

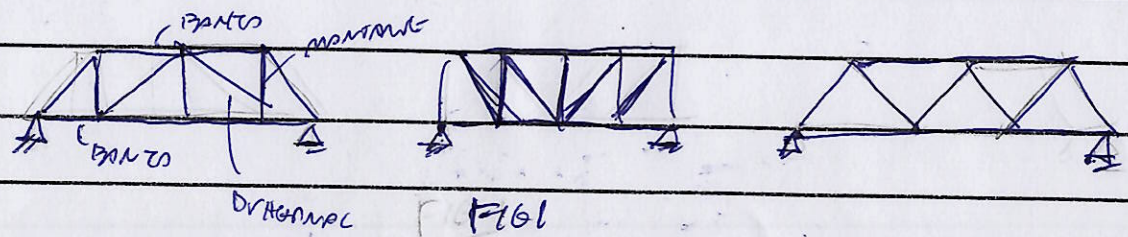
PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	G3k7

QUESTÃO Nº 1

VIGAS TRUSAS SÃO ELEMENTOS ESTRUTURAIS COMPOSTOS POR BARRAS QUE SE CONECTAM EM NÓS A PARTIR DA FORMAÇÃO DE TRIÂNGULOS, FORMA GEOMETRICAMENTE INDEFORMÁVEL. POR ESSE MOTIVO, APRESENTAM BOM RIGIDEZ, PERMITINDO O USO DE BARRAS ESBELTAS, RESULTANDO EM ESTRUTURAS COM BAIXA RELAÇÃO PESO/RESISTÊNCIA, IDEAIS PARA USO COMO VIGAS DE PISO, VIGAS DE COBERTURA, VIGAS DE PONTES, ETC. ~~ALÉM DISSO SÃO IDEAIS PARA BARRAS DE USO POUCO A LIMITAÇÃO DE COMPRIMENTO~~

O USO DE BARRAS DE AÇO NAS TRUSAS É UMA SOLUÇÃO VANTAJOSA POIS PERMITE A PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS MAIORES, E QUE É LIMITADO NO USO DE PERFILES ÚNICOS.

AS PRINCIPAIS TIPOLOGIAS UTILIZADAS SÃO AS TRUSAS TIPO PRATT, HOWE E WARREN (FIG 1), DIFERENCIADAS COM RELAÇÃO À DISPOSIÇÃO DAS DIAGONAIS QUE POZEM OU NÃO ESTAR TRACIONADAS.



AS BARRAS HORIZONTAIS SÃO OS PANTOS, AS VERTICAIS OS MONTANTES E AS DIAGONAIS DE MESMO NOME

<b>PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)</b>	<b>CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO</b>
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 1

CONTUDO, EXISTEM OUTRAS TIPOLOGIAS QUE PODEM SER UTILIZADAS COMO TRELÍÇAS COM ABUTURA VARIÁVEL, BARRAS INCLINADAS, BARRAS CURVAS, ~~BARRAS~~ SUPERESTÁTICAS, E TRELÍÇAS VERTICAIS (CONTRAVENTAMENTO), CONFORME FIG 2

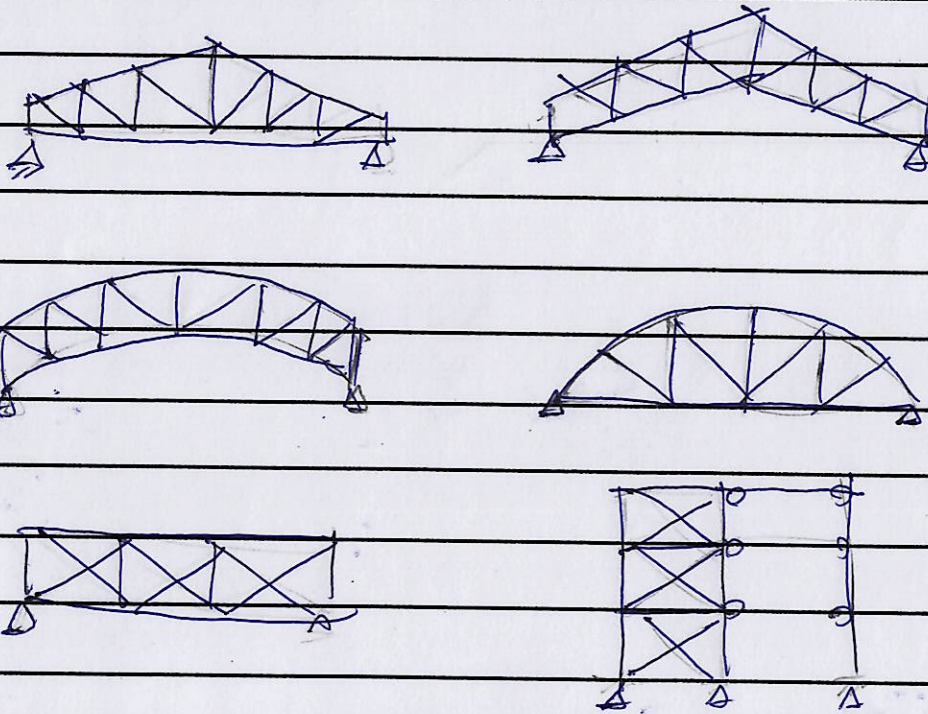


FIG 2

As barras se conectam por meio de nós, que podem ser materializados pela soldagem bineta entre as barras, (mais comum quando se usam perfis I ou tubular, geralmente em estruturas pesadas). Outra opção é por meio de chapas (gussets) de ligação, usual quando se

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 1

Usam seções ~~compostas~~ como cantoneira ou cantoneira dupla. Exemplos de nós são mostrados abaixo

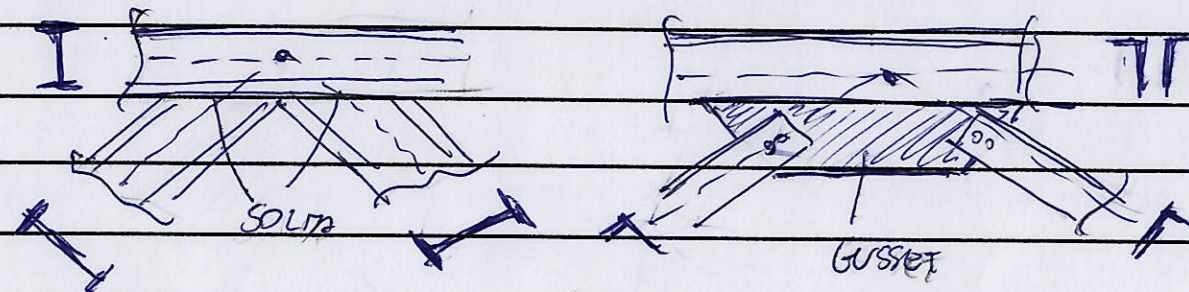


FIG 3

Para modelagem dessas estruturas, desde que não existam cargas aplicadas fora dos nós, e não haja excentricidade na ligação, pode-se utilizar o modelo clássico de treliça, com barras sujeitas a esforços normais e rótulas perfeitas nos nós.

Então, no caso mais geral, os membros são compostos por barras únicas, e normalmente existem cargas ~~aplicadas~~ ~~ao longo dos eixos longitudinais~~ de transversais aplicadas nas barras, o que geram momentos fletores e forças cortantes. Além disso, em muitos casos os eixos das barras não coincidem no nó, gerando excentricidade (consequentemente momentos e cortantes) - isso decorre da melhora

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	G3K7

QUESTÃO Nº 1

opção para fabricação e montagem da treliça. Por esses motivos, o modelo estrutural mais idealista consiste em utilizar elementos de pórticos nos membros com ligações rígidas (ou semi-rígidas entre eles).

Quando a treliça trabalha com elemento isolado (Figura), pode ser realizada análise linear (1ª ordem), uma vez que constituem estruturas de pequena rigidez (pouco deslocável).

No caso devem ser considerados os efeitos locais de 2ª ordem.

Se a treliça for componente global da estrutura, deve ser avaliada a deslocabilidade da estrutura como um todo. Se for uma estrutura de média ou grande deslocabilidade, conforme NBR 8800:2008, deve-se realizar análise de 2ª ordem, levando em conta imperfeições geométricas e de material e efeitos locais e globais de 2ª ordem. ~~deslocabilidade~~

Obtidos os esforços solicitantes críticos para as combinações últimas consideradas verifica-se a resistência dos membros à tração (ruptura da seção líquida, escoamento da seção bruta) / à compressão (estabilidade global por flexão, torção <sup>se for o caso</sup> ou flexo-torção), à flexão se for o caso (Fambagem lateral com torção, Fambagem local da mesa e da alma), e ao cisalhamento

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 1

E NO CASO MAIS GERAL AOS ESFORÇOS COMBINADOS.

Com relação às ligações entre painéis, podem, como já mencionados, ser soldadas ou parafusadas. No caso de ligações soldadas, normalmente executadas por solda de filete, verifica-se a ruptura na seção efetiva da solda (na garganta), mas caso sejam soldas de penetração total ou parcial deve-se verificar também o esmagamento do metal base.

Quanto aos parafusos, normalmente estão submetidos ao cisalhamento com 1 ou 2 painéis de corte.

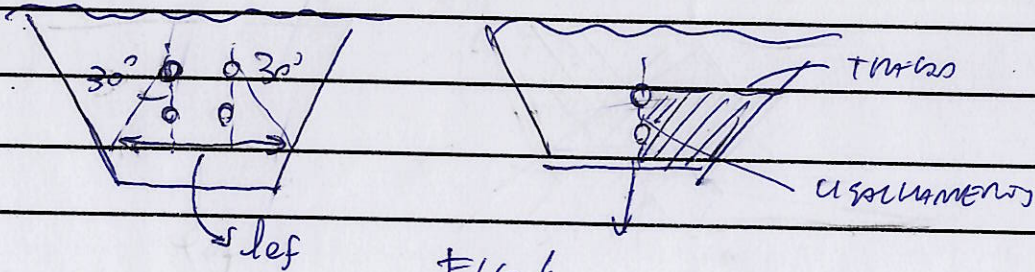
As chapas de ligação devem ser verificadas à tração como barras tensionadas considerando, na determinação da área bruta, seções de Whitmore. Se comprimidas devem atender os critérios para barras comprimidas. Nesses elementos verifica-se os rasgamentos entre furos, entre furo e borda, esmagamento das paredes do furo e rasgamento combinado tração e cisalhamento (Block Shear) quando as ligações forem parafusadas. ~~Dependendo da ligação~~ Note que as seções de Whitmore também são utilizadas na verificação à compressão da chapa ou quando a ligação for soldada. Exemplos da seção de Whitmore e do colapso por Block Shear

CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

<b>PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)</b>	<b>CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO</b>
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	G3K7

QUESTÃO Nº 1

SÃO REPRESENTADOS NA FIGURA ANEXO



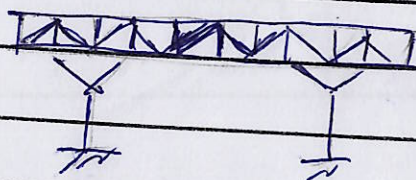
CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 - BLOCO D - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63 K7

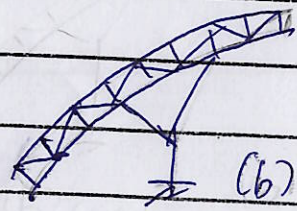
QUESTÃO Nº

2

As estruturas treliçadas espaciais são formadas a partir da associação de módulos tetraédricos ou piramidais de base quadrada ou retangular, ~~de~~ que são compostos geometricamente indeformáveis. Por esse motivo estruturas treliçadas espaciais possuem elevada rigidez, o que permite o uso de barras de aço esbeltas em sua composição, levando a estruturas com peso próprio reduzido - de fato, treliças espaciais possuem uma ótima relação peso-resistência. Conseqüentemente, esse sistema estrutural é indicado para coberturas de grandes vãos, como Mangarés, Estádios, Aeroportos etc. Alguns exemplos de coberturas com treliças espaciais são o Centro de Exposições do Anhembi (SP), em treliçada espacial plana, e o Centro de Pesquisas da Petrópolis (CENPES, localizada no litoral do Estado). A figura abaixo exemplifica as coberturas citadas.



(a) Anhembi



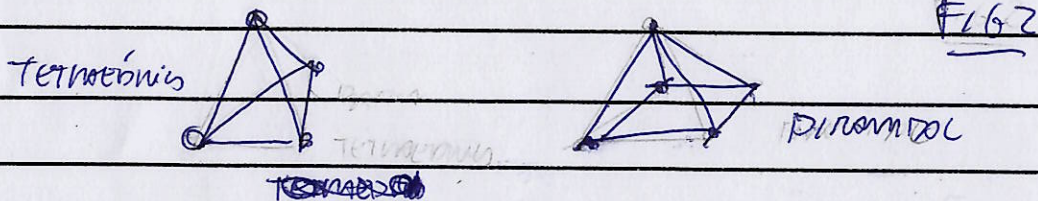
(b) CENPES (UFRJ)

FIG 1

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 2

Os elementos básicos de composição de treliças espaciais, tetraedros e pirâmides (Fig 2), permitem a produção de módulos em diferentes situações (ideal para painéis de aço, geralmente tubos circulares). A formação do trellis espacial, portanto consiste na união lateral dos módulos por meio de nós, formando os arranjos (ou tipologias)



A tipologia das treliças pode ser relacionada ao tipo de módulo (tetraédrico ou piramidal), à geometria em elevação (número de níveis, plana – barras ~~em~~ paralelas, curva, geodésica, ou geometria complexa) e à configuração em planta. De modo geral, adotam-se soluções com treliças espaciais planas de nível único, sendo escolhida a tipologia em planta a depender do caso – em geral busca-se minimizar o consumo de barras e nós, que elevam os custos de fabricação e montagem.

Quanto às tipologias em planta, as mais usadas são



PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

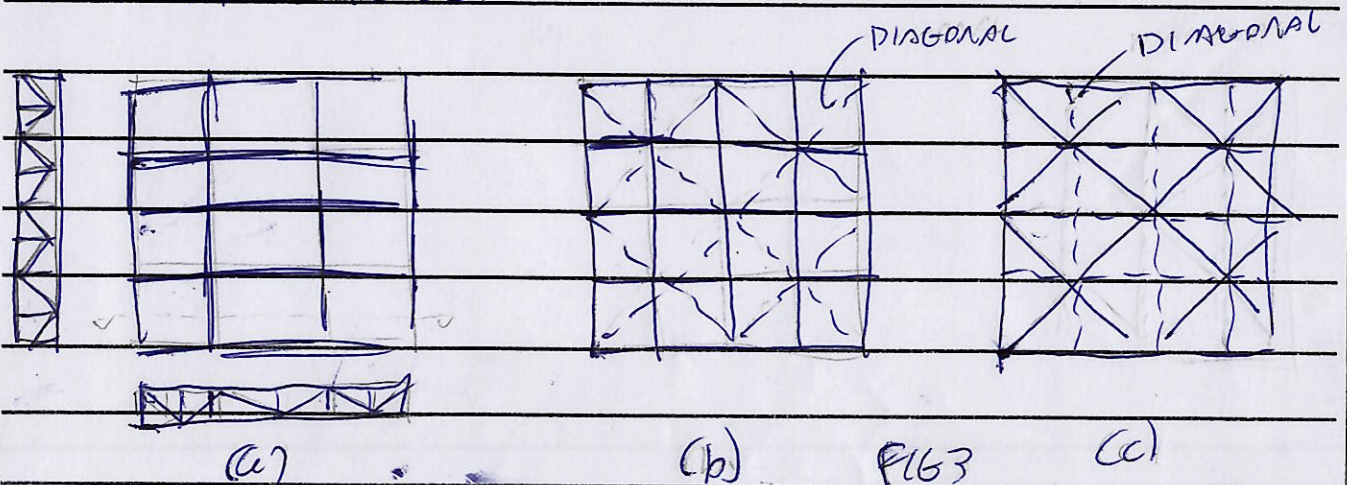
QUESTÃO Nº 2

Brasil são:

- QUADRADO SOBRE QUADRADO = CONSISTE NA FORMATAÇÃO DO TRELHADO ESPECIAL POR MEIO DE TUBULOS PLANOS DISPOSTOS EM DIREÇÕES ORTOGONAIS, SEM DIAGONAIS ESCANSAS (FIG 3a)

o QUADRADO SOBRE QUADRADO COM DEFASEEM DE MEIO MÓDULO: ESTAS SÃO COMPOSTAS POR DEFASEEM DE MEIO MÓDULO, CONECTADOS POR DIAGONAIS ESCANSAS (FIG 3b). É O TIPO MAIS USADO NO BRASIL

- QUADRADO INCLINADO SOBRE QUADRADO INCLINADO = NESSE CASO OS MÓDULOS APRESENTAM ÂNGULO DE 45° COM TRELHADO LATERAL DO TUBULO (FIG 3c)



OS PRINCIPAIS NÓS UTILIZADOS SÃO (1) NÓS ESTAMPADOS,

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63k7

QUESTÃO Nº

2

estrutura chamada de nó típicas (2) nós com chapa de aço (curvada) e (3) nós patenteados, como o nó esférico tipo meião. Os primeiros são formados pelo encaixe das barras na ligação e conexão por parafuso único, levando pouco de rigidez e excentricidade. No 2º, as chapas de conexão possuem espigas para ligação parafusada com a barra. No último, as barras são rosqueadas nos nós, convergindo em um único ponto (sem excentricidade) e configura a melhor solução, porém é mais cara.

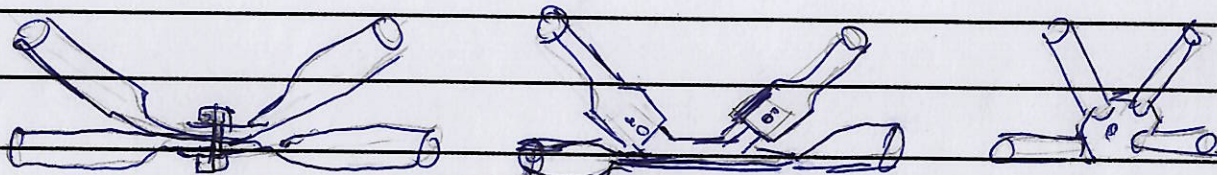


FIG 4

Para análise dos trechos espaciais, a estrutura deve ser modelada de forma realista, sendo os elementos de pórticos mais indicados para as barras. Contudo, devido à elevada esbeltez e ao baixo peso próprio das barras empregadas, os momentos fletores são desprezáveis (PFEIL e PFEIL, 2021), logo pode-se adotar o modelo

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63k7

QUESTÃO Nº 2

CLÁSSICO DE TRELÇAS, OU SEJA, BARRAS SUBMETIDAS À FORÇAS DE COMPRESSÃO OU TRATÇÕES, ONDE TADAS POR RÓTULAS PERFEITAS. Note que isso só é válido caso não haja carulas aplicados transversalmente nas barras e foma dos nos e se as ligações não possuem grande excentricidade.

Os métodos de análise são aqueles recomendados pela ABNT NBR 8800:2008 e NBR 16239:2012. De modo geral, se a estrutura for de pequena deslocabilidade, permite-se análise linear de 1ª ordem - caso mais frequente devido à elevada rigidez da estrutura (pouco deslocável) caso seja de média ou grande deslocabilidade, realiza-se análise de 2ª ordem considerando efeitos globais e locais e imperfeições geométricas e de material.

Obtidos os esforços, as barras traçionadas devem ser verificadas à ruptura da seção líquida e escoamento da seção bruta. Barras sob compressão devem ser verificadas à perda de estabilidade global e para flambagem local que no caso de perfis tubulares significam flambagem por flexão e flambagem local nas paredes do tubo circunscritivamente

<b>PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)</b>	<b>CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO</b>
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	G3 K7

QUESTÃO Nº

2

No caso de uso de softwares de análise e dimensionamento as barras podem ser verificadas pelo método "DESIGN", desde que contemple a norma ~~BR~~ brasileira (ou equivalente)

A verificação dos nós com chapas de espina pode ser feita pelos métodos de norma para elementos de ligação, contudo, os 3 tipos de nós estão sujeitos a combinação de esforços (e tensões), sendo recomendado a verificação por ensaios ou modelagem via método dos elementos

finitos.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

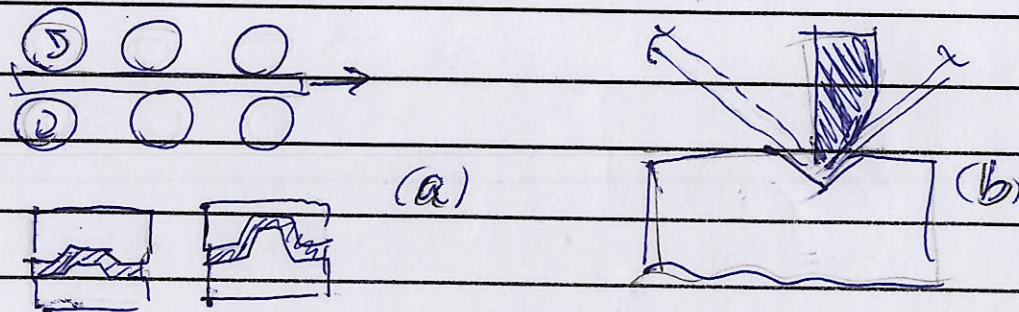
QUESTÃO Nº 3

Perfis de aço formados a frio (PFA) são elementos estruturais constituídos por chapas finas de aço laminadas (a frio) que possuem uma ótima eficiência estrutural (pequena relação peso resistência). Em geral possuem espessuras que variam de 0,375 mm a 635 mm (XU e LABOURNE, 2019).

São produzidos por meio de dois processos físicos: conformação (ou laminação) a frio e por mesa de dobra.

Na laminação a frio, as chapas de aço são introduzidas em uma série de estações com rolos rotativos, sendo que cada uma realiza uma operação de dobra (Fig 1a), até se atingir a configuração final.

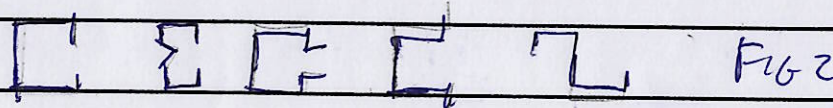
Já na mesa de dobra a chapa é posicionada no galvanite da mesa, e é dobrada por puncionamentos com o auxílio de uma prensa (viga) móvel (Fig 1b).



PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 3

Por esses processos é possível obter perfis com diversas seções transversais (Fig 2), com aplicações diversas como estruturas de estocagem, telhas de cobertura, travessas de tracionamento, LIGHT STEEL FRAMING, ETC.



Contudo, devido à elevada esbelteza desses elementos, eles são muito susceptíveis à fenômenos de instabilidade, nomeadamente flambagem global (G), distorcional (D) e local (L), com descrições abaixo para uma seção transversal

- Flambagem local = flexão dos flanges do perfil sem deslocamento dos vértices ou rotação relativa entre as chapas

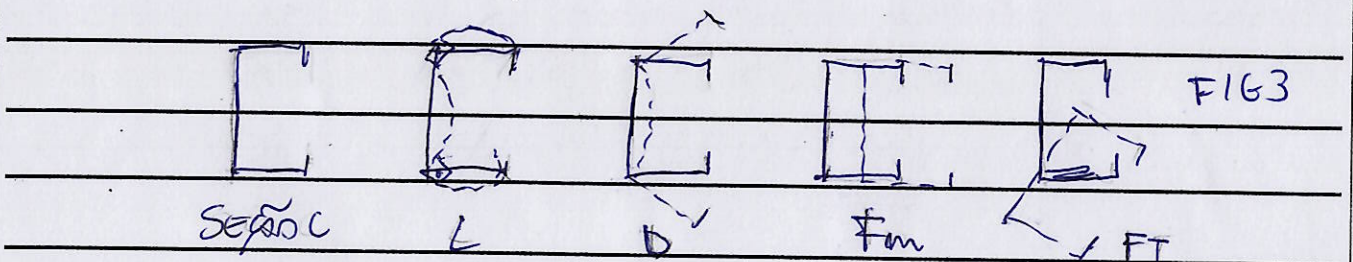
- Flambagem distorcional = flexão das chapas com deslocamento dos vértices e rotação relativa entre chapas

- Flambagem global = pode ser por flexão, torção ou flexotorção em barras comprimidas e lateral com torção em barras flexionadas

Exemplos desses modos para um perfil tipo C (U) sendo são mostrados na Fig 3

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63k7

QUESTÃO Nº 3



Cada um desses modos possui expressões analíticas para o cálculo da carga crítica de flambagem, a depender das condições de vinculação. Contudo, hoje em dia é mais simples a realização de análise de estabilidade elástica a fim de se obter a curva de estabilidade (variação da carga crítica em função do comprimento), permitindo identificar os modos de flambagem da peça – softwares acadêmicos como o CUFEM e o EB3UL são exemplos.

A determinação da <sup>(ou momento)</sup> carga crítica é importante na determinação da resistência dos elementos.

A verificação à compressão segundo a norma NBR 14762:2010, leva em conta a ocorrência de flambagem global e local, sendo o primeiro considerado por um fator  $\chi$  e o segundo por um fator  $\phi$ , que pode ser determinado através do método da largura efetiva (MLE),

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63K7

QUESTÃO Nº 3

ABORRIGEM CLASSICA, OU PELO MÉTODO DA SEÇÃO EFETIVA (MSE) DE BOZISTA (2010). – ESSE ÚLTIMO TRABALHA COM A SEÇÃO COM UM TUDO,

TAMBÉM DEVE SER VERIFICADA A RESISTÊNCIA À FLAMBAGEM DISTORCIONADA.

DE MODO GERAL, A FORÇA DE COMPRESSÃO RESISTENTE ~~VAZ~~ SERÁ A MENOR ENTRE OS DOIS CASOS CITADOS ACIMA (L+G OU D).

NA FLEXÃO A ABORRIGEM É SIMILAR, CONSIDERANDO-SE INTERAÇÃO ENTRE FLAMBAGEM LATERAL COM TORÇÃO, POR MEIO DE UM FATOR  $\lambda$ . E A LÓGICA POR MEIO DO MÓDULO REDUZIDO DA SEÇÃO, OBTIDO PELO MLE OU MSE.

~~Entretanto~~ PARA COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS UTILIZA-SE UMA FÓRMULA DE INTERAÇÃO M,N.

CONTUDO, AS OPERAÇÕES DE CÁLCULO DO MSE E MLE ACABAM SENDO CUSTOSAS, LOGO FORNECE-SE UMA ABORRIGEM ALTERNATIVA CHAMADA DE MÉTODOS DE RESISTÊNCIA DIRETA (MRD), CUJOS CÁLCULOS SE BASEIAM NAS PROPRIEDADES DA SEÇÃO TRANSVERSAL COM UM TUDO. ESSE MÉTODO VEM SENDO AMPLAMENTE ACEITO NO MEIO TÉCNICO

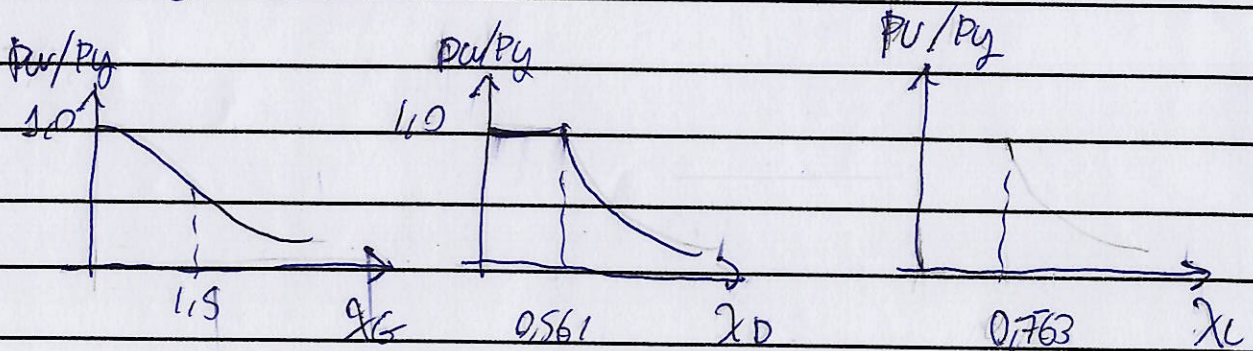


<b>PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)</b>	<b>CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO</b>
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63k7

**QUESTÃO Nº 3**

DEVIDO A SIMPLICIDADE.

Em resumo, as forças resistentes são dadas por expressões (curvas de resistência) associadas a cada modo de flambagem (em pilares ou vigas). As curvas de resistência disponibilizadas pela norma, exemplificando o caso de colunas comprimidas, são mostradas na Fig 4



$$P_{nG} = \begin{cases} P_y (0.658 \lambda_G^2) & \lambda_G \leq 1.5 \\ P_y (0.877 / \lambda_G^2) & \lambda_G > 1.5 \end{cases}$$

$$P_{nD} = \begin{cases} P_y & \lambda_D \leq 0.561 \\ P_y (1 - 0.25 \lambda_D^{-1.7}) \lambda_D^{-1.7} & \lambda_D > 0.561 \end{cases}$$

$$P_{nL} = \begin{cases} P_y & \lambda_L \leq 0.763 \\ P_y (1 - 0.15 \lambda_L^{-0.8}) \lambda_L^{-0.8} & \lambda_L > 0.763 \end{cases}$$

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 201 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	63k7

QUESTÃO Nº 3

ONDE  $P_u$  e  $P_y$  SÃO A CARGA MÁXIMA E CARGA DE PLASTIFICAÇÃO DA SEÇÃO,  $\lambda_G$ ,  $\lambda_D$  e  $\lambda_L$  SÃO OS ESQUELETOS GOMAL, DISTORÇÃO LOCAL E GLOBAL (FUNÇÃO DAS CARGAS CRÍTICAS DE FUNDAMENTOS ASSOCIADAS,  $P_{CRG}$ ,  $P_{CRD}$  e  $P_{CRL}$ ).

$$\lambda_G = \sqrt{\frac{P_y}{P_{CRG}}} \quad \lambda_D = \sqrt{\frac{P_y}{P_{CRD}}} \quad \lambda_L = \sqrt{\frac{P_y}{P_{CRL}}}$$