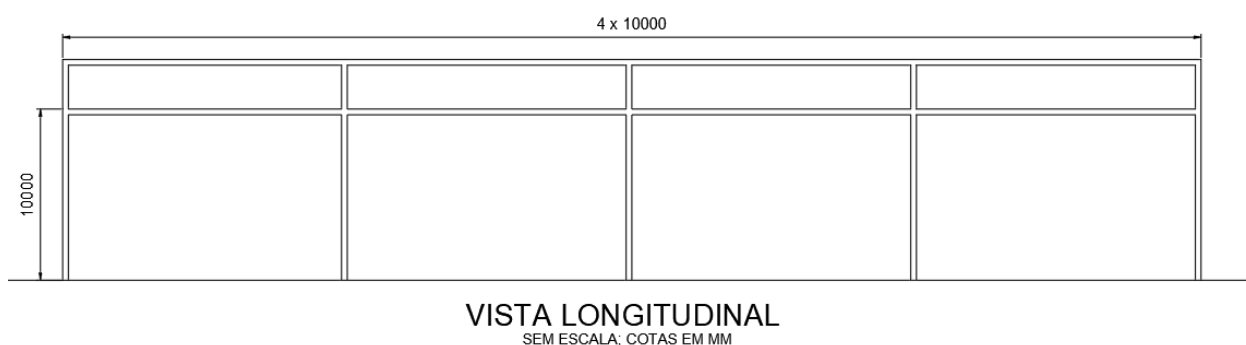


Figura 2 – Vista longitudinal

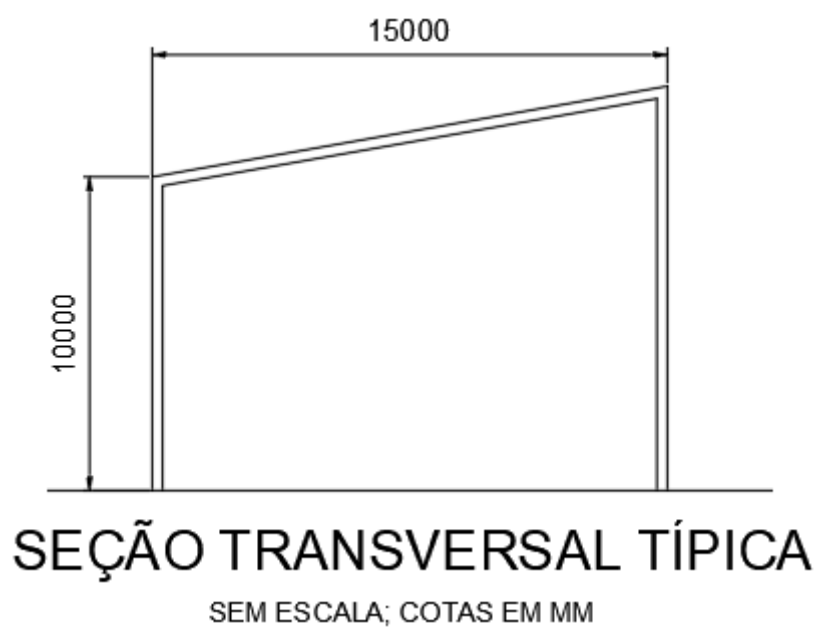


Figura 3 – Pórtico típico

Exercício 4

A treliça biapoiada da figura 1 é composta por perfis I laminados de aço ASTM 572 gr.50, e de cantoneiras laminadas de aço ASTM A36, com um carregamento de 40kN/m distribuídos sobre a viga superior. Considere o peso próprio como desprezível. As diagonais da treliça são numeradas conforme a figura 1. As dimensões indicadas na figura são típicas.

O DMF está apresentado na figura 2. Os esforços normais das diagonais são apresentados na tabela 1. Os esforços normais máximos nos elementos externos da treliça são 597kN de tração e 557kN de compressão.

Sabe-se ainda que os elementos externos da treliça são compostos por perfis laminados W 200 x 26,6, e as diagonais são compostas por cantoneiras 60mm x 60mm x 6mm e que os parafusos adotados são de aço ASTM A307.

Portanto, para o Estado Limite Último, atenda aos pedidos abaixo:

(a) Verifique a segurança dos elementos externos da treliça, aos efeitos de flexotração (despreze a verificação ao cisalhamento), considerando que a peça está contida lateralmente;

(b) Verifique a segurança das diagonais da treliça ao efeito de compressão simples;

(c) Verifique a ligação parafusada do elemento vertical indicado no detalhe 1, equivalente às diagonais 2 e 18. Observe que a diagonal está comprimida, despreze a excentricidade entre o eixo dos parafusos e a linha de centro da cantoneira, e considere parafusos de diâmetro 3/8" (9,5mm).

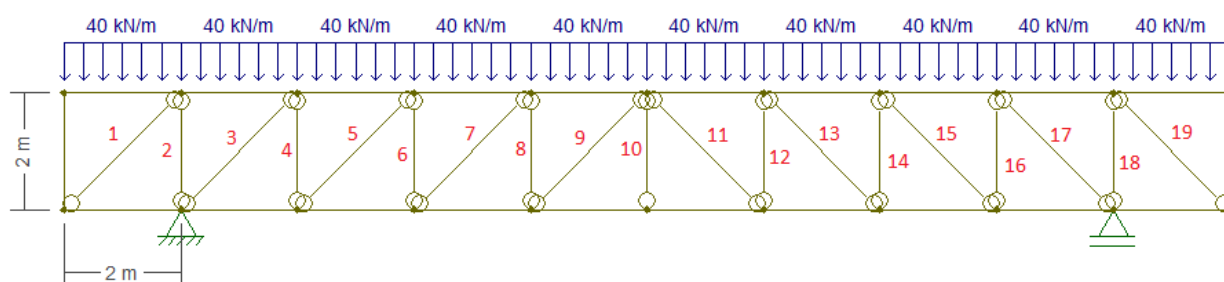


Figura 1 - Modelo estrutural e numeração das diagonais

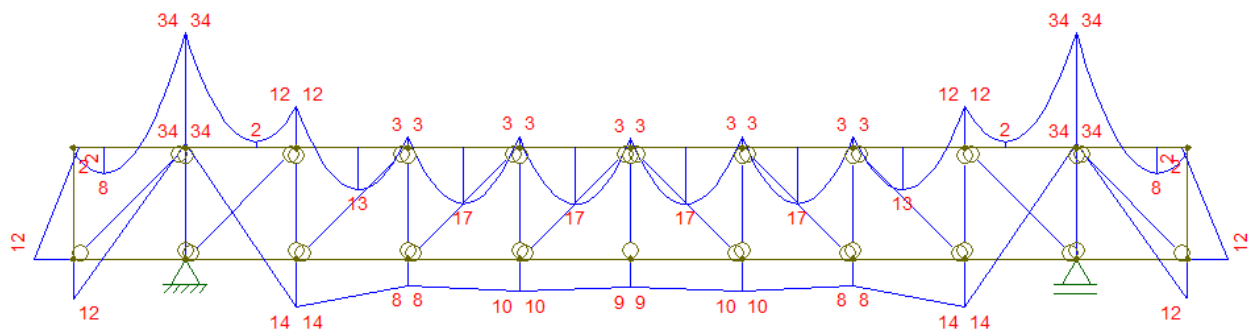


Figura 2 – DMF

Barra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ni (kN)	-1	-108	-346	171	-281	123	-168	39	-57	1
Barra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Ni (kN)	-57	39	-168	123	-281	171	346	-108	-1	

Tabela 1 – Esforços Normais

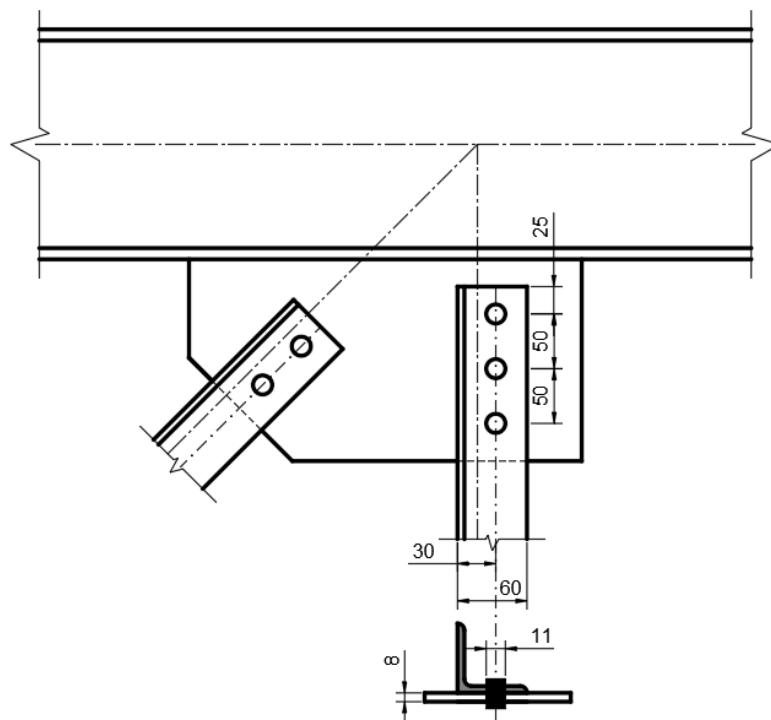


Figura 3 - Detalhe 1

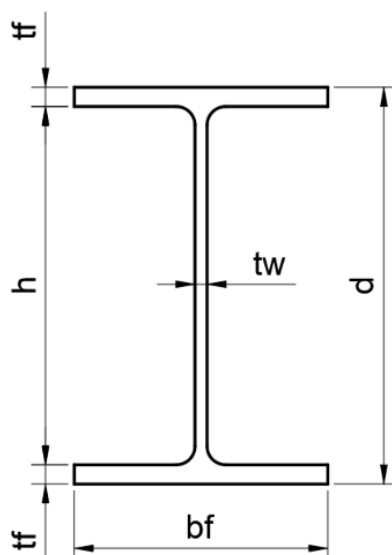


Figura 4 - Dimensões de um perfil I laminado genérico

Bitola mm x kg/m	d mm	bf mm	tw mm	tf mm	h mm	Área cm ²	Maior inércia			
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³
W 200 x 26,6	207	133	5,8	8,4	190	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3

Bitola mm x kg/m	Menor inércia				Esbeltez	
	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	Aba bf/2tf	Alma d'/tw
W 200 x 26,6	330	49,6	3,10	76,3	7,92	29,34

Tabela 2 - Propriedades geométricas de perfis I laminados

Exercício 5

Um elemento de treliça composto por um perfil laminado W 200 x 22,5 está submetido a um esforço normal de projeto $T_d=400\text{kN}$. Considerando aço ASTM A36 e que a peça está conectada à estrutura principal por três furos na alma de diâmetro $\phi=16\text{mm}$, responda aos itens a seguir:

(a) Verifique a peça para o esforço de tração simples;

(b) Considere que há um erro de montagem e a conexão da peça está descentralizada 5cm do centro do elemento, gerando um momento na maior inércia do perfil. Verifique a peça aos efeitos de flexotração reta.

Exercício 6

Um perfil W 150 x 13,0 está conectado pela alma a um perfil W 310 x 23,8, utilizando chapas de 6,35mm de espessura de cada lado da alma. Dimensione o número de parafusos e as dimensões da chapa de ligação para um esforço de tração de projeto $T_d=200\text{kN}$ em relação ao W150, considerando aço ASTM A36 para os perfis e as chapas, e ASTM A307 para os parafusos. Considere parafusos de diâmetros 12,7mm, 16mm ou 19mm. Não é necessário verificar os perfis, apenas os elementos de ligação.

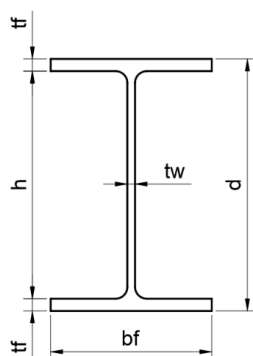


Figura 1 - Dimensões de um perfil I laminado genérico

Bitola mm x kg/m	d mm	bf mm	tw mm	tf mm	h mm	Área cm ²	Maior inércia				Esbeltez	
							Ix cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	Aba bf/2tf	Alma d'/tw
W 150 x 13,0	148	100	4,3	4,9	138	16,6	635	85,8	6,18	96,4	10,20	27,49
W 200 x 22,5	206	102	6,2	8,0	190	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	6,38	27,42
W 310 x 23,8	305	101	5,6	6,7	292	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	7,54	48,50

Tabela 2 - Propriedades geométricas de perfis I laminados

Exercício 7

A estrutura da figura 1 é composta por perfis I laminados de aço ASTM 572 gr.50, com um carregamento de projeto de indicado na figura. Considere o peso próprio como desprezível. Os vãos são indicados na figura 1 e a altura dos pilares é de 3,5m. O DMF está apresentado na figura 2 e o DEN está na figura 3.

Duas rótulas foram inseridas para facilitar a montagem da estrutura, conectando os elementos através de duas talas conectadas às almas das vigas. Sabe-se ainda que os parafusos adotados são de aço ASTM A325. Portanto, para o Estado Limite Último, atenda aos pedidos abaixo:

(a) Dimensione as vigas para o efeito de flexocompressão na base dos pilares das extremidades (apoios A e B), com base na lista de perfis indicada na tabela 1. Caso nenhum perfil da tabela seja satisfatório, indique no resultado da questão;

(b) Verifique a segurança dos pilares para o efeito de flexotração no vão central (ponto C), considerando um perfil W 310 x 52 (propriedades na tabela 1);

(c) Verifique a ligação parafusada das rótulas, considerando o detalhe 1. Observe que a ligação está submetida a efeitos axiais e transversais às vigas. Considere parafusos de diâmetro 1/2" (12,7mm) e talas formadas por aço ASTM 572 gr.50 e 9,5mm de espessura. Considere ainda que a alma da viga possui 9,4mm de espessura.

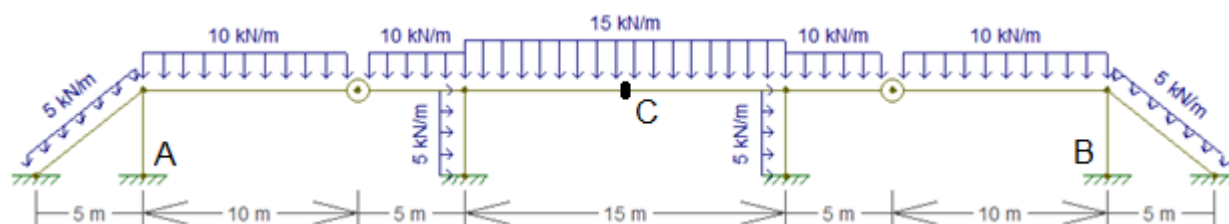


Figura 1 - Modelo estrutural e carregamentos

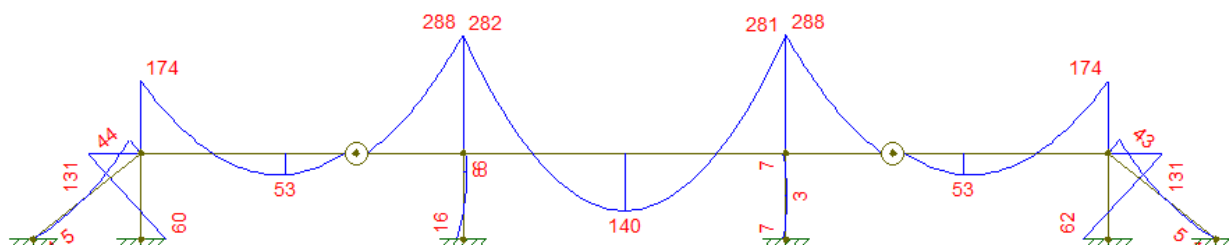


Figura 2 – DMF (unidades: kN.m)

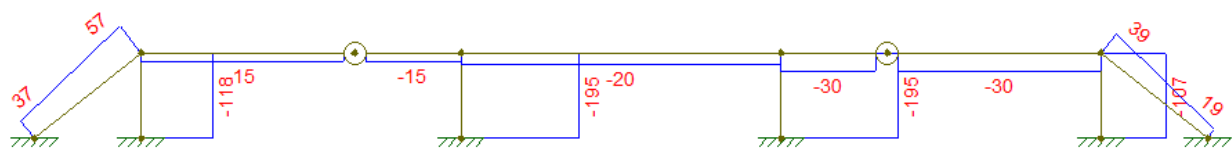


Figura 3 – DEN (unidades: kN)

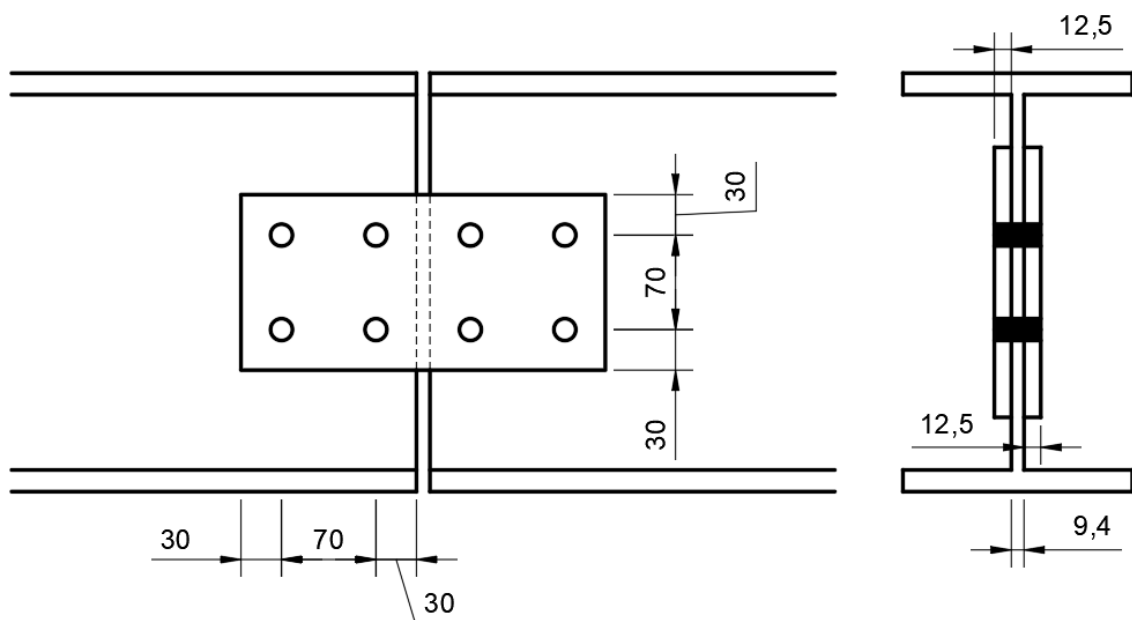


Figura 4 - Detalhe 1

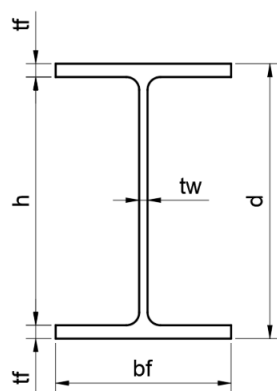


Figura 6 - Dimensões de um perfil I laminado genérico

Bitola mm x kg/m	d mm	bf mm	tw mm	tf mm	h mm	Área cm ²	Maior inércia			
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³
W 310 x 52,0	317	167	7,6	13,2	291	67,0	11909	751,4	13,33	842,5
W 310 x 107,0 (H)	311	306	10,9	17,0	277	136,4	24839	1597,3	13,49	1768,2
HP 310 x 125,0 (H)	312	312	17,4	17,4	277	159,0	27076	1735,6	13,05	1963,3
W 360 x 110,0 (H)	360	256	11,4	19,9	320	140,6	33155	1841,9	15,36	2059,3

Bitola mm x kg/m	Menor inércia				Esbeltez	
	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	Aba bf/2tf	Alma d'/tw
W 310 x 52,0	1026	122,9	3,91	188,8	6,33	35,61
W 310 x 107,0 (H)	8123	530,9	7,72	806,1	9,00	22,48
HP 310 x 125,0 (H)	8823	565,6	7,45	870,6	8,97	14,09
W 360 x 110,0 (H)	5570	435,2	6,29	664,5	6,43	25,28

Tabela 2 - Propriedades geométricas de perfis I laminados

Exercício 8

Considerando a peça contida lateralmente, verifique um elemento metálico de seção W200 x 22,5 submetido a um momento fletor de projeto de 45kN.m, a um esforço de tração de projeto de 25kN e a um esforço de cisalhamento de 100kN. Considere aço ASTM A36 para os cálculos.

Exercício 9

Para o perfil W 200 x 22,5, dimensione uma ligação parafusada para uma emenda sujeita a esforços de projeto T_d=100kN e V_d=50kN, considerando parafusos de 1/2" (12,7mm), e aços ASTM A36 para o perfil e ASTM A307 para os parafusos.