



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

# ESTRUTURAS METÁLICAS PARA COBERTURAS

Informações construtivas para projetos escolares

HERMANN SCHULTE  
TIOETURO YAGUI  
JOÃO ALFREDO AZZI PITTA

SÃO CARLOS  
2021

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS**



**ESTRUTURAS METÁLICAS PARA**  
**COBERTURAS**

**INFORMAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA PROJETOS ESCOLARES**

**PROFESSORES**

**HERMANN SCHULTE**

**TIOETURO YAGUI**

**J. A. AZZI PITTA**

A presente publicação tem por finalidade servir de material didático , auxiliando os alunos a desenvolverem os seus projetos de estruturas metálicas, para cobertura, na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e na Faculdade de Engenharia de Limeira da Universidade Estadual de Campinas, onde lecionam os autores.

## Í N D I C E

### PARTE I : ESTRUTURAS PARA TELHADO DE DUAS ÁGUAS

Introdução. Composição da estrutura- Estrutura sem lanternim ...	2
Estrutura com lanternim central.....	4
Detalhes da Estrutura: Lanternim .....	6
Contraventamentos verticais entre tesouras .....	8
Contraventamento "horizontal" .....	10

### PARTE II : ESTRUTURAS PARA COBERTURA TIPO SHED OU EM "DENTE DE SERRA"

Introdução. Composição da estrutura. Tipos de Vigas Mestras....	12
Traves do telhado. Contraventamento das Vigas Mestras .....	14
Contraventamento das Traves do Telhado .....	16
Esquema de uma estrutura para telhado tipo Shed com Traves de Treliça de banzos paralelos .....	16
Detalhes da Estrutura: Contraventamento do banzo superior da Viga Mestre - esquema estático .....	18
Detalhe de fixação do ponto intermediário da terça .....	20
Terça reforçada .....	20
Traves do telhado em alma cheia .....	22
Traves do telhado em Treliça de banzos paralelos .....	24
Traves do telhado em Treliça Triangular .....	26

### PARTE III : ANEXOS:- DETALHES ESTRUTURAIS

Esquema de edifício industrial com telhado tipo Shed .....	30
Esquema de estrutura para telhado tipo Shed sobre paredes de alvenaria .....	32
Esquemas estruturais de edifícios industriais .....	34
Detalhes da estrutura para telhado tipo Shed: ligações das Traves do Telhado com o montante da Viga Mestre .....	36
Armação para iluminação e ventilação permanente .....	39
Ligações da traves do Telhado de perfis I com a Viga Mestre ...	40
Viga Mestre do tipo rômboico .....	42
Calhas de concreto armado e de chapa galvanizada .....	44
Fixação da trave do telhado em Treliça de banzos paralelos à Viga Mestre .....	46
Fixação da trave do telhado em treliça triangular à Viga Mestre	48
Fixação da Viga Mestre e Trave do Telhado à coluna .....	50
Fixação de uma Viga de rolamento à coluna .....	52
Detalhes da viga de rolamento: trilho e passadiço .....	54
Fixação da viga de rolamento com trave horizontal e treliça ...	56
Ligação de uma viga de rolamento sobre coluneta à coluna da Seção cortante .....	58
Sapata de coluna de capacidade média .....	60
Sapatas de coluna de capacidade elevada .....	62
Sapata de coluna de seção constante e coluneta .....	64 e 66
Revestimento da parte superior da coluna .....	68

## I - ESTRUTURAS PARA TELHADO DE DUAS ÁGUAS

### INTRODUÇÃO:

São estruturas que suportam as coberturas em dois planos diferentes, de modo que o escoamento da água da chuva se faz a partir da intersecção desses dois planos (cumeeiras), para as bordas laterais longitudinais.

A função básica dessas estruturas é a de transmitir aos pilares, através das tesouras, as cargas resultantes dos pesos próprios e as provenientes da cobertura.

Quando os pilares são engastados nas bases, as tesouras podem ser somente articuladas àqueles. Entretanto, se os pilares forem articulados nas bases, e las deverão ser engastadas nas extremidades superiores dos pilares a fim de que os pórticos transversais formados por esses elementos não fiquem hipostáticos.

### COMPOSIÇÃO DA ESTRUTURA

#### ESTRUTURA SEM LANTERNIM (Fig. I - 1)

Neste caso a iluminação interna será artificial, ou natural através de janelas laterais.

A estrutura é composta de traves em treliça, denominadas tesouras; terças longitudinais que se apoiam nos nós dessas traves e contraventamentos que limitam os comprimentos de flambagem das barras.

Nos planos dos outões, quando estes forem executados em alvenaria, poderão ser dispensadas as tesouras, ficando aqueles como elementos suportantes das terças extremas. Algumas dessas terças poderão receber cargas horizontais, pelo fato de servirem de apoios superiores dos outões, para o carregamento resultante do vento. Neste caso, elas devem ser reforçadas a fim de que possam resistir aos esforços normais de compressão e transmitir as cargas aos nós dos contraventamentos.

Os contraventamentos são formados por diagonais cruzadas; pelos banzos comprimidos das tesouras extremas e pelas terças que concorrem aos nós formados pelas diagonais e banzos dessas tesouras. Os sistemas dos contraventamentos são portanto traves tri-dimensionais de banzos paralelos que se apoiam nos apoios das tesouras. Se a distância entre esses contraventamentos ultrapassar de 5 ou 6 vezes o afastamento entre tesouras, contraventamentos intermediários deverão ser a c r e s c r e s c i d o s.

Para impedir deslocamentos de pontos intermediários das terças, nos planos da cobertura, causados pelas componentes das cargas permanentes segundo esses planos, são empregadas as chamadas "correntes", constituídas de barras redondas. A resultante das componentes horizontais dos esforços surgidos nessas barras, em um dos planos da cobertura, é equilibrada pela resultante do outro plano.

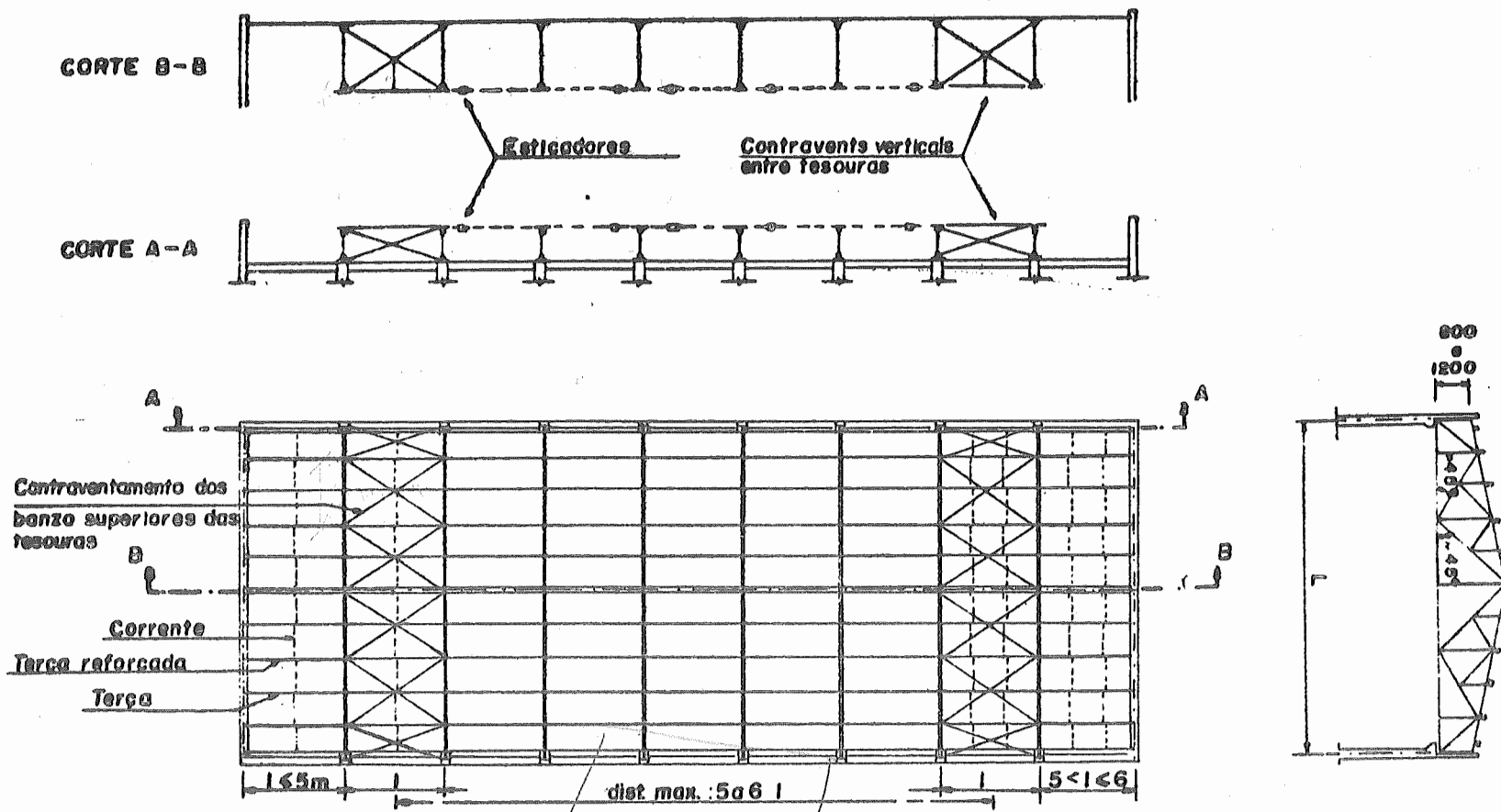


Fig. I-1

Obs.: Nas terças intermediárias não foram colocadas as correntes a fim de ser evidenciada a diferença de suas filas dependendo dos vãos.

- 4 -

### ESTRUTURA COM LANTERNIM CENTRAL (Fig. 1 - 2)

A estrutura com lanternim central é utilizada para proporcionar ou com  
plementar ao edifício a iluminação e ventilação natural.

Geralmente a estrutura do lanternim é somente elemento transmissor de cargas provenientes de suas partes às tesouras e não participa como elementos estru  
turais destas.

Além dos contraventamentos normais, das tesouras, devem existir os con  
traventamentos da estrutura do lanternim que proporcionarão a sua estabilidade e transmitirão aos primeiros contraventamentos quaisquer cargas longitudinais.

Como abaixo do lanternim não existem as terças, os contraventamentos - dos banzos superiores das tesouras devem ser completados por barras que tenham capa  
cidade para resistirem aos esforços de compressão e os demais banzos das tesouras não participantes nesses contraventamentos devem ser ligados aos seus nós fixos a  
través de barras redondas providas de tensores (esticadores).

As terças situadas logo abaixo e acima das partes externas de ilumina  
ção do lanternim devem ter pontos intermediários impedidos de se deslocarem, no pla  
no da cobertura, através de barras rígidas vinculadas em pontos fixos. Estes são fi  
xados por correntes dispostas em diagonal.

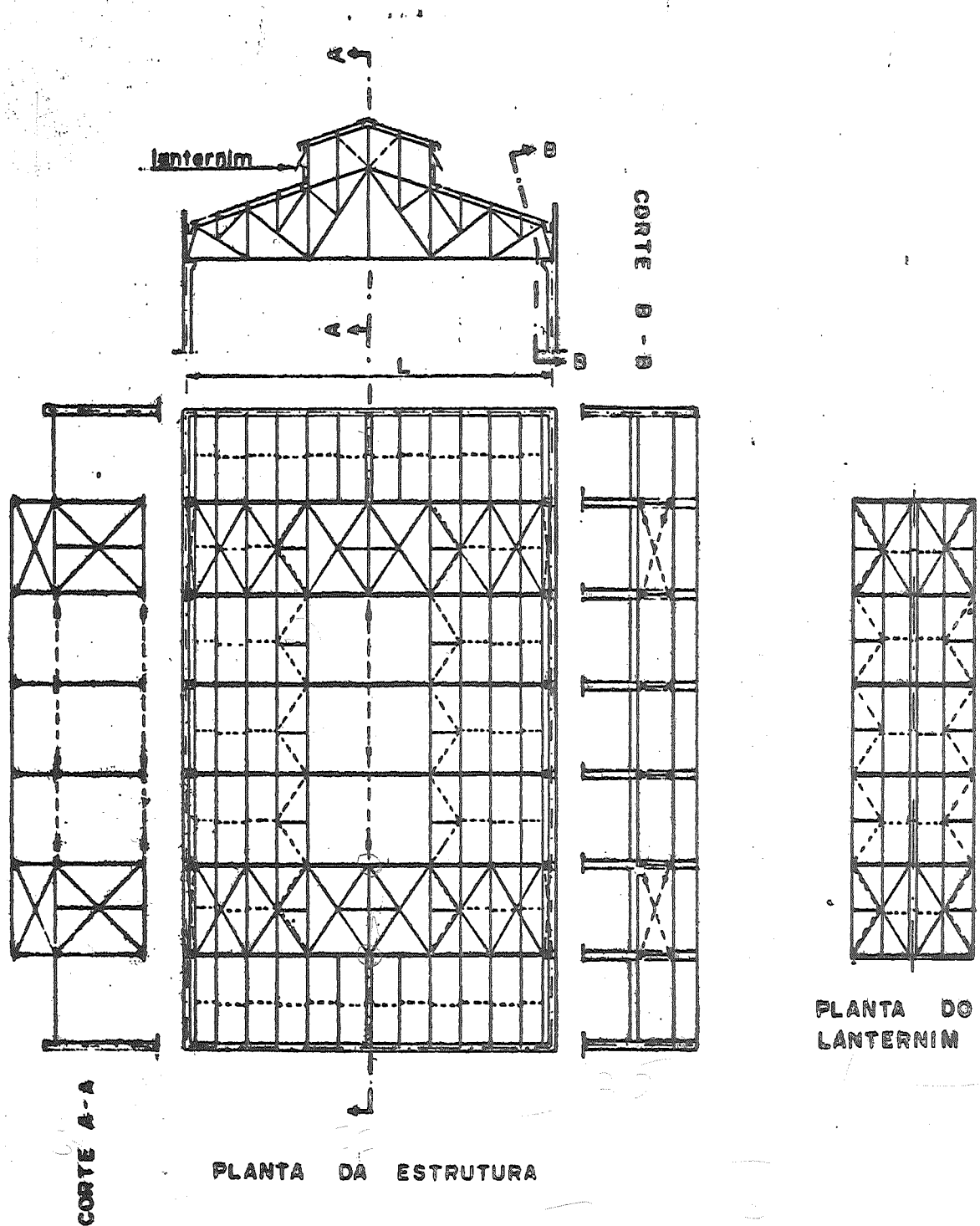


Fig. I - 2 - Estrutura para telhado de duas águas, com lanternim central para iluminação e ventilação natural.



## DETALHES DA ESTRUTURA

### LANTERNIM (Fig. I - 3)

A iluminação natural é obtida através de material translúcido ou transparente (geralmente vidro) aplicado nas abas dos perfis T que por sua vez são fixados em longarinas dispostas em três níveis (superior, intermediário e inferior). Estas longarinas são fixadas nos montantes externos da estrutura do lanternim e como elas transmitem ações concentradas resultantes do vento, esses montantes estarão sujeitos à flexão composta. Portanto eles devem ser constituídos de perfis resistentes a esses esforços (perfis U ou I).

Os perfis T são dispostos geralmente em dois planos, sendo um inclinado e o outro vertical, de modo que fique uma abertura da ordem de 250 a 300 mm, para possibilitar a ventilação do ambiente interno. Para que o vento não carregue a água da chuva para dentro do edifício, é necessário que haja uma sobreposição das partes de iluminação, da ordem de 200 a 250 mm, medida no plano vertical.

Os perfis T da parte superior inclinada, são fixados na longarina superior que também tem a função de terço e na barra longitudinal constituída por cantoneira que por sua vez é vinculada na longarina intermediária, através de tiras de chapas espaçadas geralmente em duas vezes a distância entre perfis T consecutivos: Como esse espaçamento é relativamente pequeno (da ordem de 1 m), os esforços resultantes nessa cantoneira são pequenos e portanto o perfil tem dimensões pequenas (da ordem de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8").

Como as longarinas são fixadas nos montantes externos do lanternim e aí formam juntas, devem ser evitadas nesses locais as fixações de perfis T.

IS -> 215"  
LAME -> 115"  
Headstock & Rev. LAMP.  
30 411

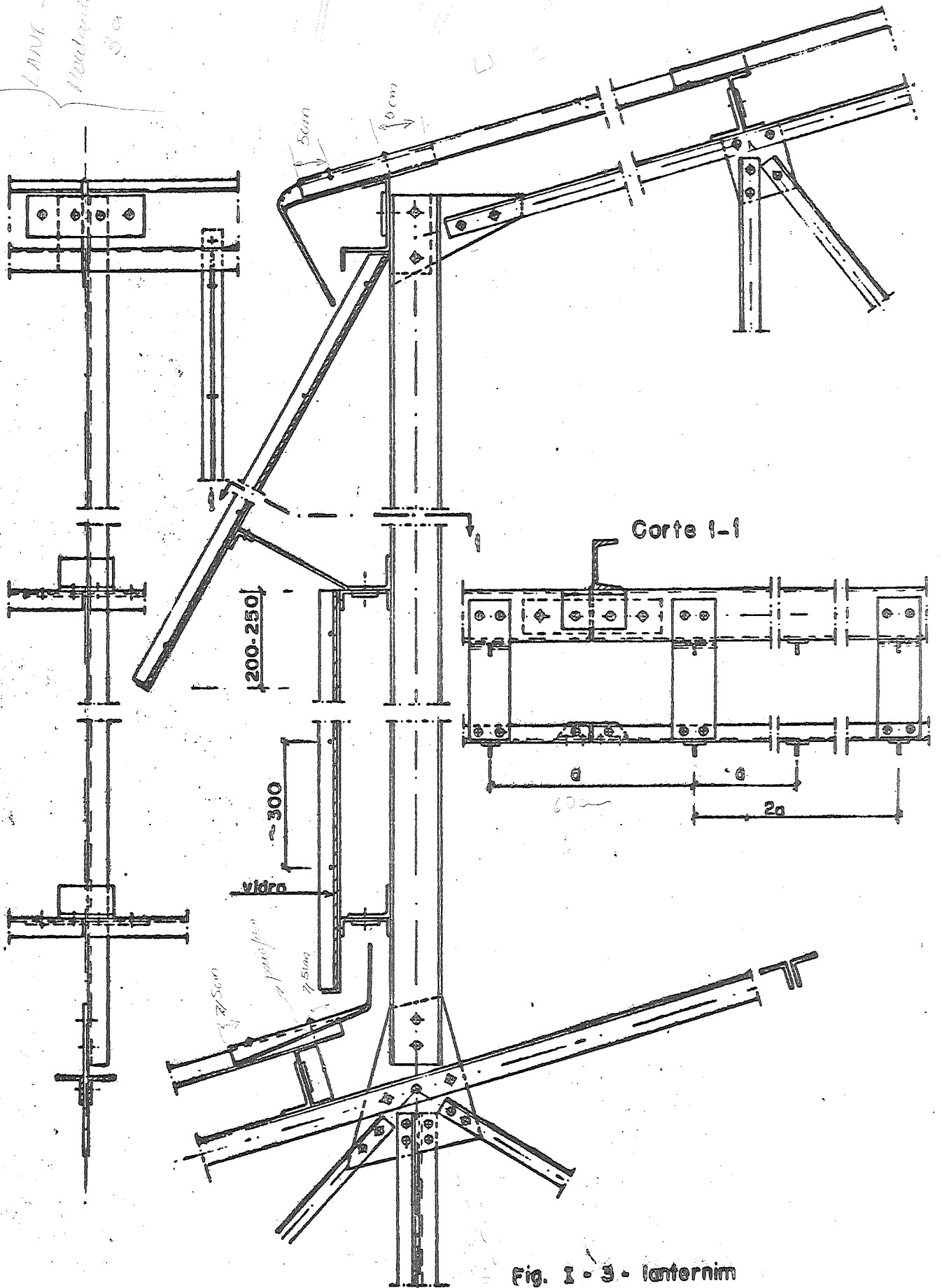


Fig. 1 - 3 - lanternim

200mm

- 8 -

### CONTRAVENTAMENTOS VERTICAIS ENTRE TESOURAS (Fig. I - 4)

Os contraventamentos verticais entre tesouras tem as funções básicas de proporcionar a estabilidade geral e fixar lateralmente pontos intermediários dos banzos inferiores das tesouras. Eventualmente esses banzos recebem cargas horizontais transversais, resultantes de pontes rolantes ou monovias. Nesses casos, esses contraventamentos devem absorver essas cargas e transmiti-las aos contraventamentos dos banzos superiores das tesouras. Esses dois tipos de contraventamentos situam-se portanto nos mesmos campos entre tesouras.

São utilizadas geralmente as diagonais cruzadas para esses contraventamentos, desprezando-se a rigidez à compressão desses elementos pelo fato de apresentarem índices de esbeltez muito elevados. As barras horizontais entretanto, devem ter capacidades suficientes para resistirem aos esforços de compressão.

As cargas provenientes do vento agindo nos topos do lanternim devem ser transmitidas aos contraventamentos dos banzos comprimidos das tesouras. Por isso os contraventamentos da estrutura do lanternim também se situam nesse mesmo campo.

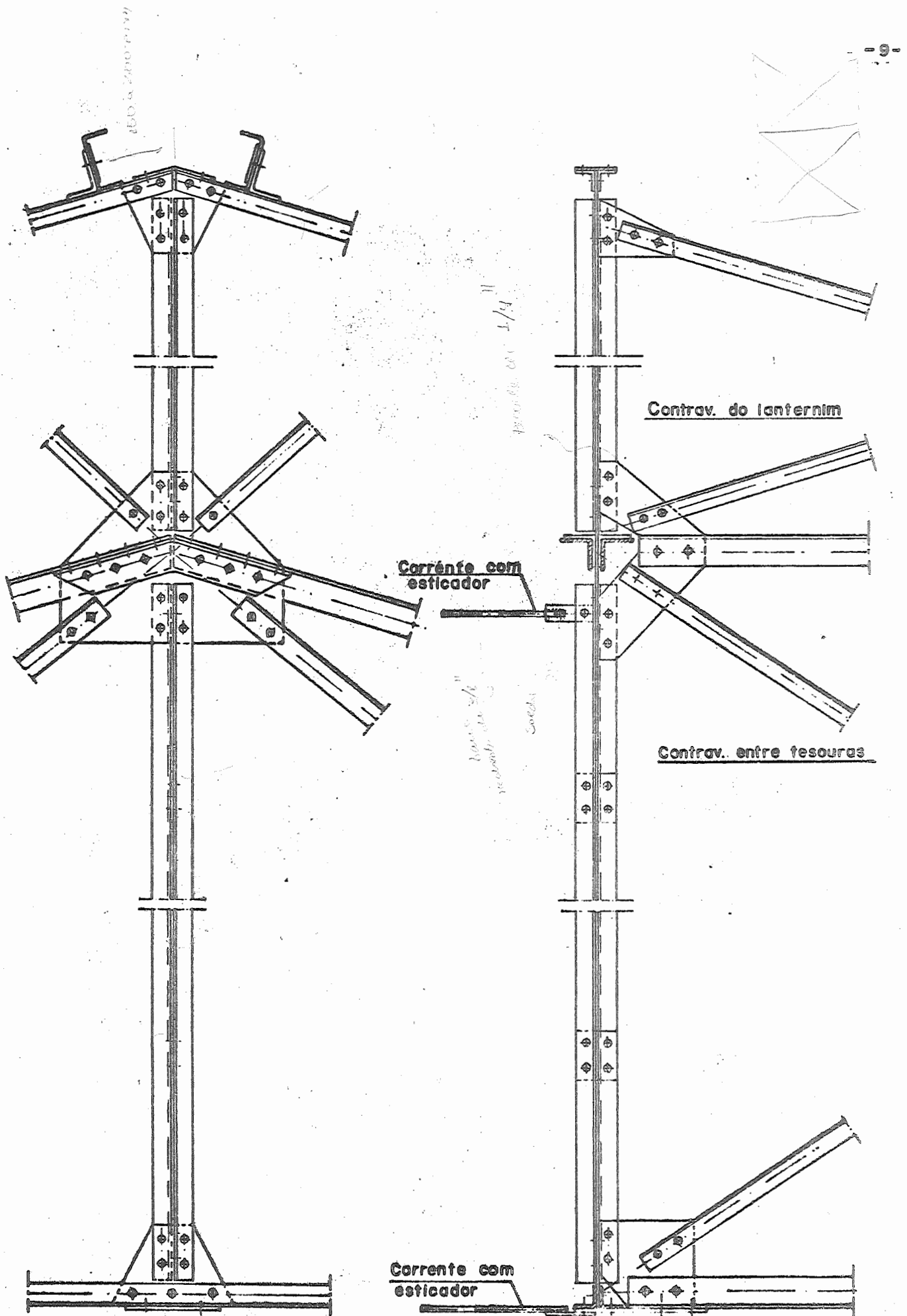


Fig. 1. 4 - CONTRAVENTAMENTOS VERTICAIS ENTRE TESOURAS

CONTRAVENTAMENTO "HORIZONTAL" (Fig. I - 5)

Os contraventamentos "horizontais", situados nos planos dos banzos comprimidos das tesouras, devem absorver quaisquer cargas transversais aos planos das tesouras e transmiti-las aos apoios destas.

Geralmente as diagonais concorrem nos banzos, aonde são fixadas as terças, em espaçamentos correspondentes a duas vezes a distância normal entre estas. Se as terças intermediárias não são fixadas aos nós de cruzamento dessas diagonais, os comprimentos de flambagem laterais das barras dos banzos comprimidos são iguais aos espaçamentos acima mencionados. Nestes casos, as chapas de nós desses cruzamentos devem ser ligadas aos meios dos vãos das terças intermediárias, através de ganchos, para que sejam aí descarregadas parcialmente os pesos próprios das diagonais.

Como as terças que participam nesse sistema de contraventamento fazem o papel de montantes de traves em treliça de banzos paralelos, elas devem ter rigidez suficiente para resistir aos esforços de compressão. Para isto, às vezes elas são especialmente reforçadas.

Na figura, a presença da barra "rígida" (cantoneira) na linha das correntes é justificada pelo fato de se ter admitido que a terça superior é a primeira logo abaixo da parte de iluminação do lanternim.

As terças foram admitidas de vãos superiores a 5 m, necessitando portanto de duas linhas de correntes.

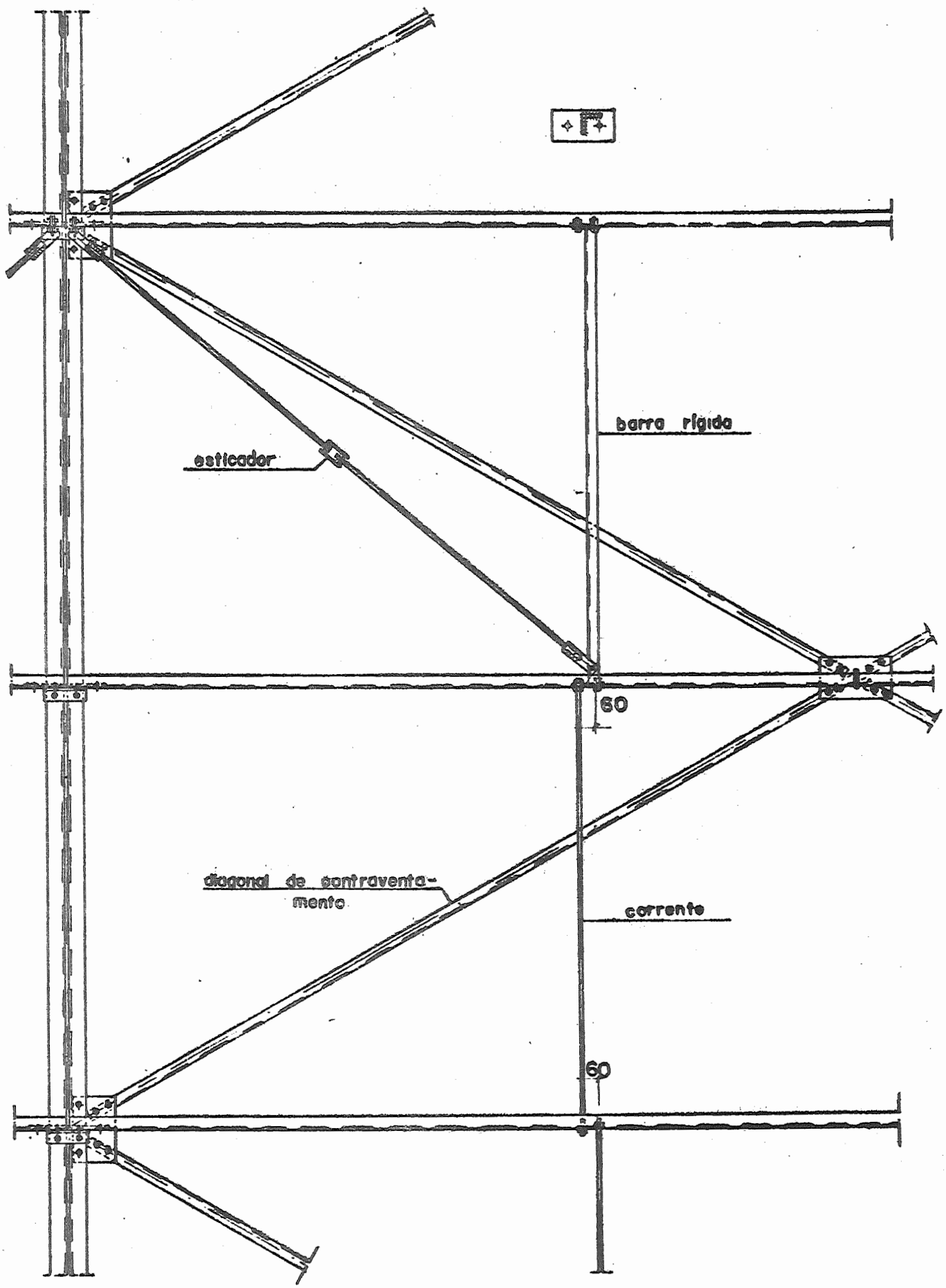


Fig. I - 5 - Contravento horizontal

## II - ESTRUTURAS PARA COBERTURA TIPO SHED OU EM "DENTE DE SERRA"

### INTRODUÇÃO

São estruturas caracterizadas por apresentarem as partes cobertas isoladas e as partes transparentes ou translúcidas em planos diferentes, com inclinações diferentes e tendo a forma característica de dentes de serra.

As superfícies de iluminação, apresentando-se alternadamente, com as superfícies isolantes da cobertura, proporcionam bastante área que se orientadas convenientemente, permitirá uma excelente iluminação natural. Esse tipo de estrutura é adequada portanto, a edifícios onde são executados trabalhos de precisão.

Geralmente na parte de iluminação são deixadas aberturas para proporcionar a ventilação no interior do edifício.

Para os edifícios localizados no hemisfério Sul, na região do Trópico de Capricórnio, é ideal que a parte envidraçada seja voltada para o Sul. Deste modo, mesmo no dia mais longo de verão não haverá infiltração direta dos raios solares e a iluminação será uniforme. Para edifícios situados abaixo do Trópico, as superfícies envidraçadas poderiam ter posições diferentes da vertical para uma iluminação mais eficaz. Entretanto, como mesmo em posição vertical elas já são suficientes, opta-se geralmente por esta posição devido à maior facilidade na sua execução.

### COMPOSIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura é constituída de traves transversais principais denominadas Vigas Mestras, apoiadas em pilares de concreto armado ou metálicos. Apoiando-se nessas traves e orientadas perpendicularmente a elas, encontram-se as Traves de Telhado que por sua vez servem de apoio às terças. Além desses elementos devem existir os contraventamentos para limitar os comprimentos de flambagem dos banzos comprimidas das Vigas Mestras e Traves do Telhado e ainda absorver os esforços laterais provenientes do vento.

Os elementos translúcidos são fixados através de armações metálicas aplicadas nas superfícies externas das Vigas Mestras.

### TIPOS DE VIGAS MESTRAS

A Viga Mestre é geralmente uma trave em treliça de banzos paralelos que pode ser articulada ou engastada nas colunas. O esquema mais simples é o formado por montantes e diagonais descendentes, geralmente complementada por barras secundárias (diagonais e montantes). (Fig. II - 1 a). Entretanto, a presença dessas diagonais obstroi parcialmente a área de iluminação, apresentando um aspecto desagradá

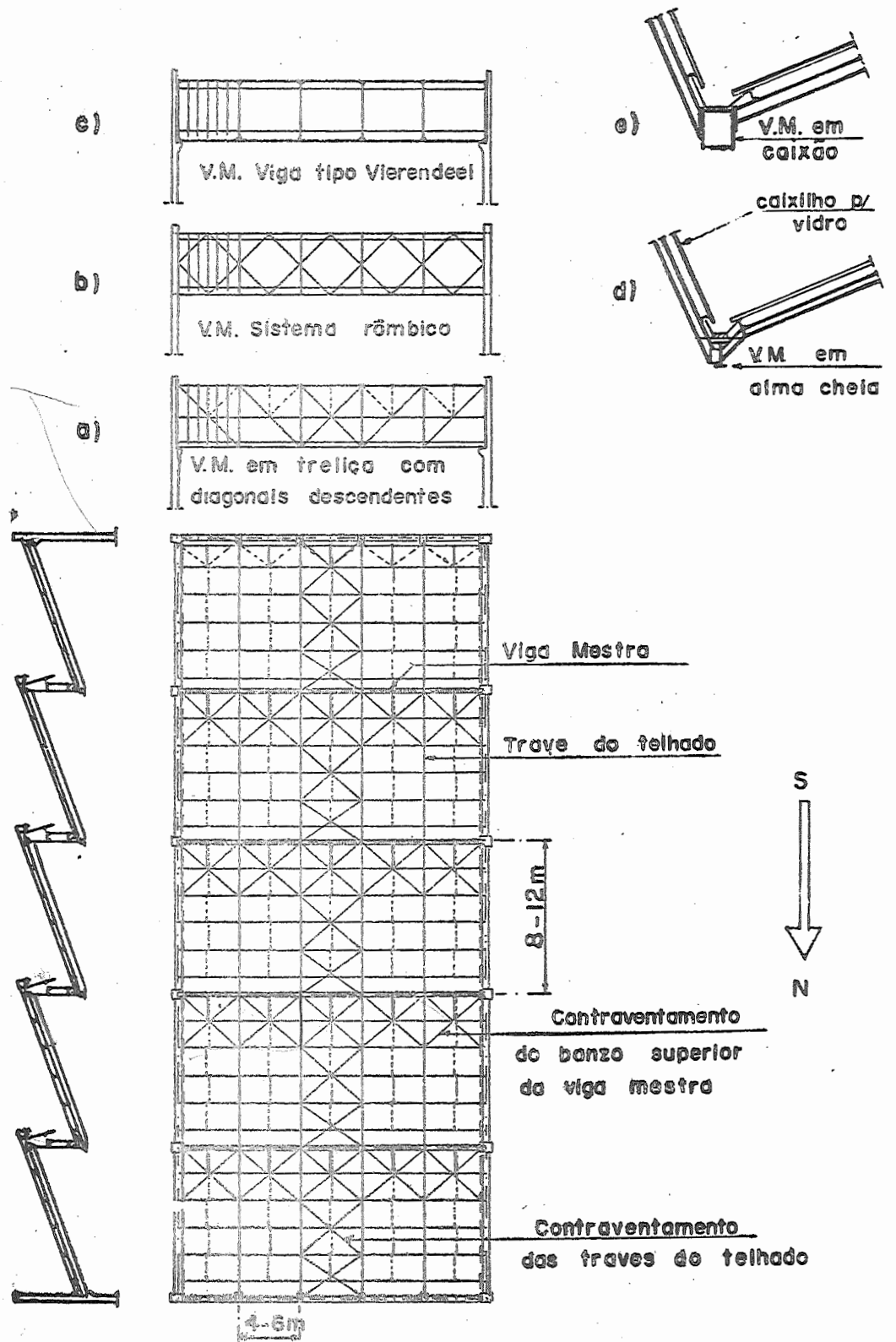


Fig. II - 1 - Estrutura para cobertura tipo Shed



vel. Para contornar esses problemas, deixando maiores partes livres, são usados o sistema rômico (Fig. II - 1 b) ou o sistema Vierendeel (Fig. II - 1 c). Estes em contrapartida proporcionam estruturas mais pesadas. Eventualmente, as Vigas Mestras poderão ser em alma cheia (Fig. II - 1 d, e), simples ou em forma de caixão. Nestes casos, as armações metálicas para as partes de iluminação serão aplicadas nos montantes que se apoiam nessas vigas.

### TRAVES DO TELHADO

Quanto às Traves do Telhado, elas podem se apresentar em forma de viga de alma cheia (Fig. II - 2 a); treliça de banzos paralelos (Fig. II - 2 b, c) ou em forma de treliça triangular (Fig. II - 3).

A trave em forma de treliça triangular é o tipo mais antigo; de execução mais trabalhosa e de aspecto pouco agradável devido ao grande número de barras que obstrói o espaço interno. A sua forma é ilógica do ponto de vista estrutural. Para eliminar estes inconvenientes pode ser utilizada a treliça de banzos paralelos, geralmente constituída de uma cantoneira para cada banzo, (disposta em forma de V na superior e na posição invertida para o inferior) e diagonais de barra redonda. Este tipo é adequado para vãos superiores a 10 m e pode ser articulado-engastado (Fig. II - 2 b) ou bi-engastado nos montantes das Vigas Mestras (Fig. II - 2 c).

O tipo mais simples e de melhor aspecto estético é o da trave em alma cheia que poderá ser de perfil I laminado ou em forma de U (Fig. II - 2 a). Atualmente, é o tipo mais usado.

### CONTRAVENTAMENTOS

#### Contraventamento das Vigas Mestras

Ao longo dos banzos comprimidos das Vigas Mestras, nos planos das coberturas, devem ser colocados os contraventamentos que tem a função de limitar os comprimentos de flambagem e absorver os esforços provenientes das ações do vento nas partes envidraçadas e cobertas (Fig. II - 2, 3). Geralmente são utilizadas as diagonais cruzadas para constituírem esses contraventamentos.

O sistema é constituído pelo banzo superior da Viga Mestre, uma linha de terças reforçadas, trechos superiores das Traves do Telhado e as diagonais cruzadas.

A viga de contraventamento é portanto uma trave em treliça de banzos paralelos, situada abaixo da cobertura e com apoios nos planos longitudinais dos pilares.

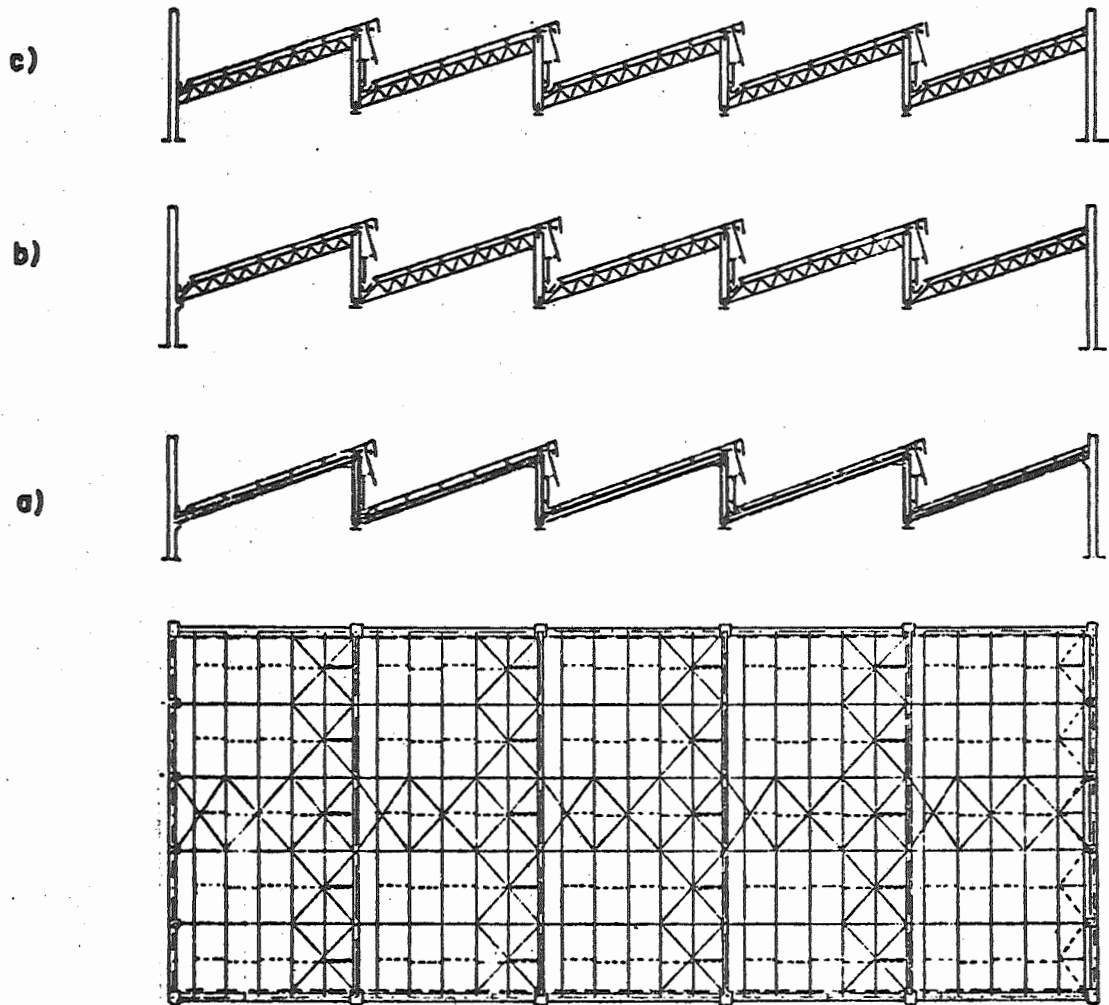


Fig. II - 2 Traves do Telhado de banzos paralelos

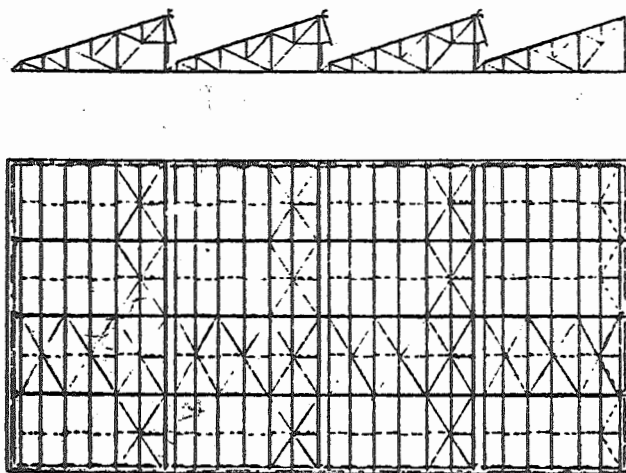


Fig.II-3 Traves do telhado em treliça triangular

Para constituir essa trave pode ser utilizado o banzo inferior da Viga Mestra em lugar da linha de terças reforçadas.

### Contraventamento das Traves do Telhado

Para proporcionar a estabilidade lateral das Traves do Telhado devem ser extendidas as diagonais cruzadas para contraventar as Vigas Mestras, em todo o campo compreendido entre duas Traves consecutivas (Fig. II - 4). Deste modo ter-se-ão vigas de banzos paralelos situadas abaixo da cobertura e formada pelos banzos superiores das Traves; diagonais cruzadas e pelas terças que ligam os nós onde concorrem essas diagonais nas Traves. Os apoios e montantes de apoios dessas vigas de contraventamento são portanto partes do banzo superior de uma Viga Mestra e banzo inferior de outra Viga Mestra. As demais Traves, situadas todas elas entre duas Vigas Mestras consecutivas, ficarão contraventadas por estarem ligadas com os pontos fixos do contraventamento através das terças.

### ESQUEMA DE UMA ESTRUTURA PARA TELHADO TIPO SHED COM TRAVES EM TRELIÇA DE BANZOS PARALELOS (Fig. II - 4)

A estrutura apresentada é constituída de Vigas Mestras apoiadas em pilares de concreto armado e Traves do Telhado em treliça de banzos paralelos.

Nos outões não existem as Vigas Mestras e os pilares de concreto armado aí colocados servem de suporte às traves extremas.

As barras rígidas que partem dos meios dos vãos das terças extremas junto a um dos outões (detalhe A), tem a função de impedir que esses pontos se desloquem no plano da cobertura devido às cargas permanentes.

As barras rígidas que ligam os cruzamentos das diagonais dos contraventamentos aos meios das barras dos banzos superiores das Vigas Mestras, fixam estes pontos transversalmente.

Na planta da estrutura é mostrada em C uma variante do modo de se fixar as correntes, relativamente ao modo B.

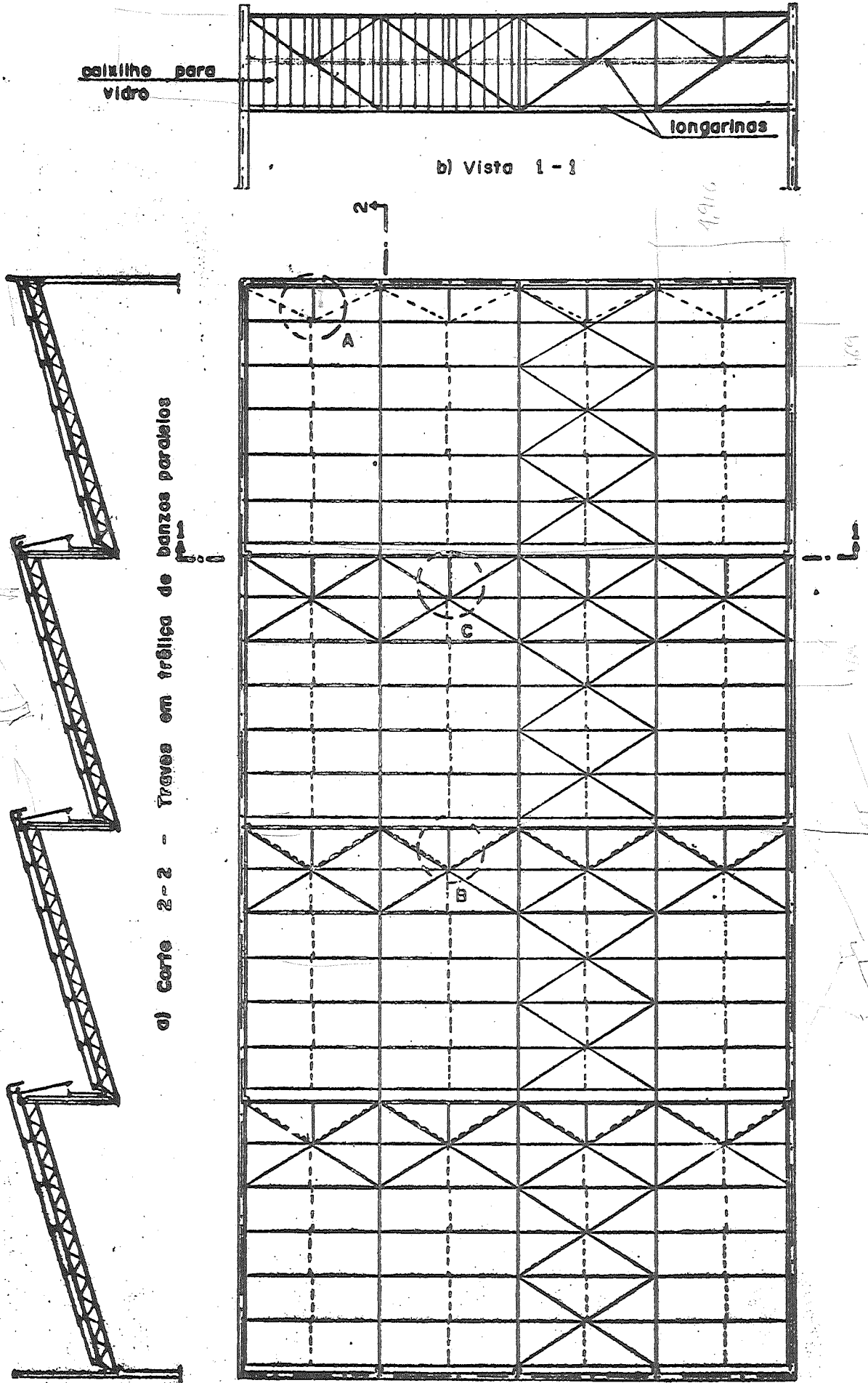


Fig. II - 4

## DETALHES DA ESTRUTURA

### CONTRAVENTAMENTO DO BANZO SUPERIOR DA VIGA MESTRA - ESQUEMA ESTÁTICO

A trave de contraventamento é constituída pelo banzo superior da Viga Mestra, uma fila de terças; partes das Traves do Telhado compreendidas entre esses dois elementos e diagonais consideradas como resistentes somente à tração.

Para o carregamento resultante do vento conforme o indicado na Fig. II - 5, são consideradas somente as diagonais representadas com traço contínuo. Se o sentido das cargas fosse invertido, seriam consideradas somente as diagonais representadas com traço interrompido. Para descarregar distributivamente essas cargas nas paredes laterais e manter o alinhamento das terças aí embutidas (quando não existem as Traves do Telhado laterais), devem ser colocadas cantoneiras rentes a essas paredes e ligadas nas terças extremas.

### FIXAÇÃO DE CORRENTES

#### DETALHE A (JUNTO AO OUTÃO SEM VIGA MESTRA)

Os pontos intermediários das terças são impedidos de se deslocarem, no plano da cobertura, pelas "correntes" (barra redonda) ou barras rígidas que se ligam aos pontos fixados pelas diagonais (Fig. II - 6).

#### DETALHE B (NOS PLANOS AONDE EXISTEM OS BANZOS SUPERIORES DAS VIGAS MES

#### TRAS

Para fixar os pontos intermediários das terças situadas nos demais planos, nos quais existem também os banzos superiores das Vigas Mestras, são utilizadas as diagonais de barra redonda que, partindo dos pontos fixos das Traves do Telhado, ligam-se diretamente àqueles pontos das terças. Essas terças necessitam de furos ovalizados para se ligarem à essas diagonais (Fig. II - 7).

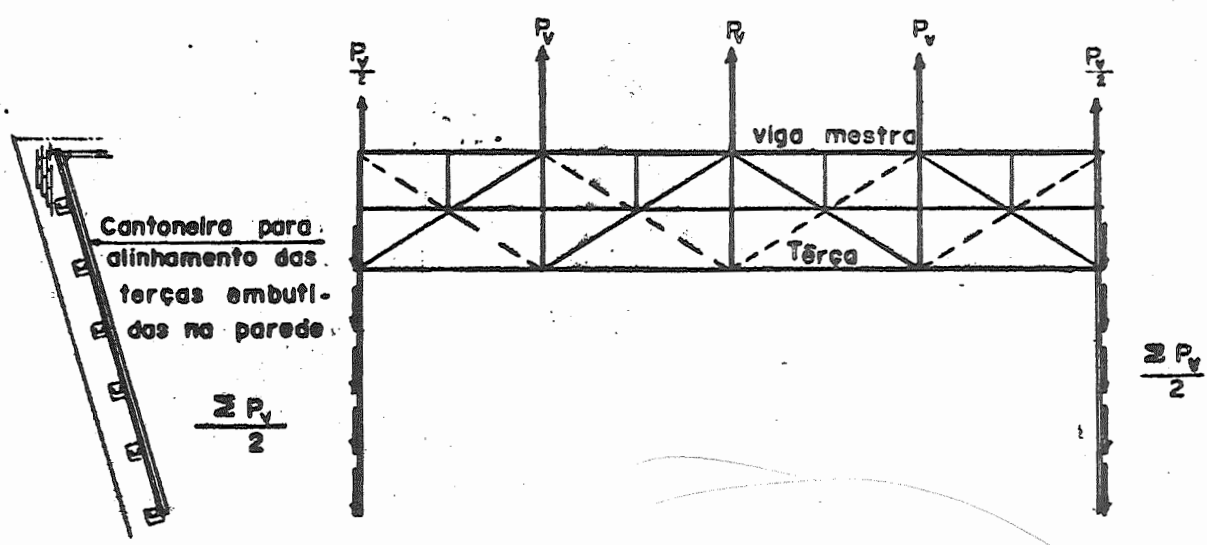
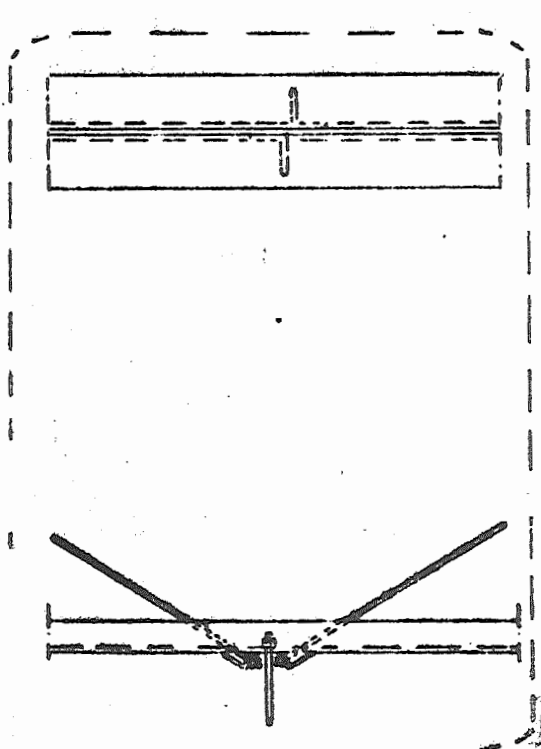
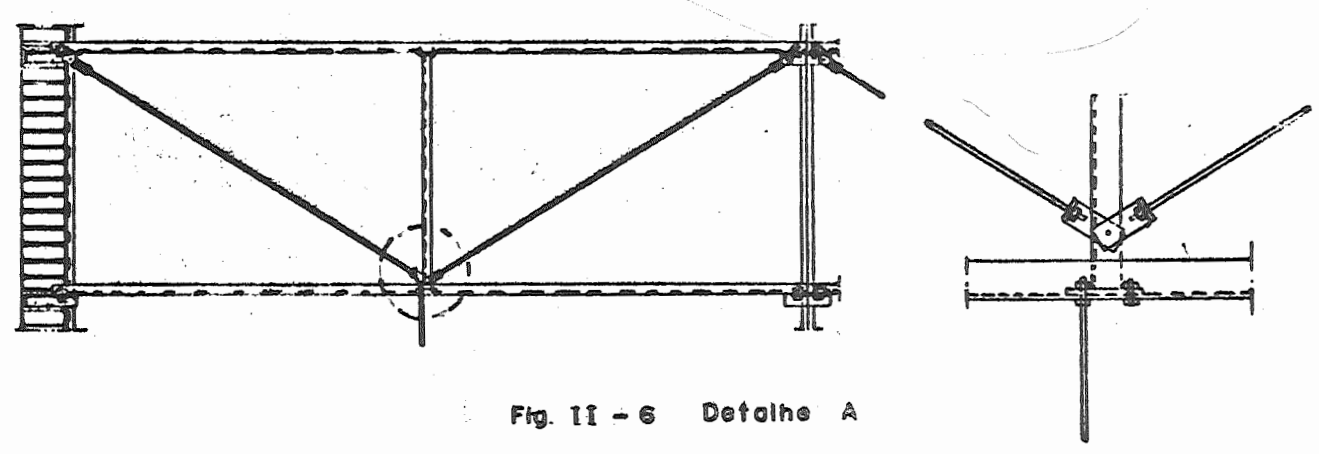


Fig II - 5 Contraventamento do banzo superior da viga mestra



DETALHE C (Fig. II - 8)

No detalhe C é mostrado uma variante do modo de se fixar o ponto intermediário da terça. Este ponto é ligado, através de uma barra redonda, ao ponto do banzo superior da Viga Mestra, fixo pelo contraventamento.

TERÇA REFORÇADA (Fig. II - 9)

A terça que participa no contraventamento, pode ser reforçada por meio de uma cantoneira aplicada na sua aba superior ou inferior.

As juntas dessas terças, nas fixações às Traves do Telhado, devem ser cobertas por cobrejuntas que permitam a continuidade na transmissão do esforço normal, pois, essas terças fazem o papel de barras do banzo da trave de contraventamento.

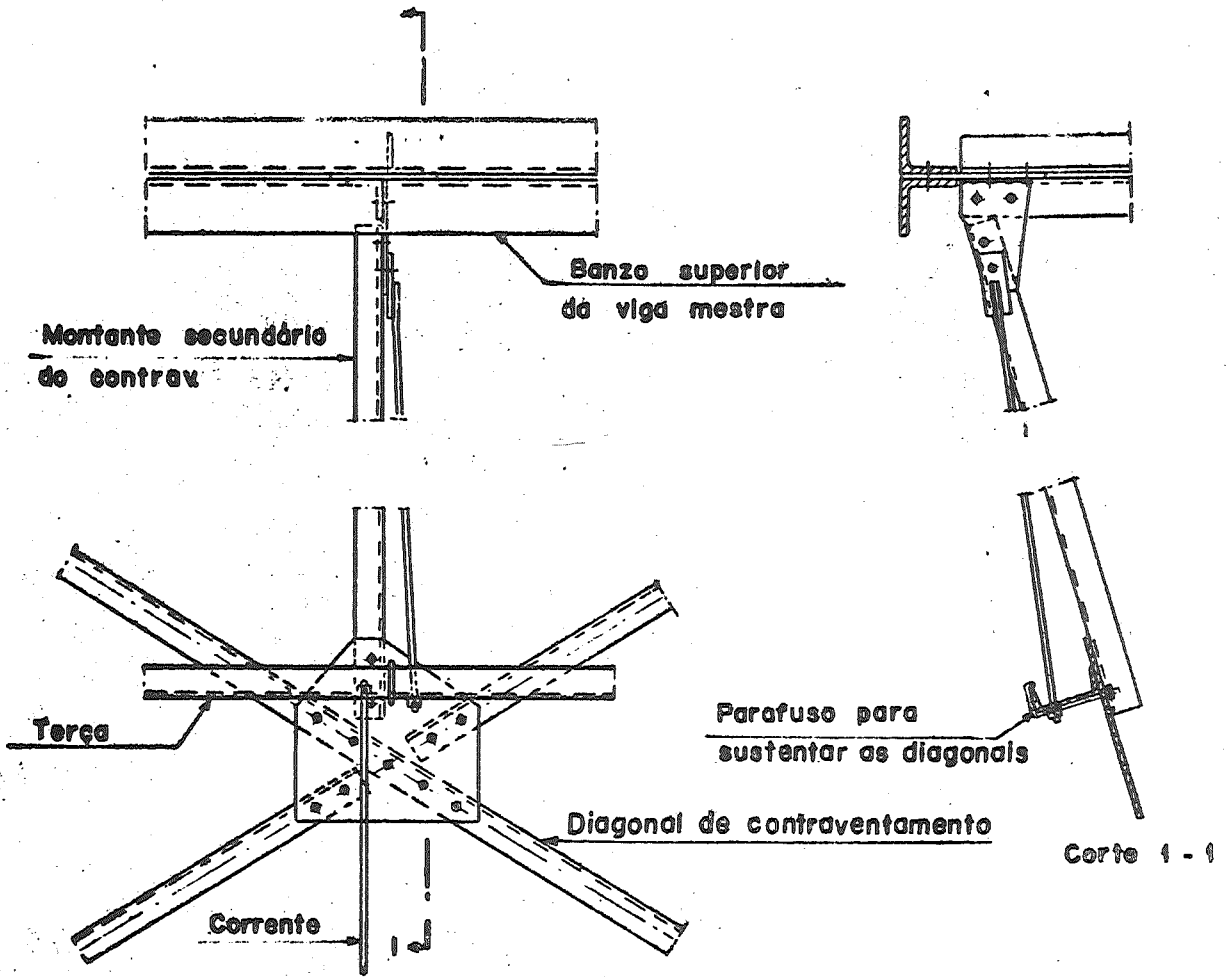


Fig. II- 8 Detalhe C (Variante do modo de fixação da corrente mostrado no detalhe B)

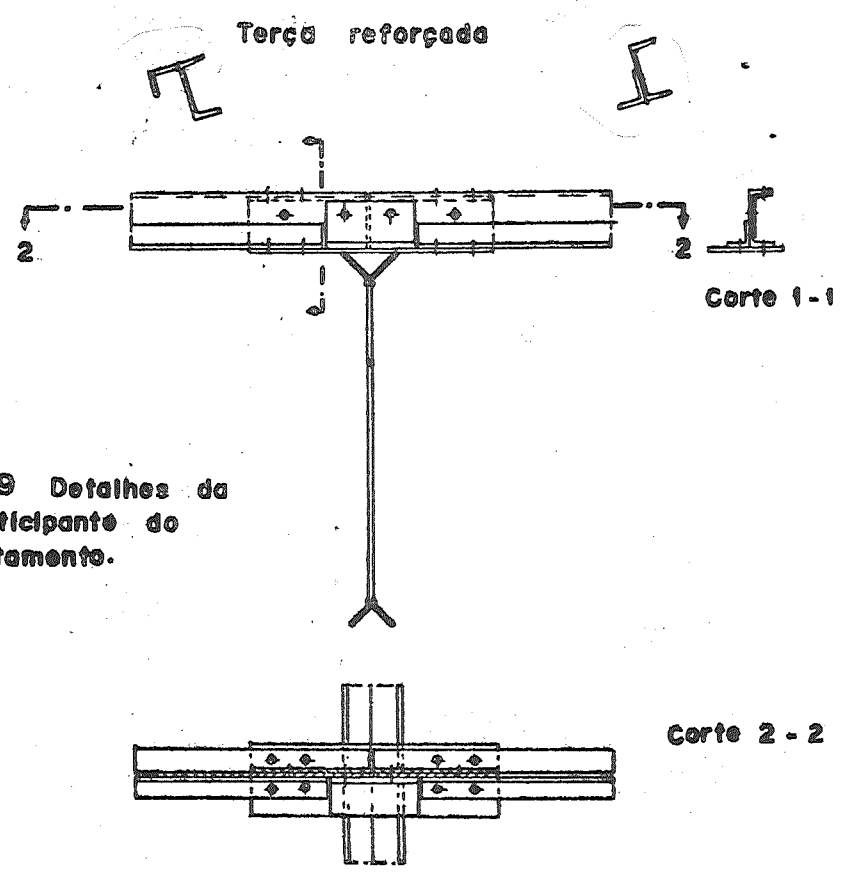


Fig. II - 9 Detalhes da terça participante do contraventamento.



### TRAVES DO TELHADO EM ALMA CHEIA

Na Fig. II - 10 são mostrados os detalhes das ligações das Traves do Telhado constituídos de Perfil U, ao montante da Viga Mestra de Perfil I. Como essas traves são engastadas nesse montante, as suas extremidades são reforçadas e alargadas, para que os parafusos aplicados nas chapas soldadas de seus topos possam transmitir os momentos fletores.

A calha é suportada por braçadeiras de "ferro chato" que se apoiam na longarina inferior da parte de iluminação e na última terça. Esta é elevada em relação à Trave do Telhado, a fim de que haja espaço suficiente para a calha. Entretanto, essa elevação acarreta a variação do plano da última fila de telhas em relação às demais, trazendo problemas de vedação e assentamento das telhas.

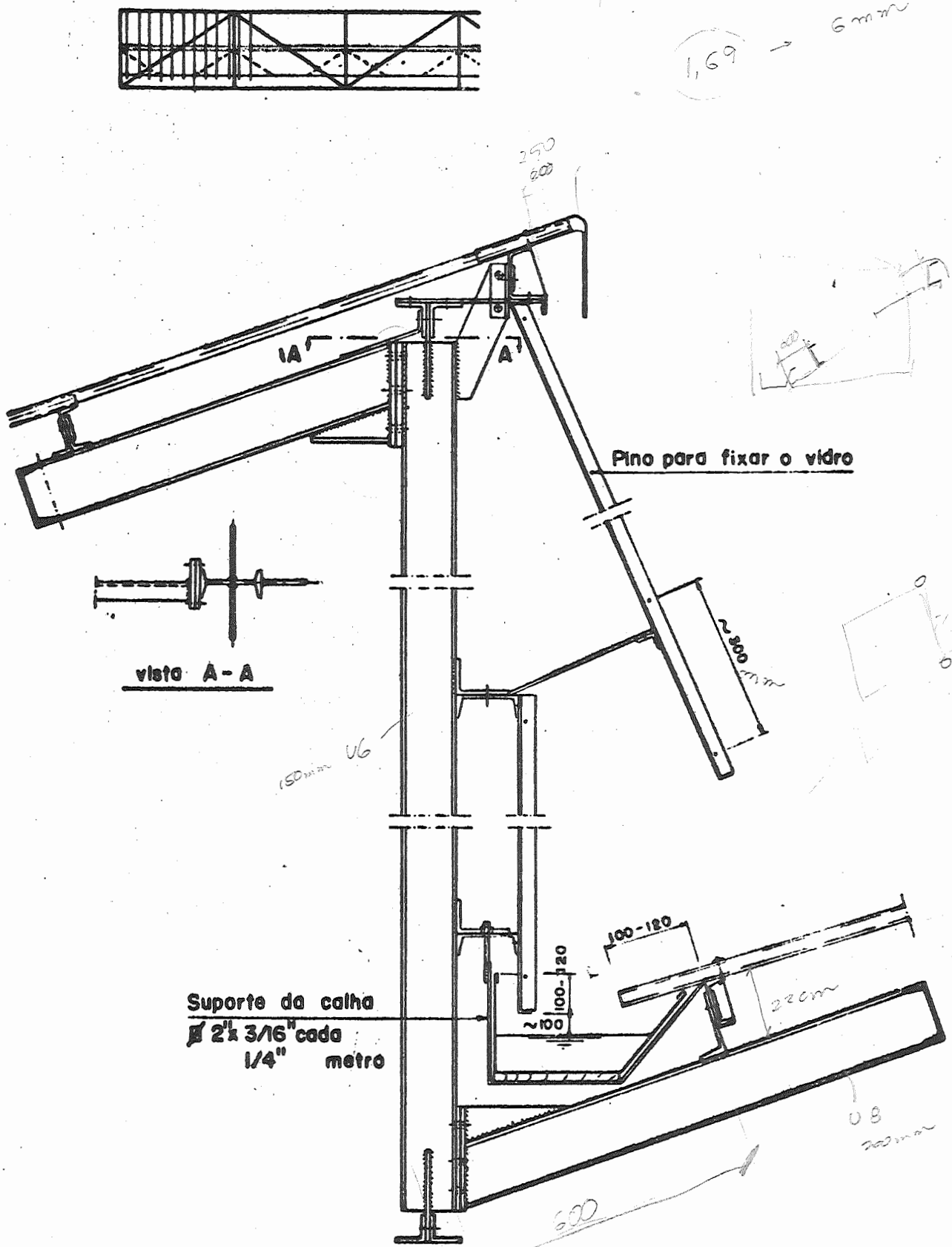


Fig. II - 10 Traves do telhado em alma cheia engastadas no montante

TRAVES DO TELHADO EM TRELIÇA DE BANZOS PARALELOS

As Traves do Telhado da Fig. II - 12 são constituídas de cantoneiras - dispostas em forma de V nos banzos, e diagonais de barra redonda. As suas extremidades superiores são engastadas nos montantes de perfil I das Vigas Mestras e as inferiores articuladas. Essas extremidades são enrijecidas por chapas de 4 a 5 mm de espessura, para que possam absorver os momentos fletores.

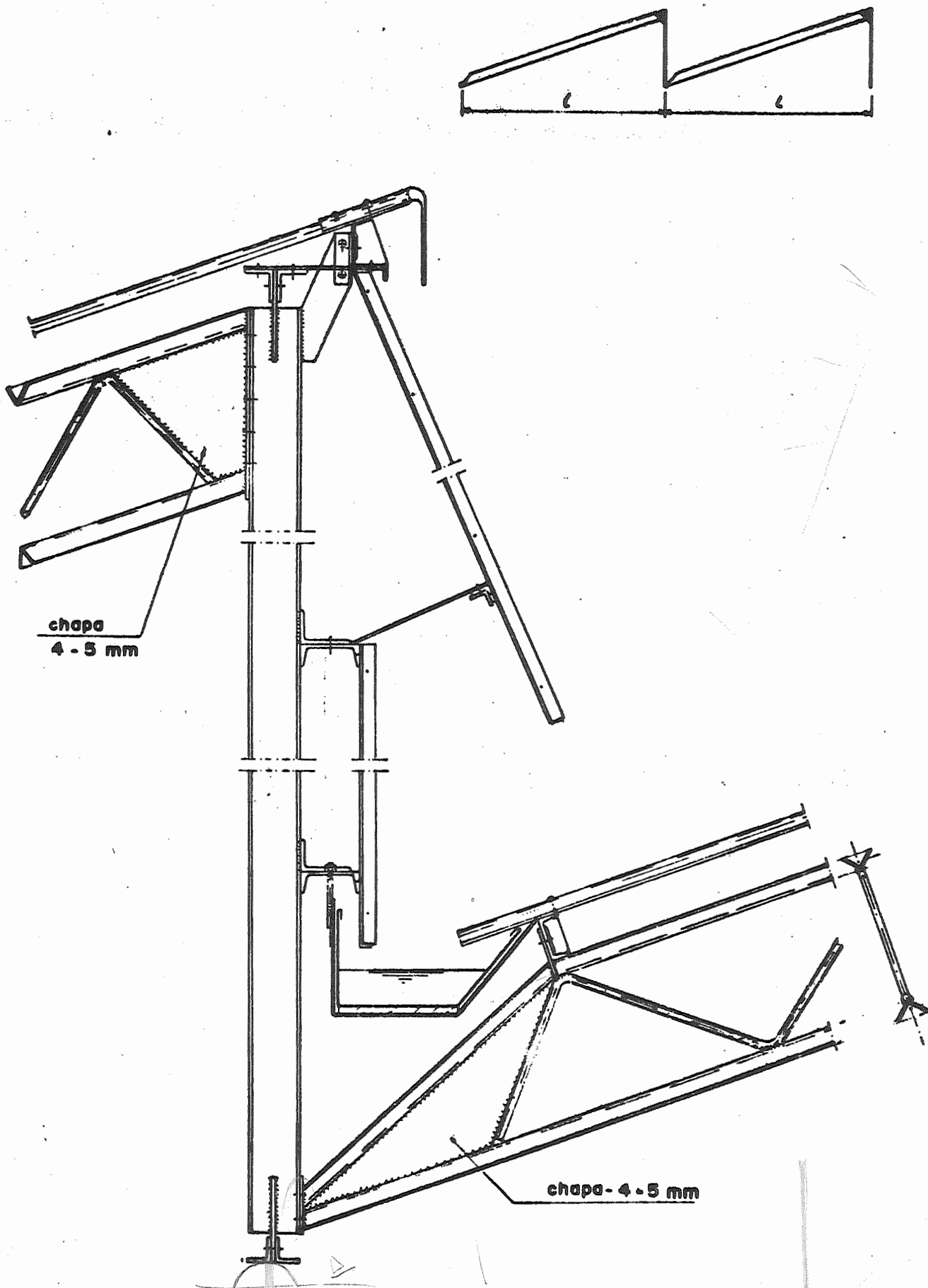


Fig. II - 12 Traves engastada-articulada

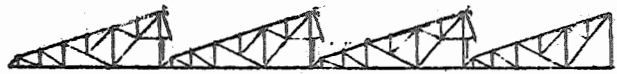
### TRAVES DO TELHADO EM TRELIÇA TRIANGULAR (Fig. II - 13)

As Traves do Telhado em treliça triangular é o tipo mais antigo e foi usado principalmente na primeira metade deste século.

O aspecto interior da estrutura com tais elementos é desagradável, por causa da grande quantidade de barras que obstrói parcialmente a parte de iluminação.

Como os montantes das Vigas Mestras são constituídos de cantoneiras, nesse caso, e eles não tem capacidades para absorverem os momentos fletores, as cargas horizontais provenientes das longarinas da parte de iluminação devem ser transmitidas diretamente aos nós das Traves do Telhado, através de barras rígidas que ligam esses pontos.

Para a estrutura global, podem ser eliminados os contraventamentos ao longo dos banzos superiores das Vigas Mestras intermediárias pois, seus nós situados nesses elementos ficam indeslocáveis lateralmente devido à continuidade dos banzos inferiores das Traves do Telhado.



Traves em treliça triangular

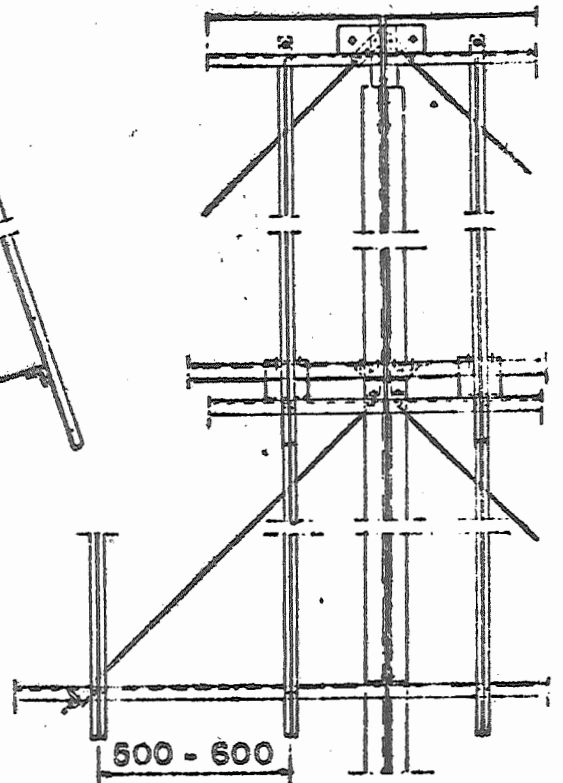
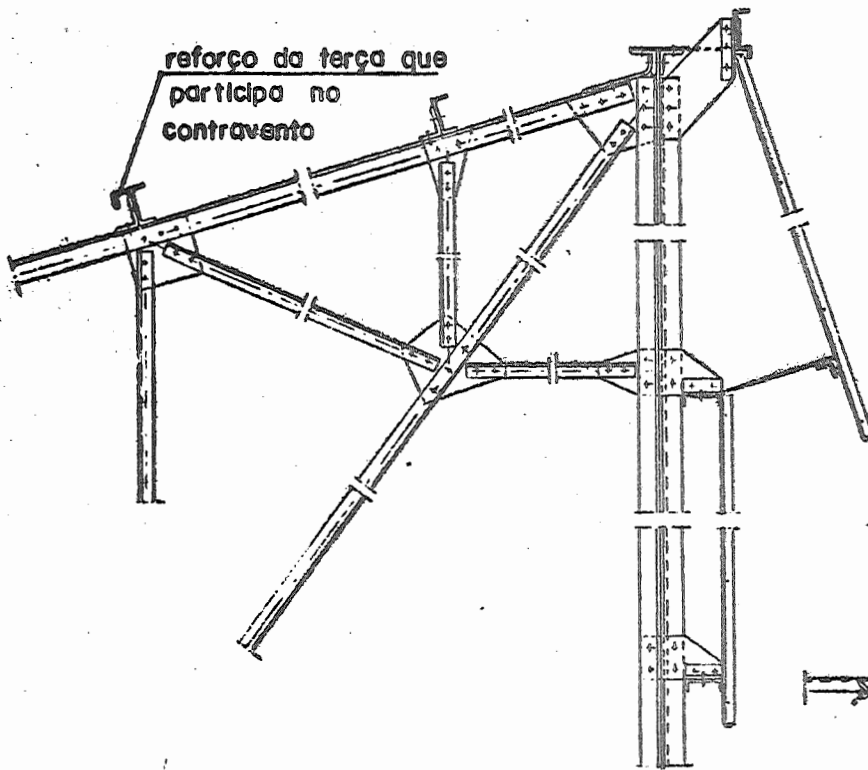
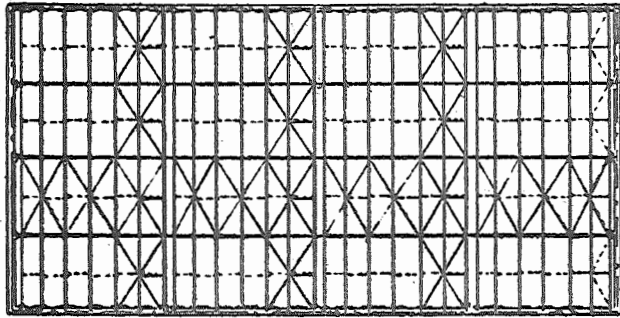


Fig II - 13 Detalhes da Trave do Telhado em forma de treliça triangular e da armação para vidros

**PARTE III - ANEXOS**

**DETALHES ESTRUTURAIS**

Fig. III - la.

O esquema apresenta o esqueleto metálico de um edifício industrial para telhado tipo Shed, suportado pelas colunas metálicas. No edifício não está prevista a instalação de ponte rolante.

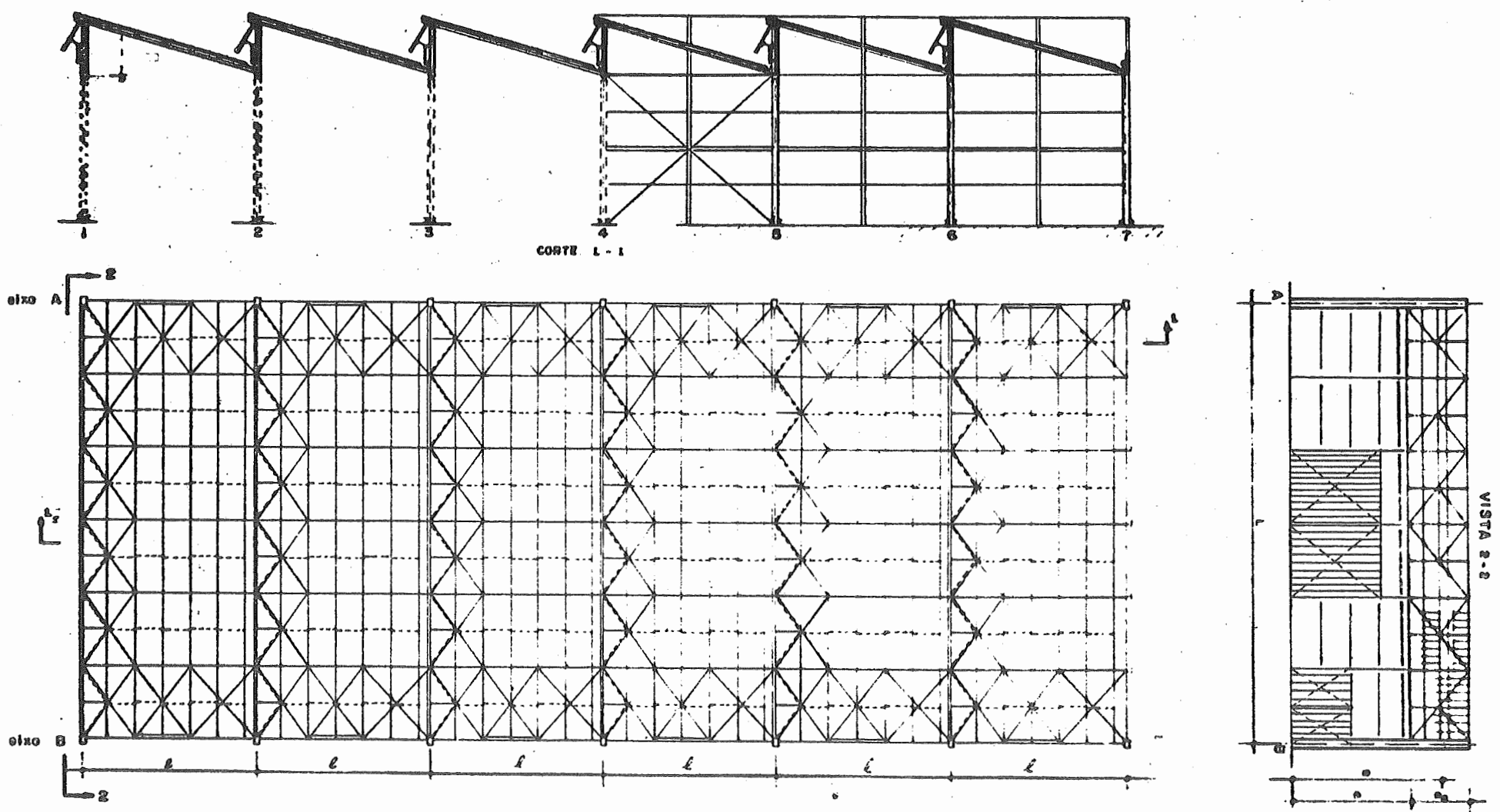
Entre a Trave do Telhado externa e a sua consecutiva, está previsto o contraventamento. As treliças deste contraventamento recebem o carregamento devido ao vento sobre as paredes, transmitindo-as aos pórticos transversais do edifício. O mesmo contraventamento serve para proporcionar a estabilidade lateral das Traves.

No nível do banzo inferior da primeira Viga Mestra do edifício, existe uma treliça horizontal que absorve a pressão do vento na parte superior do revestimento transversal e transmite este carregamento às filas das colunas principais do edifício. Pelas cintas e contraventamentos verticais entre colunas, a carga resultante será transmitida às fundações.

O mesmo caminho terão as componentes horizontais das cargas devido ao vento sobre o telhado.



FIG. III-16 - ESQUEMA DE EDIFÍCIO INDUSTRIAL COM TELHADO DO TIPO "SHED"



PLANTA DA ESTRUTURA DO TELHADO

Fig. III - 1.b

A composição da estrutura do telhado, apoiada pelas paredes de alve  
naria auto-portante, difere do exemplo anterior, pelo esquema de contraventamento  
longitudinal e ausência das Vigas Mestras nas extremidades.

FIG. III - 1 b - TELHADO EM SHED SOBRE PAREDES DE ALVENARIA

CORTE A-A

$i\%$

5 x  $\ell$

TRAVE DO  
TELHADO

CONTRAVENTAMENTO DO BANZO  
SUPERIOR DA VIGA MESTRA

VIGAS MESTRAS

→ B

CORTE B-B

DIAGONAL

MONTANTE

VIGA MESTRA  
BANZO SUPERIOR

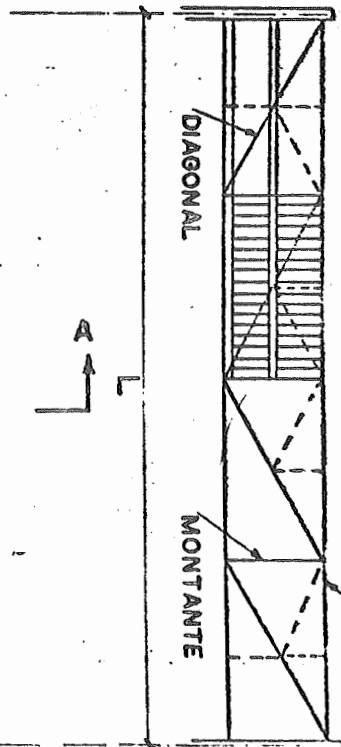
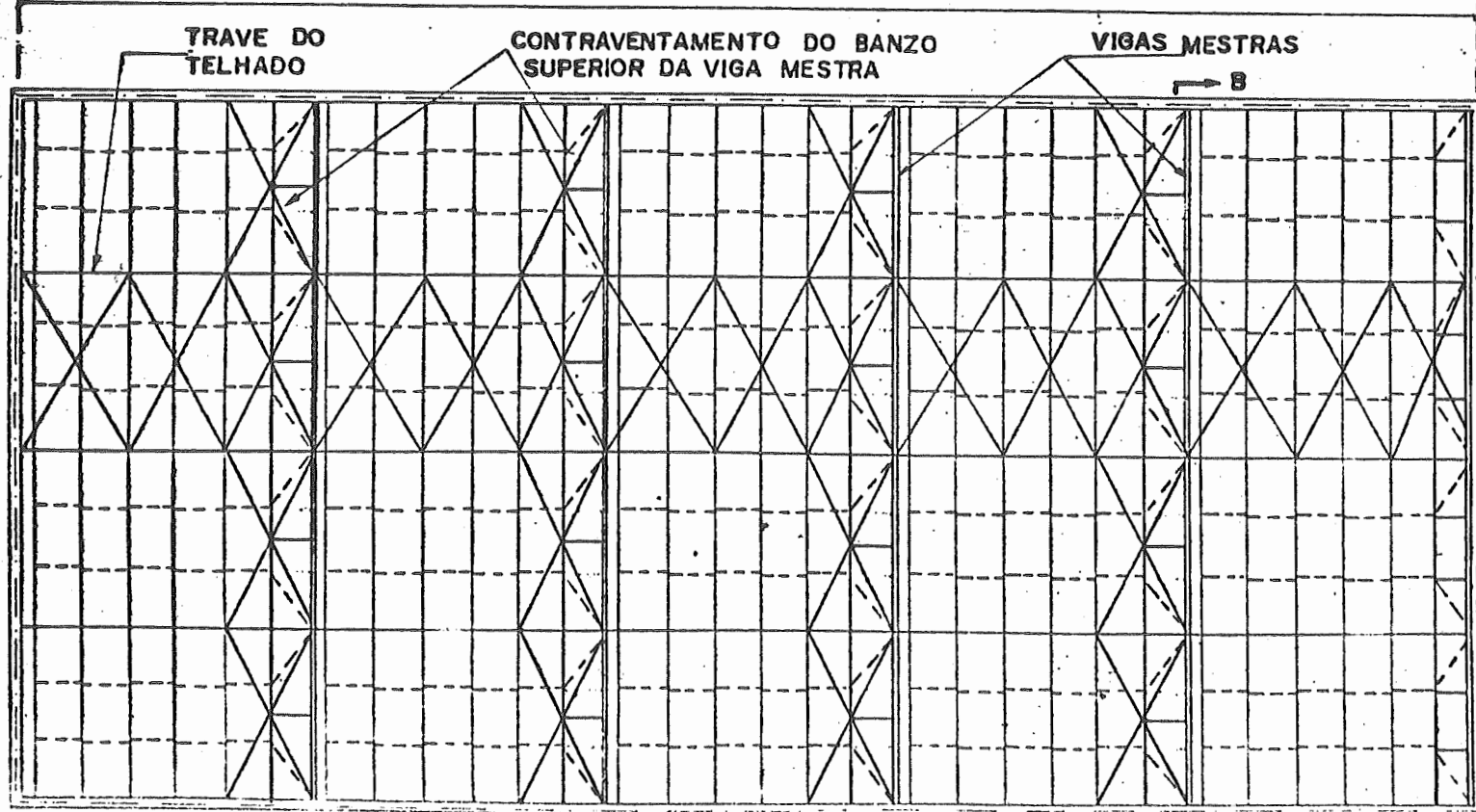
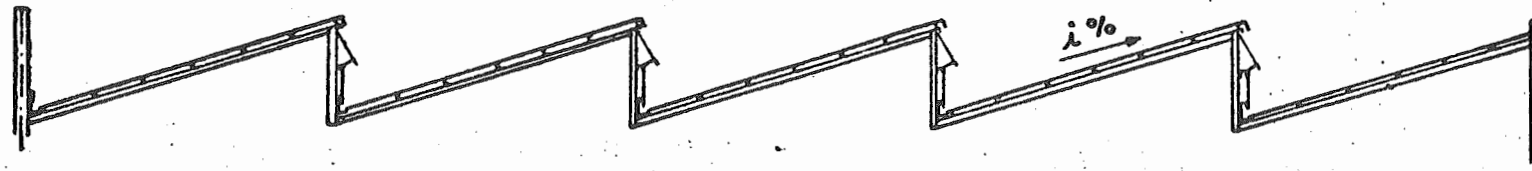


Fig. III - 2

Contraventamento entre tesouras no nível dos banzos superiores.

Fig. III - 3.a

Contraventamento entre tesouras no nível dos banzos inferiores. O contraventamento longitudinal contribui para a redistribuição da carga horizontal transversal entre colunas. O contraventamento transversal permite conservar o banzo inferior perfeitamente alinhado. Na extremidade, este contraventamento serve como apoio superior para colunetas da parede transversal.

O contraventamento vertical entre colunas garante a estabilidade longitudinal do esqueleto metálico e transmite a carga horizontal longitudinal para as fundações.

Fig. III - 4

Contraventamento horizontal no nível dos banzos inferiores das tesouras:

a) efeito da carga horizontal concentrada em um pórtico, na ausência do contraventamento longitudinal;

b) efeito da mesma carga no caso de existência de contraventamento longitudinal.

Fig. III - 5

Composição da estrutura do edifício industrial com contraventamento entre os elementos principais.

- 1) Colunas 2) Tesoura 3) Viga de rolamento
- 4) Passadiço na parte superior da viga de rolamento, considerado como trave horizontal para absorção da carga devido à frenagem do carrinho da ponte rolante.
- 5) Lanternim sobre tesoura
- 6) Contraventamento vertical entre colunas
- 7) Contraventamento superior entre as tesouras
- 8) Contraventamento vertical na parte superior da coluna.
- 9) Longarina da parede. Ela pode ser utilizada como cinta entre colunas, para diminuir o comprimento de flambagem.
- 10) Terças do telhado.
- 11) Cinta superior entre colunas (pode ser utilizada como banzo do contraventamento horizontal longitudinal).
- 12) Contraventamento horizontal longitudinal no nível dos banzos superiores das tesouras.

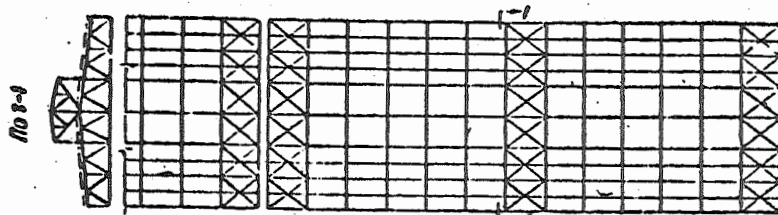


FIG. III - 2

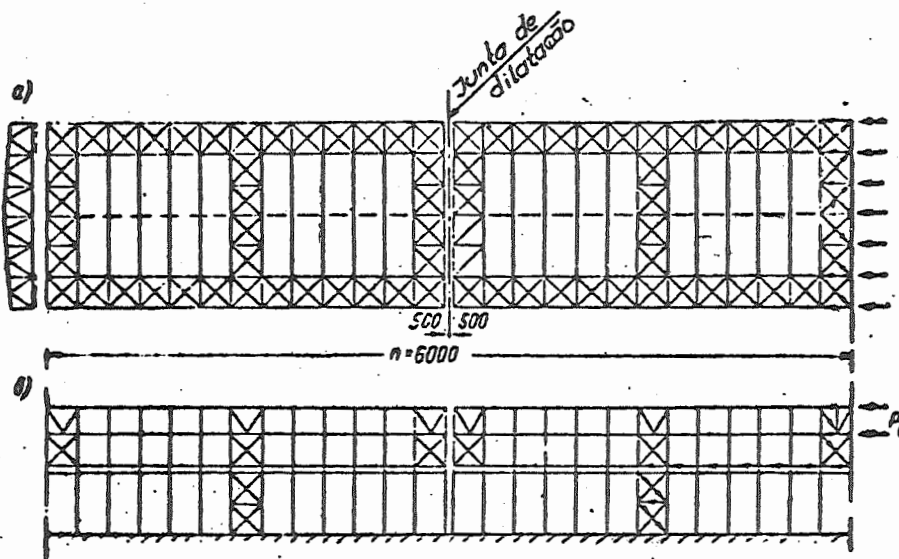


FIG. III - 3

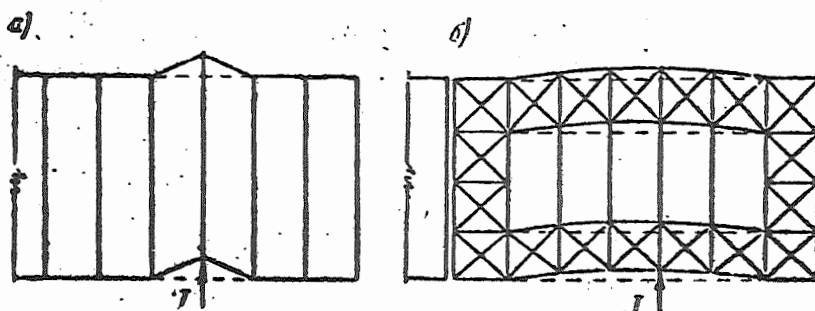


FIG. III - 4

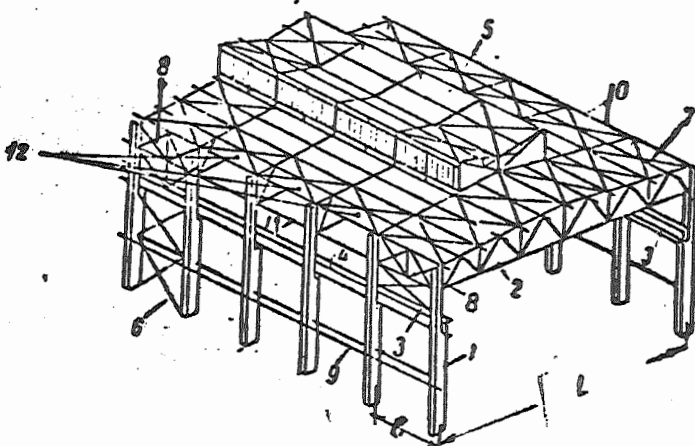


Fig. III - 6.aTelhado em "Shed"

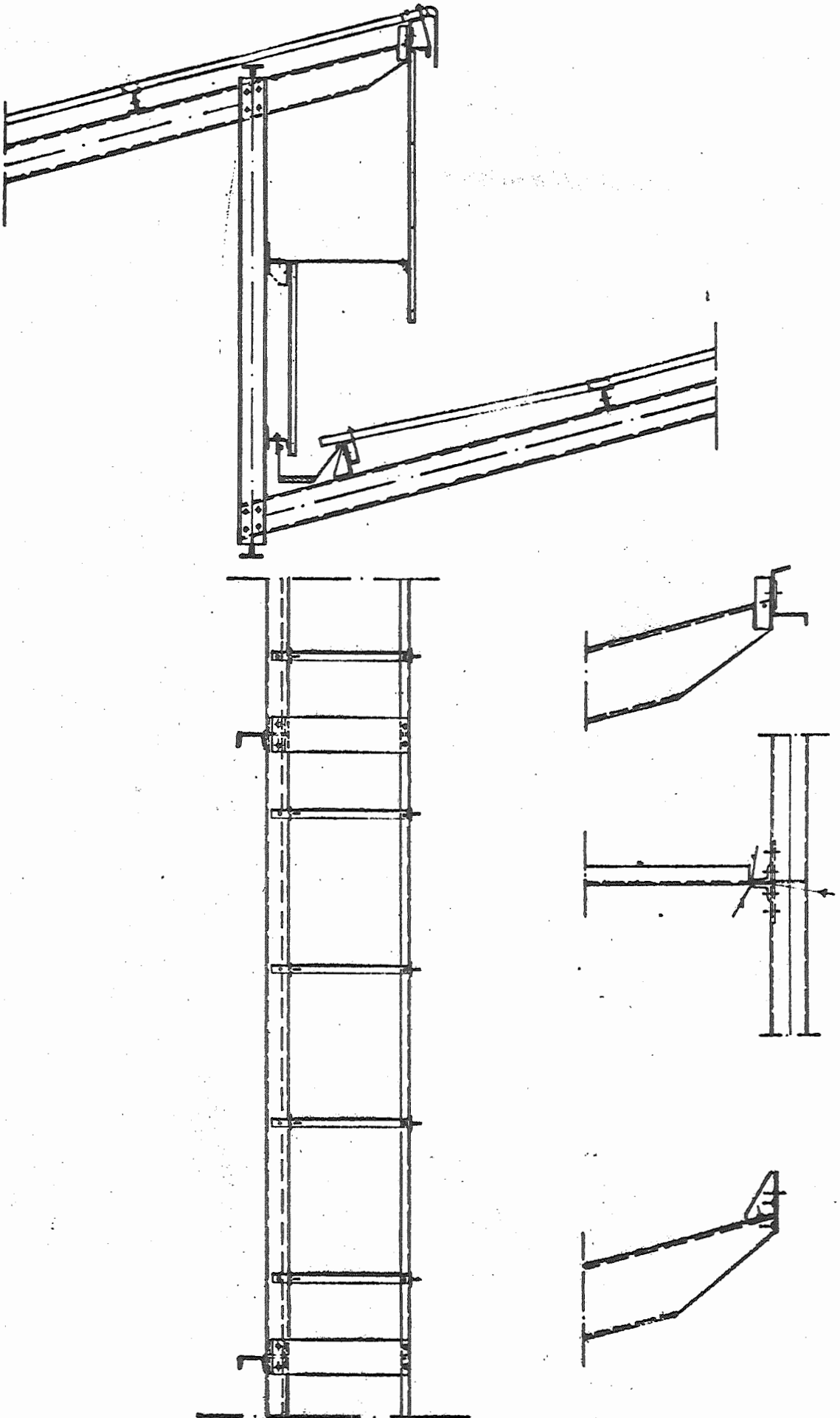
A parte envidraçada está constituída pela armação metálica vertical, em dois planos paralelos, deslocados para possibilitar a ventilação.

Este tipo de armação para a parte envidraçada permite proporcionar maior abertura para a saída de ar poluído, além de ser construtivamente mais simples, comparando-se com o tipo convencional com a parte superior inclinada (fig. III-7).

A viga Mestra tem montantes de secção resistente ao momento fletor e portanto com a possibilidade de engastar as traves do telhado nas suas extremidades. O consolo, suporte da armação metálica superior, é proporcionado pelo prolongamento da trave. Este tipo de estrutura exige a secção do montante e da trave do Telhado em forma de U, para a fixação direta das almas de ambos os perfis. Tal ligação é possível no caso de treliça rômica da Viga Mestra.

Quando existem as chapas de nós de treliça, de ambos os lados do eixo do montante, é necessário separar o consolo da Trave do Telhado, adotando-se preferentemente para o montante, perfil I, fixado às Traves e ao consolo por intermédio de flanges (ver fig. III-7).

FIG. III-60 - ESTRUTURA DO TELHADO EM SHED  
LIGAÇÃO DAS TRAVES C/A VIGA-MESTRA (MONTANTES DE PERFIL U)  
PARTE ENVIDRAÇADA E CALHA NO CORTE TRANSVERSAL



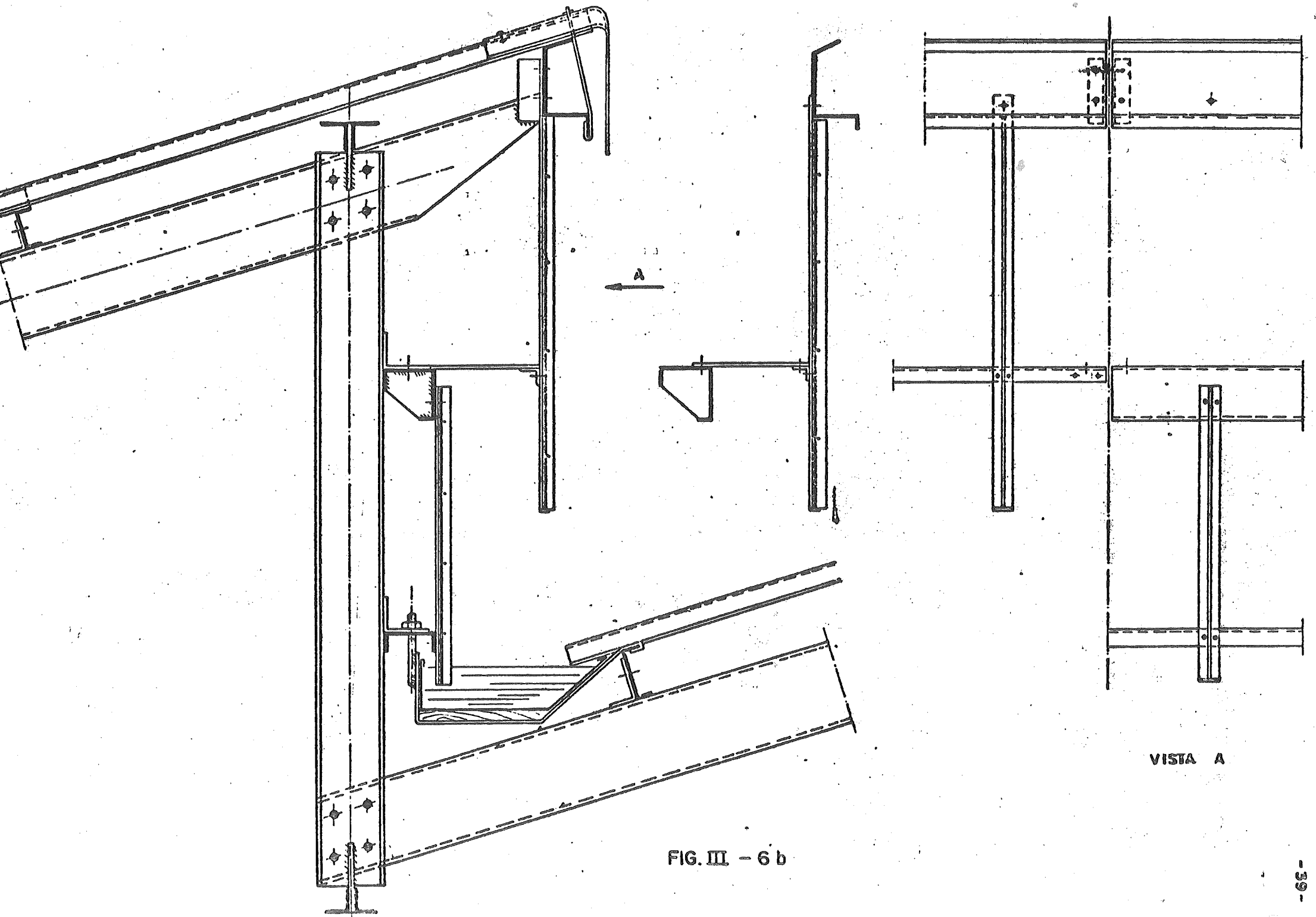


FIG. III - 6 b

VISTA A



Fig. III - 7

Estrutura do telhado em Shed. O montante é constituído de perfil I (4" - 8"). As Traves do Telhado estão ligadas com o montante por intermédio das chapas-flanges, de espessura da ordem 1/2-5/8".

A estrutura apresentada é própria para o caso de Traves do Telhado ligadas aos nós principais da Viga Mestra com treliça de sistema triangular.

A longarina intermediária é resistente aos momentos flectores provenientes de cargas horizontais e verticais e dispensa os tirantes ligados com as longarinas superiores.

A armação metálica da parte envidraçada, fixada na longarina superior, é suportada em posição inclinada pelas chapas dobradas, colocadas em afastamento de 1,0 a 1,5 m. Todos os perfis T - suportantes dos vidros no plano inclinado, estarão ligados entre si pela cantoneira longitudinal.

FIG. III- 7 - ESTRUTURA DO TELHADO EM SHED  
LIGAÇÃO DAS TRAVES C/A VIGA-MESTRA (MONTANTES DE PERFIL I )  
PARTE ENVIDRAÇADA E CALHA NO CORTE TRANSVERSAL

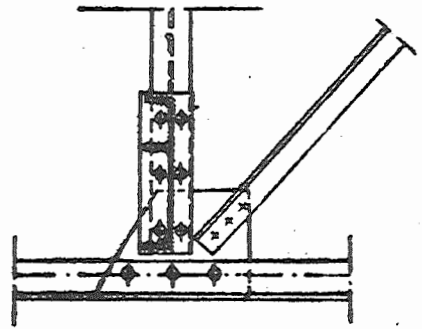
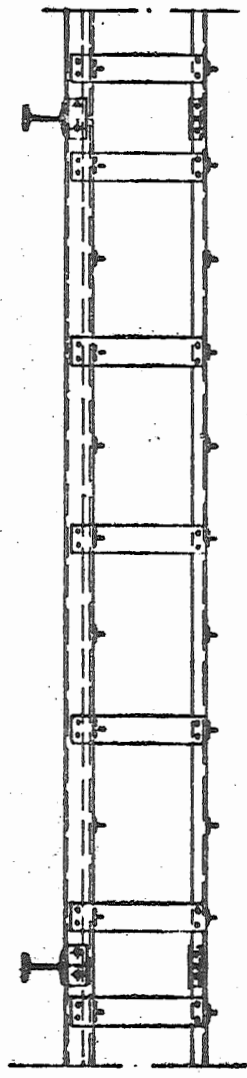
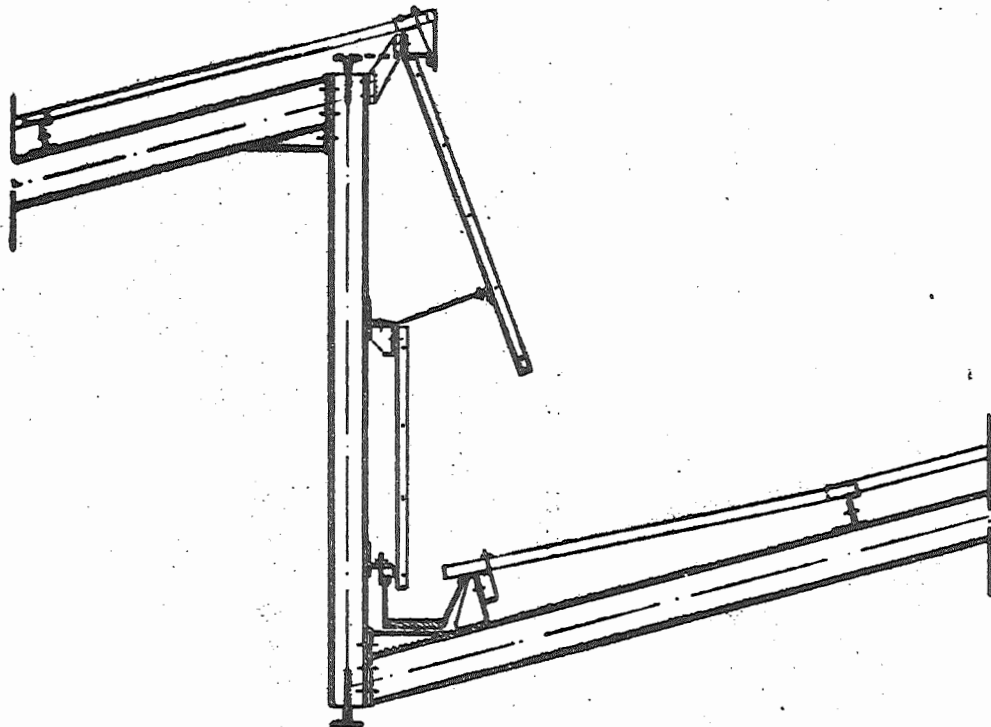


Fig. III - 8.a, b

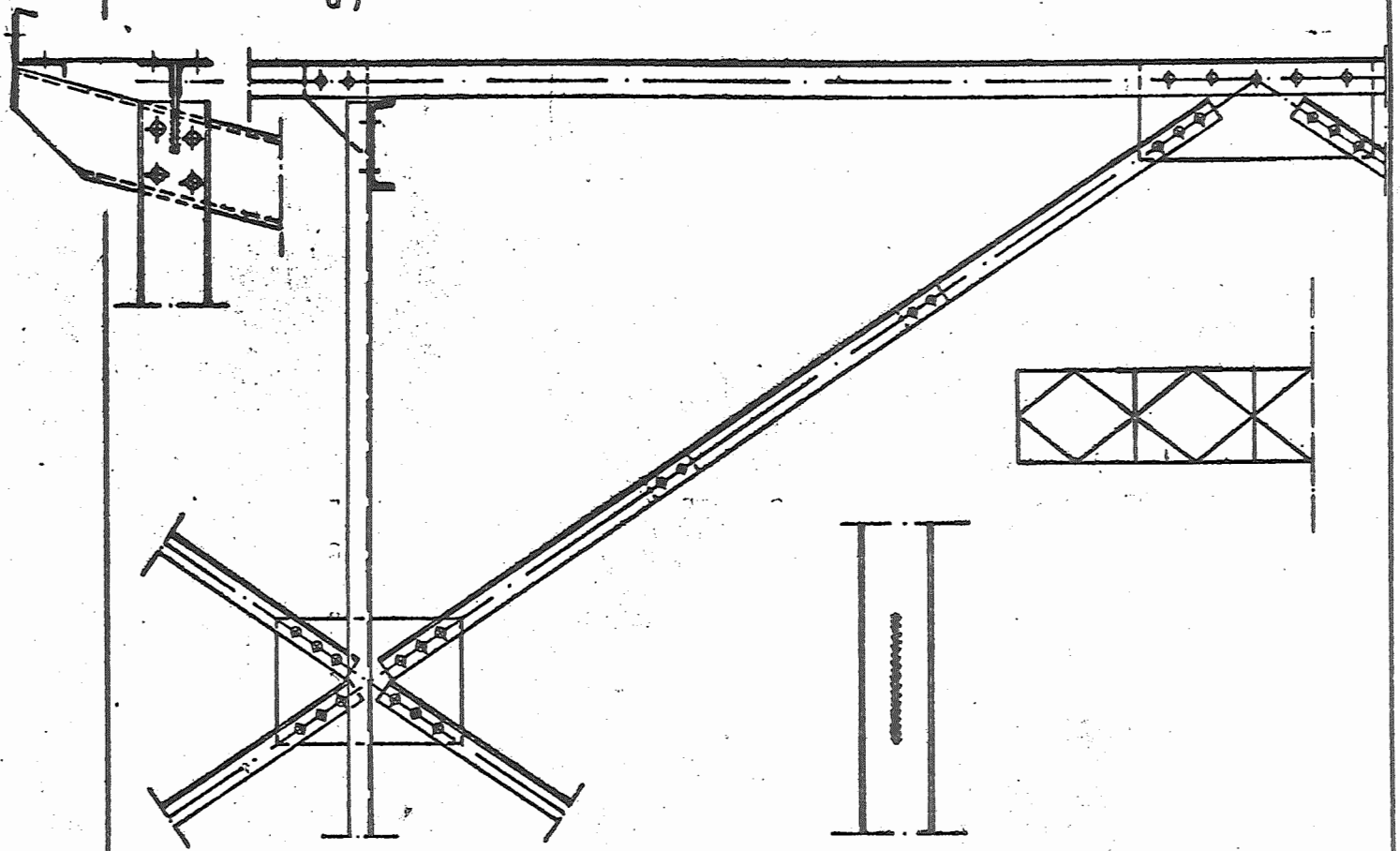
Na Fig. III - 8.a é mostrada a estrutura da Viga Mestra rômica, com montantes secundários.

As ligações dos montantes (perfil U) com os banzos são extremamente simples e permitem que as Traves do Telhado (também de perfil U), sejam fixadas por meio de suas almas, possibilitando as suas passagens através das Vigas Mes<sub>tr</sub>as.

Para formar o nó intermediário no montante, no eixo do perfil U, podem ser soldadas as chapas para a ligação das diagonais. As vezes faz-se para este caso, uma fenda na alma do montante para a passagem de uma única chapa fixada posteriormente por solda, a fim de que nessa ligação a solici<sub>t</sub>ação seja diminuída.

O espaço necessário para a colocação da calha é proporcionado pelo levantamento da primeira terça (fig. III - 8.b). Esta posição da primeira terça provoca a diminuição da inclinação da primeira telha de fibro-cimento e consequentemente, prejudica a ligação com a segunda telha.

a)



ESTRUTURA DA VIGA-MESTRA DO TELHADO EM SHED  
DETALHES DOS NÓS INFERIOR, INTERMEDIÁRIO E SUPERIOR

b)

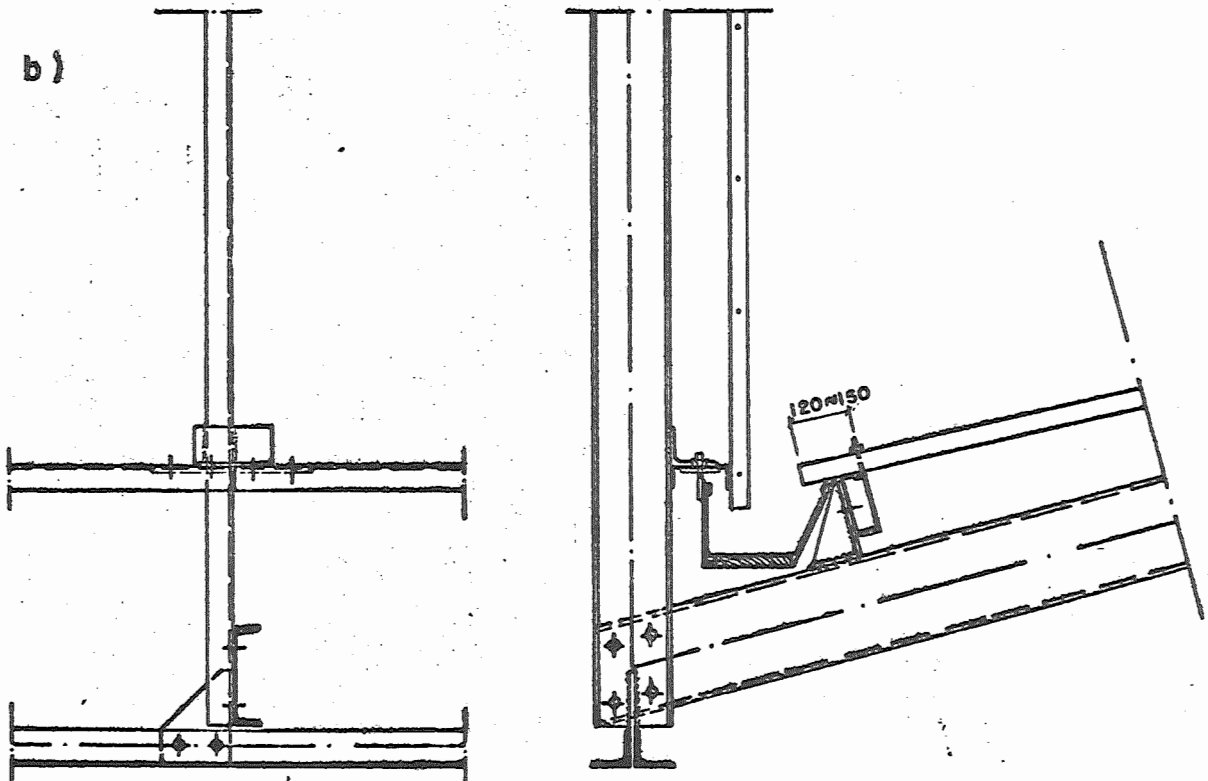


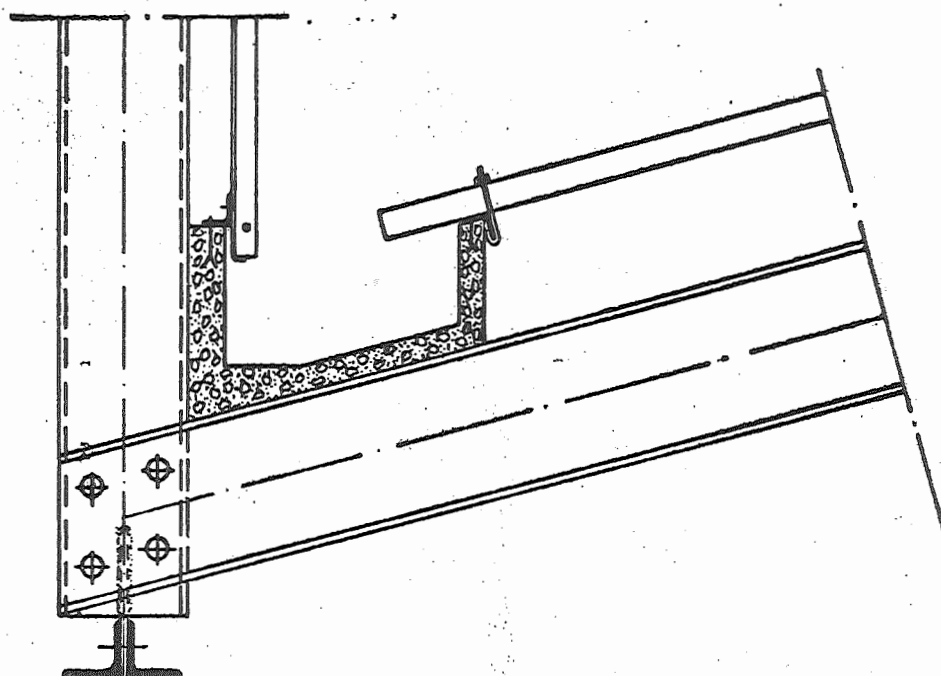
FIG. III - 8

Fig. III - 9

Na Fig. III - 9.a é apresentada a calha de concreto armado em cujas paredes estão fixadas as cantoneiras para as ligações da parte envidraçada e do telhado com o concreto.

A Fig. III - 9.b mostra o caso da calha de chapa de aço. A viga da Trave do Telhado tem uma extremidade com a inclinação aumentada para proporcionar o espaço necessário para a calha, sem levantar a última terça.

FIXAÇÃO INFERIOR DA TRAVE DE PERFIL LAMINADO À VIGA MESTRA



a) calha de concreto armado

b) calha de chapa dobrada galvanizada

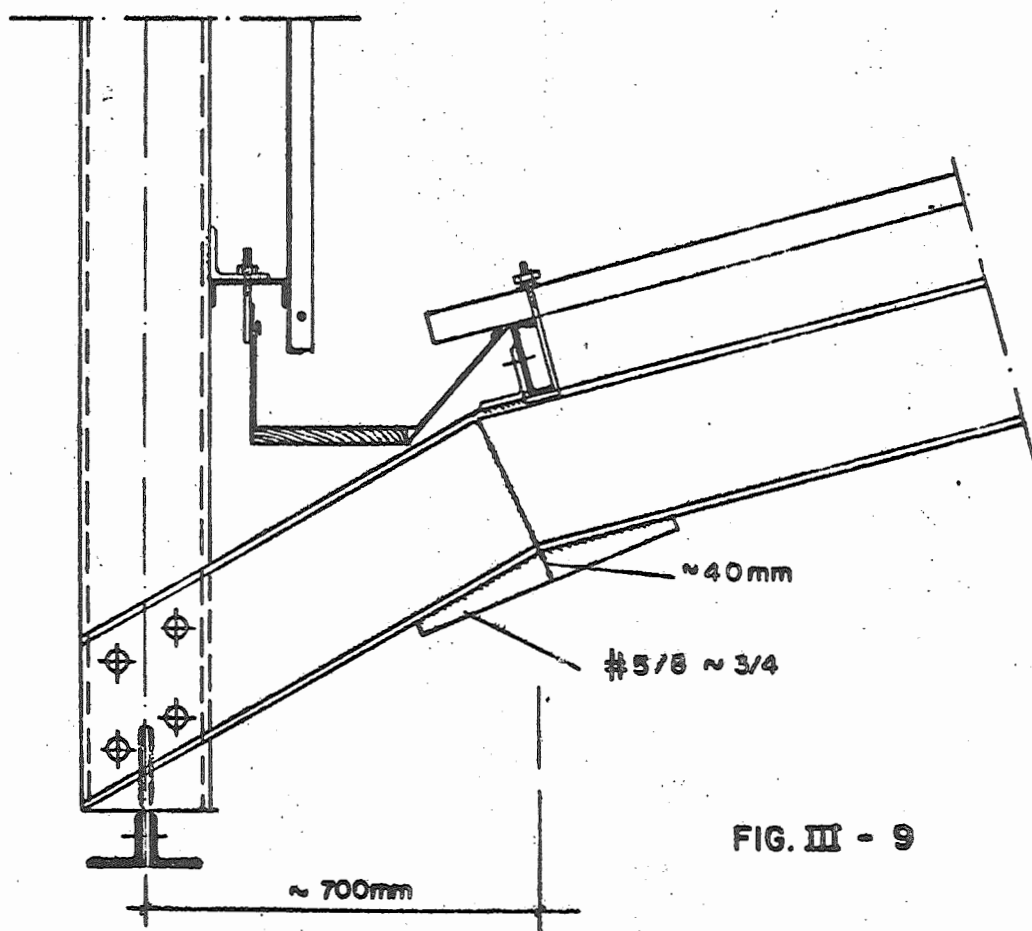


FIG. III - 9

Fig. III-10.a, b

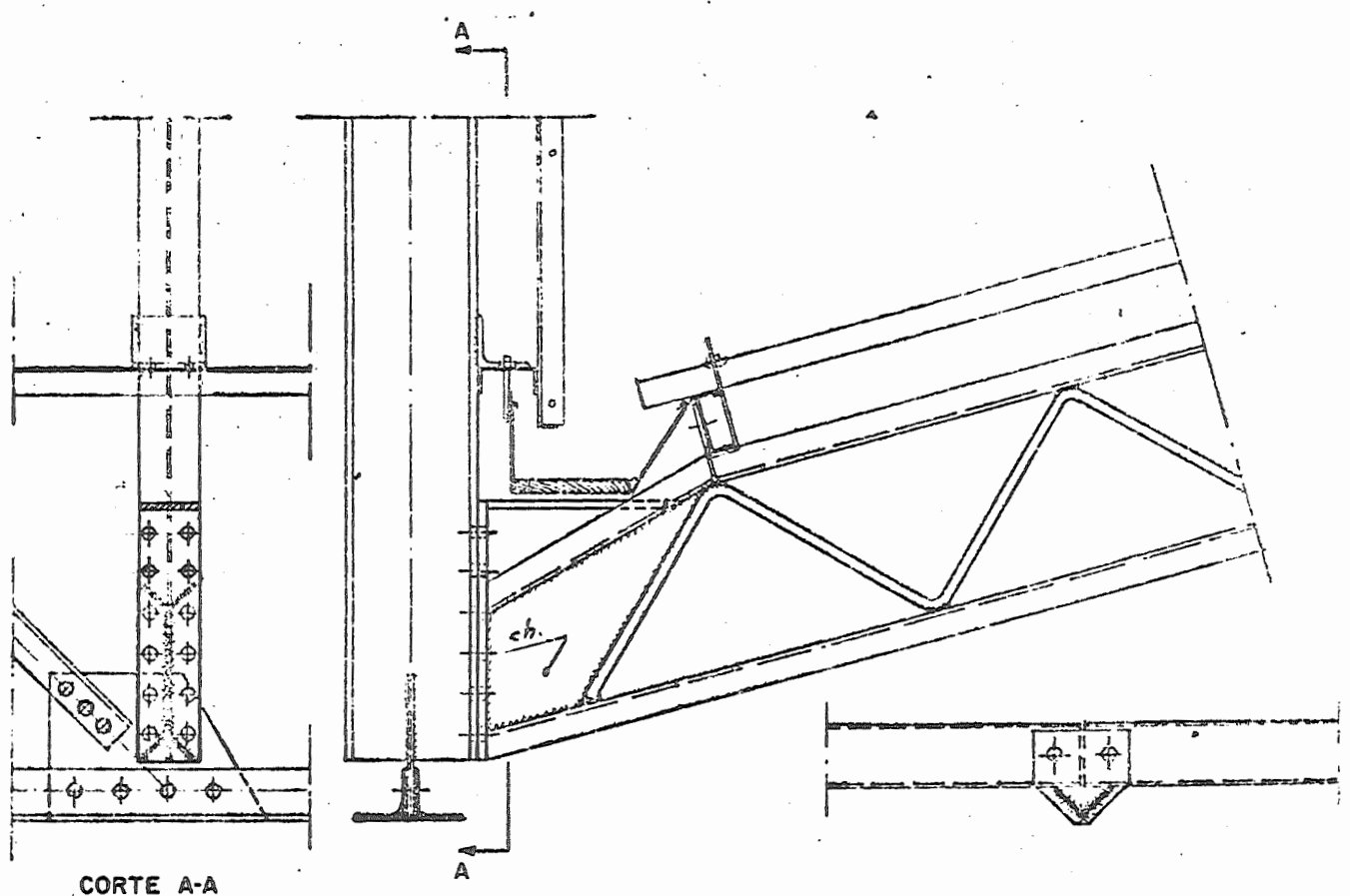
A estrutura das Traves do Telhado está constituída por treliça de tipo leve.

Cada banzo da Trave é formado por uma cantoneira, colocada simetricamente em relação ao plano da treliça. As diagonais da treliça são feitas de barra redonda, dobrada a quente em forma de "ZIG-ZAG" e soldada nos vértices das cantoneiras dos banzos.

Nas extremidades da Trave do Telhado, os espaços entre os banzos estão preenchidos pelas chapas. Para a fixação da Trave com o montante são previstas as flanges.

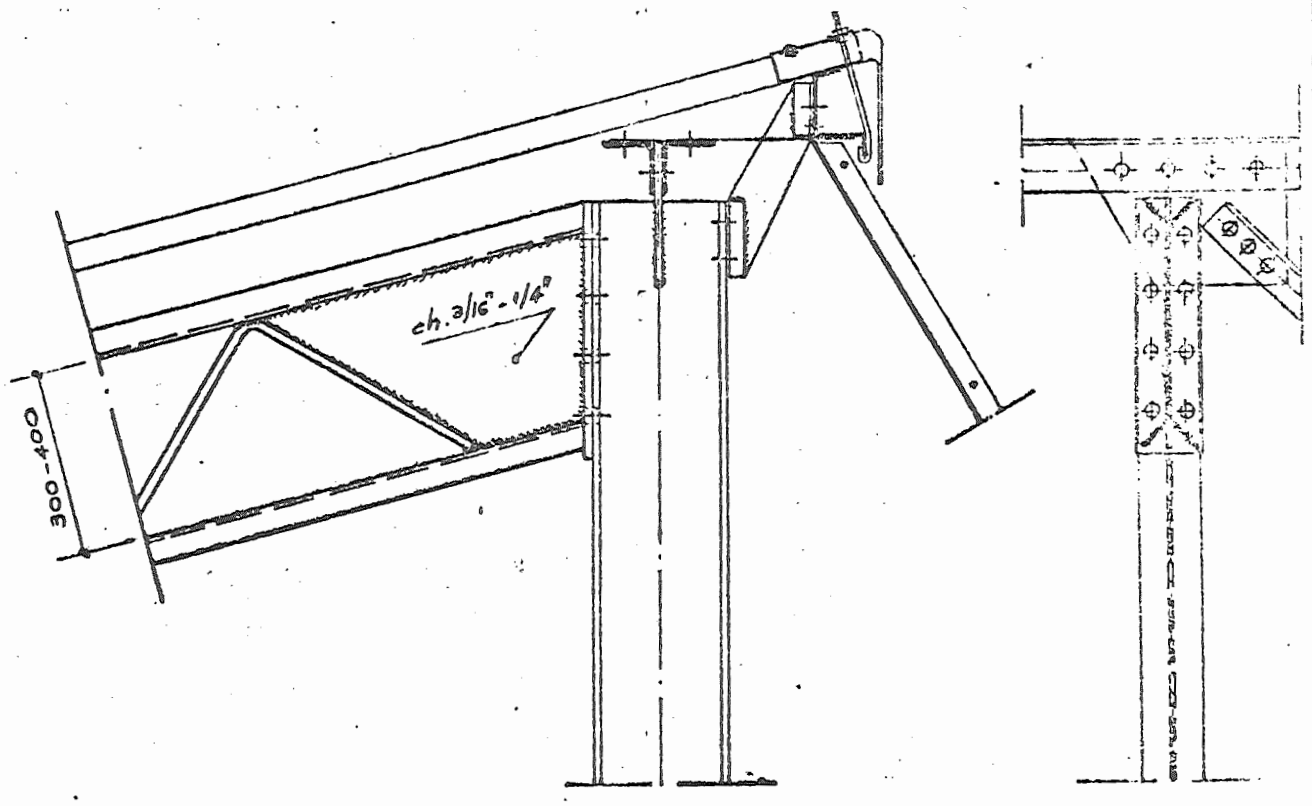
O diâmetro da barra redonda pode ser variável: menor no centro da Trave e maior nas proximidades dos apoios.

# FIG. III-10 - FIXAÇÃO DA TRAVE EM TRELIÇA À VIGA MESTRA



CORTE A-A

a) nó inferior



b) nó superior



Fig. III - 11

As Traves do Telhado apresentam o tipo de treliça convencional, tal como foram propostas pelo Eng<sup>o</sup> Shed no começo do século XX. Estes tipos de Traves são pouco usados atualmente, por serem mais trabalhosos e de mal aspecto interno nos edifícios. A forma da treliça é admitida prevendo-se o espaço necessário para a calha.

O montante da Viga Mestra está constituído pelas duas cantoneiras em cruz, imprópria portanto, para resistir ao momento fletor. Os pontos de fixações das longarinas, onde podem ser aplicadas as cargas provenientes do vento, são ligados com a treliça da Trave, por intermédio das barras secundárias. Deste modo evitam-se os momentos fletores no montante.

FIG. III-11-FIXAÇÃO DA TRAVE EM TRELIGA CONVENCIONAL À VIGA MESTRA

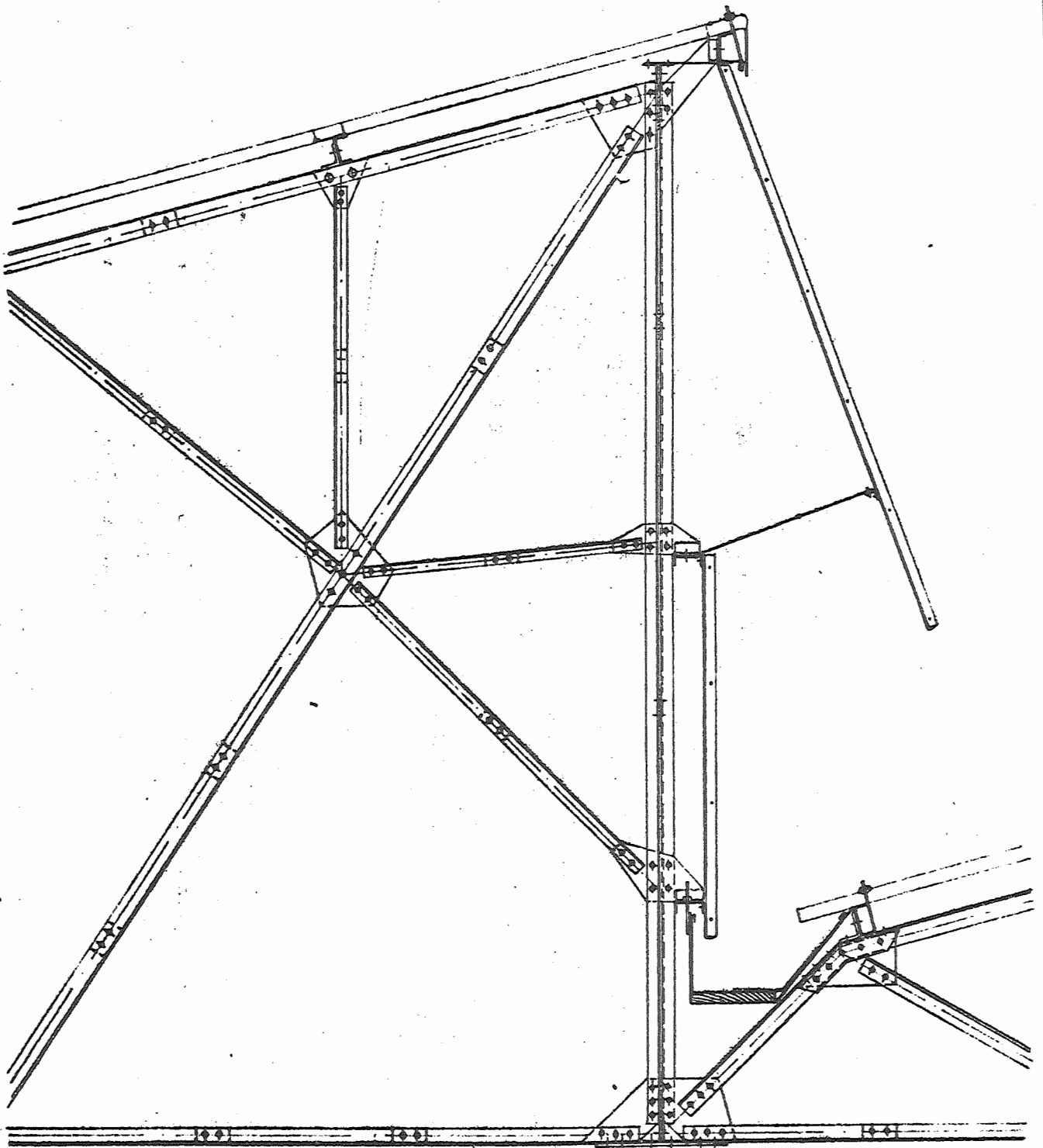
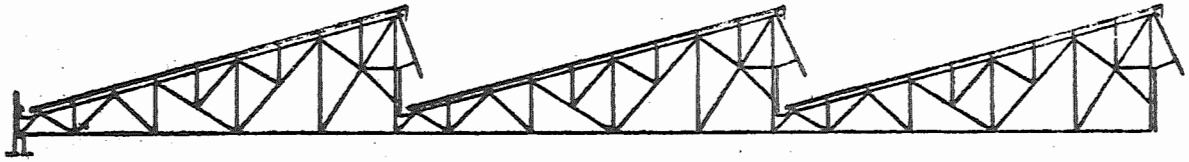


Fig. III - 12

No desenho são mostradas as ligações da Viga Mestra e Trave do Telhado com a parte superior da coluna.

Para a ligação do nó superior da Viga Mestra na coluna, foi colocado o diafragma vertical desenvolvido para fora da membrura interna da coluna, através do recorte na alma de perfil "U".

As abas verticais do banzo da Viga Mestra estão fixadas à parte externa do diafragma. As abas horizontais estão ligadas com o topo da coluna pela cobrejunta horizontal.

A Trave do Telhado, de perfil I, está ligada com o diafragma por intermédio de flanges. Para o enrijecimento da fixação, o diafragma tem nervuras ligadas à coluna, possibilitando a absorção do momento de engastamento das Traves.

FIG. III- 12 . FIXAÇÃO DA VIGA MESTRA E TRAVE DO TELHADO À COLUNA

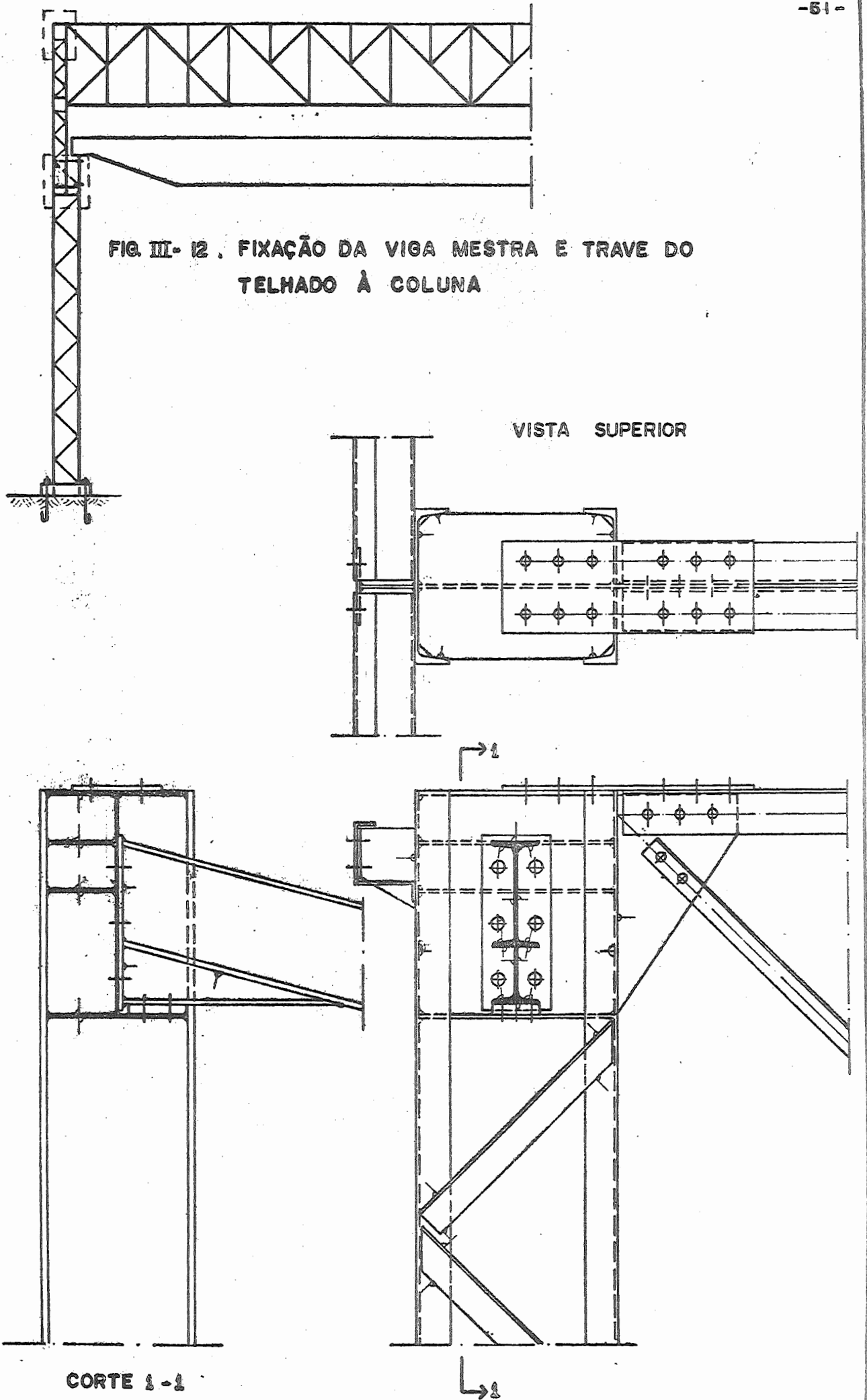


Fig. III - 13

Na Figura III-13 é apresentada uma ligação da viga de rolamento com a coluna.

Os dois tramos consecutivos estão ligados entre si por intermédio das flanges-nervuras de apoio e cobrejuntas nas mesas superiores.

Esta ligação permite considerar a viga de rolamento como viga contínua.

Entre as flanges, nos topos de ambos os tramos, é previsto o espaço para a colocação, na parte superior, de uma chapa ligada com a coluna, para garantir a posição vertical da viga e participar na transmissão das cargas horizontais para a coluna.

Na parte inferior, este espaço está preenchido pela palmilha, que participa na transmissão da reação vertical juntamente com os topos usinados das flanges.

Para permitir o deslocamento angular da viga, entre as palmilhas horizontais na plataforma de apoio e a mesa inferior da viga deve existir uma fenda da ordem de 2 mm.

A chapa horizontal do passadiço está ligada com o diafragma horizontal da coluna por intermédio das cobrejuntas.



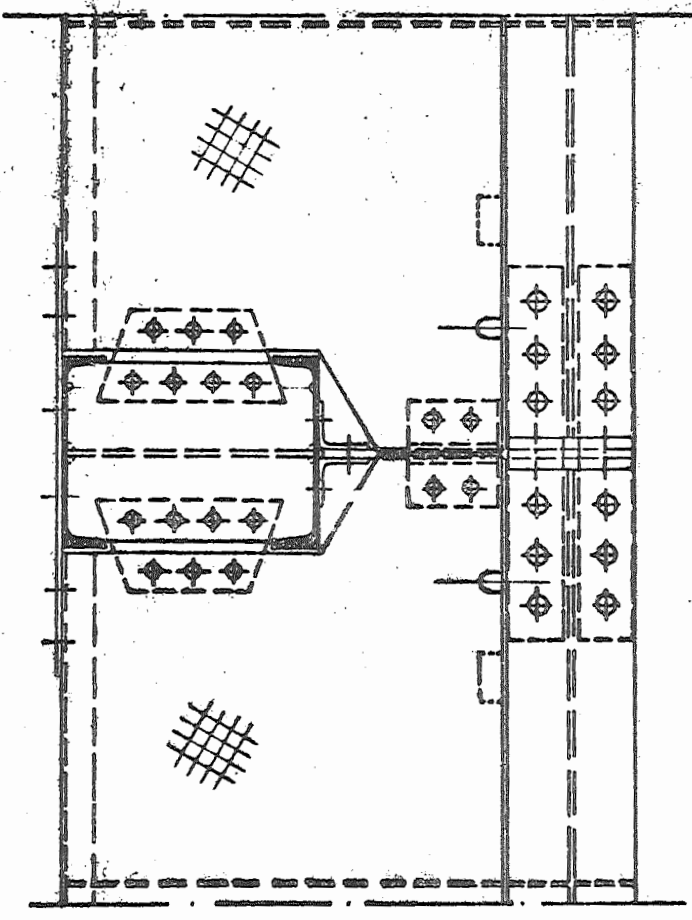
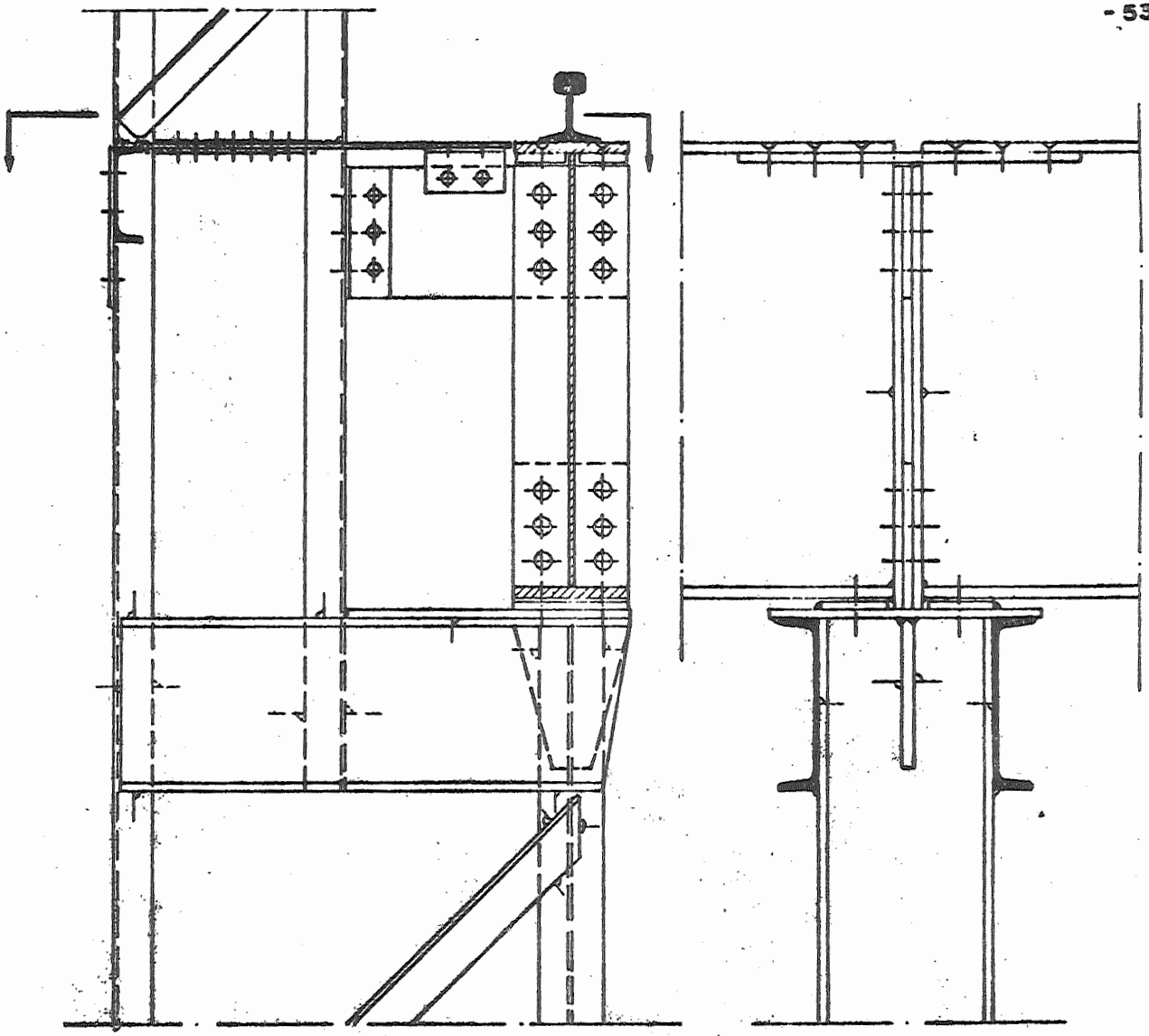


FIG.III - 13. LIGAÇÃO DUMA VIGA DE RÓLAMENTO COM A COLUNA.

Fig. III - 14.a, b, c

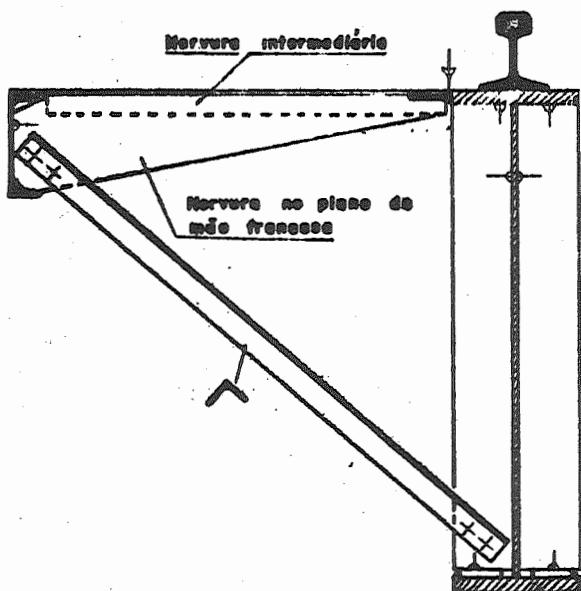
Na Fig. III - 14.a é apresentado o corte transversal de uma viga de rolamento de secção soldada, composta de duas mesas e alma. O passadiço no nível da mesa superior é composto de chapa (preferivelmente do tipo "xadrez") e viga de perfil U soldada com a chapa.

A borda interna da chapa está soldada com a mesa superior da viga de rolamento. A chapa do passadiço está reforçada com as nervuras de rigidez. Em distâncias de 2 a 3 m, a mesa inferior está ligada com a viga do passadiço por mãos francesas, diminuindo com isto as vibrações na parte inferior da viga de rolamento.

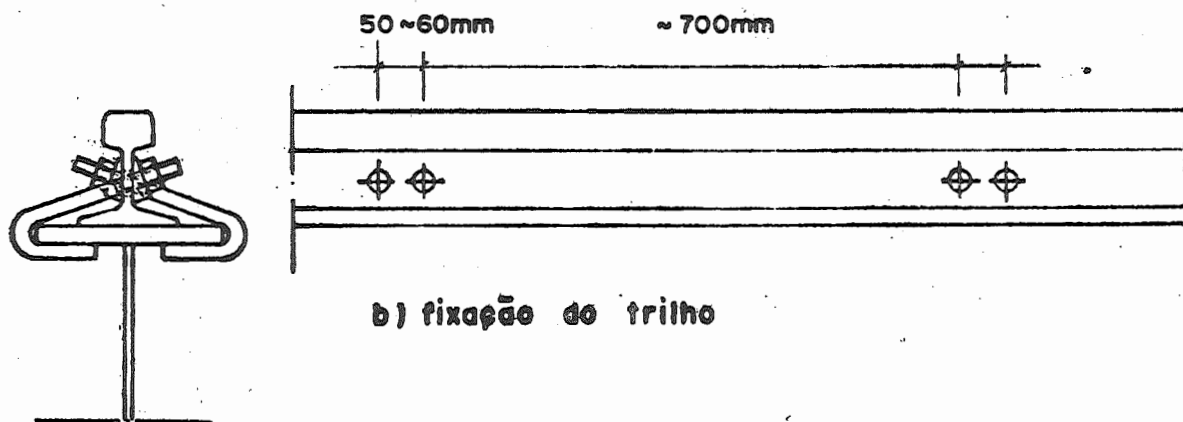
As nervuras de rigidez da alma estão ligadas com a mesma inferior por intermédio das palmilhas.

Na Fig. III-14.b é mostrado um modo bastante prático de fixação do trilho com a viga.

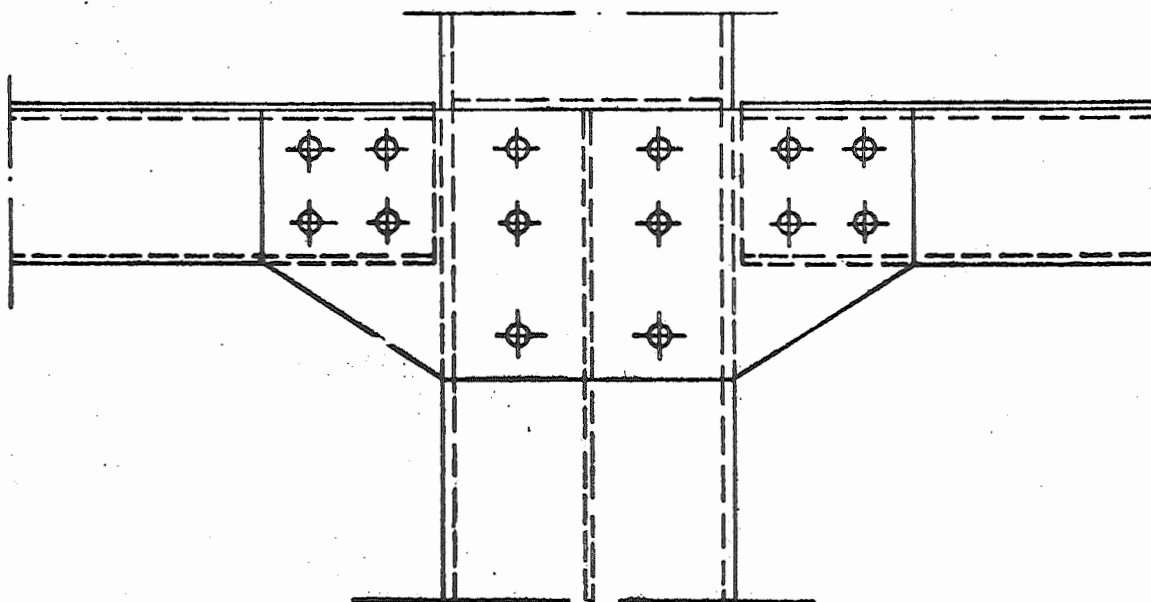
Na Fig. III - 14.c a fixação das vigas externas do passadiço (perfil U) com a coluna é feita por intermédio de uma chapa, colocada externamente nas almas dos perfis U.



a) corte transversal



b) fixação do trilho



c) fixação da membrura externa do passadico:



Fig. III - 15

O desenho da Fig. III-15 corresponde ao caso de uma viga de rolamento com contraventamento em treliça no nível da mesa superior.

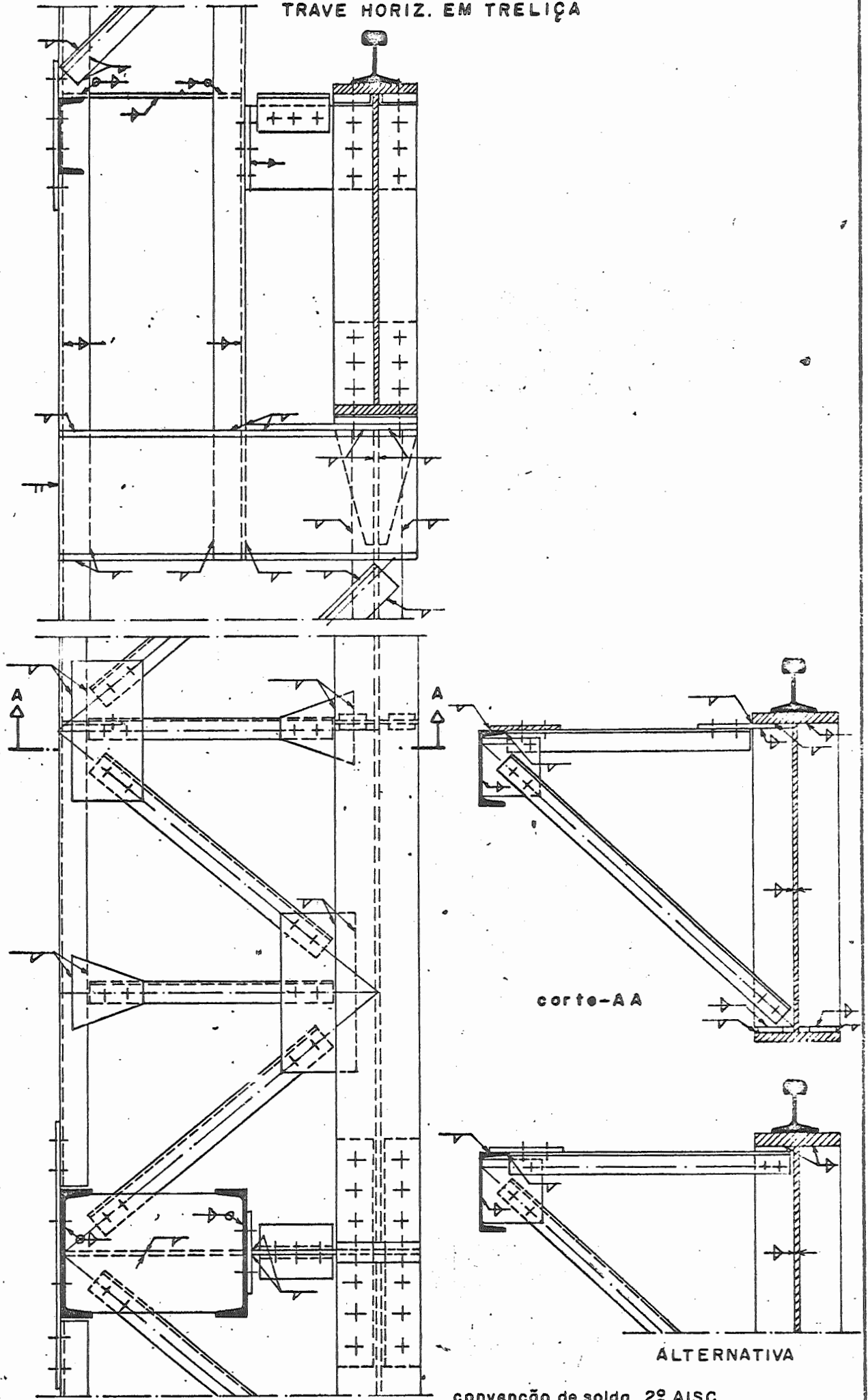
As diagonais de apoio desta treliça horizontal estão ligadas com a coluna por intermédio de um diafragma, soldado às nervuras da coluna. A força horizontal devido à frenagem do carrinho da ponte rolante (ou devido ao desalinhamento dos trilhos) é absorvida pela coluna transmitindo-a à fundação.

Os nós da treliça horizontal são proporcionadas pelas chapas soldadas à mesa superior da viga.

As diagonais verticais, distanciadas de 2 - 3 metros devem ser colocadas nos planos dos montantes da treliça horizontal.

A finalidade dessas diagonais verticais é neutralizar a vibração horizontal da parte inferior da viga de rolamento.

FIG. III-15- FIXAÇÃO DA VIGA DE ROLAMENTO COM TRAVE HORIZ. EM TRELIÇA



corte-AA

ALTERNATIVA

convenção de solda 2º AISC

No desenho da Fig. III - 16 é apresentado um detalhe de ligação de uma viga de rolamento sobre coluneta à coluna de seção constante. A coluneta absorve somente a carga vertical transmitida pela viga de rolamento. A carga horizontal é transmitida para a coluna principal através da viga de frenagem.

A fixação da coluneta à coluna se faz necessária para diminuir o comprimento de flambagem da coluneta no plano do pórtico do edifício. Esta fixação deve ser executada de maneira que transmita apenas força horizontal à coluna.

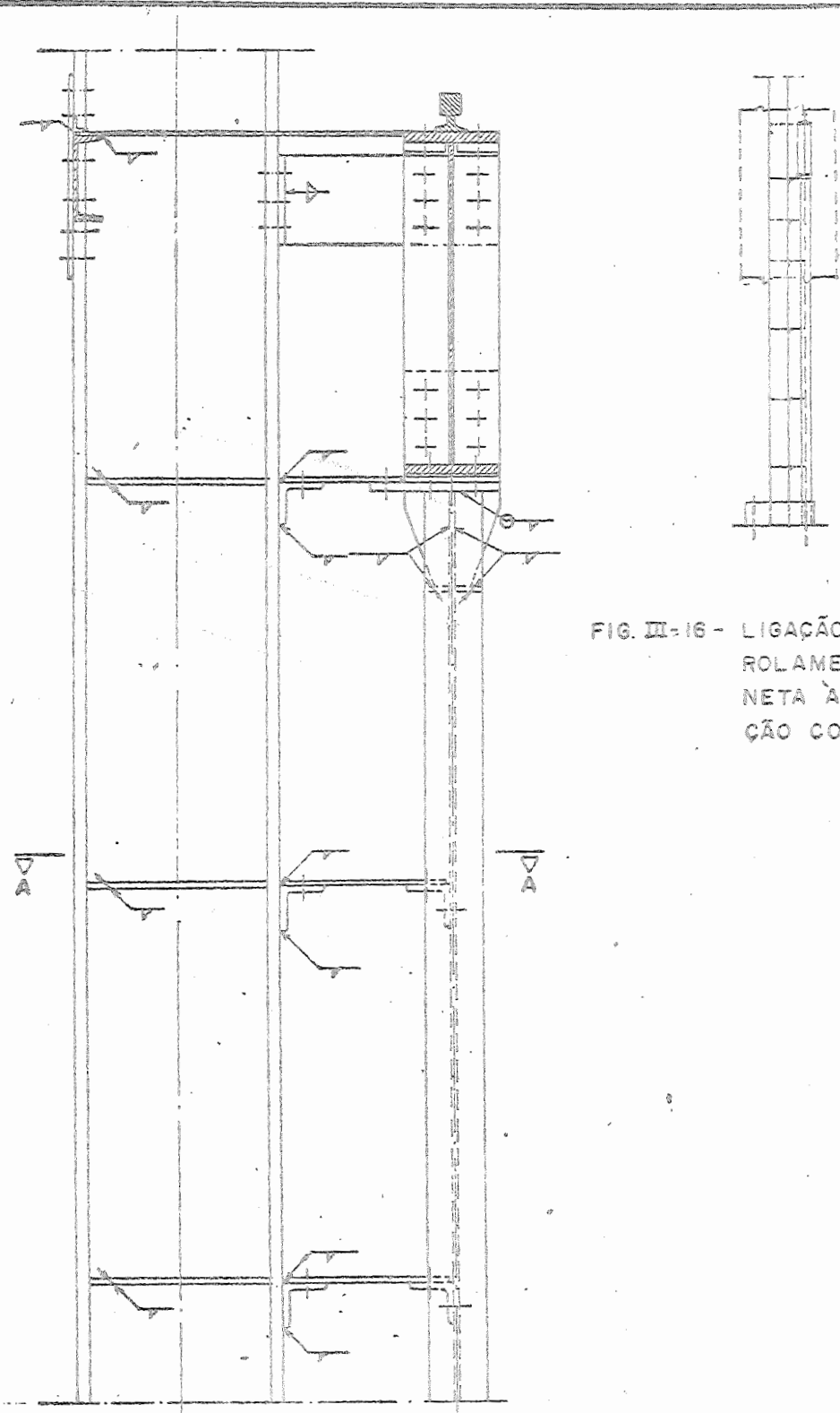
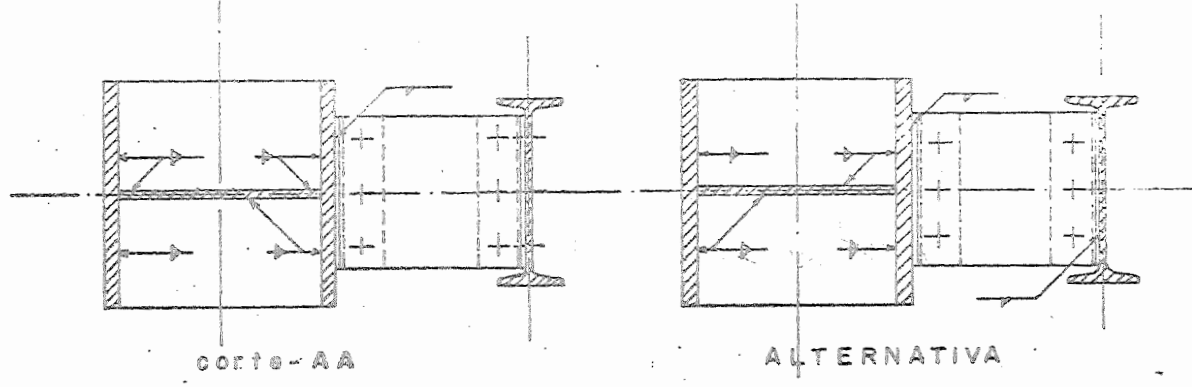


FIG. III-16 - LIGAÇÃO DE UMA VIGA DE ROLAMENTO SOBRE COLUNETA À COLUNA DE SEÇÃO CONSTANTE.



convenção de solda 2º AISC

Fig. III - 17

Na Fig.III-17 é mostrada a sapata de uma coluna constituída por dois perfis U, duas placas de apoio e parafusos de ancoragem.

As vigas de perfis U permitem afastar os parafusos de ancoragem em distâncias necessárias para equilibrar o momento de engastamento.

O esforço nos parafusos tracionados "N" pode ser determinado pela e quação.

$$-N.(C + a) + M - N . a = 0$$

FIG. III - 17

SAPATA DA COLUNA DE CAPACIDADE MÉDIA

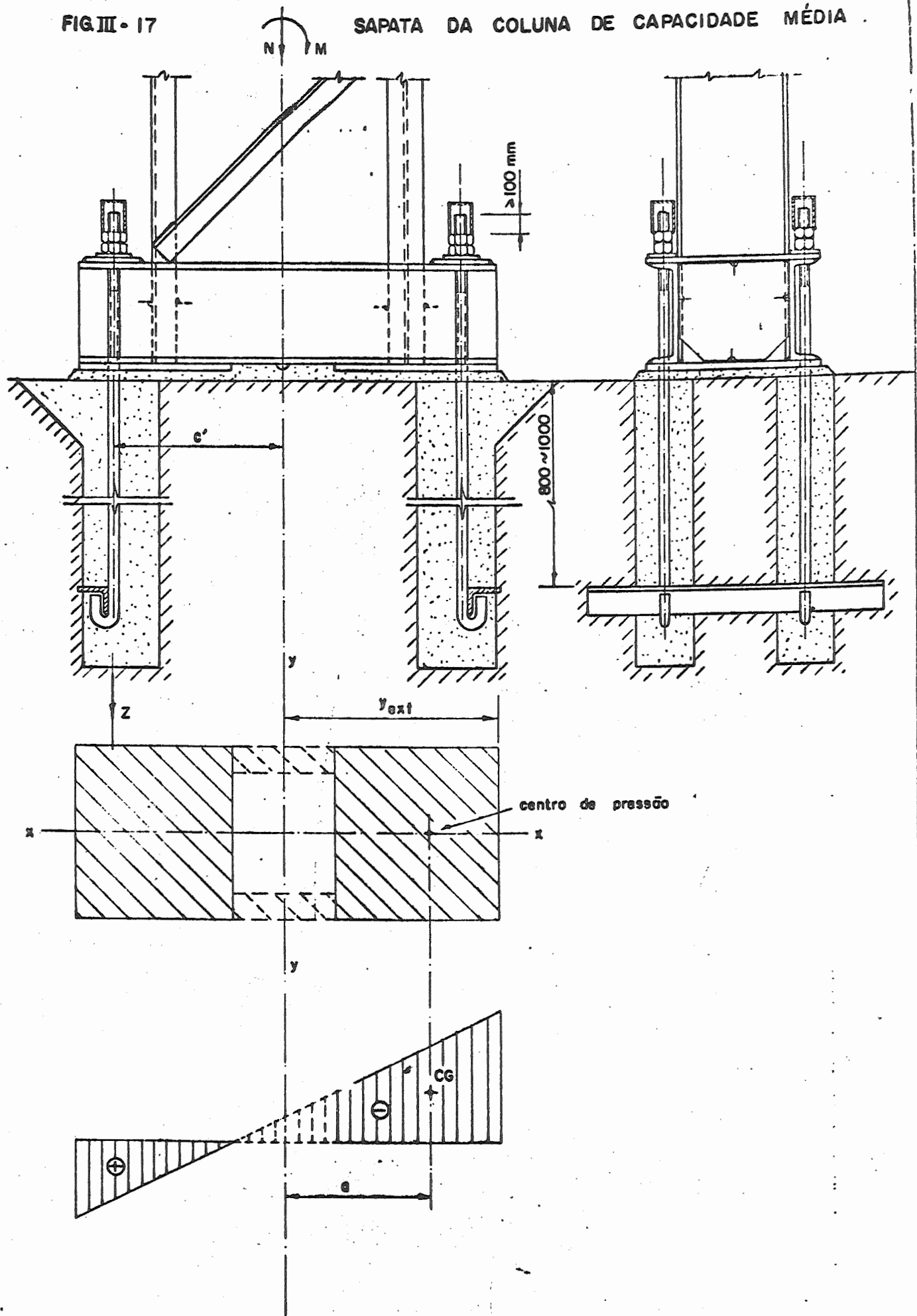


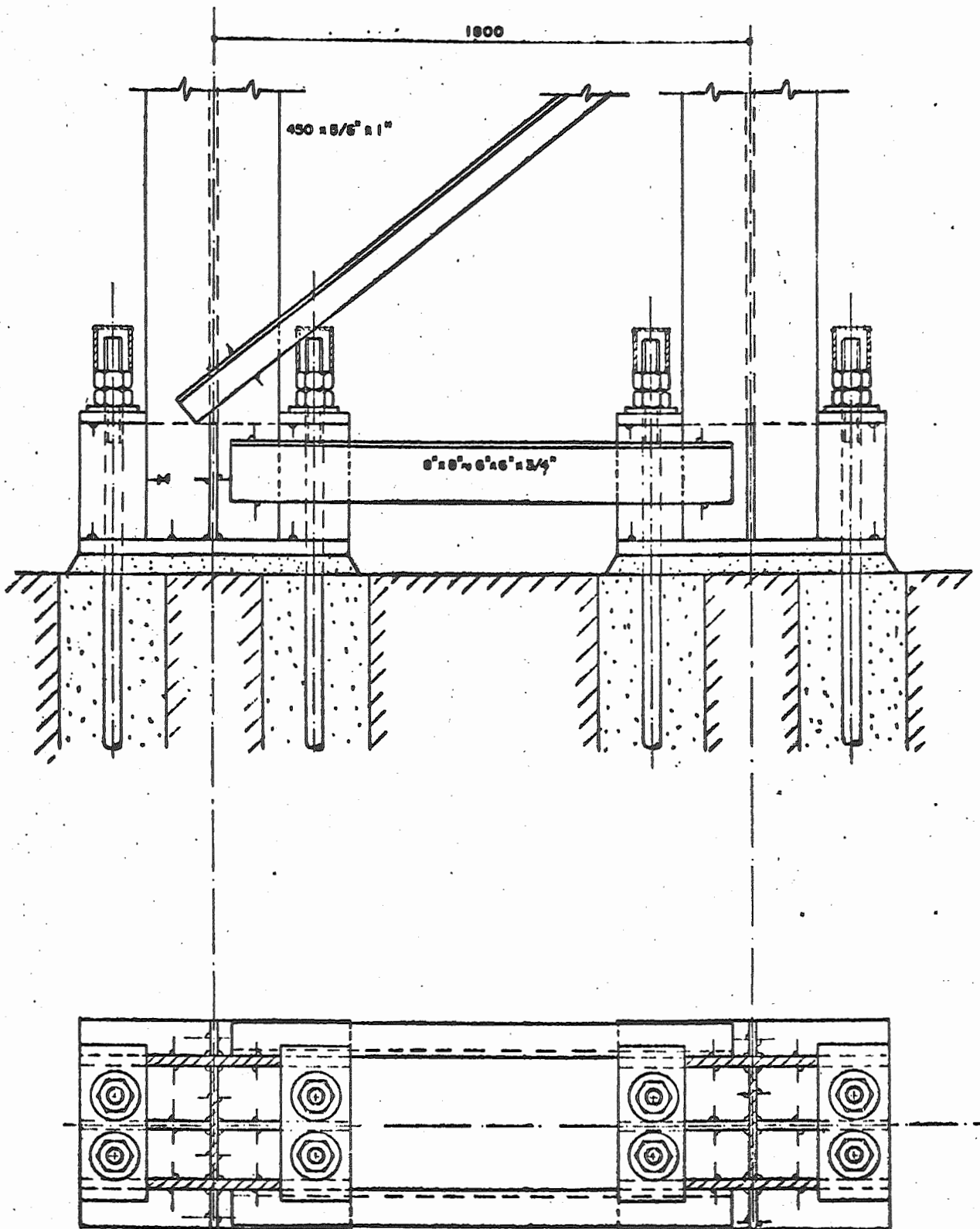
Fig. III-18

Na Fig. III-18 é mostrada a ligação de uma pesada coluna com a fundação.

Devido à grande largura da coluna, a ancoragem foi feita para cada membrura, separadamente. A pressão é transmitida pelas placas de grande espessura.

Para conservar a distância entre as membruras da coluna, no nível da superfície superior da fundação, ambas as sapatas estão ligadas por cantoneiras horizontais.

FIG III - 18 . SAPATAS DA COLUNA DE CAPACIDADE ELEVADA





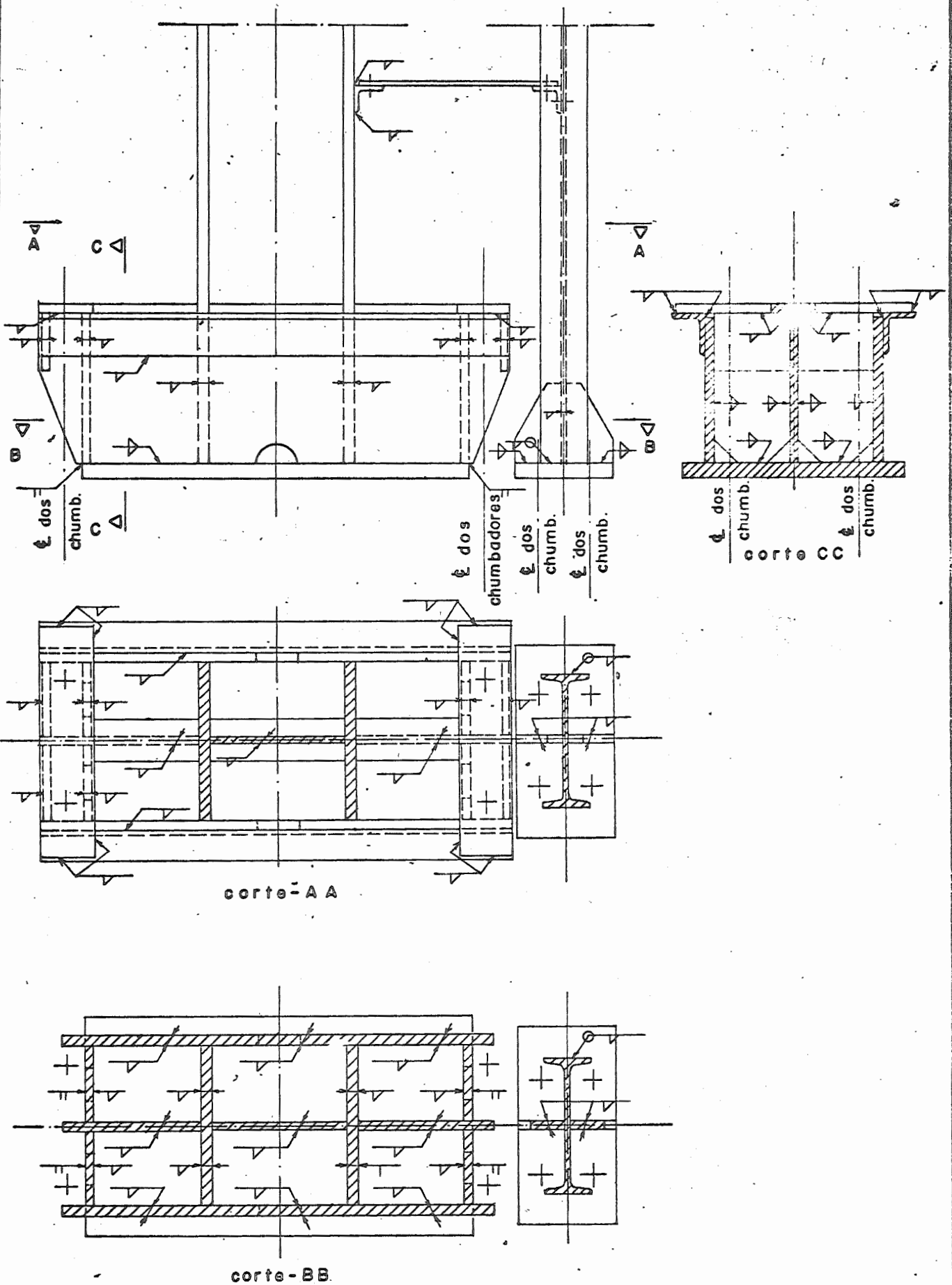
Na Fig. III - 19 é apresentada a fixação da coluna de perfil H e da coluna de perfil I ao bloco de fundação.

A fixação da coluna possibilita a transmissão de momento fletor no plano do pórtico, enquanto que a da coluneta transmite apenas força vertical.

A rigidez da sapata é proporcionada pelas chapas verticais, placa de apoio, cantoneiras superiores (laterais) e chapa horizontal (central). As nervuras transversais servem para a distribuição de esforços entre as chapas verticais que fazem o papel de almas dessa sapata.

As aberturas estrategicamente colocadas evitam o acúmulo de água na sapata.

FIG. III-19 - SAPATA DE COLUNA DE SEÇÃO CONSTANTE E COLUNETA

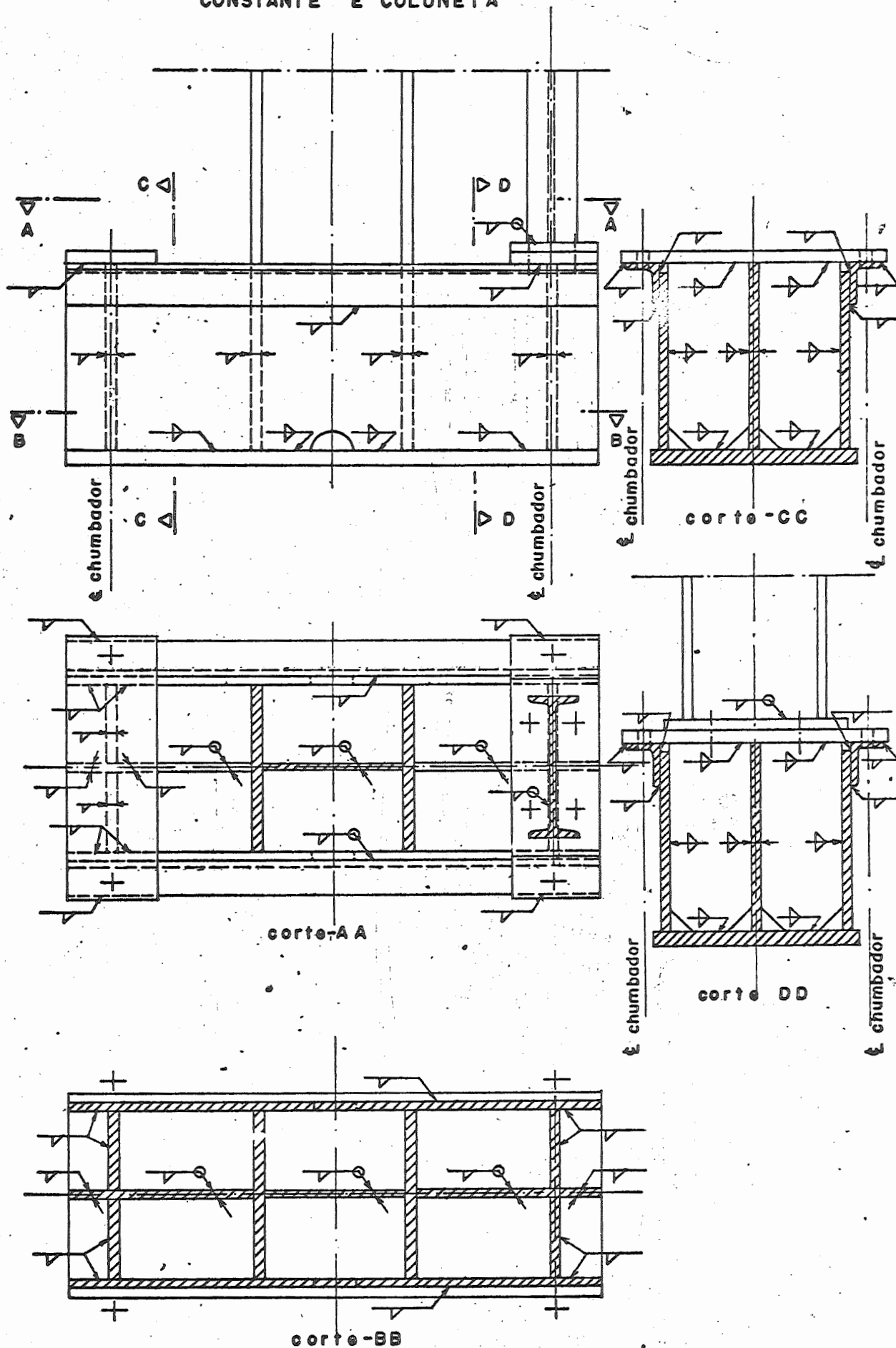


convenção de solda 2ª AISC

Na Fig. III - 20 é apresentada uma alternativa para o caso anterior. A sapata é comum à coluna e à coluneta, mas o aproveitamento da sapata para distribuição da tensão devido ao momento fletor de engastamento no bloco de fundação é mais racional.

O parafuso de ancoragem deve ser colocado próximo da aba vertical da cantoneira (folga em torno de 2 mm) para evitar a colocação de nervuras verticais externas.

FIG. III-20 - SAPATA DE COLUNA DE SEÇÃO  
CONSTANTE E COLUNETA

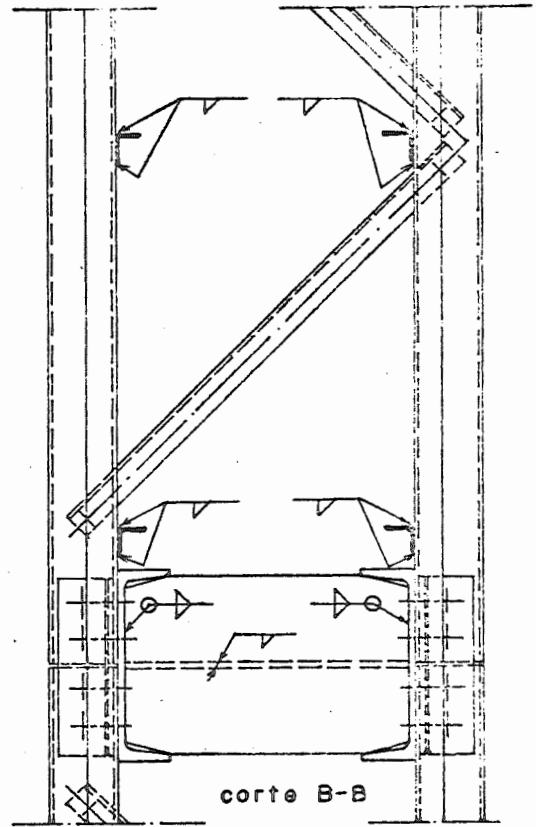
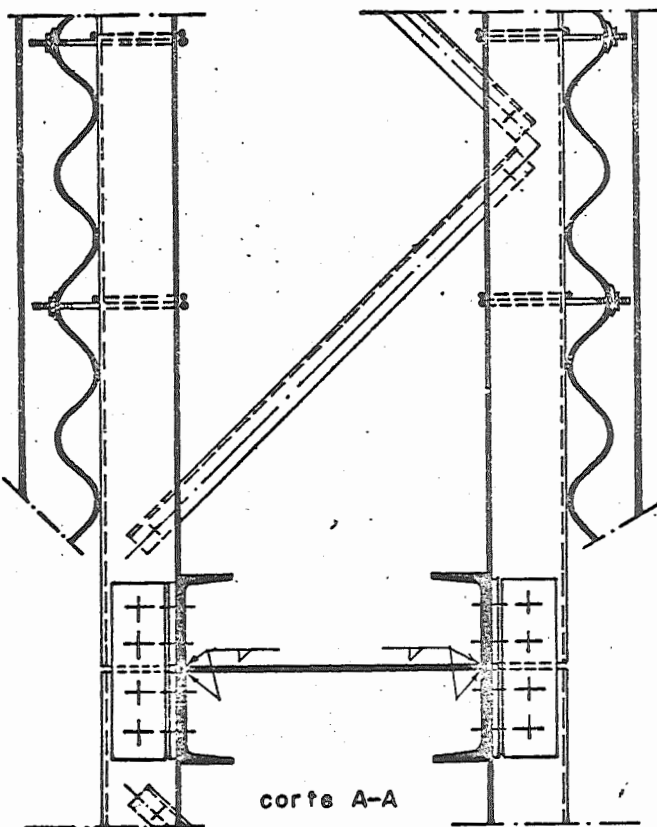
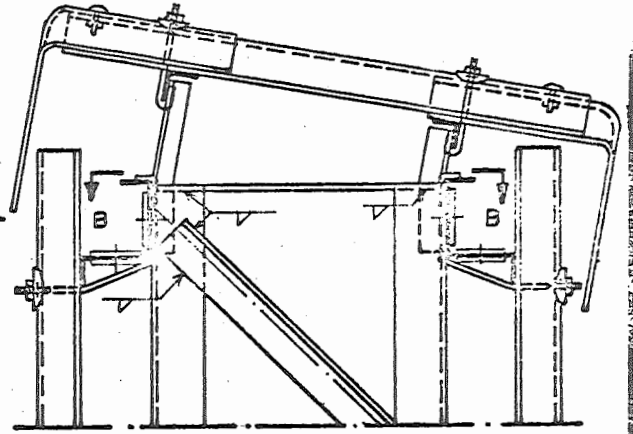
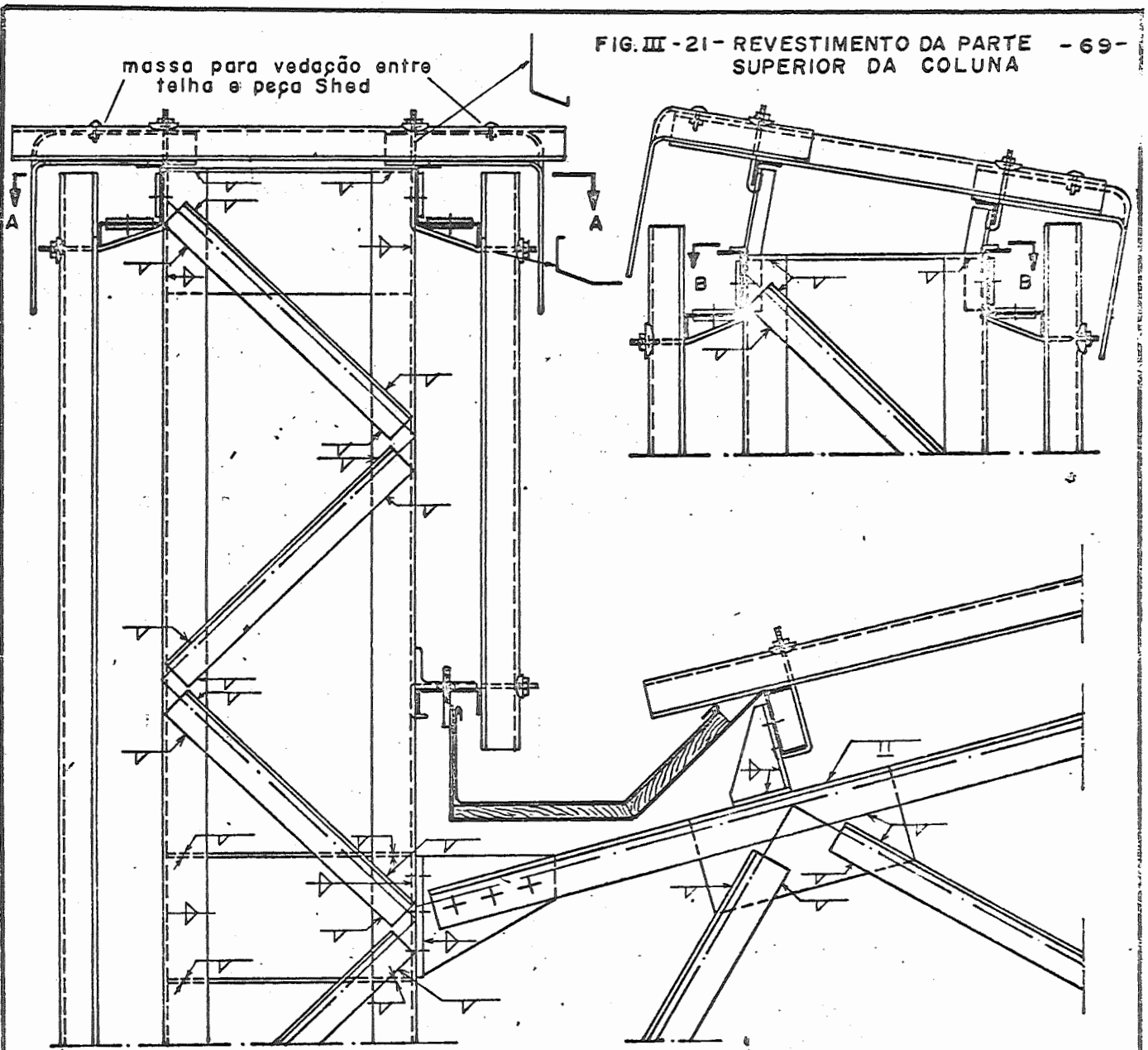


Na Fig. III - 21 é apresentado o detalhe de revestimento duplo da parte superior da coluna. O revestimento do topo da coluna pode ser horizontal ou inclinado e em suas extremidades são colocados peças do tipo "Shed". Do lado da calha a platibanda tem revestimento vertical em toda altura.

A inclinação da cobertura do topo da coluna é conseguida pela posição adequada de longarinas de cantoneira.

FIG. III - 21 - REVESTIMENTO DA PARTE SUPERIOR DA COLUNA - 69 -

massa para vedação entre telha e peça Shed



convenção de solda 2ª AISC