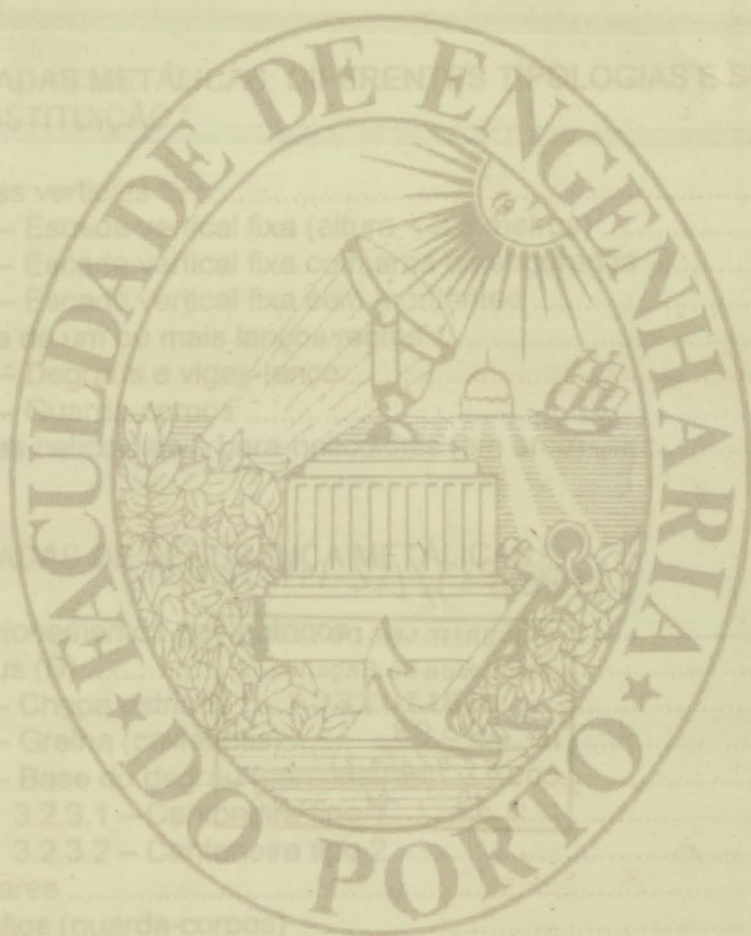


ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS



LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO

PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA

ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS

LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO

PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA

	Página
SUMÁRIO	4
 Capítulo 1 – “ GENERALIDADES SOBRE ESCADAS METÁLICAS “	
1.1 – Classificação e constituição	6
1.2 – Escolha do tipo de escada	6
1.3 – Acção variável sobrecarga (Q)	7
1.4 – Dimensões dos degraus e contra-degraus	7
1.5– Largura mínima de patamares	8
 Capítulo 2 – “ ESCADAS METÁLICAS: DIFERENTES TIPOLOGIAS E SUA CONSTITUIÇÃO “	
2.1 – Escadas verticais	10
2.1.1 – Escada vertical fixa (altura < 2,5 metros)	10
2.1.2 – Escada vertical fixa com aros de segurança	11
2.1.3 – Escada vertical fixa sem montantes	12
2.2 – Escada de um ou mais lanços rectos	13
2.2.1 – Degraus e vigas-lanço	13
2.2.2 – Guarda-corpos	23
2.3 – Escadas helicoidais e para-helicoidais (em arco)	32
 Capítulo 3 – “ ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS “	
3.1 – Condicionamentos geométricos	35
3.2 – Degraus (D)	37
3.2.1 - Chapa estriada	37
3.2.2 - Grelha (caillebotis)	40
3.2.3 - Base do degrau (cantoneiras)	44
3.2.3.1 – Cantoneira tipo 1	44
3.2.3.2 – Cantoneira tipo 2	46
3.3 – Patamares	49
3.4 – Corrimãos (guarda-corpos)	50
3.4.1 – Guarda	51
3.4.2 – Guardas intermédias	51
3.4.3 – Rodapé	52
3.4.4 – Montantes	52
3.4.5 – Peso próprio dos guarda-corpos	53
3.5 – Viga lanço (VL)	57
3.6 – Viga transversal (VT)	62
3.7 – Pilares (P)	65

Capítulo 4 – “ EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA “

4.1 – Condicionamentos geométricos	74
4.2 – Degraus (D)	75
4.2.1 – Chapa estriada	75
4.2.2 – Grelha (caillebotis)	75
4.2.3 – Base do degrau (cantoneiras)	76
4.2.3.1 – Cantoneiras tipo 1	76
4.2.3.2 – Cantoneiras tipo 2	77
4.3 – Patamares	77
4.3.1 – Chapa estriada	77
4.3.2 – Grelha (caillebotis)	77
4.3.3 – Cantoneiras tipo 1	78
4.4 – Corrimãos (guarda-corpos)	79
4.4.1 – Guarda (perfil circular)	79
4.4.2 – Guarda intermédia	79
4.4.3 – Rodapé	80
4.4.4 – Montantes	80
4.4.5 – Peso próprio dos guarda-corpos	80
4.5 – Viga lanço (VL)	81
4.6 – Viga transversal (VT)	84
4.7 – Pilares (P)	86
4.8 – Peças desenhadas	89

Capítulo 5 – “ ESCADAS DE ARQUITECTURA “97

AGRADECIMENTOS119

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS120

O trabalho de seminário **“escadas de segurança metálicas”** é composto por um capítulo inicial, que pretende ser uma breve introdução/abordagem para alguns aspectos de interesse geral. Segue-se um capítulo essencialmente descritivo, onde se enumeram os diversos tipos de **“escadas metálicas”** e os seus principais elementos constitutivos.

O capítulo seguinte dedica-se ao estudo pormenorizado das soluções possíveis, no âmbito das **“escadas de segurança metálicas”**.

O trabalho culmina com a aplicação das soluções encontradas no capítulo anterior a um exemplo real, tendo como objectivo encontrar um esquema estrutural que permita a pré-fabricação da escada por elementos, em estaleiro. Estes elementos serão ligados entre si, na obra, através de ligações aparafusadas.

Pretende-se ainda, desenvolver um esquema de cálculo que permita uma sistematização no dimensionamento de uma escada metálica deste tipo, para diferentes desníveis.

Mencionam-se ainda, a título informativo, **“escadas de arquitectura”** compostas por materiais e esquemas estruturais diversos.

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE ESCADAS METALICAS

1.1 - Classificação e Constituição

Numa primeira abordagem, podemos dividir as escadas tendo em consideração o fim a que se destinam. Encontramos, então, escadas de habitação, de escritórios, industriais e de estabelecimentos comerciais. Independentemente do fim a que se destinam, as escadas têm, por norma, elementos na sua constituição que lhes são comuns. Pilares, vigas-lanço, degraus e patamares são exemplos desta similitude.

O gráfico seguinte apresenta uma classificação prática das escadas em função do respectivo ângulo de inclinação.

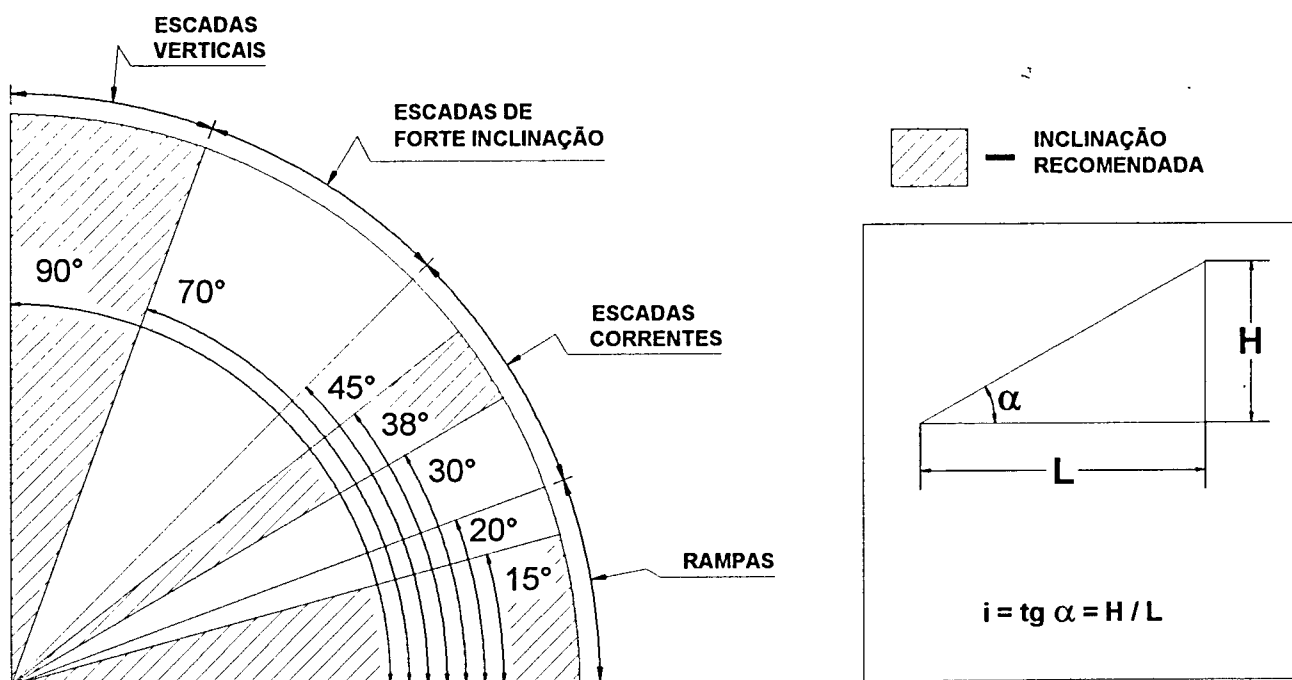


FIG.1 - CLASSIFICAÇÃO DE ESCADAS EM FUNÇÃO DA INCLINAÇÃO

1.2 - Escolha do Tipo de Escada

Para a escolha de determinado tipo de escada, devem ponderar-se os seguintes factores: condições de utilização (acesso normal ou de segurança, frequência de utilização), desnível a vencer, espaço disponível para implantação da escada e segurança dos utentes.

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE ESCADAS METÁLICAS

1.3 - Acção Variável Sobrecarga (Q)

A acção variável sobrecarga (Q) é limitada consoante o local onde esta se insere, aos seguintes valores:

- | | |
|---|-----------------------|
| - Edifício de habitação: | 2,5 KN/m ² |
| - Edifício de escritórios: i) Não públicos | 2,5 KN/m ² |
| ii) Públicos | 4,0 KN/m ² |
| - Edifícios escolares, universitários e hospitalares: | 4,0 KN/m ² |
| - Locais de muito forte concentração de público: | 5,0 KN/m ² |
| - Esforços horizontais sobre os guarda-corpos: | 1,0 KN/ml |

Nota: Estes valores foram retirados da "Norma Francesa NF P 06-001 (avril 1978)", pois o "RSA" não define as acções específicas a aplicar em escadas metálicas.

1.4 - Dimensões dos Degraus e Contra-degraus:

Se não houver outros condicionamentos (falta de espaço, questões arquitectónicas), a medida dos degraus e contra-degraus deve satisfazer a fórmula de Rondelet:

$$g+2*h=640\text{mm}$$

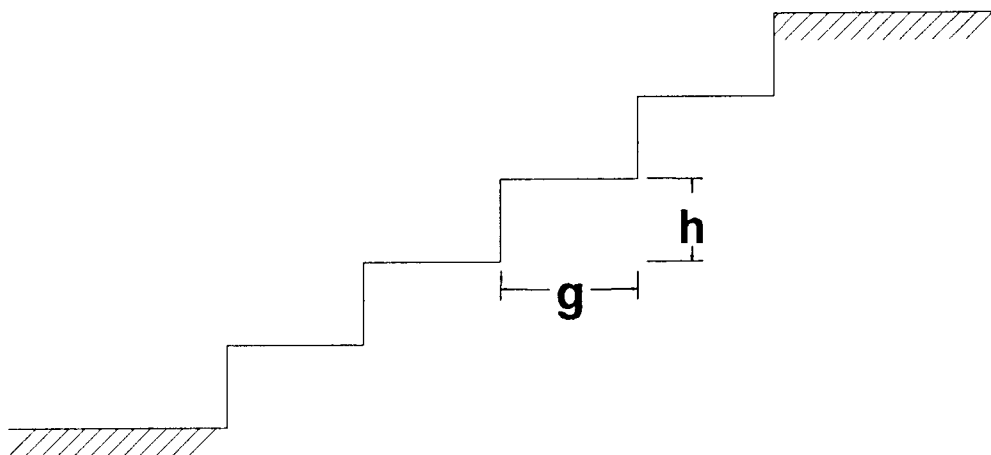


FIG.2 - DIMENSOES DO DEGRAU E CONTRA-DEGRAU

em que:

h – representa a altura do degrau

g – representa a largura do degrau

640mm – comprimento médio de um passo de adulto

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE ESCADAS METÁLICAS

O quadro que se segue permite fazer a escolha das dimensões dos degraus, recorrendo à equação de Rondelet.

g (c m)	4 0	3 8	3 6	3 4	3 2	3 0	2 8	2 6	2 4	2 2	2 0	1 8
h (c m)	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3

QUADRO I - VALORES PARA O DEGRAU E CONTRA-DEGRAU

Uma relação bastante utilizada é a que corresponde à escolha de uma altura do degrau de 17 cm e uma largura de 30 cm.

NOTA: As escadas, quando interrompidas por um patamar, devem prever um número de degraus igual em cada lanço.

1.5 - Largura Mínima de Patamares:

Um outro condicionamento das escadas metálicas diz respeito à largura mínima de patamares. Esta não deve ser inferior a 1 metro, nem pode ter largura inferior ao comprimento do degrau.

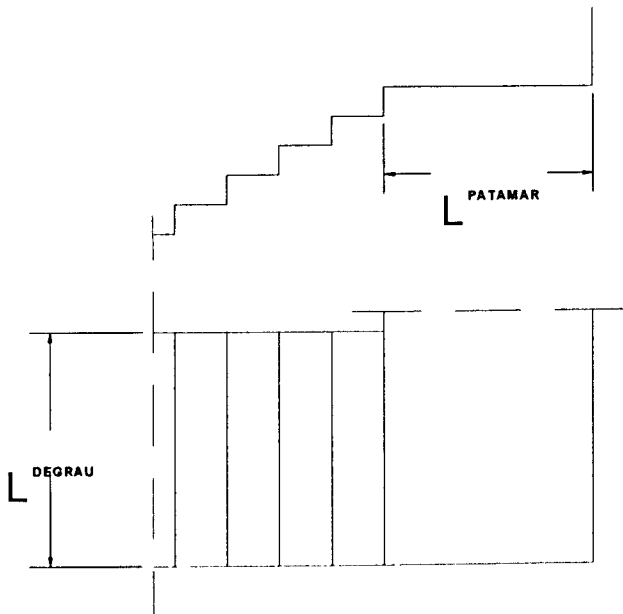
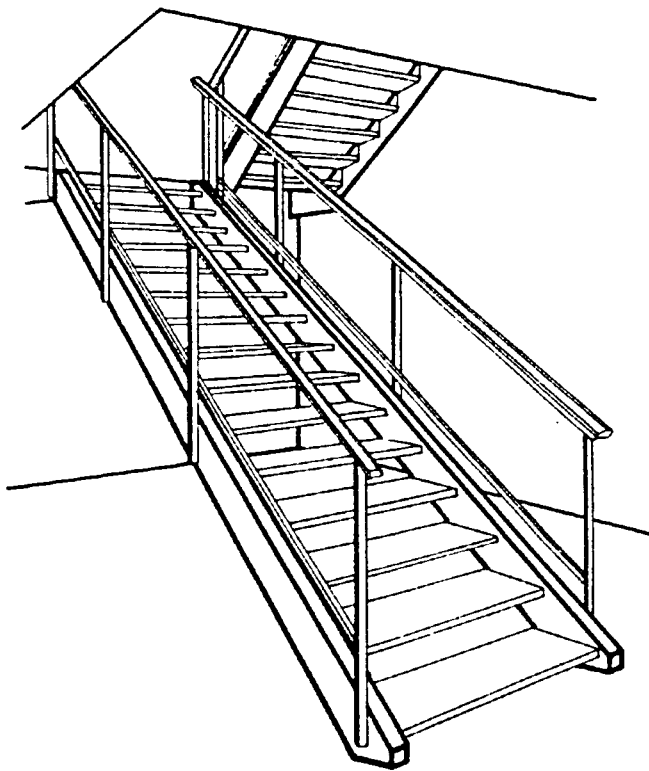


FIG.3 - LARGURA MINIMA DO DEGRAU

CAPITULO 2



TIPOS DE ESCADAS METALICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

2.1 - Escadas Verticais

Neste trabalho vamos apenas referir as escadas verticais fixas, com ou sem montantes. Segundo a Norma Francesa NF E 85-010 (fevereiro 1974) para desníveis superiores a 2,5 m, é obrigatório a colocação de aros de segurança neste tipo de escadas.

2.1.1 - Escada Vertical Fixa (altura < 2,50 m)

É constituída por montantes, degraus e chumbadouros, que fazem a ligação da escada à parede. Na figura 4 são apresentadas as dimensões e os perfis usados na concepção de uma escada deste tipo.

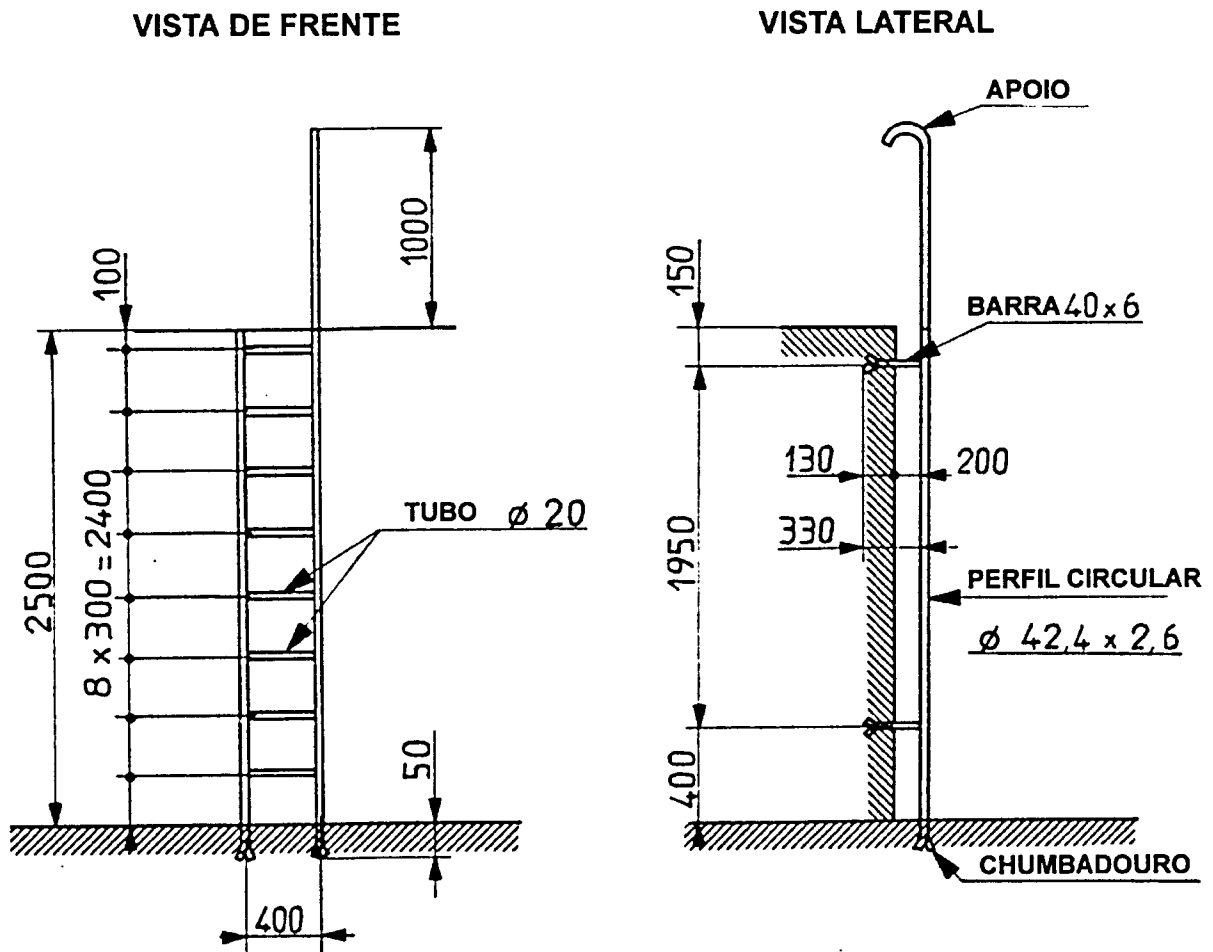


FIG.4 - ESCADA VERTICAL FIXA

2.1.2 - Escada Vertical Fixa com Aros de Segurança

Estas escadas têm uma estrutura idêntica às anteriores, mas como permitem vencer desníveis verticais superiores a 2,5 metros, são-lhes adicionados aros circulares que têm como principal função garantir maior segurança aos seus utilizadores. A figura 5 apresenta as dimensões e os perfis usados na concepção de uma escada deste tipo.

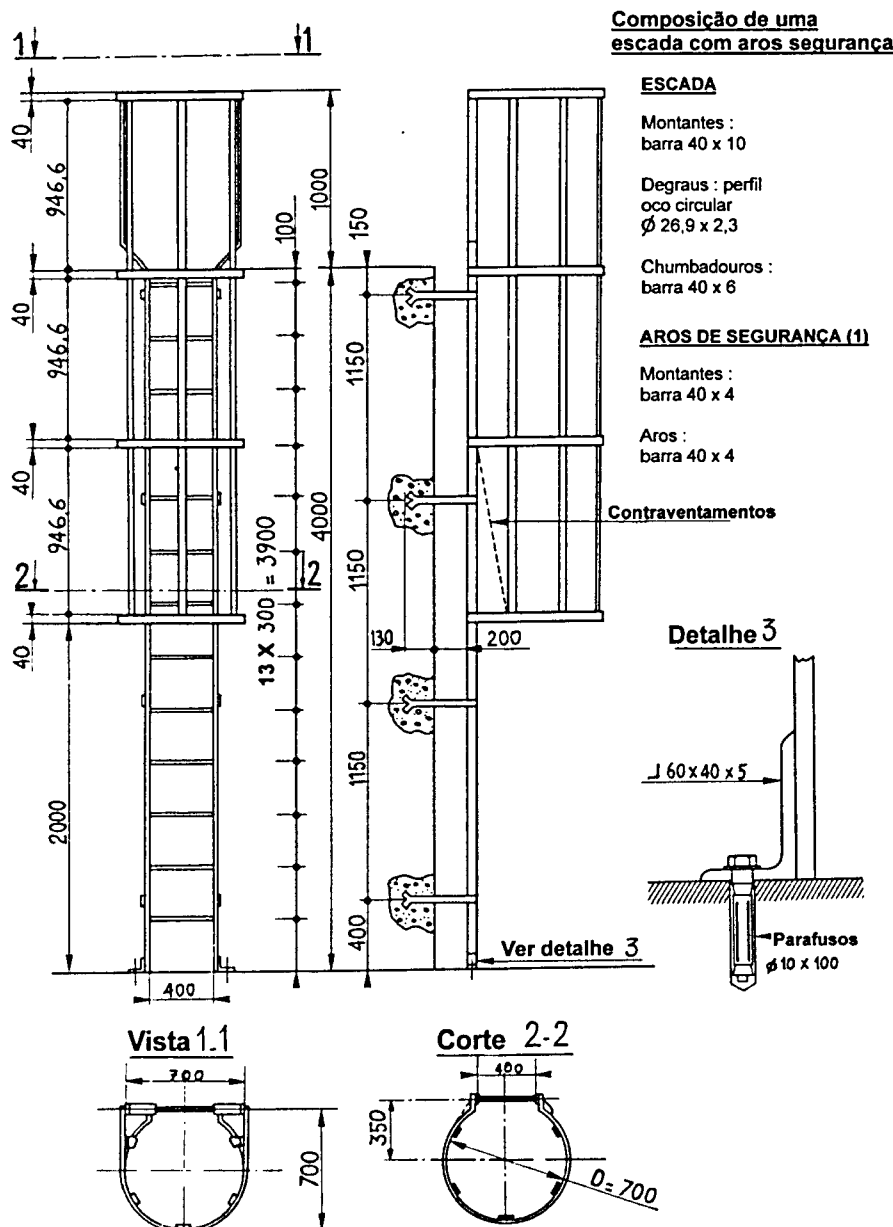


FIG.5 - ESCADA VERTICAL COM AROS DE SEGURANÇA

2.1.3 - Escada Vertical Fixa sem Montantes

Neste tipo de escadas cada degrau está chumbado na parede, logo, dispensa os montantes. Na figura 6 são apresentadas as dimensões e os varões metálicos usados na concepção deste tipo de escadas.

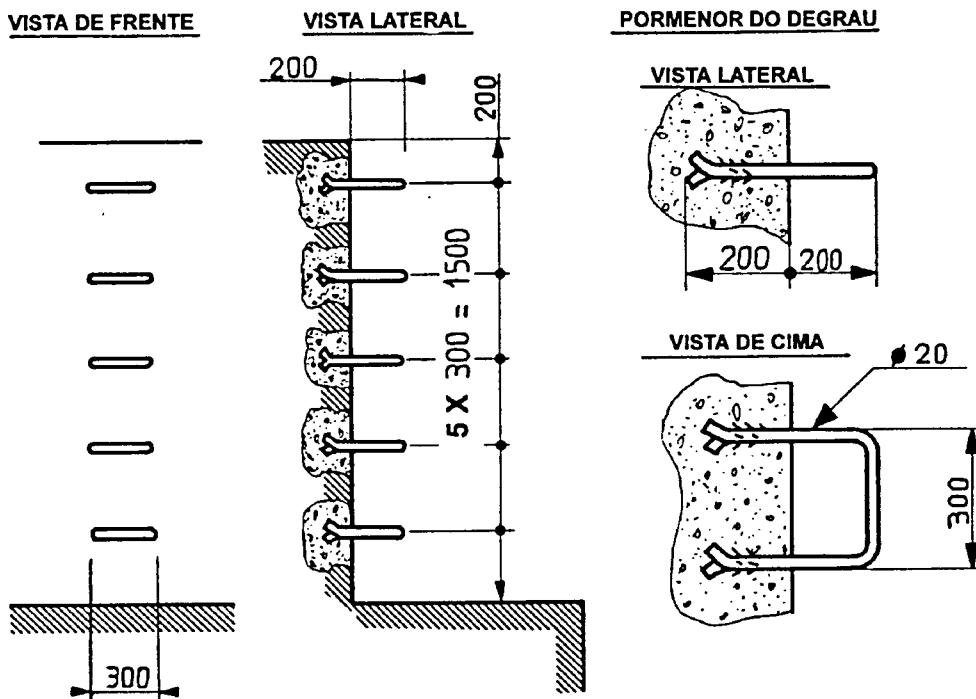


FIG.6 - ESCADA VERTICAL SEM MONTANTES

Usando este tipo de escada, só para alturas superiores a 3,0 metros é que se toma necessária a colocação de aros de segurança, conforme elucida a figura 7.

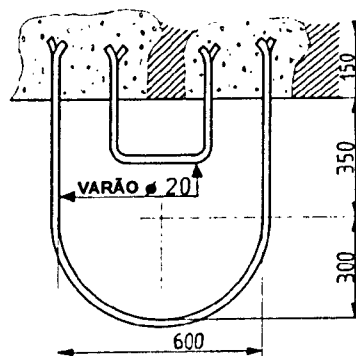


FIG.7 - ESCADA VERTICAL SEM MONTANTES COM AROS DE SEGURANÇA

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

2.2 - Escada de 1 ou mais Lanços Rectos

Estas escadas são as mais comuns e são caracterizadas, normalmente, pelos seguintes elementos:

- Degraus
- Vigas lanço
- Vigas transversais
- Guarda corpos
- Pilares

As escadas metálicas de segurança inserem-se nesta categoria.

2.2.1 - Degraus e Vigas Lanço

Os degraus poderão ter várias formas e serem de diversos materiais, tais como: madeira, betão, aço (chapa estriada, chapa amendoada ou grelha), pedra (granito, mármore). Estes elementos estão solidarizados a uma ou duas vigas lanço, através de ligações soldadas ou aparafusadas, conforme se observa nas figuras 8 a 20.

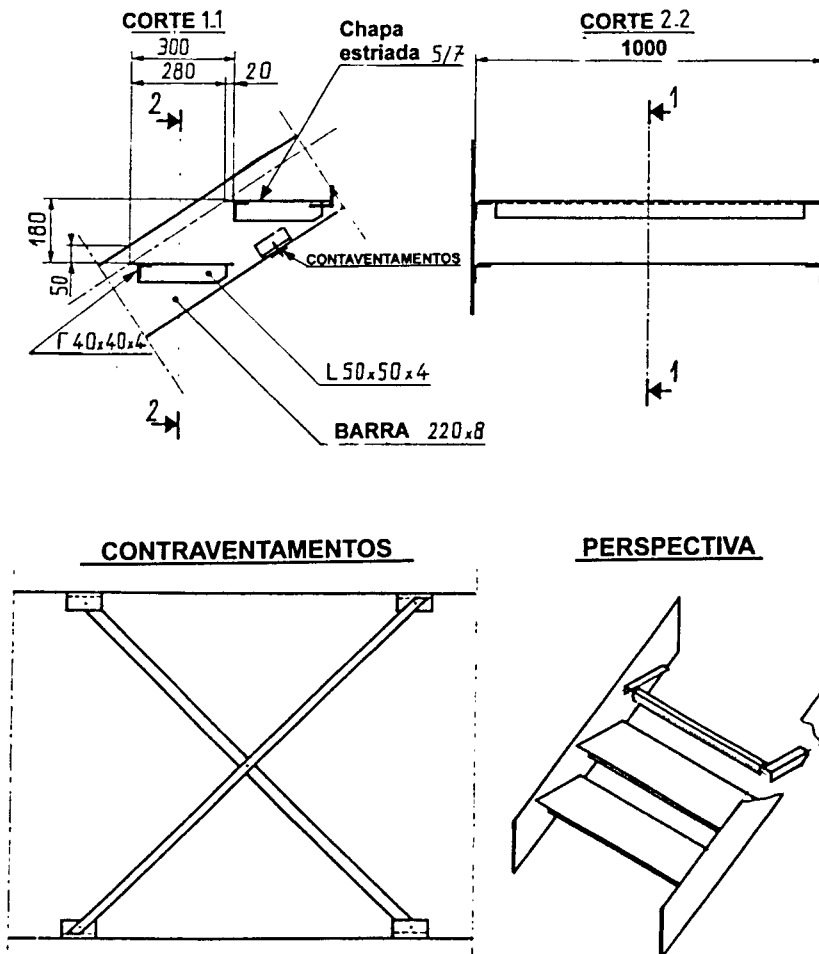


FIG.8

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

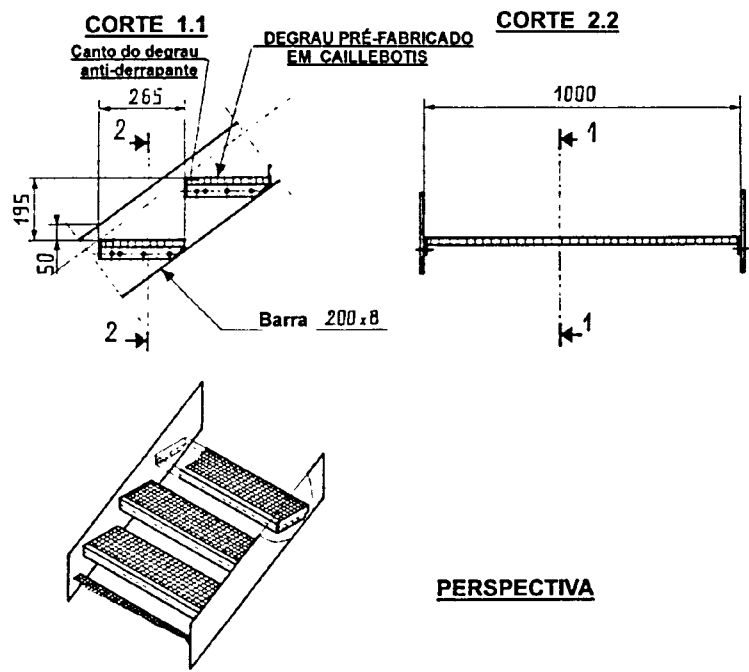


FIG.9

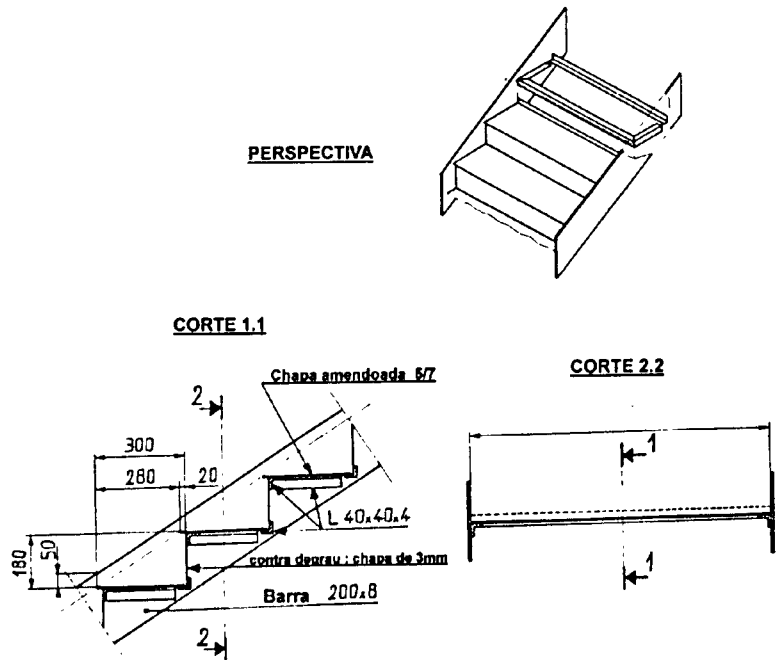


FIG.10

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

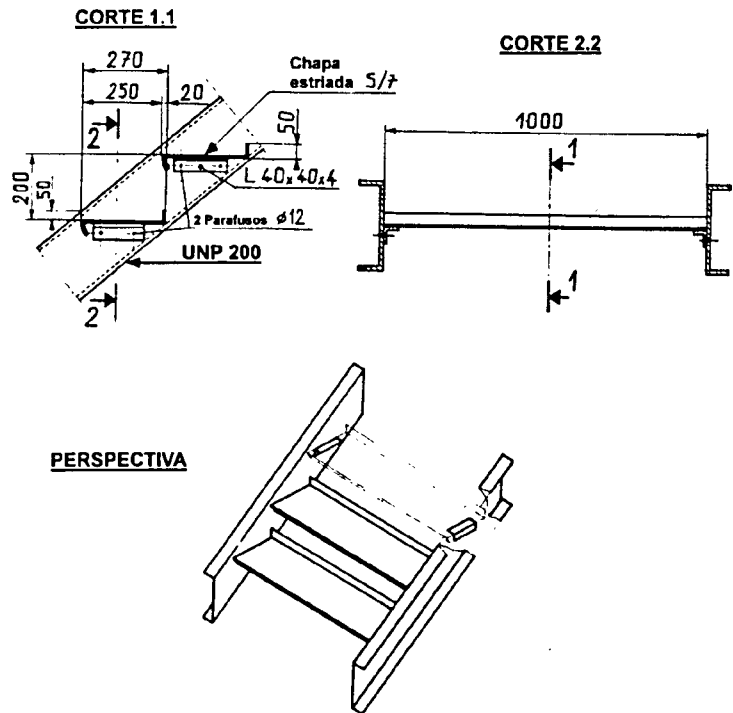


FIG.11

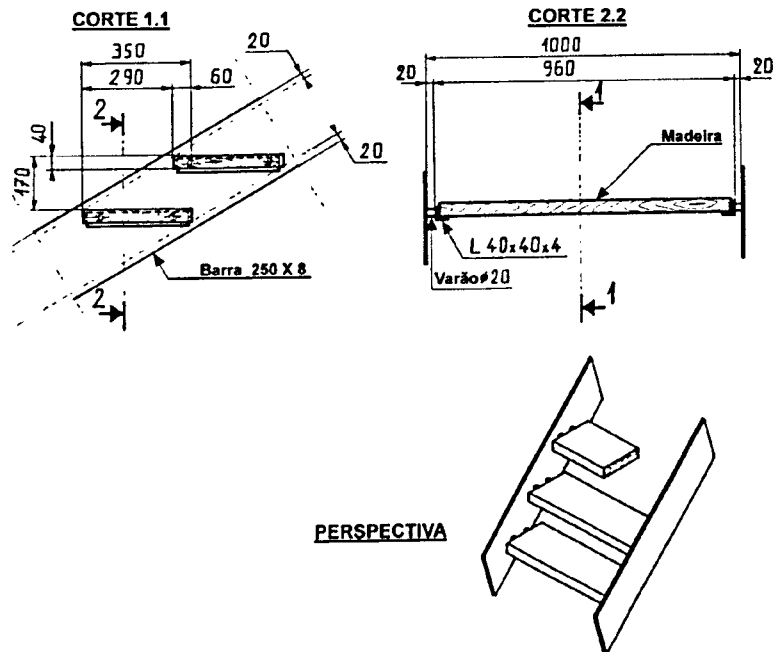
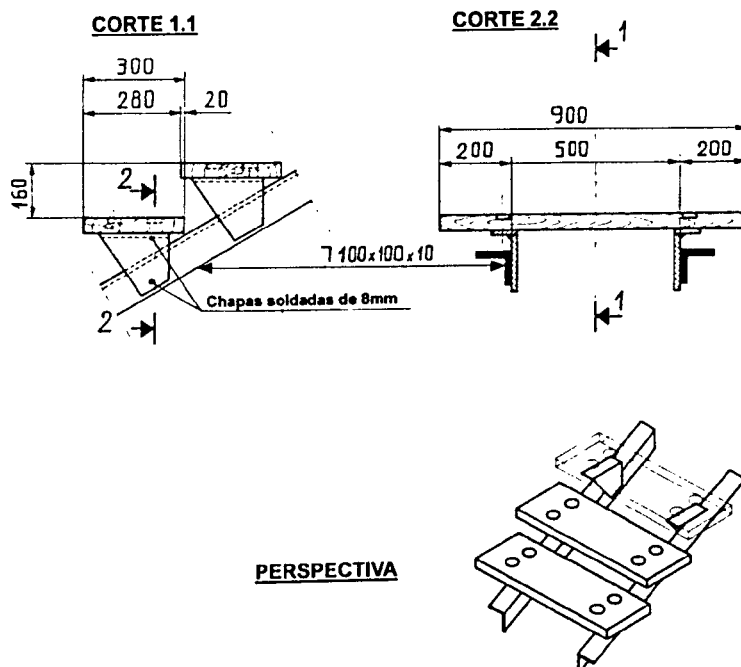
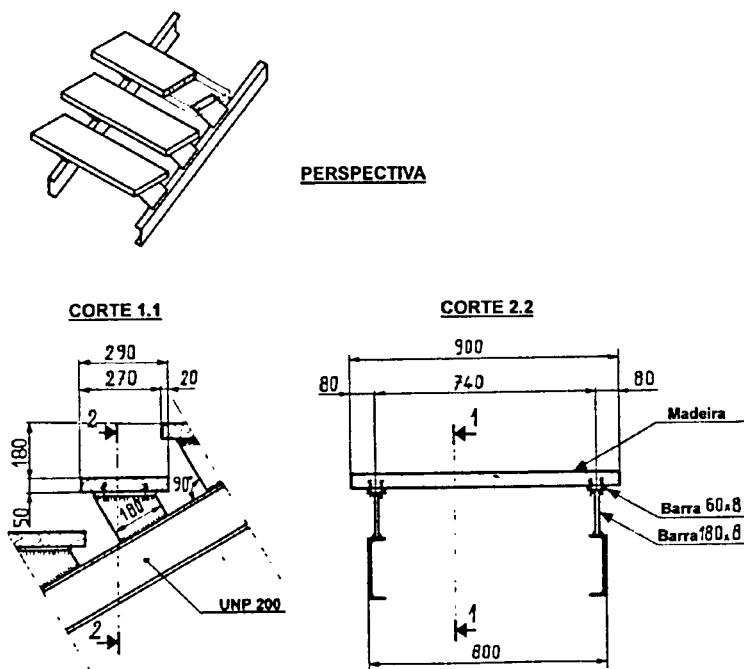


FIG.12

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO



CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

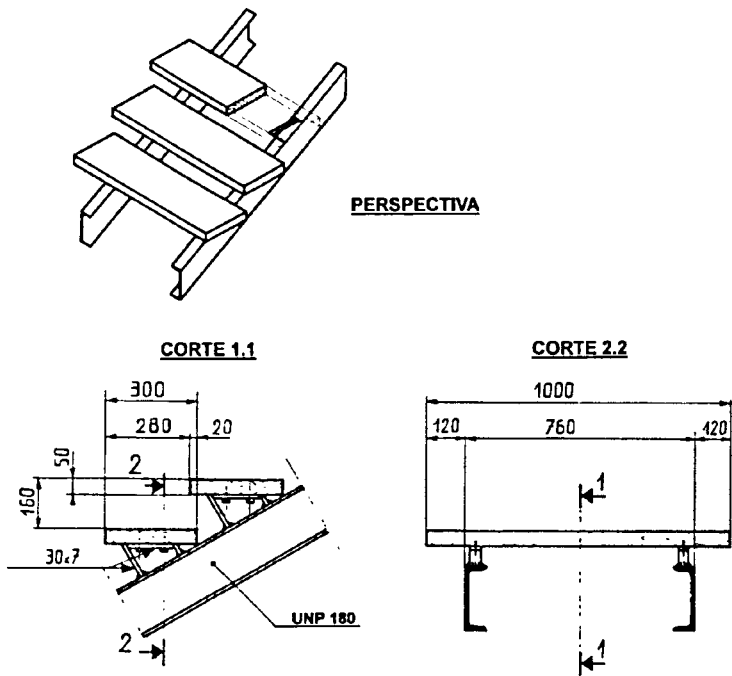


FIG.15

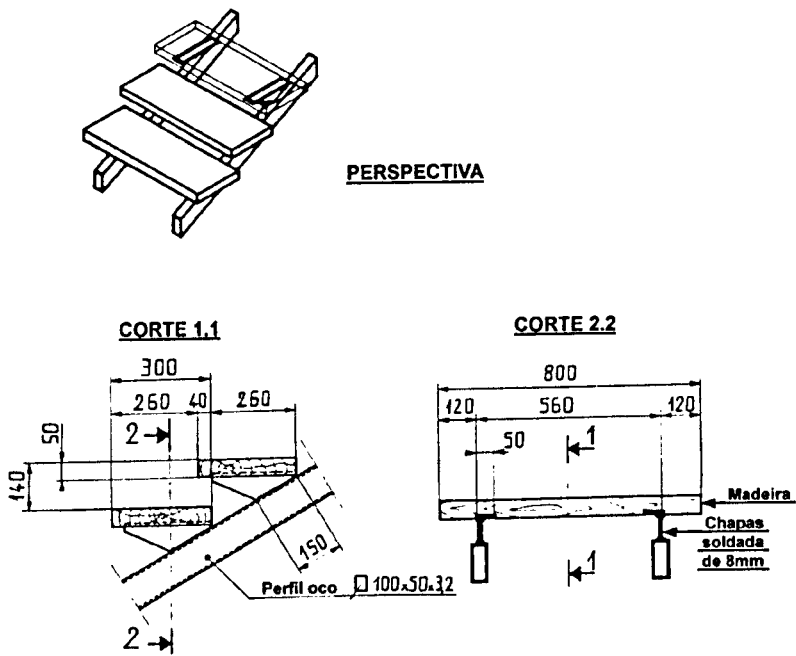


FIG.16

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

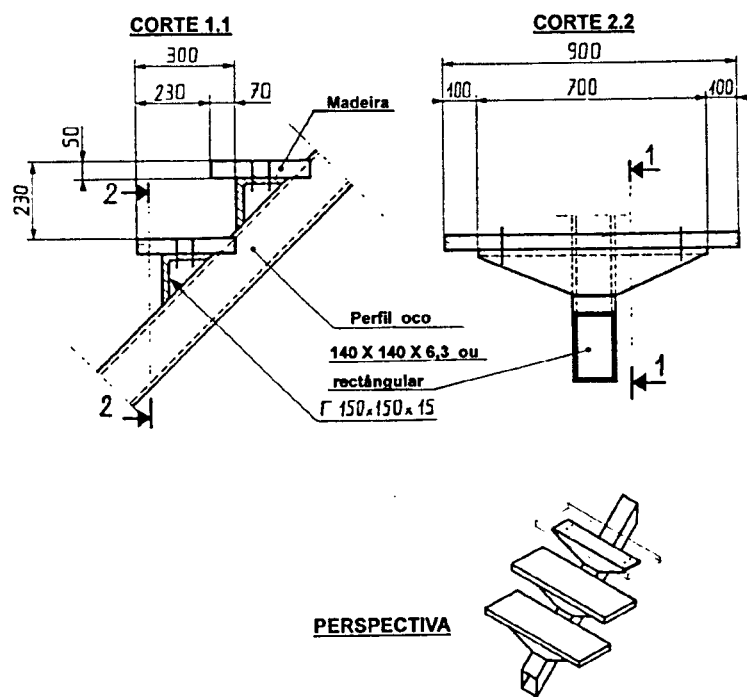


FIG.17

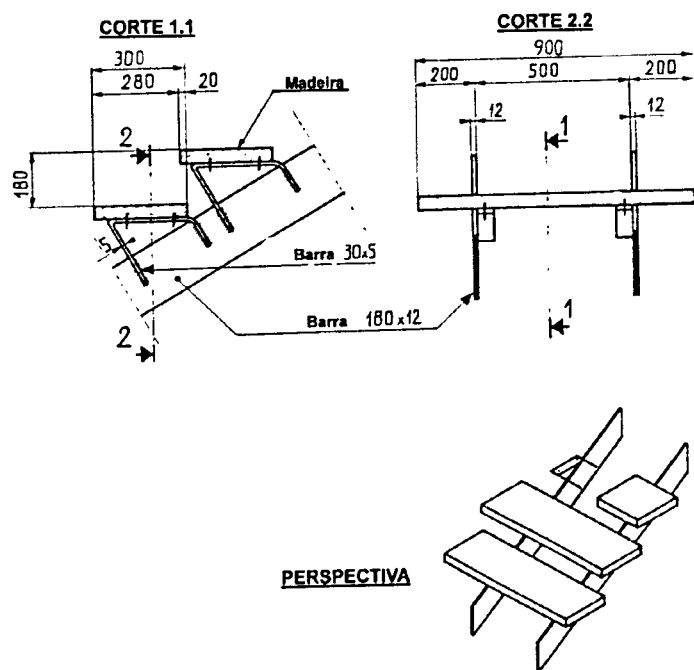


FIG.18

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

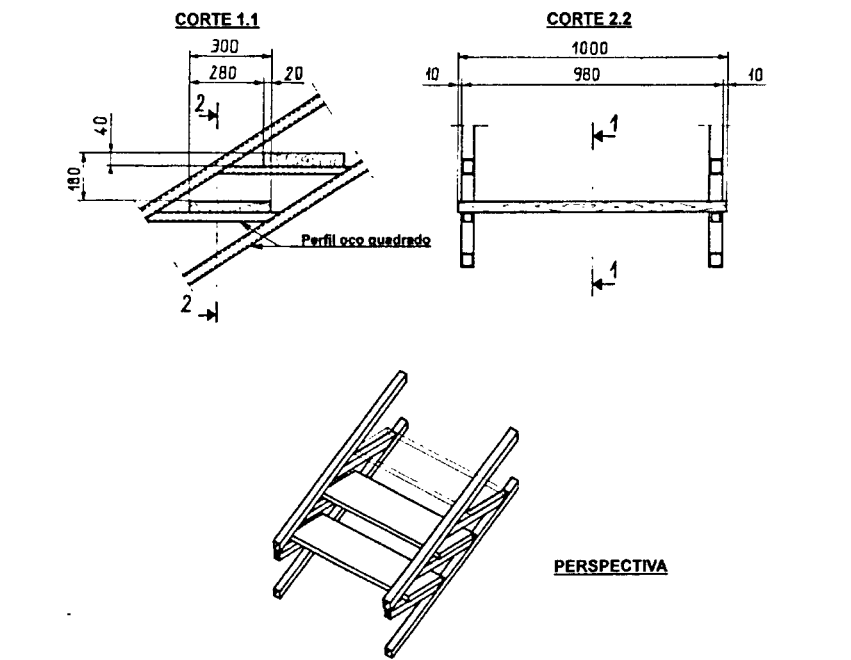


FIG.19

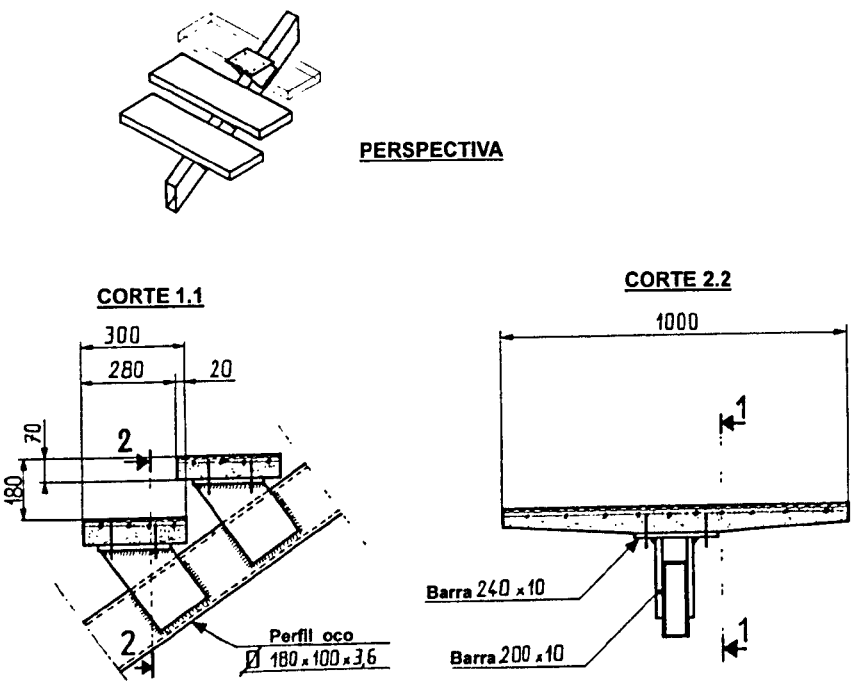


FIG.20

Poderá também não existir viga lanço, como no caso da escada da figura 21.

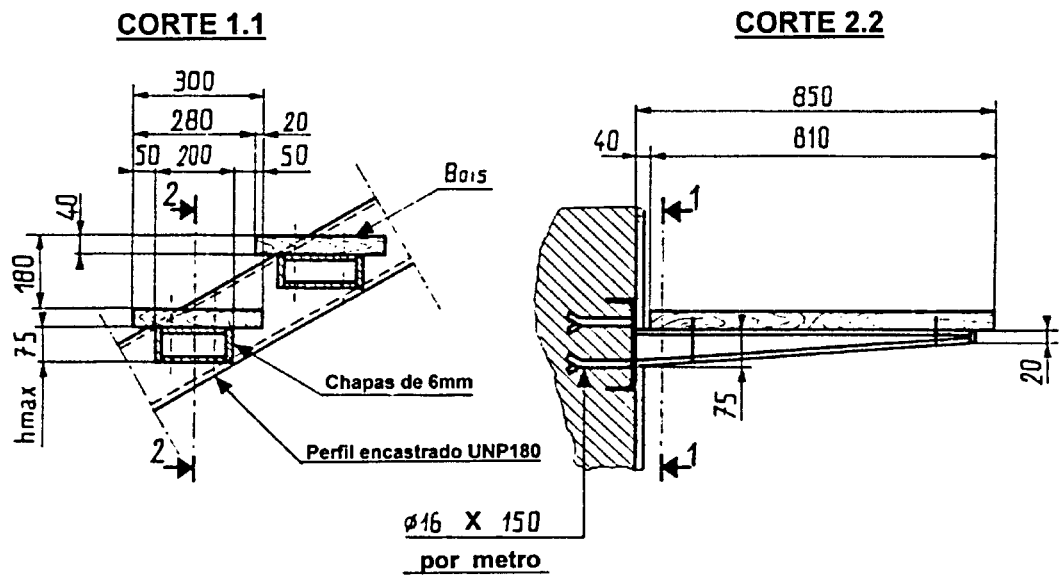


FIG.21 - ESCADA SEM VIGA LANÇO

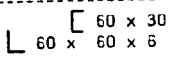
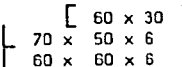
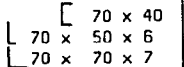
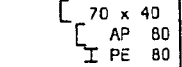
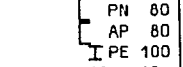
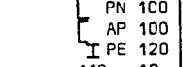
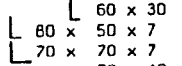
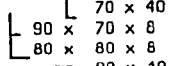
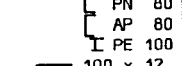
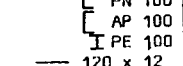
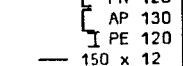
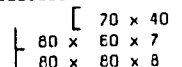
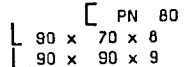
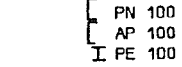
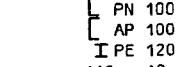
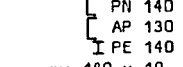
Os quadros II a VII que a seguir se reproduzem, permitem obter o perfil a usar para as vigas-lanço, em função do desnível a vencer por lanço, da largura da escada e da inclinação desta.

SOBRECARGA 2,5 KN/m2					
50°	45°	40°	35°	30°	25°
C PN 80 C AP 80 I PE 60 100 x 8 70 x 70 x 3,2 90 x 50 x 3,2	C PN 80 C AP 80 I PE 100 120 x 8 90 x 90 x 3,2 100 x 50 x 3,2	C PN 100 C AP 100 I PE 120 140 x 8 90 x 90 x 5 120 x 60 x 3,2	C PN 120 C AP 130 I PE 120 180 x 8 120 x 120 x 3,2 140 x 80 x 3,2	C PN 140 C AP 150 I PE 140 200 x 8 140 x 140 x 3,6 160 x 90 x 3,2	C PN 180 C AP 175 I PE 180 240 x 10 180 x 180 x 3,6 200 x 100 x 4
SOBRECARGA 4,0 KN/m2					
	45°	40°	35°	30°	25°
	C PN 100 C AP 100 I PE 100 140 x 8 100 x 100 x 3,2 120 x 60 x 3,2	C PN 120 C AP 130 I PE 120 180 x 8 120 x 120 x 3,2 140 x 80 x 3,2	C PN 140 C AP 150 I PE 140 200 x 8 140 x 140 x 3,6 150 x 100 x 3,2	C PN 160 C AP 175 I PE 160 240 x 8 150 x 150 x 5 200 x 100 x 4	C PN 200 C AP 200 I PE 200 280 x 10 180 x 180 x 6,3 200 x 100 x 6
SOBRECARGA 5,0 KN/m2					
	45°	40°	35°	30°	25°
	C PN 120 C AP 130 I PE 120 140 x 10 120 x 120 x 3,2 140 x 40 x 3,2	C PN 120 C AP 130 I PE 140 180 x 8 120 x 120 x 4 140 x 80 x 3,2	C PN 140 C AP 150 I PE 160 200 x 10 140 x 140 x 4,5 180 x 80 x 3,2	C PN 180 C AP 175 I PE 180 240 x 10 150 x 150 x 6 200 x 100 x 4	C PN 220 C AP 220 I PE 220 280 x 12 200 x 200 x 5 200 x 100 x 10

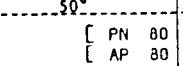
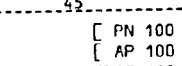
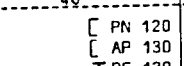
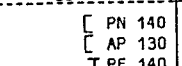
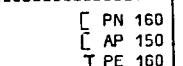
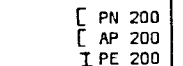
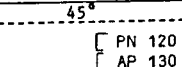
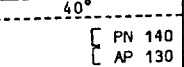
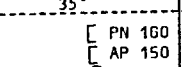
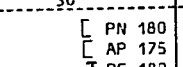
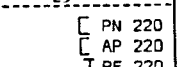
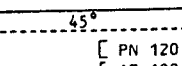
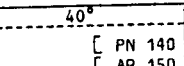
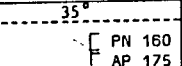
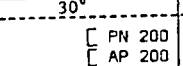
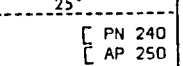
QUADRO II - ESCADAS DE 2 VIGAS LANÇO (desnível 3m ; largura 1m)

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

SOBRECARGA 2,5 KN/m ²					
50°	45°	40°	35°	30°	25°
 60 x 60 x 6 60 x 30 60 x 8 45 x 45 x 2,7 50 x 25 x 2,7	 60 x 60 x 6 70 x 50 x 6 60 x 12 50 x 50 x 3,2 60 x 30 x 2,7	 70 x 70 x 7 70 x 40 70 x 12 60 x 60 x 3,2 70 x 35 x 3,2	 70 x 40 80 x 80 x 3,2 80 x 14 70 x 70 x 3,2 80 x 40 x 3,2	 PN 80 AP 80 PE 100 100 x 15 80 x 80 x 3,6 100 x 50 x 3,2	 PN 100 AP 100 PE 120 140 x 10 100 x 100 x 3,2 120 x 60 x 3,2
SOBRECARGA 4,0 KN/m ²					
45°	40°	35°	30°	25°	
 60 x 30 80 x 50 x 7 70 x 70 x 7 70 x 12 60 x 60 x 3,2 70 x 40 x 3,2	 70 x 40 90 x 70 x 8 80 x 80 x 8 90 x 10 70 x 70 x 3,2 80 x 40 x 3,2	 PN 80 AP 80 PE 100 100 x 12 80 x 80 x 3,2 90 x 50 x 3,2	 PN 100 AP 100 PE 100 120 x 12 100 x 100 x 3,2 120 x 60 x 3,2	 PN 120 AP 130 PE 120 150 x 12 120 x 120 x 3,2 140 x 80 x 3,2	
SOBRECARGA 5,0 KN/m ²					
45°	40°	35°	30°	25°	
 70 x 40 80 x 60 x 7 80 x 80 x 8 60 x 10 70 x 70 x 3,2 80 x 40 x 3,2	 PN 80 90 x 70 x 8 90 x 90 x 8 100 x 10 80 x 80 x 3,2 90 x 50 x 3,2	 PN 100 AP 100 PE 100 120 x 8 90 x 90 x 3,2 150 x 50 x 3,2	 PN 100 AP 100 PE 120 140 x 10 100 x 100 x 3,2 120 x 60 x 3,2	 PN 140 AP 130 PE 140 180 x 10 140 x 140 x 3,6 140 x 80 x 3,2	

QUADRO III - ESCADAS DE 2 VIGAS LANÇO (desnível 1,70m ; largura 1m)

SOBRECARGA 2,5 KN/m ²					
50°	45°	40°	35°	30°	25°
 PN 80 AP 80 PE 100 100 x 12 80 x 80 x 3,2 50 x 50 x 3,2	 PN 100 AP 100 PE 100 120 x 12 100 x 100 x 3,2 120 x 60 x 3,2	 PN 120 AP 130 PE 120 140 x 12 120 x 120 x 3,2 140 x 80 x 3,2	 PN 140 AP 130 PE 140 200 x 8 140 x 140 x 3,6 150 x 100 x 3,2	 PN 160 AP 150 PE 160 240 x 8 150 x 150 x 4 200 x 100 x 4	 PN 200 AP 200 PE 200 280 x 10 200 x 200 x 5 220 x 140 x 3,6
SOBRECARGA 4,0 KN/m ²					
45°	40°	35°	30°	25°	
 PN 120 AP 130 PE 120 160 x 10 120 x 120 x 3,2 140 x 40 x 3,2	 PN 140 AP 130 PE 140 180 x 10 140 x 140 x 3,6 150 x 100 x 3,2	 PN 160 AP 150 PE 160 240 x 8 150 x 150 x 4 180 x 100 x 3,6	 PN 180 AP 175 PE 180 260 x 10 200 x 200 x 5 220 x 140 x 3,6	 PN 220 AP 220 PE 220 300 x 12 200 x 200 x 6 250 x 150 x 5	
SOBRECARGA 5,0 KN/m ²					
45°	40°	35°	30°	25°	
 PN 120 AP 130 PE 120 180 x 10 120 x 120 x 3,2 140 x 80 x 3,2	 PN 140 AP 150 PE 140 200 x 10 140 x 140 x 3,6 160 x 90 x 3,2	 PN 160 AP 175 PE 180 220 x 12 150 x 150 x 5 200 x 100 x 4	 PN 200 AP 200 PE 200 280 x 10 200 x 200 x 5 220 x 140 x 3,6	 PN 240 AP 250 PE 240 300 x 14 220 x 220 x 6,3 250 x 150 x 5	

QUADRO IV - ESCADAS DE 2 VIGAS LANÇO (desnível 3m ; largura 1,5m)

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

SOBRECARGA 2,5 KN/m ²					
50°	45°	40°	35°	30°	25°
[60 x 30 L 70 x 50 x 6 L 60 x 60 x 6 — 70 x 10 ▧ 50 x 50 x 3,2 ▧ 60 x 30 x 3,2	[60 x 30 L 70 x 50 x 6 L 70 x 70 x 7 — 80 x 10 ▧ 60 x 60 x 3,2 ▧ 70 x 35 x 3,2	[70 x 40 L 90 x 70 x 8 — 80 x 80 x 8 — 90 x 10 ▧ 70 x 70 x 3,2 ▧ 80 x 40 x 3,2	[PN 80 [AP 80 I PE 80 — 100 x 12 ▧ 80 x 80 x 3,2 ▧ 90 x 50 x 3,2	[PN 100 [AP 100 I PE 100 — 120 x 12 ▧ 100 x 100 x 3,2 ▧ 120 x 60 x 3,2	[PN 120 [AP 130 I PE 120 — 150 x 10 ▧ 120 x 120 x 3,2 ▧ 140 x 80 x 3,2
SOBRECARGA 4,0 KN/m ²					
	45°	40°	35°	30°	25°
	[PN 80 [AP 80 I PE 80 — 100 x 8 ▧ 70 x 70 x 3,2 ▧ 80 x 40 x 3,2	[PN 80 [AP 80 I PE 80 — 100 x 10 ▧ 80 x 80 x 3,2 ▧ 90 x 50 x 3,2	[PN 100 [AP 130 I PE 100 — 120 x 10 ▧ 90 x 90 x 3,2 ▧ 120 x 60 x 3,2	[PN 120 [AP 130 I PE 120 — 150 x 10 ▧ 120 x 120 x 3,2 ▧ 140 x 40 x 3,2	[PN 140 [AP 130 I PE 140 — 180 x 10 ▧ 140 x 140 x 3,6 ▧ 150 x 100 x 3,2
SOBRECARGA 5,0 KN/m ²					
	45°	40°	35°	30°	25°
	[PN 80 [AP 80 I PE 80 — 100 x 10 ▧ 70 x 70 x 3,2 ▧ 90 x 50 x 3,2	[PN 80 [AP 80 I PE 100 — 120 x 10 ▧ 90 x 90 x 3,2 ▧ 100 x 50 x 3,2	[PN 100 [AP 100 I PE 100 — 140 x 10 ▧ 100 x 100 x 3,2 ▧ 120 x 60 x 3,2	[PN 120 [AP 130 I PE 120 — 160 x 10 ▧ 120 x 120 x 3,2 ▧ 140 x 80 x 3,2	[PN 140 [AP 150 I PE 160 — 200 x 10 ▧ 140 x 140 x 3,2 ▧ 180 x 80 x 3,2

QUADRO V - ESCADAS DE 2 VIGAS LANÇO (desnível 1,70m ; largura 1,5m)

SOBRECARGA 2,5 KN/m ²				
50°	45°	40°	35°	30°
▧ 100 x 100 x 3,2	▧ 120 x 120 x 3,2	▧ 120 x 120 x 5	▧ 140 x 140 x 4,5 ou ▧ 150 x 150 x 4	▧ 160 x 160 x 6,3
▧ 140 x 80 x 3,2	▧ 150 x 100 x 3,2	▧ 180 x 80 x 3,2	▧ 180 x 100 x 3,6	▧ 200 x 100 x 6

QUADRO VI - ESCADAS DE 1 VIGA LANÇO (desnível 3m ; largura 1m)

SOBRECARGA 2,5 KN/m ²				
50°	45°	40°	35°	30°
▧ 70 x 70 x 3,2 ▧ 90 x 50 x 3,2	▧ 80 x 80 x 3,2 ▧ 120 x 60 x 3,2	▧ 80 x 80 x 3,2 ▧ 120 x 60 x 3,2	▧ 90 x 90 x 3,2 ▧ 140 x 80 x 3,2	▧ 120 x 120 x 3,2 ▧ 150 x 100 x 3,2

QUADRO VII - ESCADAS DE 1 VIGA LANÇO (desnível 1,70m ; largura 1m)

2.2.2 - Guarda-corpos

Os guarda-corpos podem ser realizados com as mais variadas formas, sendo em geral constituídos por montantes, guarda superior (corrimão), uma ou mais guardas intermédias e rodapé.

A ligação do guarda-corpos à escada determina a sua classificação: fixo, amovível (comprimento < 3 metros) ou desmontável (comprimento < 6 metros). Esta classificação baseia-se na Norma Francesa NF E 85-101 (novembro 1983).

As figuras 22 a 24 apresentam os diferentes tipos de guarda-corpos (em função da ligação ao corpo da escada), com indicações das dimensões e perfis a usar.

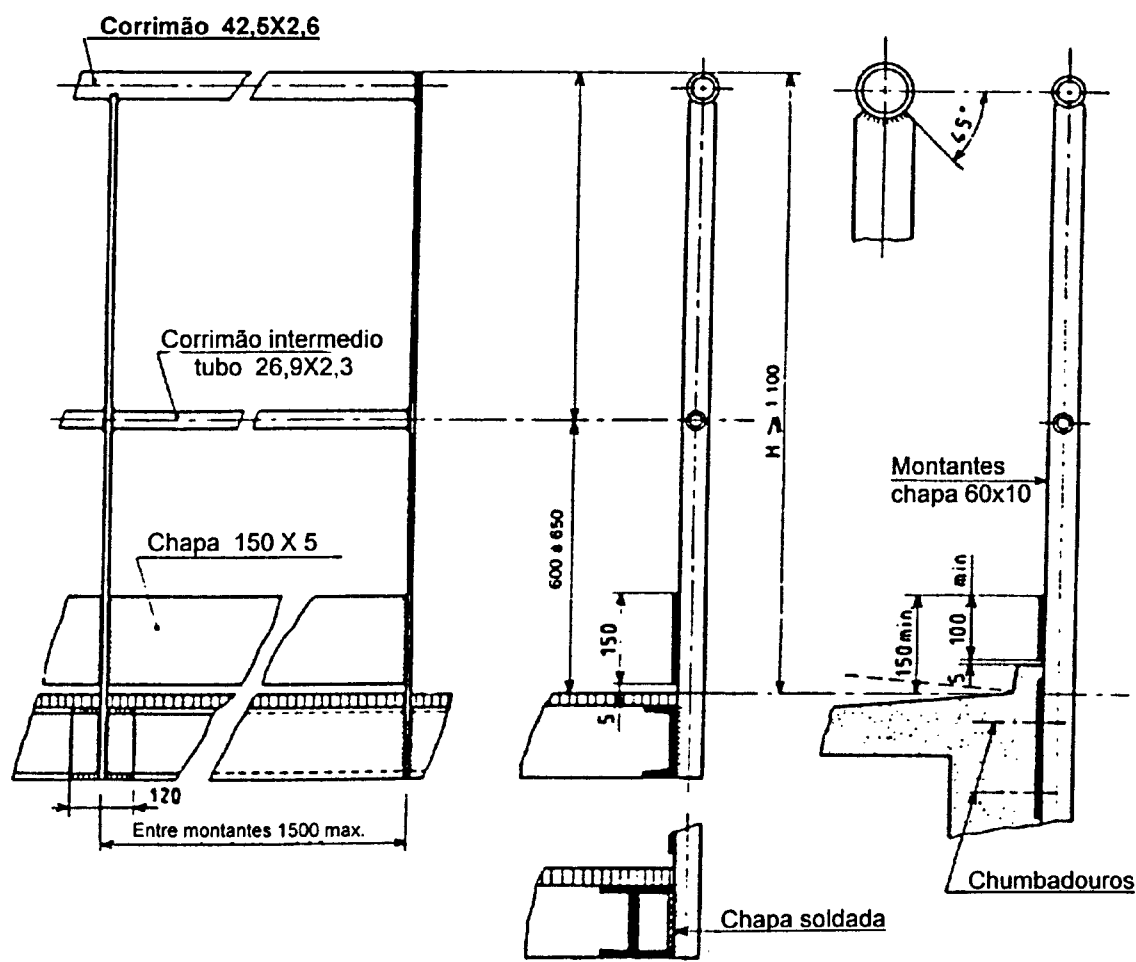


FIG.22 - GUARDA-CORPOS METÁLICO FIXO

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

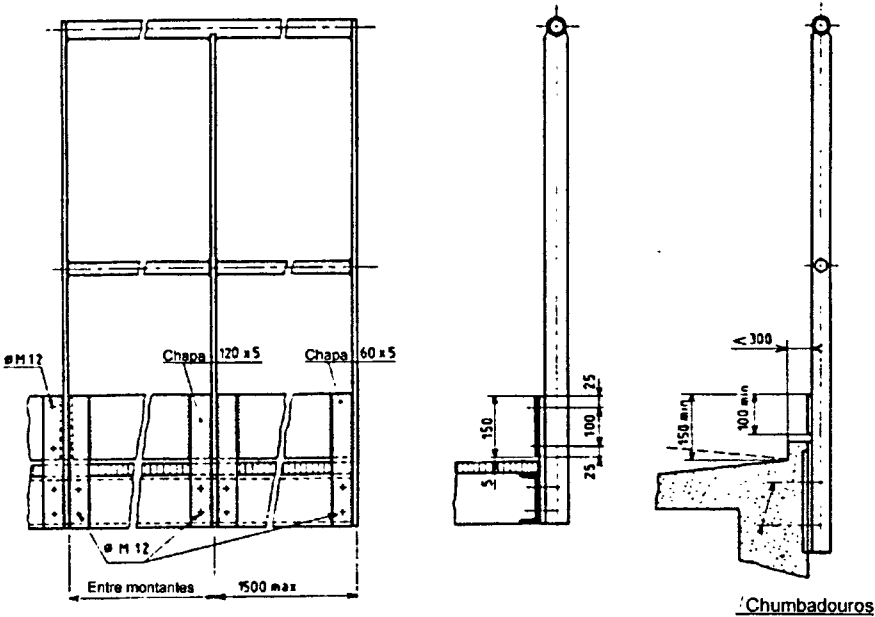


FIG.23 - GUARDA-CORPOS METÁLICO DESMONTAVEL

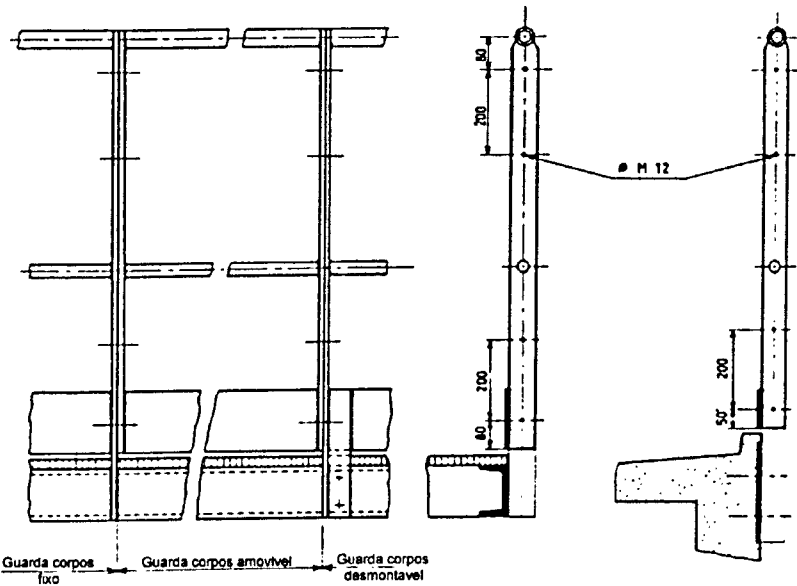


FIG.24 - GUARDA-CORPOS METÁLICO AMOVIVEL

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

Seguidamente são apresentados os quadros VIII a XI de perfis a usar e as figuras 25 a 33, exemplificativas de guarda-corpos.

GUARDA-CORPOS INDUSTRIAIS

ENTRE MONTANTES		
1,50 m		
Perfil	Posição	Peso kg/ml
de 60 x 10		4,71
de 50 x 14		5,5
de 45 x 20		7,05
70 x 70 x 7		7,38
70 x 50 x 6		5,40
60,3 x 2,9		4,14
45 x 2,7		3,586
60 x 30 x 2,7		3,586
70 x 35 x 3,2		4,954

QUADRO VIII - PERFIS A USAR NOS MONTANTES

Perfil	Posição	Peso kg/ml
42,4 x 2,6		2,57
35 x 2,7		2,738
50 x 25 x 2,7		2,950
50 x 25 x 2,7		2,950
50 x 50 x 5		3,77

QUADRO IX - PERFIS A USAR NOS CORRIMÃOS

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

Perfil	Posição	Peso kg/ml
 26,9 x 2,3		1,41
 22 x 2,2		1,423
 50 x 25 x 2,7		2,95
 Plat de 40 x 6		1,88
 40 x 40 x 4		2,42

QUADRO X - PERFIS A USAR NOS CORRIMÃOS INTERMEDIOS

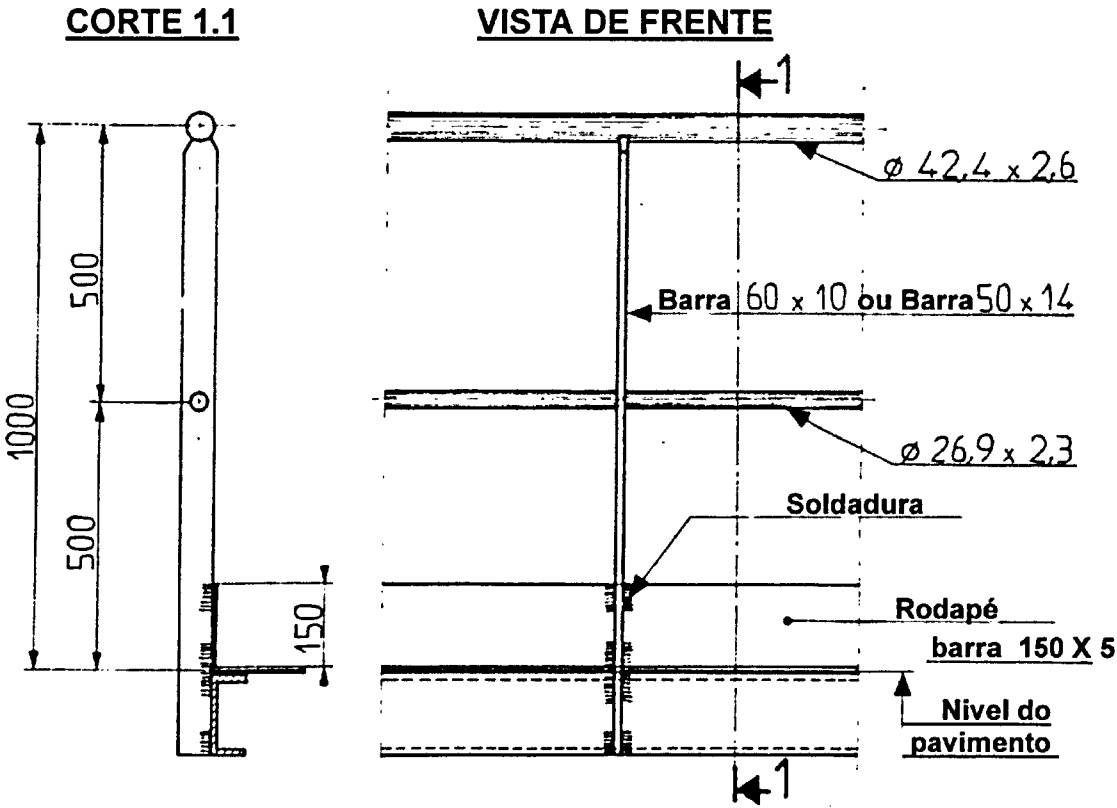


FIG.25

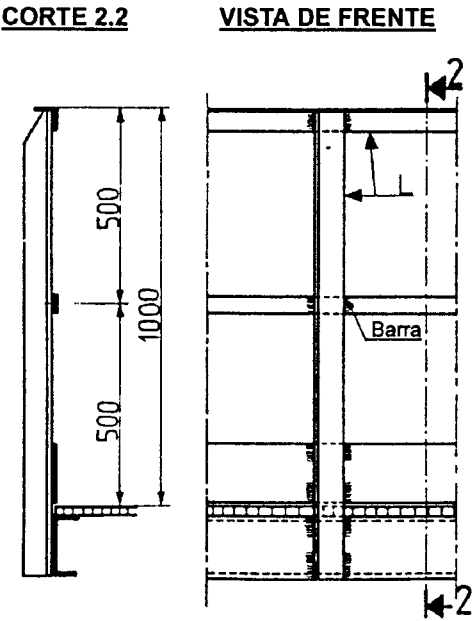


FIG.26

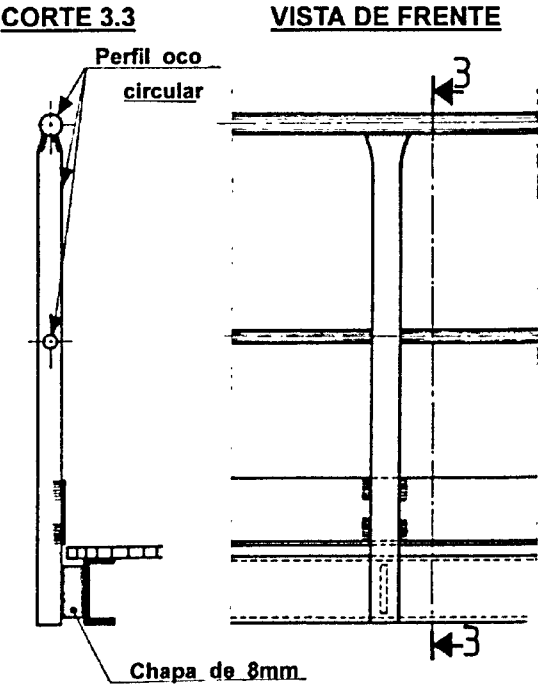


FIG.27

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

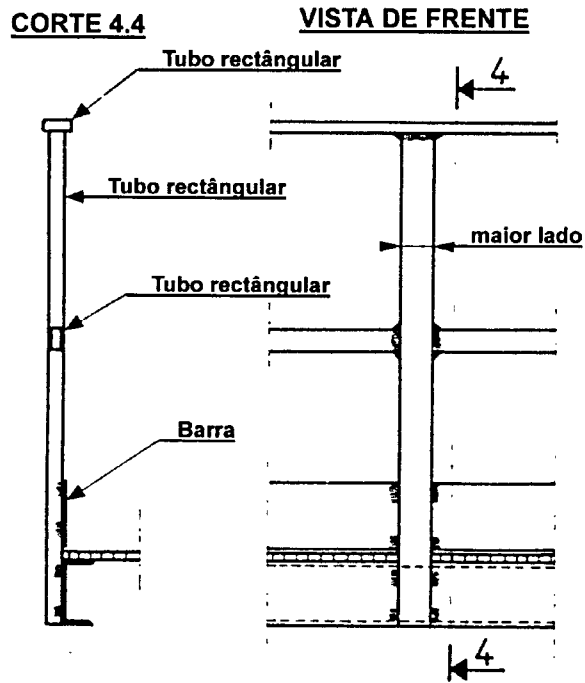


FIG.28

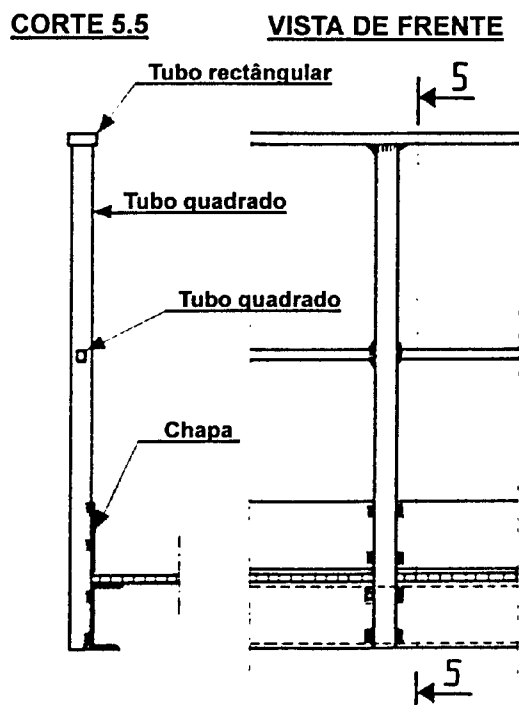


FIG.29

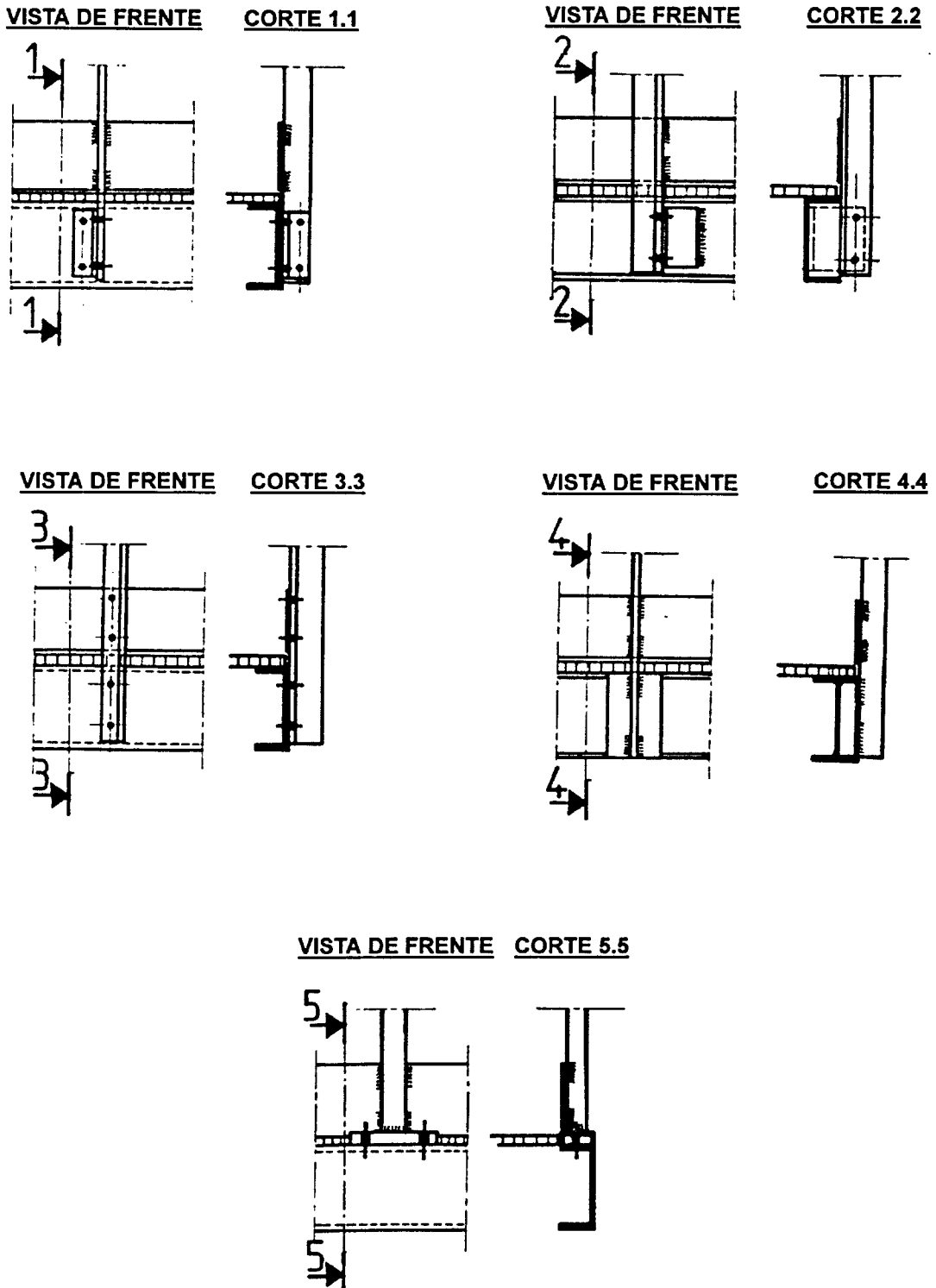


FIG.30 - PORMENOR DE LIGAÇÃO DOS GUARDA-CORPOS AO CORPO DA ESCADA

CAPITULO 2

TIPOS DE ESCADAS METÁLICAS E SUA CONSTITUIÇÃO

GUARDA-CORPOS EM LOCAIS PÚBLICOS E PRIVADOS

ENTRE MONTANTES					
1,60 m			1 m		
Perfil	Posição	Peso kg/ml	Perfil	Posição	Peso kg/ml
Ø 60,3 x 2,9		4,14	Ø 60 x 2		2,80
▧ 60 x 60 x 2		3,64	▧ 50 x 50 x 2		3,01
▧ 80 x 40 x 2		3,64	▧ 60 x 30 x 2		2,70
■ 40 x 40		12,56	■ 40 x 40		12,56
— 60 x 10		4,71	— 40 x 20		6,28
CORRIMÃO					
Ø 40 x 2		1,87	Ø 35 x 2		1,63
▧ 30 x 30 x 2		1,76	▧ 30 x 30 x 2		1,76
▧ 35 x 20 x 2		1,60	▧ 35 x 20 x 2		1,60
■ 22 x 22		3,799	■ 20 x 20		3,14
— 40 x 8		2,51	— 40 x 5		1,57
— 35 x 10		2,75			

QUADRO XI - PERFIS A USAR NOS MONTANTES E CORRIMÃOS (locais privados)

ENTRE MONTANTES					
1,60 m			1 m		
Perfil	Posição	Peso kg/ml	Perfil	Posição	Peso kg/ml
Ø 76,1 x 2,9		5,28	Ø 80 x 2		3,85
▧ 60 x 60 x 3,2		5,707	▧ 60 x 60 x 2		3,64
▧ 50 x 25 x 2,7		2,95	▧ 80 x 40 x 2		3,64
■ 45 x 45		15,696	■ 40 x 40		12,56
— 60 x 20		9,42	— 60 x 12		5,65
CORRIMÃO					
Ø 50 x 2		2,37	Ø 35 x 2		1,63
▧ 40 x 40 x 2		2,39	▧ 30 x 30 x 2		1,76
▧ 50 x 30 x 2		2,39	▧ 35 x 20 x 2		1,60
■ 30 x 30		7,065	■ 20 x 20		3,14
— 40 x 10		3,14	— 40 x 5		1,57

QUADRO XI - PERFIS A USAR NOS MONTANTES E CORRIMÃOS (locais publicos)

CORTE 1.1

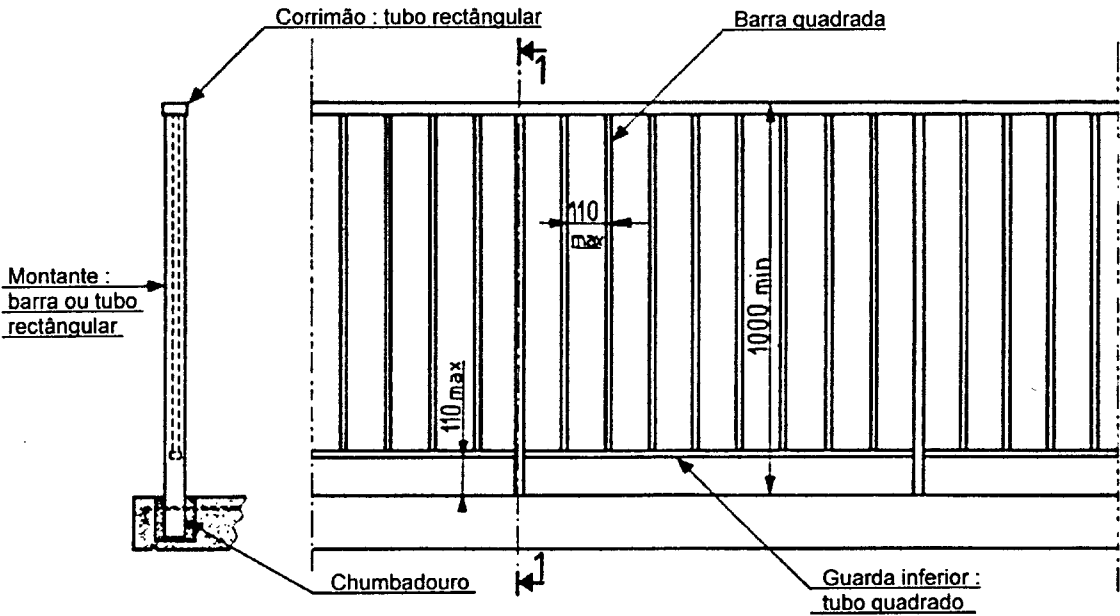


Fig.31 - GUARDA-CORPOS COM BARRAS VERTICAIS

CORTE 1.1

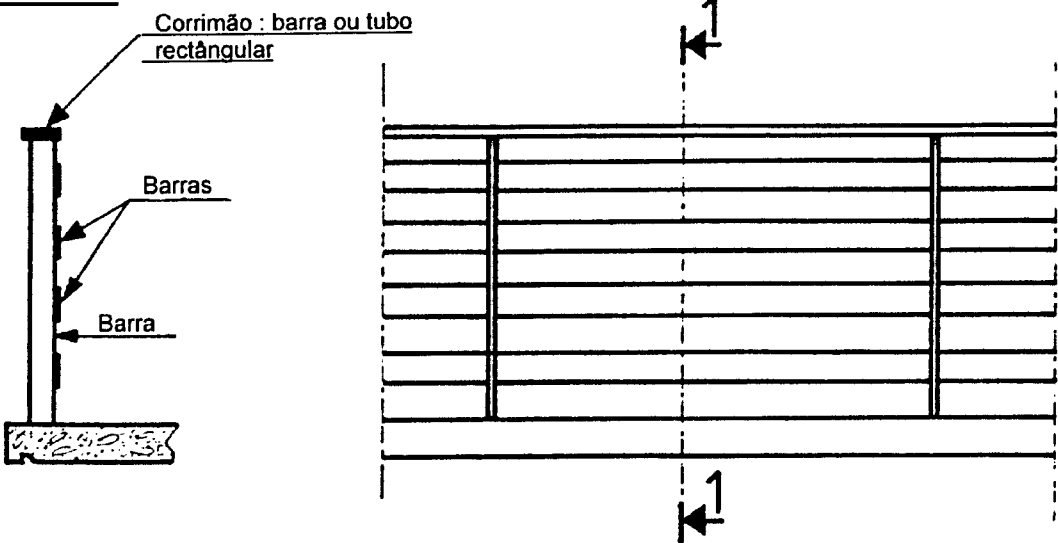


Fig.32 - GUARDA-CORPOS COM BARRAS HORIZONTAIS

CORTE 1.1

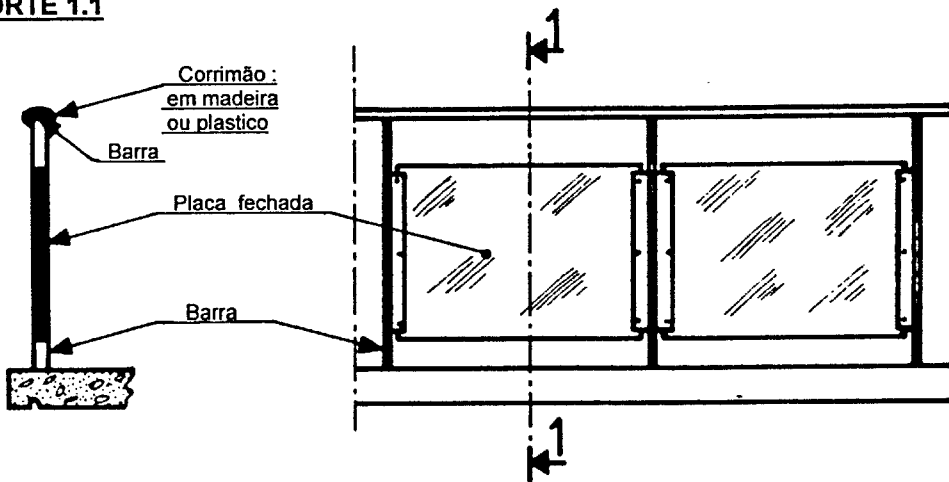


Fig.33 - GUARDA-CORPOS COM PLACA FECHADA

2.3 - Escadas Helicoidais e Escadas Para-helicoidais (em arco)

A título ilustrativo, vamos apenas nomear algumas figuras, 34 a 36 representativas deste tipo de escadas.

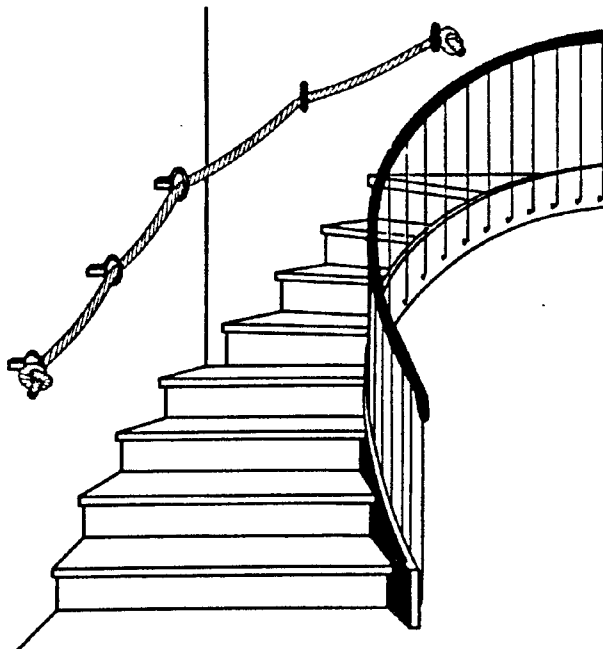


FIG.34 - ESCADA PARA-HELICOIDAL

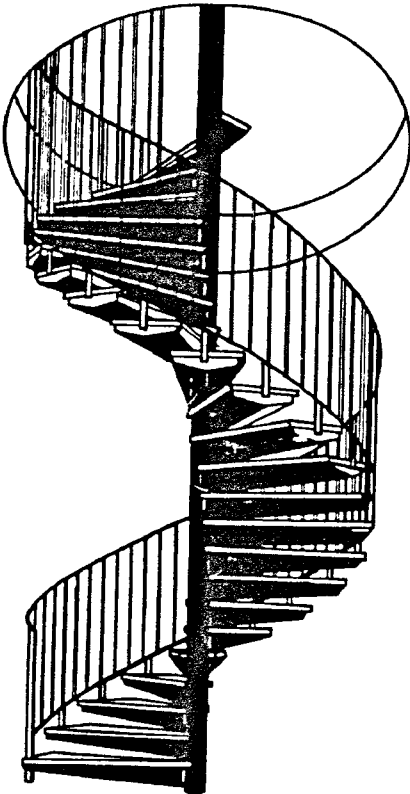


FIG.35 - ESCADA HELICOIDAL

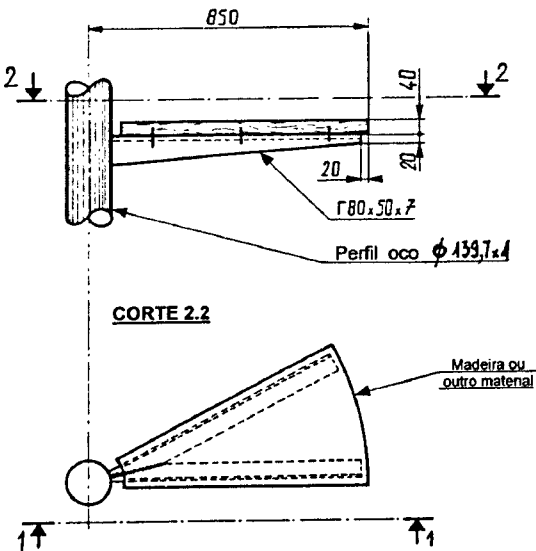


FIG.36 - DEGRAU DE UMA ESCADA HELICOIDAL

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Como foi referido anteriormente, é objectivo deste capítulo idealizar uma escada, com um esquema que permita uma pré-fabricação por elementos, em estaleiro, elementos que serão ligados entre si, na obra, através de ligações aparafusadas. Assim, os principais elementos constituintes da escada serão, como se constata na figura 37; os degraus (D); as vigas lança (VL); as vigas transversais (VT), que suportam as vigas lança e transmitem todos os esforços da escada aos pilares (P).

É também propósito deste capítulo apresentar um método sequencial de cálculo, que permita o rápido dimensionamento de uma escada metálica com uma estrutura idêntica para diferentes condicionamentos geométricos.

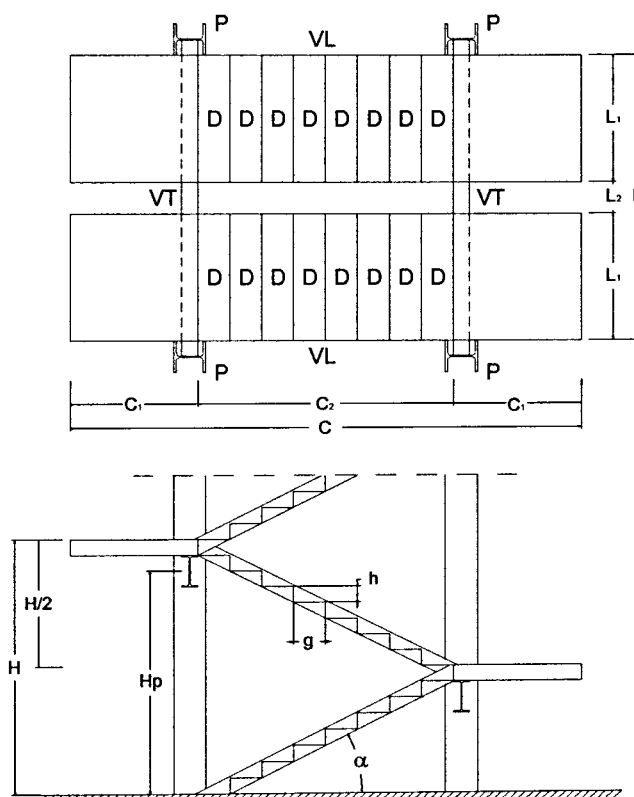


FIG.37 - ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UMA ESCADA

3.1 - Condicionamentos Geométricos

Dados iniciais:

- H – desnível a vencer por piso
- L – largura total máxima da escada
- C – comprimento total máximo da escada

assim:

$$L = 2 * L_1 + L_2$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

caberá ao projectista definir as dimensões L_1 e L_2 . Como referido anteriormente, a largura do patamar C_1 , não deverá ser inferior ao comprimento dos degraus, ou seja, à largura da escada L_1 . Logo:

$$C_1 = L_1$$

e,

$$C_2 = C - 2 * L_1$$

terá agora que se definir o número de degraus (n), a sua largura (g) e a altura do contra degrau (h), cuja relação ideal é:

$$g + 2 * h = 640mm$$

a resolução do sistema de equações seguinte, fornece a solução para as três variáveis:

$$g + 2 * h = 640mm$$

$$g * n = C_2$$

$$h * n = \frac{H}{2}$$

estes valores poderão não ser exactos, ou o projectista não os achar convenientes. Assim sendo, caberá a este definir novos valores para (n), (g) e (h), desde que mantenha a relação:

$$\frac{H/2}{C_2} = \frac{h}{g}$$

pode, também, atribuir novos valores a C_2 , vindo então:

$$C_2 = n * g \quad (< C_2 \text{ inicial})$$

estarão então definidas as principais dimensões da escada, sendo a sua inclinação dada pela tangente do ângulo α , ou seja:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{H/2}{C_2} = \frac{h}{g}$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.2 – Degraus (D)

Apesar da variedade de materiais que podem ser utilizados para realizar os degraus, será adequado utilizar um degrau todo em aço, constituído por uma base resistente de quatro cantoneiras definindo o perímetro do degrau, sobre as quais será colocada uma chapa ou grelha (caillebotis), como se representa na figura 38 .

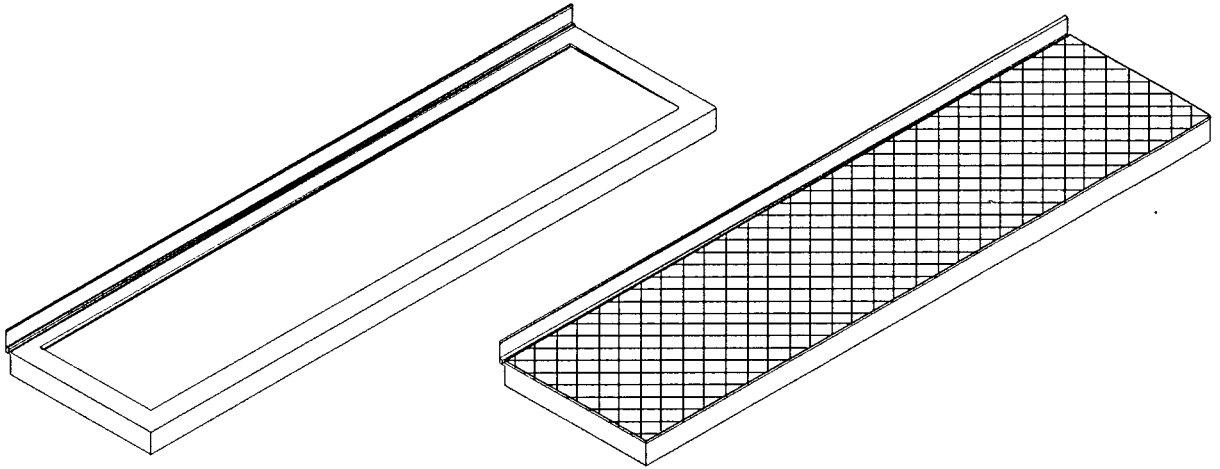


FIG.38 - DEGRAU

3.2.1 – Chapa Estriada

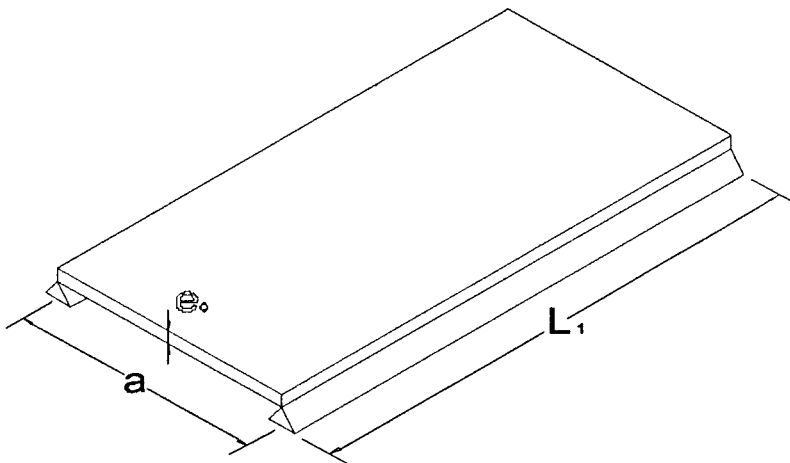


FIG.39 - ESQUEMA ESTRUTURAL DO DEGRAU

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

L1 – comprimento do degrau
a (=g) – vão (largura do degrau)
ec - espessura da chapa

Conforme ilustra a figura 39 , considera-se que a chapa se encontra simplesmente apoiada nas cantoneiras dispostas longitudinalmente (ao longo do comprimento do degrau), ficando a grelha sujeita a um esforço de flexão, provocado por uma carga distribuída “P” ao longo de um vão “a” igual à largura do degrau. Considera-se ainda o comprimento do degrau “L1”, dividido em faixas de 1 metro.

VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA

Sendo:

$$\gamma_{aço} = 7850 \text{ Kg/ m}^3 = 78,5 \text{ KN/ m}^3$$

considera-se

$$\gamma_{aço} = 85 \text{ KN/ m}^3$$

de modo a ter em conta o peso acrescido devido às estrias da chapa.

A carga distribuída a considerar será então:

$$P = Q_{\text{útil}} + 85 \cdot e_c \quad [KN / m] \quad (1)$$

e_c - espessura da chapa
 $Q_{\text{útil}} = 5 \text{ KN/m}^2$

$$P_{sd} = \gamma \cdot P \quad [KN / m] \quad (2)$$

$$\gamma = 1,5 \text{ (coeficiente de segurança)}$$

logo, o momento flector será dado pela expressão (3):

$$M_{sd} = \frac{P_{sd} \cdot a^2}{8} \quad [KN \cdot m] \quad (3)$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

sendo a tensão actuante:

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{\frac{P_{sd} * a^2}{8}}{\frac{b * e^2}{6}} = \frac{3 * P_{sd} * a^2}{4 * e^2} \quad (4)$$

, pela inequação:

$$\sigma_{sd} \leq f_{syd} \quad (5)$$

Obtêm-se que a espessura "e_c" da chapa estriada necessária para verificar o "Estado Limite Ultimo de Resistência", é dada pela expressão (6):

$$4 * f_{syd} * e_c^2 - 344,25 * a^2 * e_c - 4,5 * a^2 * Q_{\text{útil}} = 0 \quad (6)$$

VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÃO

Considerando a flecha máxima dada pela expressão (7):

$$f_{\text{máx}} = a/200 \quad (7)$$

e, sendo:

$$f = \frac{5 * P * a^4}{384 * E * I} \quad (8)$$

em que:

f – flecha (m)

E – módulo de Young (Kpa)

I = e_c³/12 – momento de inércia (m⁴)

a espessura da chapa "e_c" será então dada pela expressão (9):

$$0,032 * E * e_c^3 - 85 * a^3 * e_c - Q_{\text{útil}} * a^3 = 0 \quad (9)$$

Poderá também obter-se a espessura da chapa, consultando tabelas dos fabricantes, como a que é apresentada no quadro XII, em que para diferentes vãos, se obtém a carga útil máxima que cada chapa poderá suportar, de modo a verificar a segurança, quer em relação ao Estado Limite Ultimo de Resistência, quer em relação ao Estado Limite de Deformação .

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

MÁXIMA CARGA ÚTIL(KN/m2)										
VÃO (m)	ESPESSURA DA CHAPA (mm)									
	4/5		5/7		6/8		8/10		10/12	
	ELURResistência	ELUDDeformação	ELURResistência	ELUDDeformação	ELURResistência	ELUDDeformação	ELURResistência	ELUDDeformação	ELURResistência	ELUDDeformação
0,1	341,0	341,0	532,9	532,9	787,5	787,5	1364,6	1364,6	2132,5	2132,5
0,2	85,0	53,4	132,9	104,6	191,5	181,0	340,7	340,7	532,5	532,5
0,3	37,6	15,8	58,8	30,7	84,8	53,3	151,0	126,8	236,2	236,2
0,4	21,0	6,4	32,9	12,7	47,5	22,2	84,7	53,1	132,5	104,2
0,5	13,3	3,1	20,9	6,3	30,2	11,1	53,9	26,8	84,5	52,9
0,6	9,1	1,7	14,4	3,5	20,8	6,2	37,3	15,3	58,4	30,3
0,7	6,6	0,9	10,5	2,0	15,2	3,7	27,2	9,4	42,7	18,7
0,8	5,0	0,5	7,9	1,2	11,5	2,3	20,7	6,0	32,5	12,3
0,9	3,9	0,2	6,2	0,7	9,0	1,5	16,2	4,0	25,5	8,4
1,0	3,1	0,1	4,9	0,4	7,2	0,9	13,0	2,8	20,5	5,9
1,1	2,5	0,0	4,0	0,2	5,8	0,6	10,6	1,9	16,8	4,2
1,2	2,0	0,0	3,3	0,1	4,8	0,3	8,8	1,3	14,0	3,0
1,3	1,7	0,0	2,7	0,0	4,0	0,2	7,4	0,9	11,8	2,2
1,4	1,4	0,0	2,3	0,0	3,4	0,0	6,3	0,6	10,0	1,6
1,5	1,2	0,0	1,9	0,0	2,9	0,0	5,4	0,3	8,6	1,1
1,6	1,0	0,0	1,7	0,0	2,5	0,0	4,7	0,2	7,5	0,8
1,7	0,8	0,0	1,4	0,0	2,1	0,0	4,0	0,0	6,5	0,5
1,8	0,7	0,0	1,2	0,0	1,9	0,0	3,5	0,0	5,7	0,3
1,9	0,6	0,0	1,1	0,0	1,6	0,0	3,1	0,0	5,1	0,1
2,0	0,5	0,0	0,9	0,0	1,4	0,0	2,7	0,0	4,5	0,0

QUADRO XII - CHAPAS ESTRIADAS

3.2.2 – Grelha (caillebotis)

O dimensionamento destas grelhas poderá ser efectuado com recurso a tabelas fornecidas pelos fabricantes. Apresenta-se a seguir três quadros (XIII a XV), extraídos do catálogo da empresa Rodrigues, Fonseca & Carvalho, Lda.

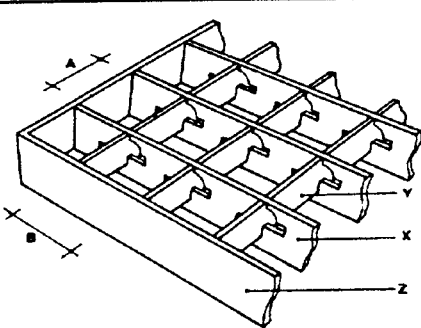
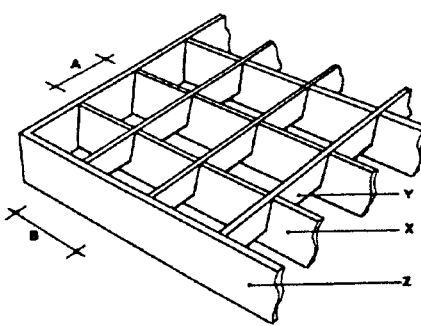
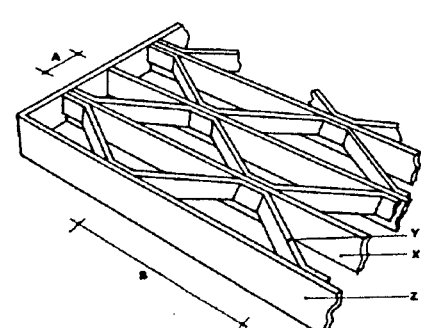
CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

- QUADRICULA - MINIQUADRICULA
- MICROQUADRICULA - RECTANGULAR
- GRADEADO LOSANGO
- MINIGRADEADO LOSANGO

MATERIAL: ST 37.2 / AISI 304 / AISI 316

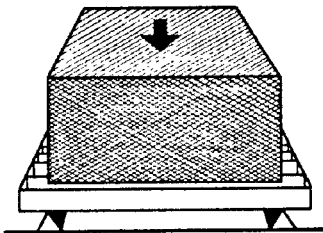
PROTECÇÃO: GALVANIZAÇÃO A QUENTE 80-100µ (ST 37.2)

TIPO	PAVIMENTO		CARACTERISTICAS				
			AxB	X	Y	Z	PESO Kg/m²
	QUADRICULA	900	38x38	25x5	20x5	25x5	45
	QUADRICULA	800	45x45	25x5	20x5	25x5	40
	QUADRICULA	600	47x47	30x3	20x2	30x3	25
	QUADRICULA	350	47x47	25x3	20x2	25x3	21
	MINIQUADRICULA	1400	30x30	30x4	20x4	30x4	52
	MINIQUADRICULA	1200	30x30	30x3	20x2	30x3	35
	MINIQUADRICULA	700	30x30	30x2	20x2	30x3	27
	MINIQUADRICULA	600	30x30	25x3	20x2	25x3	30
	MINIQUADRICULA	400	30x30	25x2	20x2	25x3	24
	MICROQUADRICULA	2100	10x10	30x2	20x2	30x3	88
	MICROQUADRICULA	1200	10x10	25x2	20x2	25x3	81
	MICROQUADRICULA	600	10x10	20x2	20x2	20x3	54
	RECTANGULAR	20000	37x69	80x6	20x5	80x6	115
	RECTANGULAR	6000 R	13x75	50x5	20x5	50x5	124
	RECTANGULAR	12000	38x69	80x4	20x4	80x4	82
	RECTANGULAR	10000	45x69	80x4	20x4	80x4	74
	RECTANGULAR	9500	38x69	70x4	20x4	70x4	75
	RECTANGULAR	8000	45x69	70x4	20x4	70x4	67
	RECTANGULAR	7000	38x69	60x4	20x4	60x4	66
	RECTANGULAR	5900	45x69	60x4	20x4	60x4	59
	RECTANGULAR	3000 R	13x95	32x5	20x5	32x5	80
	RECTANGULAR	2000 R	20x95	32x5	20x5	32x5	60
	RECTANGULAR	1600	38x95	32x5	20x4	32x5	40
	RECTANGULAR	1400	20x95	25x5	20x5	25x5	48
	RECTANGULAR	1300	45x95	32x5	20x4	32x5	36
	RECTANGULAR	1000	30x47	30x3	20x2	30x3	31
	RECTANGULAR	700	38x95	25x5	20x4	25x5	33
	RECTANGULAR	600	45x95	25x5	20x4	25x5	30
	RECTANGULAR	500	30x47	25x3	20x2	25x3	27
	GRADEADO LOSANGO	9500	40x125	70x4	25x2	70x4	72
	GRADEADO LOSANGO	7000	40x125	80x4	25x2	60x4	63
	GRADEADO LOSANGO	5000	40x125	50x4	25x2	50x4	55
	GRADEADO LOSANGO	4100	40x125	45x4	25x2	45x4	51
	GRADEADO LOSANGO	3300	40x125	40x4	25x2	40x4	46
	GRADEADO LOSANGO	2600	40x125	35x4	25x2	35x4	42
	GRADEADO LOSANGO	2500	40x125	40x3	25x2	40x3	39
	GRADEADO LOSANGO	1800	40x125	30x4	20x2	30x4	35
	GRADEADO LOSANGO	1500	40x125	30x3	20x2	30x3	29
	GRADEADO LOSANGO	1200	40x125	25x4	20x2	25x4	31
	GRADEADO LOSANGO	900	40x125	25x3	16x2	25x3	24
	GRADEADO LOSANGO	800	40x125	20x4	16x2	20x4	24
	GRADEADO LOSANGO	400	40x125	20x3	16x2	20x3	20
	MINIGRADEADO LOSANGO	2100	17x70	30x2	16x2	30x3	42
	MINIGRADEADO LOSANGO	1400	17x70	25x2	16x2	25x3	38
	MINIGRADEADO LOSANGO	1100	17x70	20x3	16x2	20x3	41
	MINIGRADEADO LOSANGO	800	17x70	20x2	16x2	20x3	34
	MINIGRADEADO LOSANGO	500	17x70	16x2	16x2	16x2	30

Dimensões em mm

QUADRO XIII - CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE GRELHAS (Caillebotis)

VALORES ADMISSÍVEIS DAS
SOBRECARGAS UNIFORMEMENTE
DISTRIBUÍDAS - Kg/m²



(não excedendo a flecha de 1/300 (Quadrículas) ou 1/200 (Losangos)
do vão, nem a tensão de segurança do material)

VÃOS (mm)															
600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
3858	2429	1627	1143	833	626	482	379								
3257	2051	1374	965	703	528	407									
3234	2036	1364	958	698	524	404									
1871	1178	789	554	404											
6755	4254	2850	2001	1459	1096	844	664	531	432	356					
5066	3190	2137	1501	1094	822	633	498	398							
3377	2127	1425	1000	729	548	422									
2932	1846	1236	868	633	475	366									
1954	1230	824	579	422											
	6381	4275	3002	2188	1644	1266	996	797	648	534	445	375			
	3692	2473	1737	1266	951	733	576	461	375						
		1266	889	648	487	375									
53813	39536	30270	23917	19372	16010	13453	11463	9884	8610	7567	6703	5770	4906	4206	
49857	36630	28044	22158	17948	13870	10683	8403	6727	5470	4507	3757	3165	2691	2307	
34931	25664	19649	15525	12575	10392	8732	7441	6416	5589	4912	4351	3745	3184	2730	
29497	21671	16592	13110	10619	8776	7374	6283	5417	4719	4148	3674	3163	2689	2305	
26744	19649	15043	11886	9628	7957	6686	5697	4912	4279	3572	2978	2509	2133	1829	
22584	16592	12703	10037	8130	6719	5646	4810	4148	3613	3017	2515	2119	1801	1544	
19649	14436	11052	8732	7073	5846	4912	3974	3181	2586	2131	1777	1497	1272	1091	
16592	12190	9333	7374	5973	4936	4148	3355	2686	2184	1800	1500	1264	1074	921	
20421	14109	9452	6638	4839	3636	2800	2202	1763	1433	1181	985	829	705	604	
13274	9171	6144	4315	3145	2363	1820	1431	1145	932	768	640	539	458	393	
6986	4826	3233	2271	1655	1243	958	753	603	490	404					
6558	4130	2766	1943	1416	1064	819	644	516	419						
5899	4076	2730	1917	1398	1050	809	636	509	414						
4666	3022	2025	1422	1036	778	600	471	377							
3451	2173	1456	1022	745	560	431									
2914	1835	1229	863	629	473	364									
2623	1652	1106	823	566	425										

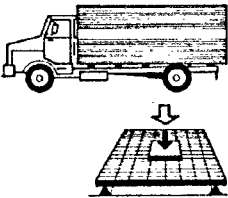
26832	19566	14965	11765	9491	7618	6551	5569	4792	4167	3657	3235	2882	2584	2329	
19891	14614	11174	8769	7065	5813	4866	4133	3554	3088	2709	2395	2133	1911	1723	
14188	10423	7965	6234	5011	4116	3440	2918	2506	2176	1907	1685	1499	1275	1093	
11725	8614	6580	5140	4125	3383	2824	2393	2054	1782	1560	1316	1109	943	808	
9521	6995	5340	4160	3331	2727	2273	1924	1649	1376	1134	945	796	677	580	
7577	5566	4247	3296	2631	2149	1787	1468	1175	955	787	656	553	470	403	
7447	5471	4174	3238	2585	2110	1755	1482	1268	1058	871	726	612	520	446	
5450	3943	2970	2316	1856	1495	1152	906	725	589	486	405				
4284	3066	2313	1798	1436	1155	889	699	560	455						
4024	2896	2168	1682	1226	921	709	558	447							
2849	2049	1543	1204	878	659	508	399								
2493	1787	1226	861	628	471	363									
1974	1406	964	677	493	370										
6428	4623	3483	2717	2178	1755	1352	1063	851	692	570	475	400			
4748	3390	2539	1971	1437	1080	831	654	523	425						
4596	3278	2247	1578	1150	864	666	523	419							
3376	2382	1630	1144	834	624	483									
2435	1532	1027	721	526	395										

QUADRO XIV - SOBRECARGAS ADMISSIVEIS, UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS EM GRELHAS
(Caillebotis)

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

VALORES ADMISSÍVEIS DAS
SOBRECARGAS CONCENTRADAS
APLICADAS NO CENTRO DOS
ESTRADOS - Kg



(não excedendo a flecha de 1/300 do vão nem a tensão de segurança do material).

ÁREA DA SUPERFÍCIE DE CONTACTO: 200x200 mm²

VÃOS (mm)													
300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
729	486	364	288	209	159	126	100	83					
619	413	309	245	177	135	106	85						
630	420	315	252	210	165	129	104	86					
437	291	218	173	125	95								
1008	672	504	403	336	264	207	167	137	115	98	84		
882	588	441	352	294	231	181	146	120	101	85			
588	392	294	235	196	154	121	97	80					
612	408	306	243	176	133	105	84						
408	272	204	162	117	89								
1428	952	714	571	476	374	293	237	195	163	139	119	104	
991	661	495	393	285	216	170	137	113	94	80			
634	423	297	201	146	110	87							
8960	5973	4480	3584	2986	2560	2240	1991	1792	1629	1493	1378	1280	
7000	4668	3600	2800	2333	2000	1750	1555	1400	1272	1137	979	851	
5973	3982	2986	2389	1991	1706	1493	1327	1194	1086	995	918	853	
5017	3344	2508	2006	1672	1433	1254	1114	1002	912	835	771	716	
4573	3048	2286	1829	1524	1306	1143	1016	914	831	762	703	653	
3841	2560	1920	1536	1280	1097	960	853	767	698	640	590	548	
3360	2240	1680	1344	1120	960	840	746	672	610	560	516	480	
2822	1891	1411	1128	940	806	705	626	564	512	470	433	403	
2867	1911	1433	1146	955	801	629	507	418	350	298	256	223	
2150	1433	1075	860	716	601	472	380	313	262	223	192	167	
1194	796	597	477	398	334	262	211	174	146	124	106	93	
1312	875	656	521	377	286	225	181	149	125	106	91		
1002	668	501	400	334	280	220	177	146	122	104	89		
882	588	441	352	294	231	181	146	120	101	85			
729	486	364	288	209	159	126	100	83					
619	413	309	245	177	135	106	85						
612	408	306	243	176	133	105	84						

							1016	914	831	762	703	653	
						860	840	746	672	610	560	516	480
			933	777	666	583	518	468	424	379	326	283	
		945	756	630	540	472	420	378	324	276	237	206	
	995	746	597	497	426	373	330	272	228	194	167	145	
	762	571	457	381	328	274	221	182	152	130	111	97	
	746	560	448	373	320	280	247	204	171	145	125	109	
840	560	420	336	280	220	172	139	114	96	81			
630	420	315	252	210	165	129	104	86					
583	388	291	231	167	127	100	80						
437	291	218	173	125	95								
373	248	174	118	85									
280	186	131	88										
924	616	462	369	308	242	190	153	126	106	90			
641	427	320	254	184	140	110	88						
616	410	288	195	141	107	84							
410	273	192	130	94									
262	160	98											

QUADRO XV - SOBRECARGAS ADMISSIVEIS, CONCENTRADAS EM GRELHAS (Caillebotis)

3.2.3 – Base do Degrau (cantoneiras)

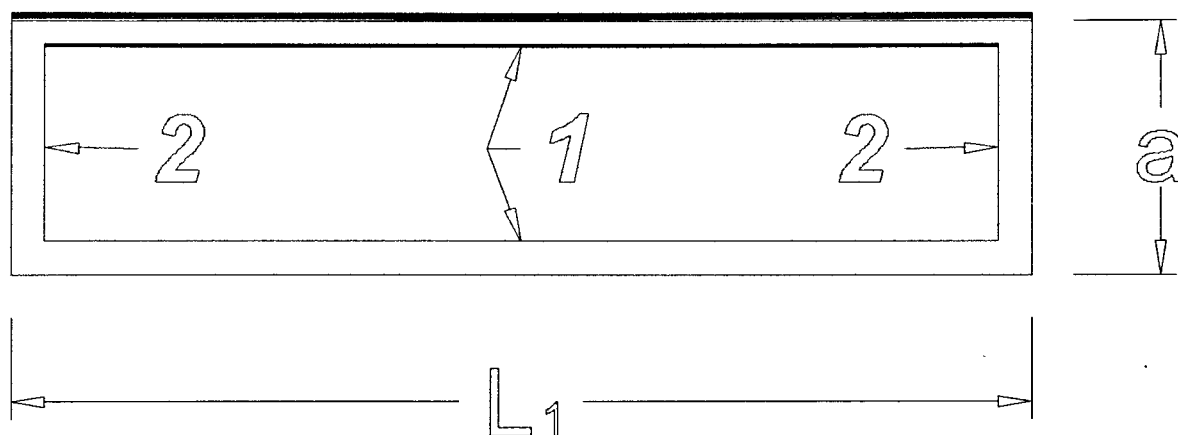


FIG.40 - BASE DO DEGRAU (CANTONEIRAS)

3.2.3.1 – Cantoneira Tipo 1:

As cantoneiras 1 estão sujeitas a flexão desviada.

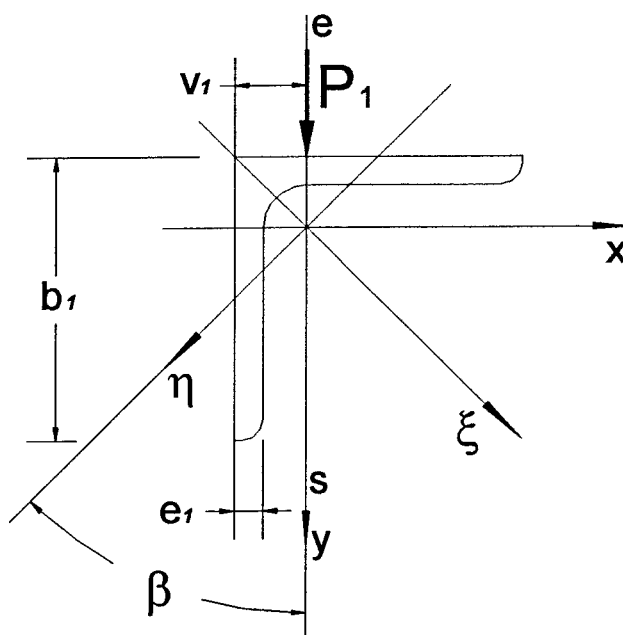


FIG.41 - SECÇÃO TRANSVERSAL DA CANTONEIRA TIPO 1

CAPITULO 3
ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

e-s → eixo de solicitação

ξ, η → eixos principais centrais de inércia

$\alpha = 0$ → ângulo formado pelo eixo dos yy e pelo eixo de solicitação

sendo:

$$P_{1sd} = \gamma * P * a / 2 \quad (10)$$

$$\beta = 45^\circ$$

e, considerando:

- Cantoneiras de abas iguais
- $e_1 \approx b_1 / 10$
- $v_1 \approx b_1 / 5$

Pré-dimensionamento da cantoneira

$$b_1 \cong 37,06 * \sqrt[3]{M_{sd} / f_{syd}} \quad [cm] \quad (11)$$

em que:

$$M_{sd} = P_{1sd} * L_1^2 / 8 \quad [KN * m]$$

$$f_{syd} \text{ -- tensão admissível} \quad [MPa]$$

após obter a cantoneira com $b > b_1$, proceder-se-á a uma verificação com:

$$P'_1 = P_1 + p \cdot p_{cant1} \quad (12)$$

$$P'_{1sd} = \gamma * (P * a / 2 + p \cdot p_{cant1}) \quad (13)$$

sendo:

$$\sigma_{1sd} = \frac{M_{1sd}}{W_1} \quad (14)$$

verificar-se-á:

$$\sigma_{1sd} \leq f_{syd} \quad (15)$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Caso a inequação não se verifique, ir-se-á escolher uma cantoneira com módulo de flexão (W) superior, até se encontrar a cantoneira que verifique.

3.2.3.2 – Cantoneira Tipo 2 :

Esta cantoneira irá ser dimensionada para a situação em que a sobrecarga ($Q_{\text{útil}}$), se concentra toda apenas de um dos lados do degrau.

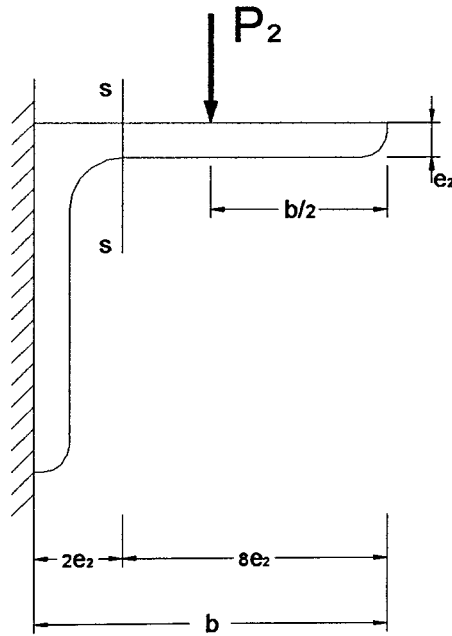


FIG.42 - SECÇÃO TRANSVERSAL DA CANTONEIRA TIPO 2

$$P_{2sd} = \gamma * L_1 * [(Q_{\text{útil}} + 42.5 * e_c) * a + p.p.\text{cant1}] \quad (16)$$

CAPITULO 3
ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Sendo, na secção crítica:

$$M_{2sd} = P_{2sd} * 3 * e_2 \quad (17)$$

$$W_2 = \frac{a * e_2^2}{6} \quad (18)$$

$$\sigma_{2sd} = \frac{18 * P_{2sd}}{a * e_2} \quad (19)$$

$$\sigma_{sd} \leq f_{syd} \quad (20)$$

vem que:

$$e_2 \geq \frac{18 * P_{2sd}}{a * f_{syd}} \quad (21)$$

a partir do quadro XVI, obtem-se a cantoneira que cumpra a inequação, não sendo necessário proceder a uma verificação que inclua o peso próprio da aba horizontal da cantoneira, uma vez que a contribuição desta para o momento flector na secção crítica pode considerar-se desprezável.

NOTA : Para facilitar e uniformizar a montagem das cantoneiras, optar-se-á pela cantoneira de maiores dimensões de entre as duas obtidas nos cálculos anteriores.

CAPITULO 3
ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

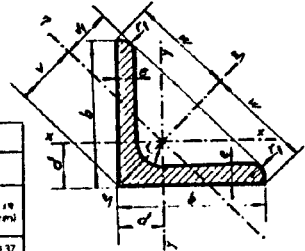
CANTONEIRA

DE ABAS IGUAIS

J = Momento de inércia
W = Módulo de resistência
I = Raio de giração

Referido ao eixo correspondente

$r_1 = \frac{1}{2}$ (arredondado a meio milímetro)



L	Dimensões (mm)				Seção	Área (cm²)	Momento de inércia (cm⁴)	Distâncias aos eixos (cm)				Referido ao eixo							
	b	e	r	t1				d	W	V	V1	Jx (cm⁴)	Jy (cm⁴)	Jxy (cm⁴)	Jx (cm⁴)	Jy (cm⁴)	Jxy (cm⁴)	Jx (cm⁴)	Jy (cm⁴)
20 20	3	20	3	3.5	2	1.12	0.88	0.60	1.41	0.85	0.70	0.79	0.29	0.59	0.62	0.74	0.15	0.18	0.37
	4	20	4			1.46	1.14	0.64		0.90	0.71	0.48	0.35	0.58	0.77	0.73	0.19	0.21	0.36
25 25	3	25	3	3.5	2	1.42	1.12	0.73	1.77	1.03	0.87	0.79	0.45	0.75	1.27	0.95	0.31	0.30	0.47
	4	25	4			1.85	1.45	0.76		1.06	0.89	1.01	0.58	0.74	0.61	0.93	0.40	0.37	0.47
	5	25	5			2.26	1.77	0.80		1.13	0.91	1.18	0.69	0.72	0.87	0.91	0.50	0.44	0.47
30 30	3	30	3	5	2.5	1.74	1.36	0.84	2.12	1.18	1.04	1.41	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57
	4	30	4			2.27	1.78	0.89		1.24	1.05	1.81	0.86	0.89	2.85	1.12	0.79	0.61	0.58
	5	30	5			2.78	2.18	0.92		1.30	1.07	2.10	1.04	0.89	3.41	1.11	0.91	0.70	0.57
35 35	4	35	4	5	2.5	2.67	2.10	1.00	2.47	1.41	1.24	2.95	1.18	1.05	4.08	1.33	1.24	0.88	0.68
	5	35	5			3.28	2.57	1.04		1.47	1.25	3.56	1.45	1.04	5.63	1.31	1.49	1.10	0.67
	6	35	6			3.87	3.04	1.08		1.53	1.27	4.14	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.16	0.68
40 40	4	40	4	6	3	3.08	2.42	1.12	2.83	1.58	1.40	4.46	1.56	1.21	7.03	1.52	1.88	1.18	0.78
	5	40	5			3.79	2.97	1.16		1.64	1.42	5.43	1.91	1.20	8.54	1.51	2.22	1.35	0.77
	6	40	6			4.46	3.52	1.20		1.70	1.43	6.32	2.25	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77
45 45	5	45	5	7	3.5	4.30	3.38	1.28	3.18	1.81	1.58	7.83	2.43	1.35	12.4	1.70	3.25	1.80	0.87
	6	45	6			5.08	4.00	1.36		1.92	1.61	9.04	3.31	1.33	16.4	1.67	4.38	2.29	0.87
50 50	5	50	5	7	3.5	4.80	3.77	1.40	3.54	1.98	1.78	11.0	3.05	1.51	17.4	1.90	4.58	2.32	0.98
	6	50	6			5.68	4.17	1.45		2.04	1.77	12.8	3.61	1.50	20.4	1.89	5.24	2.57	0.98
	7	50	7			6.56	5.15	1.48		2.11	1.78	14.6	4.15	1.40	23.1	1.88	6.02	2.85	0.98
	8	50	8			8.24	6.47	1.56		2.21	1.82	17.9	5.20	1.47	28.1	1.85	7.67	3.47	0.97
55 55	6	55	6	8	4	6.31	4.95	1.56	3.85	2.21	1.94	17.3	4.40	1.86	27.4	2.08	7.24	3.28	1.07
	8	55	8			8.23	6.46	1.64		2.32	1.97	22.1	5.77	1.64	34.6	2.06	9.35	4.03	1.07
	10	55	10			10.1	7.90	1.72		2.43	2.00	26.3	6.97	1.62	41.4	2.02	11.3	4.65	1.08
60 60	6	60	6	8	4	6.91	5.42	1.68	4.24	2.38	2.11	22.8	5.29	1.82	36.1	2.29	8.43	3.95	1.17
	8	60	8			9.03	7.39	1.77		2.50	2.14	29.1	6.88	1.80	46.1	2.26	12.1	4.84	1.16
	10	60	10			11.1	8.69	1.85		2.62	2.17	34.9	8.41	1.78	55.1	2.23	14.6	5.57	1.15
65 65	7	65	7	9	4.5	8.70	6.83	1.85	4.80	2.62	2.29	33.4	7.18	1.96	53.0	2.47	13.8	5.27	1.26
	9	65	9			11.0	8.82	1.93		2.73	2.32	41.3	9.04	1.94	66.4	2.42	17.2	6.30	1.25
	11	65	11			13.2	10.3	2.00		2.83	2.36	48.8	10.8	1.91	76.8	2.42	20.7	7.31	1.25
70 70	7	70	7	9	4.5	9.40	7.38	1.97	4.95	2.79	2.47	42.4	8.43	2.12	67.1	2.67	17.6	6.31	1.37
	9	70	9			11.9	9.34	2.05		2.90	2.50	52.6	10.6	2.10	83.1	2.64	22.0	7.59	1.36
	11	70	11			14.3	11.2	2.13		3.01	2.53	61.8	12.7	2.08	97.6	2.61	26.0	8.64	1.35
75 75	7	75	7	10	5	10.1	7.94	2.09	5.30	2.95	2.63	52.4	9.87	2.28	83.6	2.88	21.1	7.15	1.45
	9	75	9			11.6	9.03	2.13		3.01	2.66	59.9	11.0	2.26	93.3	2.85	24.4	8.11	1.46
	10	75	10			14.1	11.1	2.21		3.12	2.68	71.4	13.5	2.25	113	2.83	28.8	9.55	1.45
	12	75	12			16.7	13.1	2.29		3.24	2.71	82.4	15.8	2.22	130	2.79	34.7	10.7	1.44
80 80	8	80	8	10	5	12.3	9.66	2.26	5.66	3.20	2.82	72.3	12.6	2.42	115	3.05	28.8	9.25	1.55
	10	80	10			15.1	11.9	2.34		3.31	2.86	87.5	15.5	2.41	139	3.03	35.9	10.9	1.54
	12	80	12			17.9	14.1	2.41		3.41	2.89	102	18.2	2.39	161	3.00	43.0	12.6	1.53
	14	80	14			20.6	16.1	2.48		3.51	2.93	115	20.8	2.36	181	2.96	48.6	13.9	1.54
90 90	9	90	9	11	5.5	15.5	12.2	2.54	6.36	3.59	3.18	116	18.0	2.74	184	3.45	47.8	13.3	1.76
	11	90	11			18.2	14.7	2.62		3.70	3.21	136	21.6	2.72	218	3.41	57.1	15.4	1.75
	13	90	13			21.8	17.1	2.70		3.81	3.24	158	25.1	2.69	250	3.38	65.9	17.3	1.74
	15	90	15			26.4	20.7	2.81		3.97	3.29	186	30.1	2.68	294	3.34	79.1	19.9	1.73
100 100	10	100	10	12	6	19.2	15.1	2.82	7.07	3.89	3.54	177	24.7	3.04	280	3.82	73.3	18.4	1.95
	12	100	12			22.7	17.8	2.90		4.10	3.57	207	29.2	3.02	328	3.80	88.2	21.0	1.95
	14	100	14			26.2	20.6	2.98		4.21	3.60	235	33.5	3.00	372	3.77	98.3	23.4	1.94
	16	100	16			29.6	23.2	3.06		4.32	3.63	262	37.7	2.97	413	3.74	111	25.6	1.93
110 110	10	110	10	12	6	21.2	16.8	3.07	7.78	4.34	3.89	239	30.1	3.36	379	4.23	98.6	22.7	2.16
	12	110	12			25.1	19.7	3.15		4.46	3.93	286	35.7	3.34	444	4.21	118	26.1	2.15
	14	110	14			29.0	22.9	3.21		4.54	3.98	319	41.0	3.32	505	4.18	133	29.3	2.14
120 120	11	120	11	13	6.5	25.4	19.9	3.36	8.49	4.75	4.24	341	39.5	3.66	541	4.62	140	29.5	2.35
	13	120	13			29.7	23.3	3.44		4.88	4.27	394	46.0	3.64	625	4.58	162	33.3	2.34
	15	120	15			33.9	26.6	3.51		4.96	4.31	440	52.5	3.63	709	4.55	186	37.5	2.34
	17	120	17			38.1	29.9	3.59		5.08	4.34	493	58.7	3.60	778	4.51	208	41.0	2.34
130 130	12	130	12	14	7	30.0	23.6	3.64	9.19	5.15	4.60	472	50.4	3.97	750	5.00	184	37.7	2.84
	14	130	14			34.7	27.7	3.72		5.26	4.63	540	58.2	3.94	867	4.97	223	42.4	2.53
	16	130	16			39.3	30.8	3.80		5.37	4.66	605	65.8	3.92	959	4.94	251	46.7	2.52
140 140	13	140	13	15	7.5	36.0	27.5	3.82	9.90	5.54	4.96	638	63.3	4.27	1010	5.38	262	47.3	2.74
	15	140	15			40.0	30.4	3.90		5.66	4.99	723	72.3	4.25	1150	5.35	298	52.7	2.73
	17	140	17			45.0	35.3	4.08		5.77	5.02	806	81.2	4.23	1280	5.33	334	57.9	2.72
150 150	14	150	14	16	8	40.3	31.6	4.21	10.6	5.95	5.31	845	78.2	4.58	1340	5.77	347	56.3	2.94
	16	150	16			45.7	35.9	4.29		6.07	5.34	949	88.7	4.56	1510	5.74	391	64.4	2.94
	18	150	18			51.0	40.1	4.38		6.17	5.38	1050	99.3	4.54	1670	5.70	438	71.0	2.93
160 160	15	160	15	17	8.5	45.1	35.2	4.49	11.3	6.35	5.67	1100	96.6	4.88	1750	6.15	453	71.3	3.14
	17	160	17			50.5	40.7	4.57		6.46	5.70	1230	108	4.86	1950	6.13	506	78.3	3.13
	19	160	19			57.5	45.1	4.65		6.58	5.73	1350	118	4.84	2140	6.10	558	84.8	3.12
180 180	16	180	16	18	9	55.4	43.5	5.02	12.7	7.11	6.39	1680	130	5.51	2690	6.96	678	95.5	3.50
	18	180	18			61.9	48.6	5.10		7.22	6.41	1870	145	5.49	2970	6.93	757	105	3.49
	20	180	20			68.4	53.7	5.18		7.33	6.44	2040	160	5.47	3260	6.80	830	113	3.48

QUADRO XVI - CANTONEIRAS DE ABAS IGUAIS

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.3 – Patamares

Como se constata da figura 43 , a realização destes elementos prevê a colocação de duas cantoneiras tipo 1 nos patamares, uma no limite patamar/degraus e a outra a meia largura do patamar, de modo a diminuir o vão no cálculo das chapas ou grelhas a colocar no patamar. O cálculo das cantoneiras, chapas ou grelhas, será feito conforme o disposto no ponto 3.2.3.1 para as cantoneiras, no ponto 3.2.1 para chapas estriadas, e no ponto 3.2.2 para grelhas. O vão "a" será igual a metade da largura do patamar ($L_1/2$).

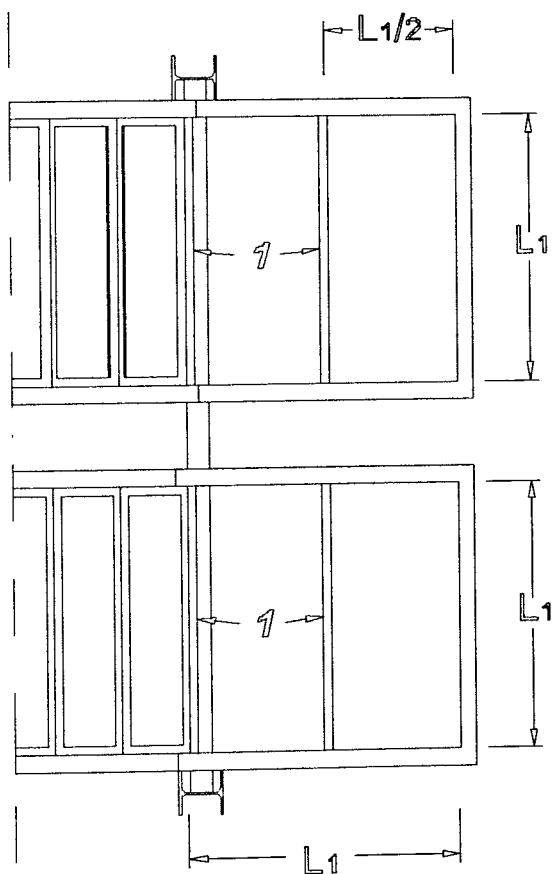


FIG.43 - DISTRIBUIÇÃO DAS CANTONEIRAS NO PATAMAR

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.4 – Corrimãos (guarda-corpos)

Os guarda-corpos poderão ser fabricados em materiais e formas diversas obedecendo fundamentalmente a critérios estéticos. Para a escada em estudo escolhem-se a forma e os perfis apresentados na figura 44 .

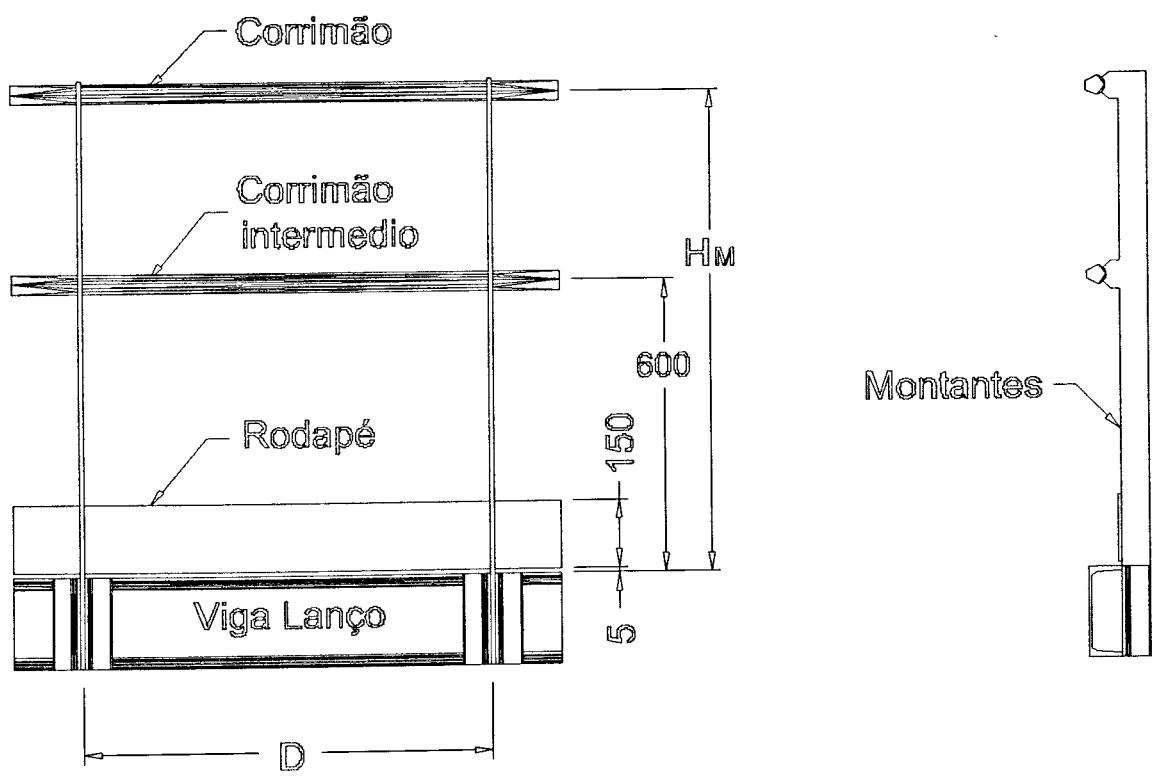


FIG.44 - CONSTITUIÇÃO DOS CORRIMÃOS

No dimensionamento dos guarda-corpos, as acções horizontais serão as predominantes.

CAPITULO 3
ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.4.1 – Guarda (G)

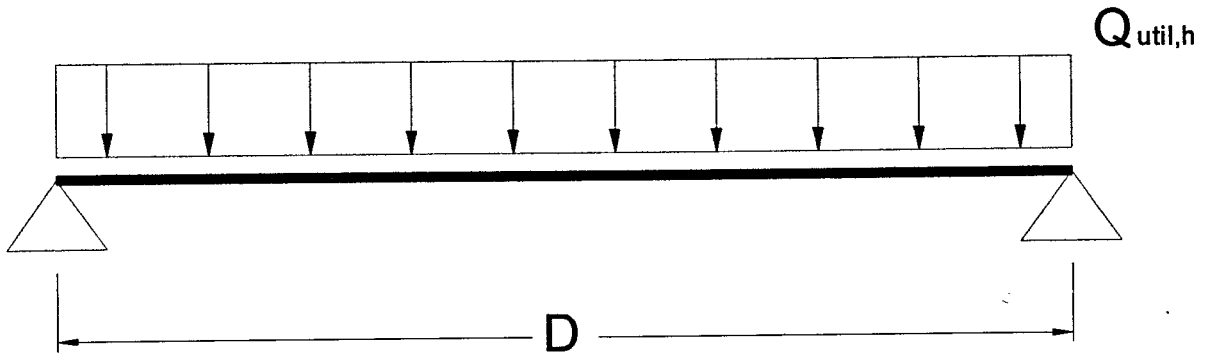


FIG.45 - ESQUEMA ESTRUTURAL DO CORRIMÃO

$Q_{útil,h}=1\text{KN/m}$ → sobrecarga horizontal ao nível da guarda
 D → distância entre montantes [m]

sendo:

$$M_{g, sd} = \gamma * \frac{Q_{útil, h} * D^2}{8} \quad [KN * m] \quad (22)$$

verificar-se-á:

$$W_G \geq \frac{M_{Gsd}}{f_{syd}} \quad [m^3] \quad (23)$$

escolhendo nos quadros XVIII a XX, de perfis ocós, um perfil que satisfaça a inequação anterior.

3.4.2 – Guardas Intermédias

Por questões estéticas, considerar-se-á o perfil da guarda intermédia igual ao perfil da guarda superior.

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.4.3 – Rodapé

Este elemento será realizado usando uma chapa 150 * 5 mm .

3.4.4 – Montantes

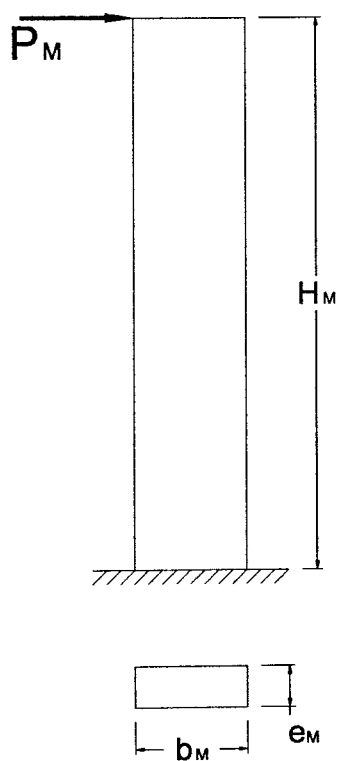


FIG.46 - ESQUEMA ESTRUTURAL DOS MONTANTES

sendo :

$$P_{Msd} = \gamma * Q_{util, h} * D \quad [KN] \quad (24)$$

sabendo que:

$$\sigma_{Msd} = \frac{M_{M, sd}}{W_M} \Leftrightarrow \sigma_{Msd} = \frac{6 * H_M * P_{M, sd}}{e_M * b_M^2} \quad [KPa] \quad (25)$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

e arbitrando $e_M=10$ mm que se substitui na inequação

$\sigma_{Msd} \leq f_{syd}$ (26)

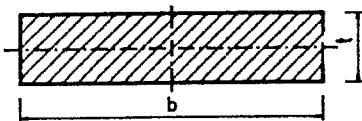
obtendo-se:

$b_M \geq \sqrt{\frac{600 * H_M * P_{M, sd}}{f_{syd}}} \quad [m]$ (27)

3.4.5 - Peso Próprio dos Guarda-corpos

$p.p.g.c. = 2 * p.p.g. + 58,875 * 10^{-3} + .785 * \frac{b_M * H_M}{D}$ (28)

QUADROS DE PERFIS



Largura b (mm)	Espessuras t (mm)							
	5	6	8	10	12	16	20	25
Massa (kg/m)								
16	0,628	0,754						
20	0,785	0,942	1,26	1,57				
25	0,981	1,18	1,57	1,96	2,36			
32	1,26	1,51	2,01	2,51	3,01			
40	1,57	1,88	2,51	3,14	3,77	5,02	6,28	
45	1,77	2,12	2,83	3,53	4,24	5,65	7,07	
50	1,96	2,36	3,14	3,93	4,71	6,28	7,85	
60		2,83	3,77	4,71	5,65	7,54	9,42	
70		3,30	4,40	5,50	6,59	8,79	11,0	
80		3,77	5,02	6,28	7,54	10,0	12,6	15,7
100		4,71	6,28	7,85	9,42	12,6	15,7	19,6
120				9,42	11,3	15,1	18,8	23,6
150				11,8	14,1	18,8	23,6	29,4

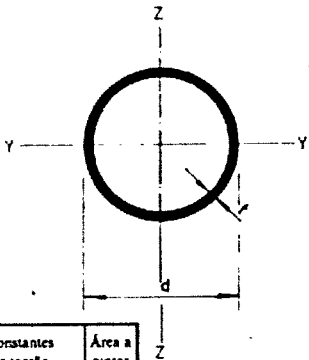
Os comprimentos correntes estão compreendidos entre 3 m e 12 m.

QUADRO XVII - BARRAS RECTANGULARES

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS

$$J_z = \frac{\pi}{32} [d^4 - (d - 2t)^4] = 2 I; \quad W_z = \frac{\pi}{16d} [d^4 - (d - 2t)^4] = 2 W$$



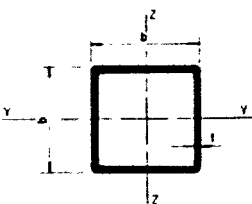
Diâmetro exterior <i>d</i> mm	Espessura <i>t</i> mm	Massa <i>m</i> kg/m	Área <i>A</i> cm²	Momento de inércia <i>I</i> cm⁴	Raio de giração <i>i</i> cm	Módulo de flexão <i>W</i> cm³	Módulo plástico <i>W_p</i> cm³	Constantes de torção		Área a pintar <i>A_p</i> m²/m
								<i>J_t</i> cm⁴	<i>W_t</i> cm³	
21,3	2,3	1,08	1,37	0,63	0,677	0,59	0,93	1,26	1,18	0,067
	3,2	1,43	1,82	0,77	0,650	0,72	0,06	1,54	1,44	0,067
26,9	2,3	1,40	1,78	1,36	0,874	1,01	1,40	2,71	2,02	0,085
26,9	3,2	1,87	2,38	1,70	0,846	1,27	1,81	3,41	2,53	0,085
26,9	2,3	1,40	1,78	1,36	0,874	1,01	1,40	2,71	2,02	0,085
33,7	2,6	1,99	2,54	3,09	1,10	1,84	2,52	6,19	3,67	0,106
	3,2	2,41	3,07	3,60	1,08	2,14	2,99	7,21	4,28	0,106
42,4	2,6	2,55	3,25	6,46	1,41	3,05	4,12	12,9	6,10	0,133
	3,2	3,09	3,94	7,62	1,39	3,59	4,93	15,2	7,19	0,133
	4,0	3,79	4,83	8,99	1,36	4,24	5,92	18,0	8,48	0,133
48,3	2,9	3,25	4,14	10,7	1,61	4,43	5,99	21,4	8,86	0,152
	3,2	3,56	4,53	11,6	1,60	4,80	6,52	23,2	9,59	0,152
	4,0	4,37	5,57	13,8	1,57	5,70	7,87	27,5	11,4	0,152
	5,0	5,34	6,80	16,2	1,54	6,69	9,42	32,3	13,4	0,152
60,3	2,9	4,11	5,23	21,6	2,03	7,16	9,56	43,2	14,3	0,189
	3,2	4,51	5,74	23,5	2,02	7,78	10,4	46,9	15,6	0,189
	4,0	5,55	7,07	28,2	2,00	9,34	12,7	56,3	18,7	0,189
	5,0	6,82	8,69	33,5	1,96	11,1	15,3	67,0	22,2	0,189
76,1	2,9	5,24	6,67	44,7	2,59	11,8	15,5	89,5	23,5	0,239
	3,2	5,75	7,23	48,8	2,58	12,8	17,0	97,6	25,6	0,239
	4,0	7,11	9,06	59,1	2,55	15,5	20,80	118	31,0	0,239
	5,0	8,77	11,2	70,9	2,52	18,6	25,3	142	37,3	0,239
88,9	3,2	6,76	8,62	79,2	3,03	17,8	23,5	158	35,6	0,279
	4,0	8,38	10,7	96,3	3,00	21,7	29,9	193	43,3	0,279
	5,0	10,3	13,2	116	2,97	26,2	35,2	233	52,4	0,279
	6,3	12,8	16,3	140	2,93	31,5	43,1	280	63,1	0,279
101,6	3,6	8,70	11,1	133	3,47	26,2	34,6	266	52,5	0,319
	5,0	11,9	15,2	177	3,42	34,9	46,7	355	69,9	0,319
	6,3	14,8	18,9	215	3,38	42,3	57,3	430	84,7	0,319
	8,0	18,5	23,5	260	3,32	51,1	70,3	519	102	0,319
	10,0	22,6	28,8	305	3,26	60,1	84,2	611	120	0,319
114,3	3,6	9,83	12,5	192	3,92	33,6	44,1	384	67,2	0,359
	5,0	13,5	17,2	257	3,87	45,0	59,8	514	89,9	0,359
	6,3	16,8	21,4	313	3,82	54,7	73,6	625	109	0,359
	8,0	21,0	26,7	379	3,77	66,4	90,6	759	133	0,359
	10,0	26,7	33,9	452	3,72	80,6	110,6	919	167	0,359
139,7	4,9	13,4	17,1	393	4,80	56,2	73,7	786	112	0,439
	5,0	16,6	21,2	481	4,77	68,8	90,8	961	138	0,439
	6,3	20,7	26,4	589	4,72	84,3	112	1 177	169	0,439
	8,0	26,0	33,1	720	4,66	103	139	1 441	206	0,439
	10,0	32,0	40,7	862	4,60	123	169	1 724	247	0,439
	12,5	39,2	50,0	1 020	4,52	146	203	2 040	292	0,439
168,3	4,5	18,2	23,2	777	5,79	92,4	121	1 554	185	0,529
	5,0	20,1	25,7	856	5,78	101	133	1 712	203	0,529
	6,3	25,2	32,1	1 053	5,73	125	165	2 107	250	0,529
	8,0	31,6	40,3	1 297	5,67	154	206	2 595	308	0,529
	10,0	39,6	49,7	1 564	5,61	186	251	3 128	372	0,529
	12,5	48,0	61,2	1 868	5,53	222	304	3 737	444	0,529

QUADRO XVIII - PERFIS CIRCULARES OCOS

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

$$J_t = t \left[\frac{t^2 u_m}{3} + \frac{4 A_m^2}{u_m} \right];$$



$$W_t = \frac{\frac{t}{2} u_m + \frac{4 A_m^2}{u_m}}{1 + \frac{2 A_m}{t u_m}}$$

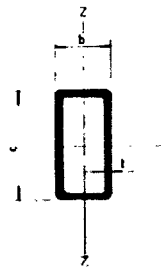
Dimen- sões b x b mm	Espessura t mm	Massa m kg/m	Área A cm²	Momento de inércia I cm⁴	Raio de gração i cm	Módulo de flexão W cm³	Módulo plástico W _p cm³	Constantes de torção		Área a pintar A _p m²/m
								J _t cm⁴	W _t cm³	
20 x 20	2,0	1,12	1,42	0,76	0,73	0,76	0,95	1,22	1,07	0,076
	2,6	1,39	1,78	0,88	0,70	0,88	1,15	1,44	1,23	0,074
30 x 30	2,0	1,74	2,22	2,88	1,14	1,92	2,32	4,53	2,76	0,116
	2,6	2,21	2,82	3,49	1,11	2,33	2,88	5,56	3,30	0,114
	3,2	2,65	3,38	4,00	1,09	2,67	3,37	6,45	3,75	0,113
40 x 40	2,6	3,03	3,86	8,94	1,52	4,47	5,39	14,0	6,41	0,154
	3,2	3,66	4,66	10,4	1,50	5,22	6,40	16,5	7,43	0,153
	4,0	4,46	5,68	12,1	1,46	6,07	7,61	19,5	8,56	0,151
50 x 50	3,2	4,66	5,94	21,6	1,91	8,62	10,4	33,8	12,4	0,193
	4,0	5,72	7,28	25,5	1,87	10,2	12,5	40,4	14,5	0,191
	5,0	6,97	8,88	29,6	1,83	11,9	14,9	47,6	16,7	0,189
60 x 60	3,2	5,67	7,22	38,7	2,31	12,9	15,3	60,1	18,6	0,233
	4,0	6,97	8,88	46,1	2,28	15,4	18,6	72,4	22,1	0,231
	5,0	8,54	10,9	54,4	2,24	18,1	22,3	86,3	25,8	0,229
70 x 70	3,2	6,67	8,50	63,0	2,72	18,0	21,2	97,4	26,1	0,273
	3,6	7,46	9,50	69,5	2,70	19,9	23,6	108	28,7	0,272
	4,0	8,23	10,5	75,7	2,69	21,6	25,9	118	31,2	0,271
	5,0	10,1	12,9	90,1	2,64	25,7	31,2	142	36,8	0,269
80 x 80	3,2	7,68	9,78	95,8	3,13	24,0	28,1	148	34,9	0,313
	3,6	8,59	10,9	106	3,11	26,5	31,3	164	38,5	0,312
	4,0	9,48	12,1	116	3,10	29,0	34,3	180	41,9	0,311
	5,0	11,7	14,9	139	3,05	34,7	41,7	217	49,8	0,309
	6,3	14,4	18,4	165	3,00	41,3	50,5	261	58,8	0,306
90 x 90	3,2	8,68	11,1	139	3,54	30,8	35,9	213	45,0	0,353
	3,6	9,72	12,4	154	3,52	34,1	40,0	237	49,7	0,352
	4,0	10,7	13,7	168	3,50	37,3	44,0	260	54,2	0,351
	5,0	13,3	16,9	202	3,46	45,0	53,6	315	64,9	0,349
	6,3	16,4	20,9	242	3,41	53,9	65,3	381	77,1	0,346
	8,0	20,4	25,9	288	3,33	64,0	79,2	459	90,7	0,343
100 x 100	3,2	9,69	12,3	192	3,95	38,5	44,7	295	56,3	0,393
	4,0	12,0	15,3	234	3,91	46,8	54,9	361	68,2	0,391
	5,0	14,8	18,9	283	3,87	56,6	67,1	439	81,9	0,389
	6,3	18,4	23,4	341	3,81	68,2	82,0	533	97,9	0,386
	8,0	22,9	29,1	408	3,74	81,5	99,9	646	116	0,383
	10,0	27,9	35,5	474	3,65	94,9	119	761	134	0,379
120 x 120	3,2	11,7	14,9	338	4,76	56,4	65,2	516	82,8	0,473
	4	14,5	18,5	413	4,73	68,9	80,3	634	101	0,471
	5	18,0	22,9	503	4,69	83,8	98,4	775	122	0,469
	6,3	22,3	28,5	610	4,63	102	121	949	147	0,466
	8	27,9	35,5	738	4,56	123	149	1159	176	0,463
	10	34,2	43,5	870	4,47	145	178	1381	206	0,459
140 x 140	3,6	15,3	19,4	599	5,55	85,6	99,1	929	127	0,548
	5,0	20,9	26,6	801	5,49	114	134	1258	170	0,543
	6,3	26,0	33,1	974	5,42	139	165	1547	206	0,538
	8,0	32,4	41,3	1178	5,34	168	202	1899	248	0,533
	10,0	39,6	50,5	1388	5,24	198	242	2276	292	0,526

(*) u_m perímetro médio da parte cheia da secção. Vide Norma ISO-657/14.
 A_m área total delimitada pelo contorno do perímetro médio u_m da parte cheia da secção.

QUADRO XIX - PERFIS QUADRADOS OCOS

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

$$J_y = t \left[\frac{t^3 u_m}{3} + \frac{4 A_m^2}{u_m} \right]; \quad W_y = \frac{\frac{t}{2} u_m + \frac{4 A_m^2}{u_m}}{1 + \frac{2 A_m}{t u_m}}$$


Dimensões b x c mm	Espessura t mm	Massa m kg/m ³	Área A cm ²	Momento de inércia I		Raio de giração i		Módulo de flexão W		Módulo plástico W _p		Constantes de torção		Área a pintar A _p m ² /m
				y-y cm ⁴	z-z cm ⁴	y-y cm	z-z cm	y-y cm ³	z-z cm ³	y-y cm ³	z-z cm ³	J _t cm ⁴	W _t cm ³	
50 x 30	2,6	3,03	3,86	12,4	5,45	1,79	1,19	4,96	3,63	6,21	4,30	12,1	5,90	0,154
	3,2	3,66	4,66	14,5	6,31	1,77	1,16	5,82	4,21	7,39	5,08	14,2	6,81	0,153
	4,0	4,46	5,68	17,0	7,25	1,73	1,13	6,80	4,83	8,81	6,01	16,6	7,79	0,151
60 x 40	3,2	4,66	5,94	28,3	14,8	2,18	1,58	9,44	7,39	11,7	8,75	30,8	11,8	0,193
	4,0	5,72	7,28	33,6	17,3	2,15	1,54	11,2	8,67	14,1	10,5	36,6	13,7	0,191
	5,0	6,97	8,88	39,2	20,0	2,10	1,50	13,1	10,0	16,8	12,4	43,0	15,8	0,189
70 x 40	3,2	5,17	6,58	41,6	17,0	2,51	1,61	11,9	8,48	14,8	9,93	38,4	13,9	0,213
	4,0	6,34	8,08	49,6	20,0	2,48	1,57	14,2	9,98	17,9	11,9	45,8	16,3	0,211
	5,0	7,76	9,88	58,3	23,1	2,43	1,53	16,7	11,5	21,5	14,2	53,9	18,8	0,209
80 x 40	3,2	5,67	7,22	58,1	19,1	2,84	1,63	14,5	9,56	18,3	11,1	46,1	16,1	0,233
	4,0	6,97	8,88	69,6	22,6	2,80	1,59	17,4	11,3	22,2	13,4	55,1	18,9	0,231
	5,0	8,54	10,9	82,4	26,2	2,75	1,55	20,6	13,1	26,7	15,9	65,0	21,9	0,229
90 x 50	3,2	6,67	8,50	90,3	35,6	3,26	2,05	20,1	14,2	24,8	16,4	80,8	23,6	0,273
	3,6	7,46	9,50	99,8	39,1	3,24	2,03	22,2	15,6	27,6	18,1	89,3	25,9	0,272
	4,0	8,23	10,5	109	42,5	3,22	2,01	24,2	17,0	30,3	19,9	97,4	28,0	0,271
100 x 50	3,2	7,18	9,14	117	39,1	3,58	2,07	23,5	15,6	29,2	17,9	93,3	26,4	0,293
	3,6	8,02	10,2	130	43,0	3,56	2,05	26,0	17,2	32,5	19,8	103	29,0	0,292
	4,0	8,86	11,3	142	46,7	3,55	2,03	28,4	18,7	35,7	21,7	113	31,4	0,291
100 x 60	3,2	7,68	9,78	132	59,3	3,68	2,46	26,5	19,8	32,3	22,6	128	32,4	0,313
	3,6	8,59	10,9	147	65,4	3,66	2,45	29,3	21,8	36,0	25,1	142	35,6	0,312
	4,0	9,48	12,1	160	71,3	3,64	2,43	32,0	23,8	39,5	27,5	156	38,8	0,311
120 x 60	3,2	8,68	11,1	207	69,7	4,33	2,51	34,5	23,2	42,8	26,2	165	39,3	0,353
	3,6	9,72	12,4	230	76,9	4,31	2,49	38,3	25,6	47,6	29,2	183	43,3	0,352
	4,0	10,7	13,7	252	83,8	4,29	2,48	42,0	27,9	52,4	32,0	200	47,1	0,351
120 x 80	3,2	9,69	12,3	251	134	4,51	3,29	41,8	33,4	50,2	37,9	270	53,8	0,393
	4,0	12,0	15,3	306	162	4,47	3,26	51,0	40,5	61,7	46,5	330	65,0	0,391
	5,0	14,8	18,9	370	195	4,43	3,21	61,7	48,8	75,4	56,7	401	77,9	0,389
140 x 80	3,2	10,7	13,6	364	153	5,17	3,35	52,0	38,1	63,2	42,9	335	63,2	0,433
	4,0	13,3	16,9	445	185	5,13	3,31	63,6	46,3	77,8	52,6	410	76,6	0,431
	5,0	16,4	20,9	541	223	5,09	3,27	77,2	55,8	95,3	64,2	499	92,0	0,429
150 x 100	3,2	12,2	15,5	500	267	5,67	4,15	66,6	53,5	79,6	60,2	537	86,3	0,493
	4,0	15,1	19,3	612	326	5,64	4,11	81,6	65,2	98,1	74,1	659	105	0,491
	5,0	18,7	23,9	747	396	5,59	4,07	99,5	79,1	121	90,8	806	127	0,489
150 x 100	6,3	23,3	29,7	910	479	5,53	4,02	121	95,9	148	111	985	153	0,486
	8,0	29,1	37,1	1106	577	5,46	3,94	147	115	183	137	1202	184	0,483
	10,0	35,7	45,5	1312	678	5,37	3,86	175	136	220	164	1431	215	0,479

(*) u_m — Perímetro médio de parte cheia. Vide Norma ISO-657/14.

A_m — Área total delimitada pelo contorno do perímetro médio u_m da parte cheia da secção.

QUADRO XX - PERFIS RECTANGULARES OCOS

3.5 – Viga Lanço (VL)

Na figura 47, apresenta-se o esquema estrutural da viga lanço,

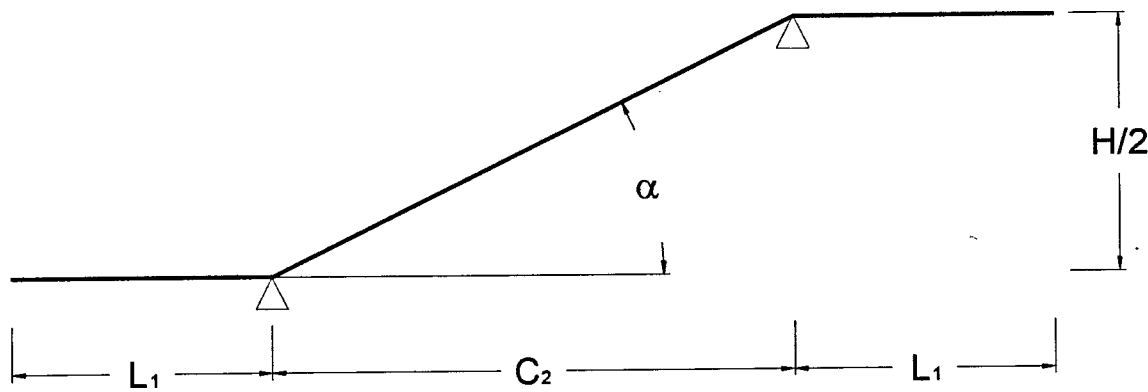


FIG.47 - ESQUEMA ESTRUTURAL DA VIGA LANÇO

Que poderá ser simplificado, sendo equivalente ao esquema estrutural ilustrado na figura 48 :

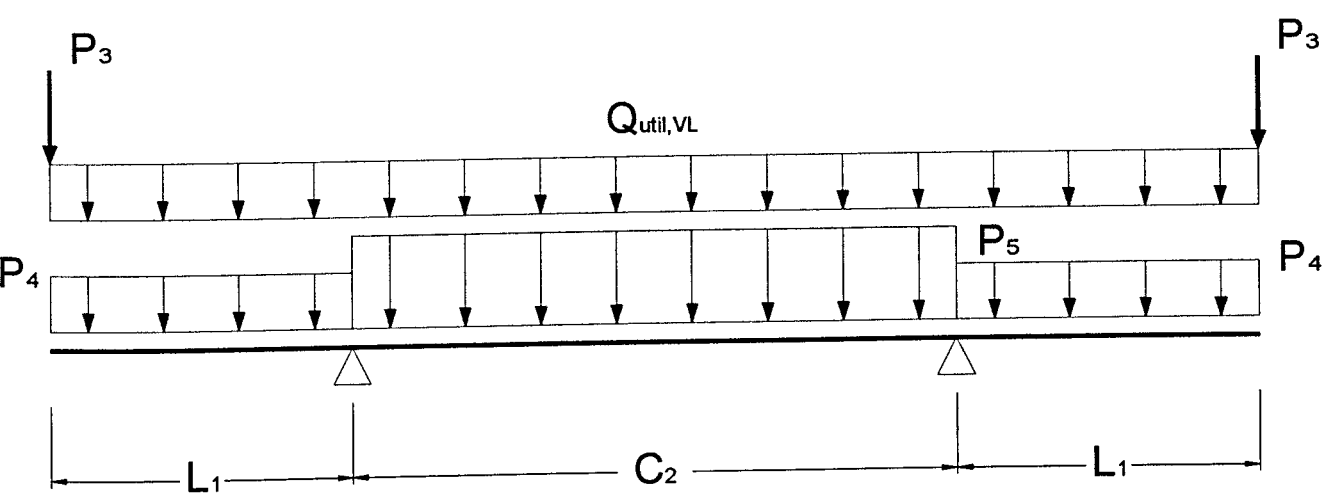


FIG.48 - ESQUEMA ESTRUTURAL SIMPLIFICADO DA VIGA LANÇO

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Considerando, tal como no cálculo das cantoneiras tipo 2, que a sobrecarga se concentra num dos lados dos degraus, tem-se que:

- $Q_{util,VL} = 5 * L_1$ $[KN/m]$ (29)

- $P_3 = p.p.G.C. * L_1 / 2$ $[KN]$ (30)

- $P_4 = 42,5 * e_{cp} * L_1 + p.p.G.C.$ $[KN/m]$ (31)

- $P_5 = 42,5 * e_c * L_1 + p.p.cant * (1 + n * L_1 / C_2) + p.p.G.C. / \cos \alpha$ $[KN/m]$ (32)

obtendo-se o seguinte diagrama envolvente de momentos flectores:

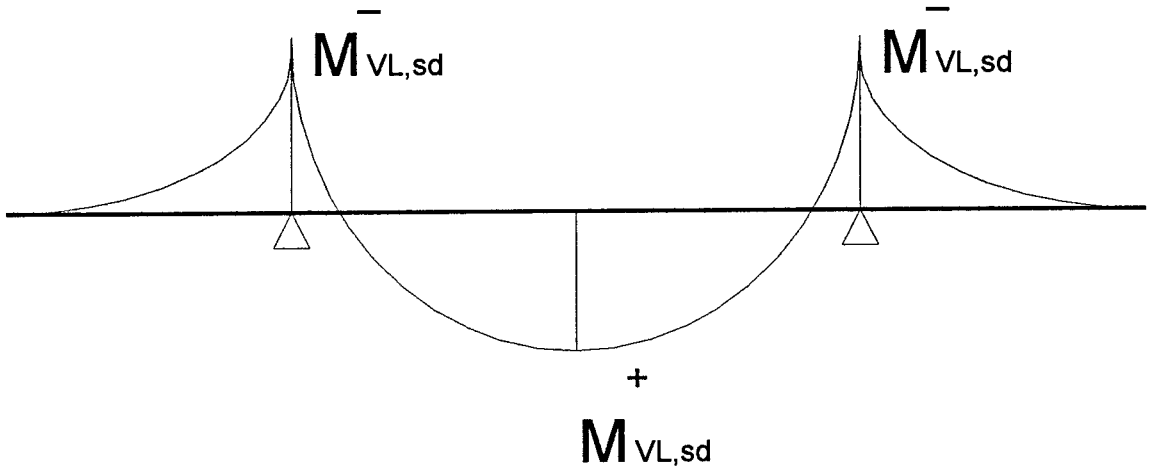


FIG.49 - DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES

em que $M_{VL,sd}^{-}$ máximo será dado pela expressão:

$$M_{VL,sd}^{-} = -\gamma * L_1 * \left[P_3 + (P_4 + Q_{util,VL}) * \frac{L_1}{2} \right] \quad (33)$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

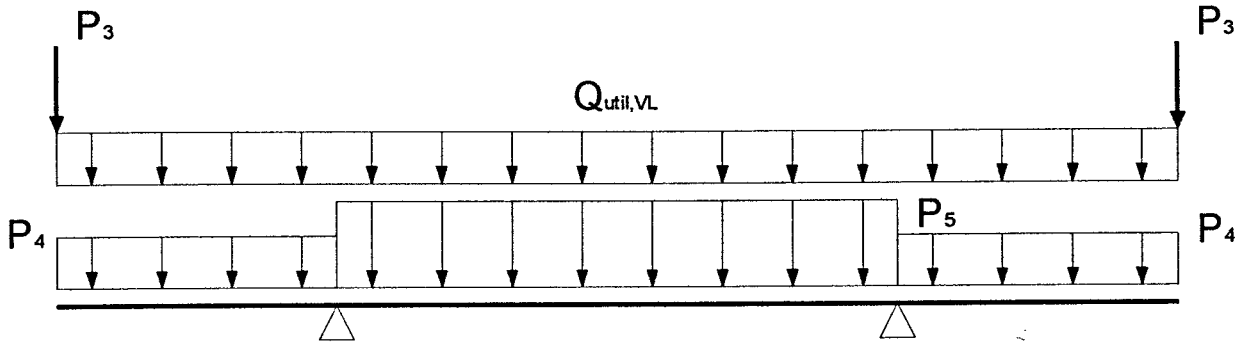


FIG.50 - COMBINAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO MOMENTO MÁXIMO NEGATIVO

e $M_{VL, sd}^+$ máximo será dado pela expressão:

$$M_{VL, sd}^+ = \gamma * \left[-L_1 * (P_3 + P_4 * \frac{L_1}{2}) + \frac{(P_5 + Q_{util, VL}) * C_2^2}{8} \right] \quad (34)$$

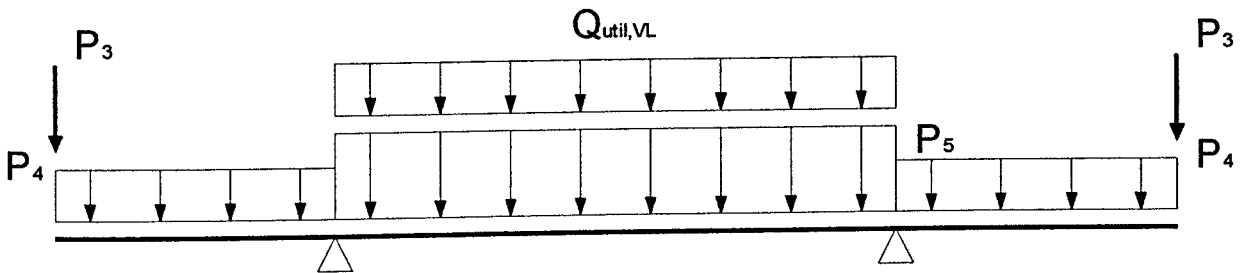


FIG.51 - COMBINAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO MOMENTO MÁXIMO POSITIVO

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

tomando para dimensionamento, o máximo dos dois valores acima obtidos, sabendo que:

$$\sigma_{VL, sd} = \frac{M_{VL, sd}}{W_{Y, UNP}} \tag{35}$$

e relacionando com a tensão de cedência f_{syd} , tem-se:

$$W_{Y, UNP} \geq \frac{M_{VL, sd}}{f_{syd}} \tag{36}$$

do quadro XXI de perfis UNP, escolhe-se o perfil que cumpre a inequação, procedendo de seguida a uma verificação, agora com o peso próprio do perfil UNP incluído nas acções, ou seja:

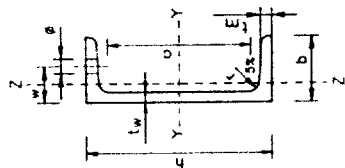
- $P'_3 = P_3 + p.p.UNP \cdot L_1/2$ (37)

- $P'_4 = P_4 + p.p.UNP$ (38)

- $P'_5 = P_5 + p.p.UNP / \cos \alpha$ (39)

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS



Desi- gnação	Massa kg/m	Área	Dimensões								Dimensões de Construção				Valores estáticos												Área a pintar	Classificação ENV 1993-1-1			
			h	b	t _w	t _f	r _f	r _w	d	Ø	W _{base} mm	W _{max} cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	W _{pl,y} cm ³	I _z cm ⁴	W _z cm ³	W _{pl,z} cm ³	I _y cm	Y ₁ cm	Y ₂ cm	Y ₁ cm	Y ₂ cm	A _s m ² /m	S 235	S 355		S 552	Flexão Simple	Compres- são Sim. e	
80	8,64	11	80	45	6	8	8	4	46	—	—	106	26,5	31,8	3,1	19,4	6,38	12,1	1,33	2,16	1,45	2,67	0,312	1	1	1	1	1	1	1	
100	10,6	13,5	100	50	6	8,5	8,5	4,5	64	M10	31	206	41,2	49	3,91	29,3	8,49	16,2	1,47	2,81	1,55	2,93	0,372	1	1	1	1	1	1	1	
120	13,4	17	120	55	7	9	9	4,5	82	M10	32	364	60,7	72,6	4,62	43,2	11,1	21,2	1,59	4,15	1,6	3,03	0,434	1	1	1	1	1	1	1	
140	16,0	20,4	140	60	7	10	10	5	98	M12	37	605	86,4	103	5,45	62,7	14,8	28,3	1,75	5,68	1,75	3,37	0,489	1	1	1	1	1	1	1	
160	18,8	24	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	115	M16	38	925	116	138	6,21	85,3	18,3	35,2	1,89	7,39	1,84	3,56	0,546	1	1	1	1	1	1	1	
180	22,0	28	180	70	8	11	11	5,5	133	M16	38	1350	150	179	6,95	114	22,4	42,9	2,02	9,55	1,92	3,75	0,611	1	1	1	1	1	1	1	
200	25,3	32,2	200	75	8,5	11,5	11,5	6	151	M16	39	1910	191	228	7,7	148	27	51,8	2,14	11,9	2,01	3,94	0,661	1	1	1	1	1	1	1	
220	29,4	37,4	220	80	9	12,5	12,5	6,5	167	M20	44	2690	245	292	8,48	197	33,6	64,1	2,3	16	2,14	4,2	0,718	1	1	1	1	1	1	1	
240	33,2	42,3	240	85	9,5	13	13	6,5	184	M20	45	3600	300	358	9,33	248	39,6	75,7	2,42	19,7	2,23	4,39	0,775	1	1	1	1	1	1	1	
260	37,9	48,3	260	90	10	14	14	7	200	M24	51	51	4820	371	9,99	317	47,7	91,6	2,56	25,5	2,36	4,66	0,834	1	1	1	1	1	1	1	
280	41,8	53,3	280	95	10	15	15	7,5	216	M24	52	6280	448	10,9	399	57,2	109	27,4	31	2,53	5,02	0,89	1	1	1	1	1	1	1	1	
300	46,2	58,8	300	100	10	16	16	8	232	M24	53	8030	535	632	11,7	495	67,8	130	2,9	37,4	2,7	5,41	0,95	1	1	1	1	1	1	1	
320	59,5	75,8	320	100	14	17,5	17,5	8,75	246	M24	59	61	10870	679	12,1	597	80,6	152	2,81	66,7	2,6	4,82	0,982	1	1	1	1	1	1	1	
350	60,6	77,3	350	100	14	16	16	8	282	M24	57	61	12840	734	918	129	570	75	143	2,72	61,2	2,4	4,45	1,047	1	1	1	1	1	1	1
380	63,1	80,4	380	102	13,5	16	16	8	313	M14	57	63	15760	829	1014	14	615	78,7	148	2,77	59,1	2,38	4,58	1,1	1	1	1	1	1	1	1
400	71,6	91,5	400	110	14	18	18	9	324	M27	59	65	20350	1020	1240	149	846	102	3,04	81,6	2,65	5,11	1,182	1	1	1	1	1	1	1	1

QUADRO XXI - PERFIS UNP

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.6 – Viga Transversal (VT)

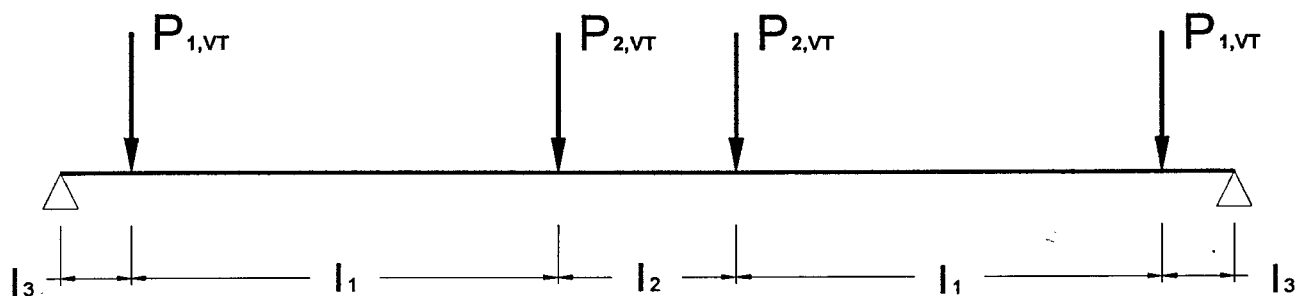


FIG.52 - ESQUEMA ESTRUTURAL DA VIGA TRANSVERSAL

sendo:

$$l_1 = L_1 + b_{UNP}$$

$$l_2 = L_2 + b_{UNP}$$

$$l_3 = 0,10 + b_{UNP}/2$$

P_{VT} → esforço transmitido pelas vigas lanço

considerando que a sobrecarga se encontra concentrada junto ao corrimão central da escada, pois é a situação mais gravosa no dimensionamento da viga transversal, virá:

$$P_{1VT} = P'_4 * L_1 + P'_5 * \frac{C_2}{2} + P'_3 \tag{40}$$

$$P_{2VT} = Q_{util,VL} * (C_2 + 2 * L_1) + P'_4 * L_1 + P'_5 * \frac{C_2}{2} + P'_3 \tag{41}$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

então:

$$M_{VT, sd} = \gamma * [P_{VT} * l_3 + P_{2VT} * (l_1 + l_3)] \tag{42}$$

logo:

$$W_{Y, IPE} \geq \frac{M_{VT, sd}}{f_{syd}} \tag{43}$$

do quadro XXII de perfis IPE escolhe-se o perfil que cumpre a condição, procedendo de seguida a uma verificação, agora com o peso próprio do perfil IPE incluído nas acções, ou seja:

$$M'_{VT, sd} = M_{VT, sd} + \gamma * p.p_{.IPE} * \frac{(2 * l_1 + l_2 + 2 * l_3)^2}{8} \tag{44}$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

3.7 – Pilares (P)

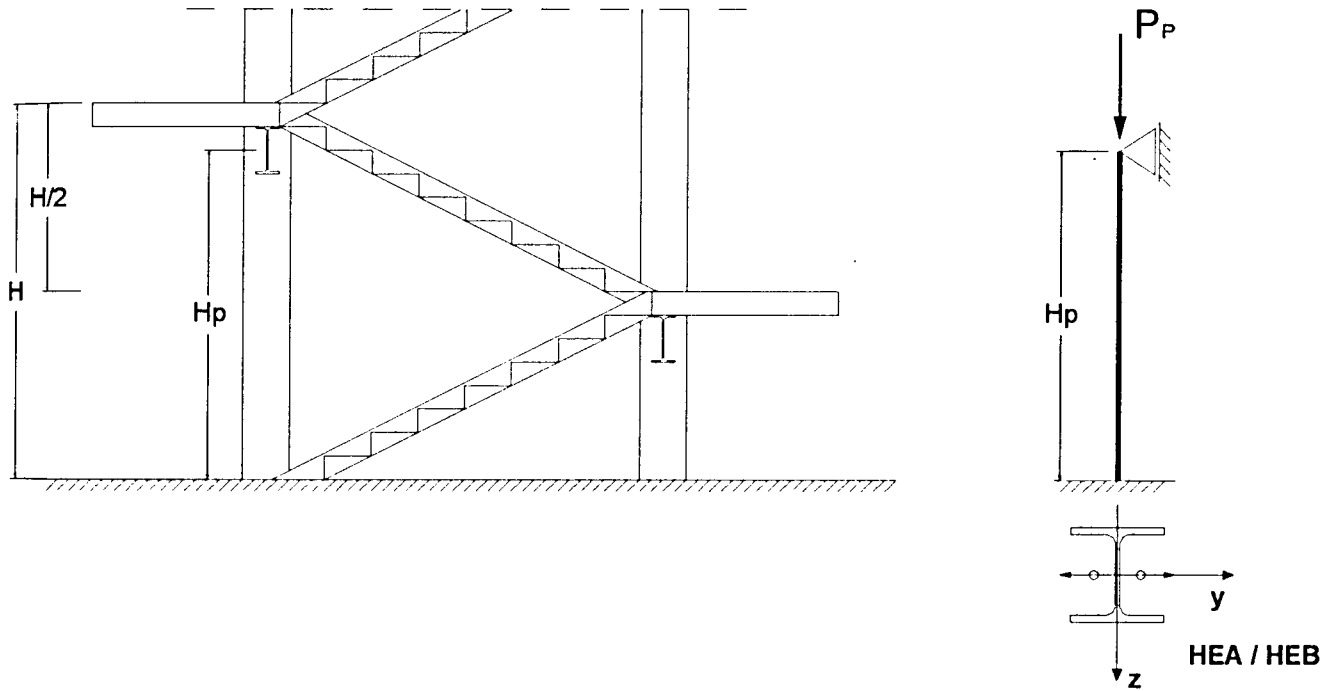


FIG.53 - ESQUEMA ESTRUTURAL PARA DIMENSIONAMENTO DO PILAR

Tem-se que:

$$H_p = H - h_{UNP} - h_{IPE}/2$$

$K \rightarrow$ número de desníveis

$$P_{P, sd} = \gamma * K * \left[P_{VT} + P_{2VT} + p \cdot p_{IPE} * \left(l_1 + \frac{l_2}{2} + l_3 \right) \right] \quad (45)$$

sendo:

$$\lambda = \frac{l_e}{i_z} \quad (46)$$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

$\lambda \rightarrow$ coeficiente de esbelteza, é obtido pelas expressões apresentadas no quadro XXIII ou directamente dos quadros XXIV a XXVI.

$l_e \rightarrow$ comprimento de encurvadura, neste caso $l_e = 0,7 * H_p$

$i_z \rightarrow$ raio de giração da secção transversal em relação ao eixo correspondente ao plano de encurvadura

tipo de aço	Coeficiente de esbelteza λ	Coeficiente de encurvadura φ (*)
Fe 360	$\lambda \leq 20$ $20 < \lambda \leq 105$ $\lambda > 105$	$\varphi = 1$ $\varphi = 1,132\,8 - 0,006\,64\,\lambda$ $\varphi = \frac{4802}{\lambda^2}$
Fe 430	$\lambda \leq 20$ $20 < \lambda \leq 96$ $\lambda > 96$	$\varphi = 1$ $\varphi = 1,160 - 0,007\,30\,\lambda$ $\varphi = \frac{4\,103}{\lambda^2}$
Fe 510	$\lambda \leq 20$ $20 < \lambda \leq 85$ $\lambda > 85$	$\varphi = 1$ $\varphi = 1,172\,3 - 0,008\,62\,\lambda$ $\varphi = \frac{3\,179}{\lambda^2}$

QUADRO XXIII - EXPRESSÕES PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ENCURVADURA φ

pretende-se que:

$$\sigma_{P, sd} = \frac{P_{P, sd}}{A * \varphi} \leq f_{syd} \tag{47}$$

sendo:

$A \rightarrow$ área da secção transversal do perfil HEA / HEB

$\varphi \rightarrow$ coeficiente de encurvadura $[\varphi = f(\lambda)]$

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Dimensionamento

- 1ª hipótese: Regime plástico ($\lambda \leq 20$)

$$A_0 \geq \frac{P_{P, sd}}{f_{syd}} \quad \mapsto \text{perfil HEA / HEB} \quad (48)$$

Se: $\lambda \leq 20 \Rightarrow \text{O.K.}$

$\lambda > 20 \Rightarrow 2^\text{a}$ hipótese

- 2ª hipótese: Regime elástico $\begin{cases} \lambda_p = 105 ; Fe\ 360 ; f_{syd} = 235\ MPa \\ \lambda_p = 96 ; Fe\ 430 ; f_{syd} = 275\ MPa \\ \lambda_p = 85 ; Fe\ 510 ; f_{syd} = 355\ MPa \end{cases}$

$$I_0 \geq \frac{1.8 * I_e^2 * P_{P, sd}}{\Pi^2 * E} \quad \mapsto \text{perfil HEA / HEB} \quad (49)$$

Se: $\lambda \geq \lambda_p \Rightarrow \text{O. K.}$

$\lambda < \lambda_p \Rightarrow 3^\text{a}$ hipótese

- 3ª hipótese: Regime elasto-plástico ($20 \leq \lambda \leq 105 ; F_e 360$)

Dimensionamento por tentativas, partindo de um perfil superior aos calculados nas duas primeiras hipóteses, até satisfazer a condição:

$$\sigma_{P, sd} = \frac{P_{P, sd}}{A * \varphi} \leq f_{syd} \quad (47)$$

Encontrado o perfil, este deverá ser verificado para uma nova solicitação que inclua o seu peso próprio, ou seja:

$$P'_{Psd} = P_{Psd} + \gamma * (K - 1) * p.p_{HEB} * H \quad (50)$$

ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS

Aço Fe360 – $f_y=235$ MPa - $\lambda_o=105$	
Valores tabelados: ϕ , $\omega=1/\phi$, σ_{Rd}	ϕ : Coeficiente de Encurvadura (σ_{Rd}/f_y) σ_{Rd} : Valor de cálculo das tensões resistentes à compressão

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1.000 1.000 1.000	0.993 1.007 1.003	0.987 1.013 1.009	0.980 1.020 1.016	0.974 1.027 1.023	0.967 1.034 1.030	0.960 1.041 1.037	0.954 1.049 1.045	0.947 1.056 1.052	0.940 1.063 1.059
30	0.934 0.971 0.979	0.927 1.008 1.016	0.921 1.006 1.014	0.914 1.004 1.012	0.907 1.002 1.010	0.901 1.000 1.008	0.894 1.008 1.016	0.888 1.017 1.025	0.881 1.025 1.033	0.874 1.034 1.042
40	0.868 1.152 1.161	0.861 1.161 1.169	0.854 1.170 1.178	0.848 1.179 1.189	0.841 1.189 1.198	0.835 1.198 1.209	0.828 1.209 1.217	0.821 1.217 1.227	0.815 1.227 1.237	0.808 1.237 1.247
50	0.802 1.248 1.258	0.795 1.258 1.267	0.788 1.268 1.276	0.782 1.279 1.287	0.775 1.290 1.298	0.769 1.301 1.310	0.762 1.313 1.321	0.755 1.325 1.333	0.749 1.336 1.344	0.742 1.348 1.356
60	0.735 1.350 1.362	0.729 1.370 1.378	0.722 1.385 1.393	0.716 1.397 1.405	0.709 1.410 1.418	0.702 1.424 1.432	0.696 1.437 1.445	0.689 1.451 1.459	0.683 1.465 1.473	0.676 1.479 1.487
70	0.669 1.494 1.507	0.663 1.503 1.511	0.656 1.524 1.532	0.649 1.540 1.548	0.643 1.556 1.564	0.636 1.572 1.580	0.630 1.588 1.596	0.623 1.605 1.613	0.616 1.622 1.630	0.610 1.640 1.648
80	0.603 1.658 1.672	0.597 1.676 1.690	0.590 1.695 1.709	0.583 1.714 1.728	0.577 1.734 1.748	0.570 1.754 1.768	0.563 1.775 1.789	0.557 1.796 1.810	0.550 1.817 1.831	0.544 1.839 1.853
90	0.537 1.862 1.876	0.530 1.885 1.899	0.524 1.909 1.923	0.517 1.934 1.948	0.511 1.959 1.973	0.504 1.984 1.998	0.497 2.011 2.025	0.491 2.038 2.052	0.484 2.066 2.080	0.477 2.094 2.108
100	0.471 2.124 2.138	0.464 2.154 2.168	0.458 2.185 2.199	0.451 2.217 2.231	0.444 2.250 2.264	0.438 2.284 2.298	0.431 2.318 2.332	0.425 2.352 2.366	0.418 2.427 2.441	0.405 2.472 2.486
110	0.397 2.518 2.532	0.390 2.564 2.578	0.383 2.610 2.624	0.376 2.657 2.671	0.370 2.704 2.718	0.363 2.752 2.766	0.357 2.800 2.814	0.351 2.848 2.862	0.345 2.897 2.911	0.339 2.947 2.961
120	0.334 2.996 3.010	0.328 3.046 3.060	0.323 3.097 3.111	0.318 3.148 3.162	0.313 3.199 3.213	0.308 3.251 3.265	0.303 3.303 3.317	0.298 3.356 3.370	0.293 3.409 3.423	0.288 3.463 3.477
130	0.284 3.516 3.530	0.279 3.571 3.585	0.274 3.625 3.639	0.270 3.681 3.695	0.265 3.736 3.750	0.260 3.792 3.806	0.255 3.849 3.863	0.250 3.905 3.919	0.245 3.963 3.977	0.240 4.020 4.034
140	0.245 4.078 4.092	0.242 4.137 4.151	0.238 4.196 4.210	0.235 4.255 4.269	0.232 4.315 4.329	0.229 4.375 4.389	0.225 4.435 4.449	0.222 4.495 4.509	0.219 4.558 4.572	0.216 4.619 4.633
150	0.214 4.682 4.696	0.211 4.744 4.758	0.208 4.807 4.821	0.205 4.871 4.885	0.203 4.935 4.949	0.200 4.999 5.013	0.197 5.064 5.078	0.195 5.129 5.143	0.193 5.194 5.208	0.190 5.260 5.274
160	0.188 5.327 5.341	0.185 5.393 5.407	0.183 5.461 5.475	0.181 5.528 5.542	0.179 5.596 5.610	0.177 5.665 5.679	0.174 5.734 5.748	0.172 5.803 5.817	0.170 5.873 5.887	0.168 5.943 5.957
170	0.166 6.013 6.027	0.164 6.084 6.098	0.162 6.156 6.170	0.161 6.227 6.241	0.159 6.300 6.314	0.157 6.372 6.386	0.155 6.445 6.459	0.153 6.519 6.533	0.152 6.593 6.607	0.150 6.667 6.681
180	0.148 6.742 6.756	0.147 6.817 6.831	0.145 6.892 6.906	0.144 6.968 6.982	0.142 7.045 7.059	0.140 7.121 7.135	0.139 7.199 7.213	0.137 7.276 7.290	0.136 7.354 7.368	0.135 7.433 7.447
190	0.133 7.511 7.525	0.132 7.591 7.605	0.130 7.670 7.684	0.129 7.751 7.765	0.128 7.831 7.845	0.126 7.912 7.926	0.125 7.993 8.007	0.124 8.075 8.089	0.123 8.157 8.171	0.121 8.240 8.254
200	0.120 8.323 8.337	0.119 8.406 8.420	0.118 8.490 8.504	0.117 8.574 8.588	0.116 8.659 8.673	0.114 8.744 8.758	0.113 8.830 8.844	0.112 8.916 8.930	0.111 9.002 9.016	0.110 9.089 9.103
210	0.109 9.176 9.190	0.108 9.264 9.278	0.107 9.352 9.366	0.106 9.440 9.454	0.105 9.529 9.543	0.104 9.618 9.632	0.103 9.708 9.722	0.102 9.798 9.812	0.101 9.888 9.902	0.100 9.979 9.993
220	0.099 10.071 10.085	0.098 10.163 10.177	0.098 10.255 10.269	0.097 10.347 10.361	0.096 10.440 10.454	0.095 10.534 10.548	0.094 10.628 10.642	0.093 10.722 10.736	0.092 10.816 10.830	0.092 10.912 10.926
230	0.091 11.007 11.021	0.090 11.103 11.117	0.089 11.199 11.213	0.089 11.296 11.310	0.088 11.393 11.407	0.087 11.491 11.505	0.086 11.591 11.605	0.086 11.688 11.702	0.085 11.788 11.802	0.084 11.885 11.899
240	0.083 11.985 11.999	0.083 12.085 12.099	0.082 12.186 12.200	0.081 12.287 12.301	0.081 12.388 12.402	0.080 12.490 12.504	0.079 12.592 12.606	0.079 12.694 12.708	0.078 12.797 12.811	0.078 12.901 12.915
250	0.077 13.005 13.019	0.077 13.105 13.119	0.076 13.206 13.220	0.076 13.307 13.321	0.075 13.408 13.422	0.075 13.509 13.523	0.074 13.610 13.624	0.074 13.711 13.725	0.073 13.812 13.826	0.073 13.913 13.927

Regime elastico-plastico

Regime elastico

(So Contraventamentos)

QUADRO XXIV - COEFICIENTES DE ENCURVADURA (Fe 360)

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

Aço Fe430 – f _y =275 MPa - λ _p =96										
Valores tabelados: φ, ω=1/φ, σ _{Red}			φ: Coeficiente de Encurvadura (σ _{Red} , f _y)							
			σ _{a1} : Valor de calculo das tensões resistentes à compressão							
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1.000 1.000 0.95	0.993 1.007 0.973	0.986 1.014 0.977	0.979 1.022 0.989	0.971 1.030 0.997	0.964 1.038 1.005	0.956 1.046 1.013	0.949 1.054 1.021	0.942 1.062 1.029	0.934 1.070 1.037
30	0.957 1.073 0.95	0.950 1.087 0.953	0.942 1.096 0.951	0.935 1.105 0.949	0.928 1.114 0.947	0.921 1.123 0.945	0.913 1.132 0.943	0.906 1.142 0.941	0.899 1.151 0.939	0.891 1.161 0.937
40	0.914 1.171 0.95	0.947 1.191 0.933	0.939 1.191 0.931	0.932 1.202 0.929	0.925 1.212 0.927	0.918 1.223 0.925	0.910 1.234 0.923	0.903 1.245 0.921	0.896 1.257 0.919	0.889 1.268 0.917
50	0.881 1.280 0.95	0.874 1.292 0.913	0.867 1.305 0.911	0.860 1.317 0.909	0.853 1.330 0.907	0.846 1.343 0.905	0.839 1.355 0.903	0.832 1.370 0.901	0.825 1.384 0.899	0.818 1.398 0.897
60	0.838 1.412 0.95	0.851 1.401 0.93	0.854 1.442 0.91	0.866 1.457 0.92	0.879 1.473 0.97	0.892 1.489 1.02	0.905 1.505 1.07	0.918 1.522 1.12	0.931 1.539 1.17	0.944 1.557 1.22
70	0.835 1.574 1.05	0.828 1.593 1.03	0.821 1.611 1.01	0.813 1.631 0.99	0.806 1.650 0.97	0.799 1.670 0.95	0.791 1.691 0.93	0.784 1.712 0.91	0.777 1.734 0.89	0.769 1.756 0.87
80	0.862 1.775 0.95	0.855 1.802 1.03	0.848 1.825 1.05	0.840 1.851 1.09	0.833 1.876 1.17	0.826 1.902 1.25	0.818 1.929 1.33	0.811 1.957 1.41	0.804 1.985 1.49	0.797 2.014 1.57
90	0.489 2.044 1.05	0.482 2.075 1.03	0.475 2.107 1.01	0.467 2.140 0.99	0.460 2.174 0.97	0.453 2.209 0.95	0.445 2.245 0.93	0.436 2.281 0.91	0.428 2.318 0.89	0.419 2.356 0.87
100	0.411 2.435 1.13	0.403 2.484 1.11	0.395 2.533 1.09	0.387 2.583 1.06	0.380 2.634 1.04	0.373 2.684 1.02	0.366 2.735 1.00	0.359 2.788 0.98	0.352 2.840 0.96	0.346 2.893 0.94
110	0.339 2.946 0.93	0.333 3.000 0.92	0.327 3.054 0.90	0.322 3.109 0.89	0.316 3.164 0.87	0.311 3.220 0.85	0.305 3.275 0.84	0.300 3.333 0.83	0.295 3.390 0.81	0.290 3.448 0.80
120	0.255 3.506 0.95	0.281 3.551 0.97	0.276 3.624 0.96	0.271 3.694 0.95	0.267 3.744 0.93	0.263 3.804 0.92	0.259 3.866 0.91	0.255 3.927 0.90	0.251 3.989 0.89	0.247 4.052 0.88
130	0.243 4.115 0.97	0.239 4.178 0.96	0.236 4.243 0.95	0.232 4.307 0.94	0.229 4.372 0.93	0.225 4.438 0.92	0.222 4.504 0.91	0.219 4.570 0.90	0.216 4.637 0.89	0.213 4.704 0.88
140	0.210 4.772 0.99	0.207 4.841 0.97	0.204 4.910 0.96	0.201 4.979 0.95	0.198 5.049 0.94	0.195 5.119 0.93	0.193 5.190 0.92	0.190 5.262 0.91	0.188 5.333 0.90	0.185 5.406 0.89
150	0.183 5.478 0.90	0.180 5.552 0.90	0.176 5.626 0.89	0.175 5.700 0.88	0.173 5.775 0.87	0.171 5.850 0.86	0.169 5.925 0.85	0.168 6.002 0.84	0.165 6.078 0.83	0.162 6.155 0.82
160	0.150 6.233 0.94	0.158 6.311 0.94	0.156 6.390 0.93	0.155 6.469 0.93	0.153 6.549 0.92	0.151 6.629 0.91	0.149 6.710 0.90	0.147 6.791 0.89	0.146 6.872 0.88	0.144 6.954 0.87
170	0.142 7.037 0.99	0.140 7.120 0.99	0.139 7.203 0.98	0.137 7.287 0.97	0.136 7.372 0.97	0.134 7.457 0.96	0.133 7.542 0.95	0.131 7.628 0.94	0.130 7.715 0.93	0.128 7.802 0.92
180	0.127 8.089 1.05	0.125 8.177 1.04	0.124 8.265 1.04	0.123 8.354 1.03	0.121 8.443 1.03	0.120 8.533 1.02	0.119 8.624 1.02	0.117 8.714 1.01	0.116 8.806 1.01	0.115 8.898 1.00
190	0.114 8.790 1.07	0.113 8.883 1.07	0.111 8.976 1.06	0.110 9.070 1.06	0.109 9.164 1.05	0.108 9.259 1.05	0.107 9.354 1.04	0.106 9.449 1.04	0.105 9.545 1.03	0.104 9.642 1.03
200	0.103 9.739 0.98	0.102 9.837 0.98	0.101 9.935 0.97	0.100 10.034 0.97	0.099 10.133 0.96	0.098 10.233 0.96	0.097 10.333 0.95	0.096 10.433 0.95	0.095 10.534 0.94	0.094 10.636 0.94
210	0.093 10.738 0.90	0.092 10.840 0.90	0.091 10.943 0.89	0.091 11.047 0.88	0.090 11.151 0.88	0.089 11.255 0.87	0.088 11.360 0.86	0.087 11.466 0.86	0.086 11.571 0.85	0.086 11.678 0.85
220	0.085 11.785 0.93	0.084 11.892 0.93	0.083 12.000 0.92	0.083 12.108 0.92	0.082 12.217 0.91	0.081 12.327 0.91	0.080 12.436 0.90	0.080 12.547 0.89	0.079 12.657 0.89	0.078 12.769 0.88
230	0.078 12.880 0.97	0.077 12.993 0.97	0.076 13.105 0.96	0.076 13.219 0.96	0.075 13.332 0.95	0.074 13.447 0.95	0.074 13.561 0.94	0.073 13.676 0.94	0.073 13.792 0.93	0.072 13.908 0.93
240	0.071 14.025 0.90	0.071 14.142 0.90	0.070 14.260 0.89	0.070 14.378 0.89	0.069 14.496 0.88	0.068 14.615 0.88	0.068 14.735 0.87	0.067 14.855 0.87	0.067 14.975 0.86	0.066 15.095 0.86
250	0.066 15.218 0.95									

Regime elasto-plástico

Regime elástico

(Só Contraventamentos)

QUADRO XXV - COEFICIENTES DE ENCURVADURA (Fe 430)

CAPITULO 3

ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS

Aço Fe510 – f _y =355 MPa – λ _p =85										
Valores tabelados: φ, ω=1/φ, σ _{eq}			φ: Coeficiente de Encurvadura (σ _{eq} , ξ) σ _{eq} : Valor de cálculo das tensões resistentes à compressão							
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.933 0.000 65	0.991 0.009 65	0.993 0.018 65	0.974 0.029 66	0.966 0.036 66	0.957 0.045 66	0.948 0.054 67	0.940 0.064 67	0.931 0.074 67	0.923 0.084 68
30	0.914 0.094 24	0.905 0.104 24	0.897 0.115 24	0.888 0.126 25	0.880 0.137 25	0.871 0.148 25	0.862 0.160 26	0.854 0.171 26	0.845 0.183 26	0.837 0.195 27
40	0.829 0.208 294	0.819 0.220 294	0.811 0.233 298	0.802 0.247 295	0.794 0.260 292	0.785 0.274 279	0.775 0.288 275	0.768 0.302 272	0.759 0.317 270	0.751 0.332 268
50	0.742 0.348 253	0.733 0.353 260	0.725 0.360 257	0.716 0.366 254	0.708 0.413 251	0.699 0.431 248	0.690 0.448 245	0.682 0.467 242	0.673 0.485 239	0.665 0.505 236
60	0.656 0.524 233	0.647 0.545 230	0.639 0.555 227	0.630 0.567 224	0.622 0.580 221	0.613 0.591 218	0.604 0.604 215	0.596 0.618 212	0.587 0.633 209	0.579 0.648 206
70	0.570 0.554 202	0.561 0.571 199	0.553 0.589 196	0.544 0.607 193	0.535 0.627 190	0.527 0.647 187	0.518 0.669 184	0.510 0.691 181	0.501 0.715 178	0.493 0.739 175
80	0.484 0.266 172	0.475 0.280 169	0.467 0.294 165	0.458 0.309 163	0.450 0.324 160	0.441 0.339 157	0.430 0.354 153	0.420 0.370 149	0.411 0.386 145	0.402 0.402 143
90	0.393 0.246 129	0.394 0.260 126	0.375 0.266 123	0.368 0.278 121	0.360 0.290 118	0.353 0.302 115	0.345 0.316 112	0.338 0.330 110	0.331 0.345 108	0.325 0.360 105
100	0.318 0.143 112	0.312 0.160 111	0.306 0.170 109	0.300 0.183 106	0.294 0.196 104	0.289 0.209 102	0.283 0.223 101	0.278 0.237 99	0.273 0.252 97	0.268 0.266 95
110	0.263 0.303 92	0.258 0.312 92	0.254 0.326 90	0.249 0.334 88	0.245 0.344 87	0.241 0.354 85	0.236 0.365 84	0.232 0.376 83	0.229 0.387 81	0.225 0.400 80
120	0.221 0.425 72	0.217 0.439 72	0.214 0.453 70	0.210 0.468 70	0.207 0.483 70	0.204 0.497 70	0.200 0.512 70	0.197 0.527 70	0.194 0.542 69	0.191 0.557 68
130	0.188 0.311 57	0.185 0.323 56	0.183 0.335 55	0.180 0.348 54	0.177 0.361 53	0.175 0.374 52	0.172 0.387 51	0.170 0.400 50	0.167 0.413 49	0.165 0.426 48
140	0.162 0.160 58	0.160 0.168 57	0.158 0.176 56	0.156 0.184 55	0.153 0.192 54	0.151 0.200 53	0.149 0.208 52	0.147 0.216 51	0.145 0.224 50	0.143 0.232 49
150	0.141 0.271 50	0.140 0.156 50	0.138 0.164 49	0.136 0.172 48	0.134 0.180 48	0.132 0.188 47	0.130 0.196 46	0.129 0.204 45	0.127 0.212 45	0.126 0.220 44
160	0.124 0.045 44	0.123 0.146 44	0.121 0.154 43	0.120 0.162 43	0.118 0.170 42	0.117 0.178 41	0.115 0.186 41	0.114 0.194 41	0.113 0.202 40	0.111 0.210 40
170	0.110 0.082 39	0.109 0.100 39	0.108 0.108 38	0.106 0.116 38	0.105 0.124 37	0.104 0.132 37	0.103 0.140 36	0.102 0.148 35	0.100 0.156 35	0.099 0.164 34
180	0.098 0.182 30	0.097 0.206 30	0.096 0.214 30	0.095 0.222 29	0.094 0.230 29	0.093 0.238 28	0.092 0.246 28	0.091 0.254 27	0.090 0.262 27	0.089 0.270 26
190	0.088 0.045 31	0.087 0.146 31	0.086 0.154 31	0.085 0.162 30	0.085 0.170 30	0.084 0.178 30	0.083 0.186 29	0.082 0.194 29	0.081 0.202 29	0.080 0.210 28
200	0.080 0.271 28	0.079 0.169 28	0.078 0.182 28	0.077 0.195 27	0.076 0.207 27	0.075 0.219 27	0.075 0.231 26	0.074 0.243 26	0.074 0.255 25	0.073 0.267 25
210	0.072 0.359 20	0.071 0.392 20	0.071 0.412 20	0.070 0.429 20	0.069 0.442 20	0.069 0.457 20	0.068 0.469 20	0.068 0.481 20	0.067 0.493 20	0.066 0.505 20
220	0.066 0.521 23	0.065 0.539 23	0.065 0.548 23	0.064 0.562 23	0.063 0.579 22	0.063 0.591 22	0.062 0.602 22	0.062 0.614 22	0.061 0.626 22	0.061 0.638 21
230	0.060 0.625 21	0.060 0.770 21	0.059 0.915 21	0.059 1.061 21	0.058 1.208 20	0.058 1.355 20	0.057 1.503 20	0.057 1.652 20	0.056 1.801 20	0.056 1.951 20
240	0.055 0.102 20	0.055 0.253 19	0.054 0.405 19	0.054 0.557 19	0.053 0.710 19	0.053 0.864 19	0.053 1.018 19	0.052 1.173 19	0.052 1.329 18	0.051 1.485 18
250	0.051 0.642 17									

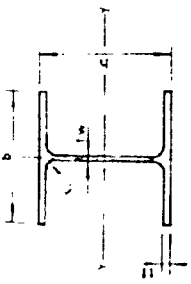
Regime elasto-plástico

Regime elástico

(Só Contraventamentos)

QUADRO XXVI - COEFICIENTES DE ENCURVADURA (Fe 510)

ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS



Designação	Massa m kg/m	Área A cm²	Dimensões										Valores estáticos										Momento de inércia a torção J cm⁴	Área a pintar A _p m²/m	Classificação ENV 1993-1-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
			Y - Y										Z - Z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			r mm	b mm	t ₁ mm	t ₂ mm	t ₃ mm	r mm	I _y cm⁴	W _y cm³	W _{xy} cm³	i _y cm	I _x cm⁴	W _x cm³	W _{xy} cm³	i _x cm	I _{xy} cm⁴	W _y cm³	W _x cm³	i _{xy} cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
100	A	16,7	21,2	349	73	83,01	4,06	134	27	41,74	2,51	0,561	5,24	0,561	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(*) Euro norma S3 62
Esta perfil engloba quatro series: A: corrente desgnada por A; B: media, designada por B; C: reforçada, designada por M.

QUADRO XXVII - PERFIS HEA / HEB / HEM

CAPITULO 3
ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS

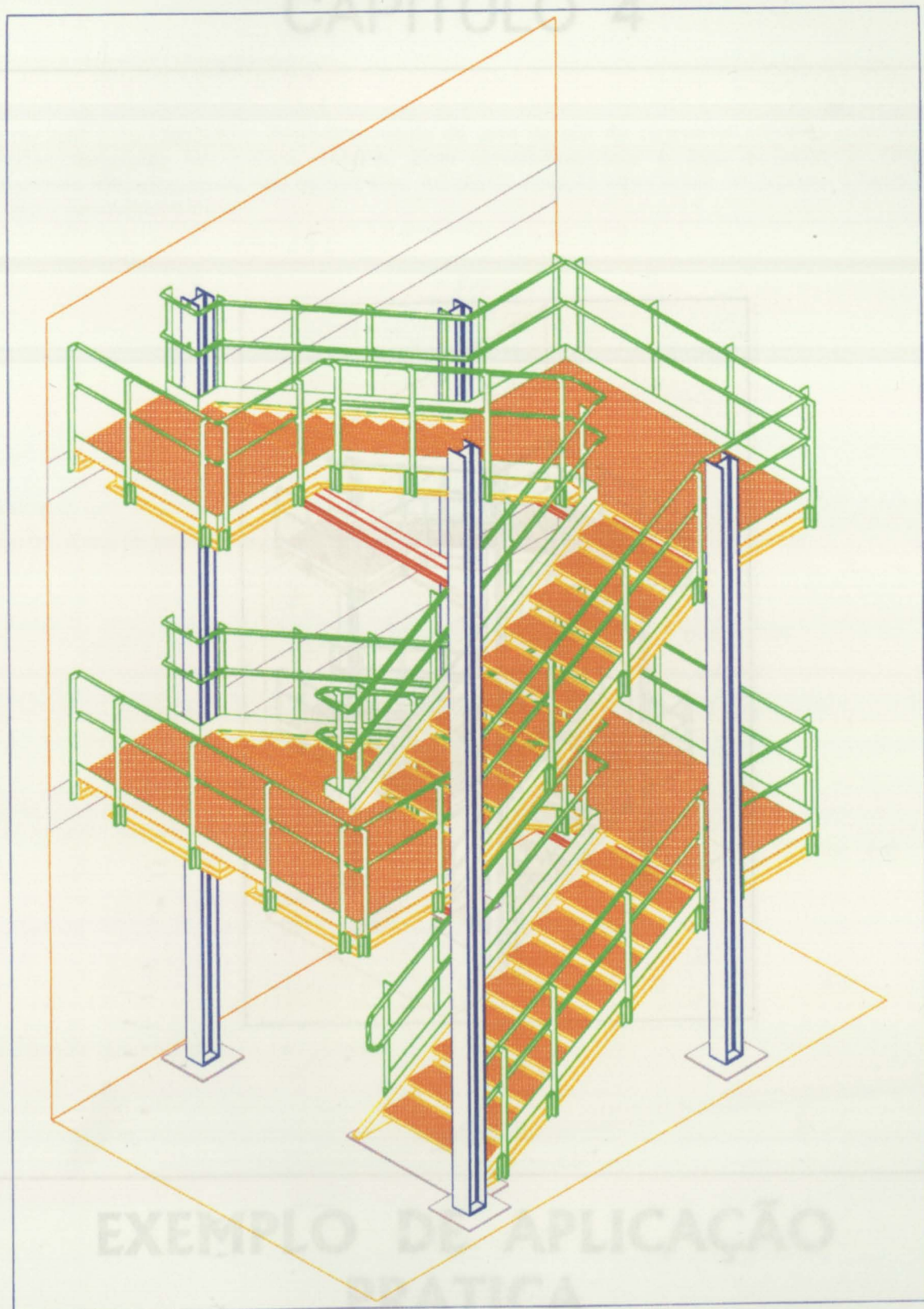
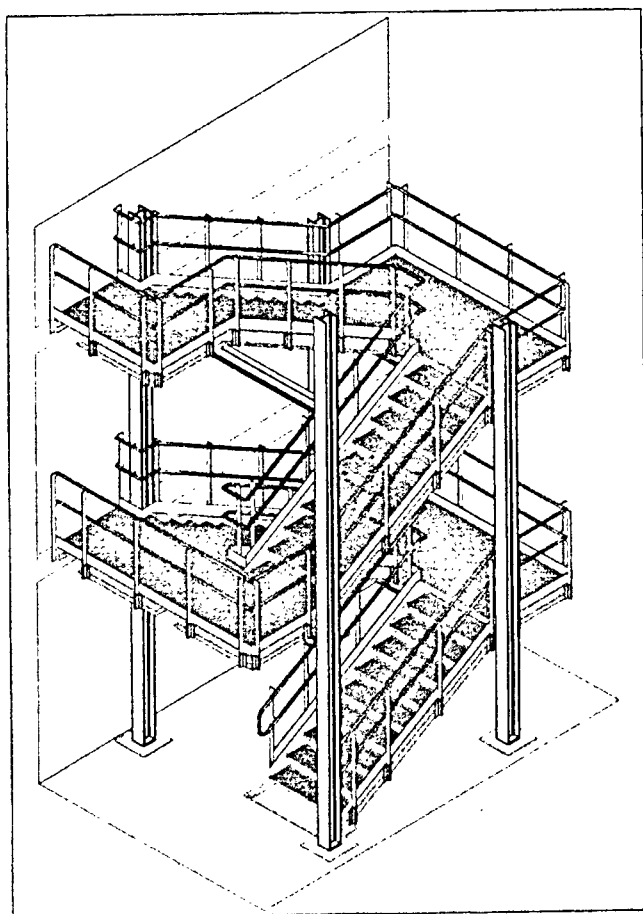


FIG.54 - PERSPECTIVA GERAL DA ESCADA

CAPITULO 4



**EXEMPLO DE APLICAÇÃO
PRÁTICA**

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1 - Condicionamentos Geométricos

Neste capítulo é apresentado o dimensionamento de uma escada de segurança metálica, com base nas expressões deduzidas no capítulo anterior. Este dimensionamento é feito a partir de dimensões correntemente utilizadas, neste tipo de escadas. Admitindo notação equivalente ao capítulo anterior, temos como dados geométricos iniciais:

$$H = 3.40 \text{ m}$$

$$L_1 = 1.20 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.30 \text{ m}$$

$$C_1 = 1.20 \text{ m}$$

$$C_2 = 3.00 \text{ m}$$

Considerando que será utilizado aço da classe Fe 360 ($f_{syd} = 235 \text{ MPa}$), terão que se definir o número de degraus (n), a sua largura (g) e a altura do contra degrau (h), que serão dados pelo sistema:

$$\begin{cases} g + 2 * h = 640 \\ g * n = C_2 \\ h * n = H/2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} g + 2 * n = 640 \\ g * n = 3000 \\ h * n = 3400/2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = 10 \text{ degraus} \\ g = 300 \text{ mm} \\ h = 170 \text{ mm} \end{cases}$$

Pode-se também conhecer a inclinação da escada, através de:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{g} \Leftrightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{170}{300} \Leftrightarrow \operatorname{tg} \alpha = 0.57$$

sendo o ângulo que esta faz com a horizontal:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{1.7}{3}\right) = 29.54^\circ$$

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.2 – Degraus (D)

4.2.1 – Chapa estriada

Considerando, para o caso de escadas de segurança, $Q_{util}=5 \text{ KN/m}^2$, e sendo $\begin{cases} f_{syd} = 235 \text{ MPa} \\ E = 200 \text{ GPa} \end{cases}$

resulta que a espessura da chapa (e_c) que verificará o E.L.U.Resistência, será dada pela expressão (6):

$$4 * 235 * 10^3 * e_c^2 - 344.25 * .3^2 * e_c - 4.5 * .3^2 * 5 = 0$$

$$e_c \geq 1.5 * 10^{-3} m$$

$$e_c \geq 1.5 mm$$

para verificar o E.L.U.de Deformação, a espessura da chapa será superior a:

$$0.032 * 200 * 10^6 * e_c^3 - 85 * .3^3 * e_c - 5 * .3^3 = 0$$

$$e_c \geq 2.8 * 10^{-3} m$$

$$e_c \geq 2.8 mm$$

Pelo quadro XII, verifica-se que a chapa 4/6 ($e_c = 4 mm$), satisfaz ambas as condições, o que é confirmado pelos cálculos, logo, esta seria a solução escolhida no dimensionamento da chapa dos degraus.

Peso próprio da chapa = $85 * 0.004 = 0.34 \text{ KN/m}^2$

4.2.2 – Grelhas (caillebotis)

No caso de se pretender usar grelhas em substituição das chapas estriadas, recorrer-se-á aos quadros XIII e XIV. Neste caso, a grelha indicada será a do tipo miniquadrícula 400. Das opções possíveis, esta é a que apresenta menor peso ($p.p_{grelha}=0.24 \text{ KN/m}^2$)

NOTA: Das duas soluções possíveis para a realização dos degraus (chapa estriada ou grelha), iremos optar pela que conduz a situações de dimensionamento mais gravosas, ou seja, utilizar-se-á a chapa estriada que é a solução mais pesada.

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.2.3 – Base do Degrau (cantoneiras)

4.2.3.1 – Cantoneira Tipo 1:

Sendo:

$$P = Q_{util} + 85 * e_c = 5 + 85 * 0.004 = 5.34 \text{ KN} / m^2$$

vem que:

$$P_{1sd} = \gamma * P * \frac{a}{2} = 1.5 * 5.34 * \frac{30}{2} = 1.20 \text{ KN} / m$$

logo, pela expressão (11), conclui-se que:

$$b_1 \cong 37.06 * \sqrt[3]{\frac{1.2 * \frac{1.2^2}{8}}{235}} \cong 3.60 \text{ cm}$$

escolhendo no quadro XVI a cantoneira L 35 – 35 – 4 : $\begin{cases} \text{Peso Próprio} = 2.10 \text{ Kg} / m \\ W_1 = 1.18 \text{ cm}^3 \end{cases}$

virá:

$$P'_{1sd} = 1.20 + 1.5 * \frac{2.10}{100} = 1.23 \text{ KN} / m$$

$$W_1 \geq \frac{M_{1sd}}{f_{syd}} = \frac{1.23 * \frac{1.2^2}{8}}{235 * 10^3} * 10^6 = 0.94 \text{ cm}^3$$

$$W_{1,calc} \leq W_{1,canton} \quad \therefore \text{ O.K.}$$

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.2.3.2 – Cantoneira Tipo 2:

Sendo, pela expressão (16):

$$P_{2sd} = 1.5 * 1.2 * \left[(5 + 42.5 * 0.004) * .30 + \frac{2.10}{100} \right] = 2.83 \text{ KN}$$

virá, pela inequação (21):

$$e_2 \geq \frac{18 * 2.83}{0.30 * 235 * 10^3} = 0.72 * 10^{-3} \text{ m} = 0.72 \text{ mm}$$

Como todas as cantoneiras cumprem esta condição, ir-se-á utilizar uma cantoneira igual à que se usar para o tipo 1, ou seja, $L 35 - 35 - 4$

4.3 – Patamares

O vão a considerar nos patamares será:

$$a = \frac{L_1}{2} = 0.60 \text{ m}$$

4.3.1 – Chapa Estriada

Procedendo ao dimensionamento com recurso ao quadro XII, conclui-se que a chapa 6/8 ($e_c = 6 \text{ mm}$), verifica os critérios impostos para E.L.U. Resistência e para E.L.U. Deformação, apresentando uma sobrecarga máxima de 6.22 KN/m^2 .

$$\text{Peso Próprio} = 85 * 0.006 = 0.51 \text{ KN/m}^2$$

4.3.2 – Grelhas (caillebotis)

Após consulta dos quadros XIII e XIV, verifica-se que a grelha utilizada nos degraus ($a = 0.30 \text{ m}$), também verifica as condições de resistência e deformabilidade impostas para os patamares, ou seja, utilizar-se-á a grelha miniquadrícula 400.

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.3.3 – Cantoneira Tipo 1

Sendo:

$$P = Q_{uhl} + 85 * e_{cp} = 5 + 85 * 0.006 = 5.51 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{1sd} = \gamma * P * \frac{a}{2} = 1.5 * 5.51 * \frac{0.60}{2} = 2.48 \text{ KN/m}$$

obtem-se, pela expressão (11):

$$b_1 \cong 37.06 * \sqrt[3]{\frac{2.48 * \frac{1.20^2}{8}}{235}} = 4.59 \text{ cm}$$

escolhendo no quadro XVI a cantoneira $L 45 - 45 - 5$: $\begin{cases} \text{Peso Próprio} = 3.38 \text{ Kg/m} \\ W_1 = 2.43 \text{ cm}^3 \end{cases}$

virá:

$$P'_{1sd} = 2.48 + 1.5 * \frac{3.38}{100} = 2.53 \text{ KN/m}$$

logo:

$$W_1 \geq \frac{M_{1sd}}{f_{syd}} = \frac{2.53 * \frac{1.2^2}{8}}{235 * 10^3} * 10^6 = 1.94 \text{ cm}^3$$

$$W_{1,calc} \leq W_{1,cant} \quad \therefore \text{ O.K. }$$

A cantoneira a usar nos patamares será $L 45 - 45 - 5$.

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.4 – Corrimãos (guarda corpos)

4.4.1 - Guarda (G)

Tendo em conta as dimensões da escada, e tendo como objectivo que a distância entre montantes (D), seja em geral constante, optou-se por uma distância entre montantes (D), medida no plano horizontal, igual a 0.90 m.

$$D_{max} = \frac{0.90}{\cos \alpha}$$

Assim, pela expressão (22), sabe-se que:

$$M_{G, sd} = 1.5 * \frac{1.0 * \left(\frac{0.90}{\cos \alpha} \right)^2}{8} = 0.20 \text{ KN} * m$$

tomando-se necessário verificar a inequação (23):

$$W_G \geq \frac{0.20}{235 * 10^3} * 10^6 = 0.85 \text{ cm}^3$$

da consulta do quadro XVIII, obtém-se o perfil circular oco que cumpre a condição. O perfil a utilizar será o $\phi 26.9 \times 2.3 \text{ mm}$.

$$\text{Peso Próprio} = 1.40 \text{ Kg} / m = 0.014 \text{ KN} / m$$

4.4.2 – Guarda Intermédia

Conforme foi referenciado no capítulo anterior, as guardas intermédias serão iguais às guardas superiores, logo usar-se-ão perfis $\phi 26.9 \times 2.3 \text{ mm}$.

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.4.3 – Rodapé

Este elemento será realizado por uma chapa com dimensões 150x5 (mm).

4.4.4 – Montantes

Considerando uma altura dos montantes (H_M) igual a 1.10 m, vem:

$$P_{M, sd} = 1.5 * 1.0 * \frac{0.90}{\cos \alpha} = 1.55 \text{ KN}$$

assim, a condição (27), conduzir-nos-á a um valor de b_M superior a:

$$b_M \geq \sqrt{\frac{600 * 1.10 * 1.55}{235 * 10^3}} = 0.066 \text{ m}$$

como já tinha sido arbitrado o valor $e_M = 0.010 \text{ m}$, ir-se-á utilizar uma barra rectangular maciça 10x70 mm².

4.4.5 – Peso Próprio dos Guarda-corpos

Pela expressão 28, temos:

$$P.P._{G.C.} = 2 * 0.014 + 58.875 * 10^{-3} + 0.785 * \frac{0.070 * 1.10}{0.9} = 0.154 \text{ KN/m}$$

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.5 – Viga Lanço (VL)

Pelas expressões (29) a (32), obtém-se que:

$$Q_{uhl,VL} = 5 * 1.2 = 6 \text{ KN} / m$$

$$P_3 = 0.154 * \frac{1.2}{2} = 0.09 \text{ KN} / m$$

$$P_4 = 42.5 * 0.006 * 1.2 + 0.154 = 0.46 \text{ KN} / m$$

$$P_5 = 42.5 * 0.004 * 1.2 + \frac{2.10}{100} * \left(1 + 10 * \frac{1.2}{3.0} \right) + \frac{0.154}{\cos \alpha} = 0.49 \text{ KN} / m$$

para o cálculo do momento máximo negativo e positivo recorre-se, respectivamente, às expressões (33) e (34), ou seja:

$$M_{VL,sd}^- = -1.5 * 1.2 * \left[0.09 + (0.46 + 6.0) * \frac{1.2}{2} \right] = -7.14 \text{ KN} * m$$

$$M_{VL,sd}^+ = 1.5 * \left[-1.2 * \left(0.09 + 0.46 * \frac{1.2}{2} \right) + \frac{(0.49 + 6.0) * 3.0^2}{8} \right] = 10.29 \text{ KN} * m$$

para efeitos de dimensionamento, interessa utilizar o maior momento em valor absoluto, ou seja, $M_{VL,sd} = 10.29 \text{ KN} * m$.

pela inequação (36), obtém-se :

$$W_{Y,UNP} \geq \frac{5.23}{235 * 10^3} * 10^6 = 43.80 \text{ cm}^3$$

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

assim, o perfil que cumpre a condição é o perfil *UNP 120* ($W_y = 60.7 \text{ cm}^3$). Contudo, por razões estéticas, pretende-se que o perfil utilizado permita “esconder” os degraus como se pode ver na figura 55.

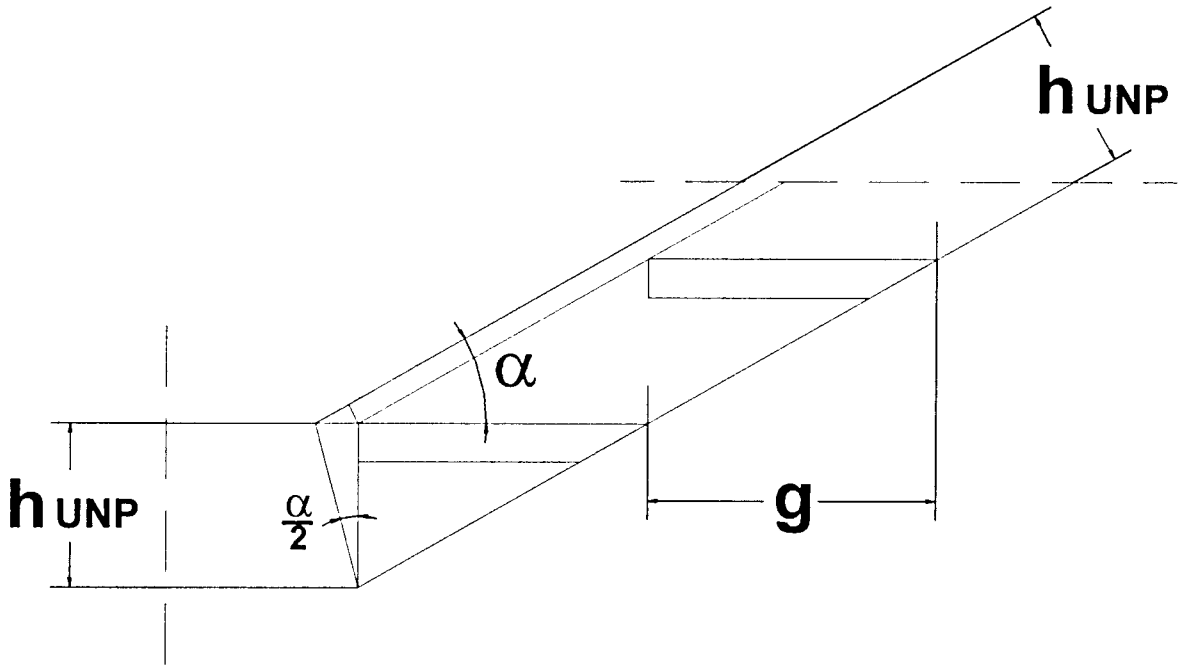


FIG. 55

Sendo:

$$h_{UNP} - h_{UNP} * \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \operatorname{sen} \alpha \geq g * \operatorname{sen} \alpha$$

virá:

$$h_{UNP} \geq g * \frac{\operatorname{sen} \alpha}{1 - \operatorname{tg}(\alpha/2) * \operatorname{sen} \alpha} = 0.30 * \frac{\operatorname{sen} 29.54}{1 - \operatorname{tg}(29.54/2) * \operatorname{sen} 29.54} = 0.170 \text{ m}$$

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

logo, o perfil será o *UNP 180* , cujas características são:

$$\left\{ \begin{array}{l} h = 180 \text{ mm} \\ b = 70 \text{ mm} \\ W_y = 150 \text{ cm}^3 \\ g = 22.0 \text{ Kg / m} = 0.22 \text{ KN / m} \end{array} \right.$$

de seguida, proceder-se-á à verificação do perfil escolhido, incluindo nas acções o peso próprio, sendo pelas expressões 37, 38 e 39:

$$P'_3 = 0.09 + 0.22 * \frac{1.2}{2} = 0.22 \text{ KN / m}$$

$$P'_4 = 0.46 + 0.22 = 0.68 \text{ KN / m}$$

$$P'_5 = 0.49 + \frac{0.22}{\cos \alpha} = 0.74 \text{ KN / m}$$

Das expressões (33) e (34), obter-se-ão os máximos momentos negativo e positivo, respectivamente.

$$M_{VL, sd}^- = -1.5 * 1.2 * \left[0.22 + (0.68 + 6.0) * \frac{1.2}{2} \right] = -7.61 \text{ KN * m}$$

$$M_{VL, sd}^+ = 1.5 * \left[-1.2 * \left(0.22 + 0.68 * \frac{1.2}{2} \right) + \frac{(0.74 + 6.0) * 3.0^2}{8} \right] = 10.24 \text{ KN * m}$$

Pelos cálculos anteriores verifica-se que o peso próprio do perfil tem muito pouca influência nos esforços. Isto deve-se ao facto de a sobrecarga ser a acção dominante, sendo o peso próprio desprezável, quando comparado com esta. Assim, mantém-se a escolha do perfil *UNP 180* .

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.6 – Viga Transversal (VT)

Temos que:

$$l_1 = L_1 + b_{UNP} = 1.20 + 0.070 = 1.270 \text{ m}$$

$$l_2 = L_2 + b_{UNP} = 0.300 + 0.070 = 0.370 \text{ m}$$

$$l_3 = 0.100 + \frac{b_{UNP}}{2} = 0.100 + \frac{0.070}{2} = 0.135 \text{ m}$$

e, sabendo pelas expressões (40) e (41), que:

$$\begin{aligned} P_{VT} &= P'_4 * L_1 + P'_5 * \frac{C_2}{2} + P'_3 \\ &= 0.68 * 1.2 + 0.74 * \frac{3.0}{2} + 0.22 \\ &= 2.15 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{2VT} &= Q_{util,VL} * (C_2 + 2 * L_1) + P'_4 * L_1 + P'_5 * \frac{C_2}{2} + P'_3 \\ &= 6.0 * (3.0 + 2 * 1.2) + 0.68 * 1.2 + 0.74 * \frac{3.0}{2} + 0.22 \\ &= 34.55 \text{ KN} \end{aligned}$$

virá, pela expressão (42):

$$\begin{aligned} M_{VT, sd} &= \gamma * [P_{VT} * l_3 + P_{2VT} * (l_1 + l_3)] \\ &= 1.5 * [2.15 * 0.135 + 34.55 * (1.270 + 0.135)] \\ &= 73.25 \text{ KN} * \text{m} \end{aligned}$$

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

logo, o perfil escolhido terá que cumprir a inequação (43):

$$W_{Y,IPE} \geq \frac{M_{VT,sd}}{f_{syd}} = \frac{73.25}{235 * 10^3} * 10^6 = 311.7 \text{ cm}^3$$

após consulta do quadro XXII, obtém-se que o perfil que cumpre a condição acima enunciada é o *IPE 240*.

Características do perfil *IPE 240* :

$$\begin{cases} W_Y = 324 \text{ cm}^3 \\ g = 30.7 \text{ Kg/m} = 0.307 \text{ KN/m} \end{cases}$$

acrescentando às ações o peso próprio do perfil, ter-se-á pela expressão 44 :

$$M'_{VT,sd} = 73.25 + 1.5 * 0.307 * \frac{(2 * 1.270 + 0.370 + 2 * 0.135)^2}{8} = 73.83 \text{ KN} * m$$

logo, pela inequação (44), virá :

$$W_{Y,IPE} \geq \frac{73.83}{235 * 10^3} * 10^6 = 314.2 \text{ cm}^3$$

verifica-se a condição, logo o perfil a usar será o *IPE 240* $\begin{cases} h_{IPE} = 240 \text{ mm} \\ b_{IPE} = 120 \text{ mm} \end{cases}$.

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

4.7 – Pilares (P)

Tem-se que:

$$H_p = H - h_{UNP} - \frac{h_{IPE}}{2} = 3.400 - 0.180 - \frac{0.240}{2} = 3.10 \text{ m}$$

e, considerando K = 10 andares, virá pela expressão (45):

$$P_{P, sd} = 1.5 * 10 * \left[2.15 + 34.55 + 0.307 * \left(1.270 + 0.135 + \frac{0.370}{2} \right) \right] = 557.8 \text{ KN}$$

DIMENSIONAMENTO

- 1ª Hipótese: Regime plástico ($\lambda \leq 20$)

pela expressão (48):

$$A_o = \frac{557.8}{235 * 10^3} * 10^4 = 23.7 \text{ cm}^2$$

esta condição é satisfeita pelo perfil *HEB 100* ($A = 26.0 \text{ cm}^2$; $i_z = 2.53 \text{ cm}$)

pela expressão (46):

$$\lambda = \frac{0.7 * 3.10}{2.53 * 10^{-2}} = 85.8 > 20 \Rightarrow 2^\text{a} \text{ Hipótese}$$

CAPITULO 4
EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

- 2ª Hipótese: Regime elástico ($Fe\ 360 \rightarrow \lambda \geq 105$)

pela expressão (49):

$$I_o \geq \frac{1.8 * (0.7 * 3.10)^2 * 557.8}{\pi^2 * 200 * 10^6} * 10^8 = 239.5\ cm^4$$

condição que é verificada pelo perfil *HEB 120* ($I_z = 318\ cm^4$; $i_z = 3.06\ cm$)

pela expressão (40):

$$\lambda = \frac{0.70 * 3.10}{3.06 * 10^{-2}} = 70.9 < 105 \Rightarrow 3^a\ Hipótese$$

- 3ª Hipótese: Regime elasto-plástico ($Fe\ 360 \rightarrow 20 \leq \lambda \leq 105$)

Dimensionamento por tentativas, partindo do perfil imediatamente superior ao *HEB 120*, ou seja, do perfil *HEA 140*, sendo o coeficiente de encurvadura obtido através das expressões do quadro XXIII, ou directamente, através dos quadros XXIV a XXVI.

Neste caso, a expressão que dará o coeficiente de encurvadura, será a seguinte:

$$\varphi = 1.1328 - 0.00664 * \lambda$$

o perfil escolhido terá de verificar a inequação (47), que neste caso virá:

$$\frac{P'_{P,sd} * 10^{-3}}{A * \varphi} \leq 235$$

CAPITULO 4

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

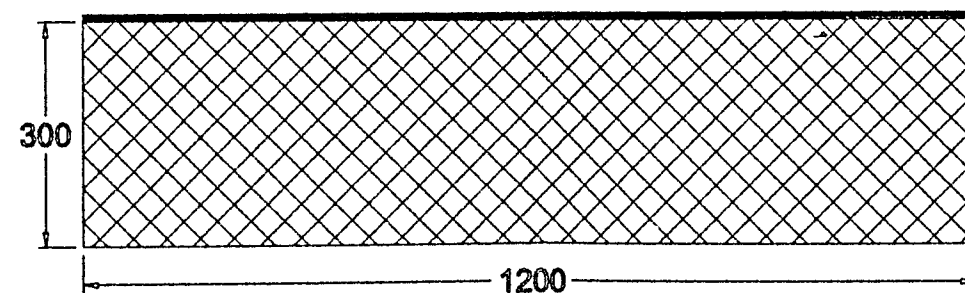
sendo $P'_{P, sd}$, dado pela expressão 50.

PERFIL	PESO PRÓPRIO	$P'_{P, sd}$	A	i_z	λ	φ	$\sigma_{P, sd}$	COMENTÁRIO
	KN/m	KN	$\cdot 10^{-4} m^2$	$\cdot 10^{-2} m$	---	---	MPa	
HEA 140	0.25	569.3	31.4	3.52	61.65	0.723	250.8	NÃO VERIFICA
HEB 140	0.34	573.4	43.0	3.58	60.61	0.730	182.7	VERIFICA

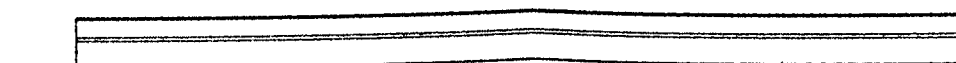
assim, será utilizado o perfil *HEB* 140 para os pilares.

4.8 - Peças Desenhadas

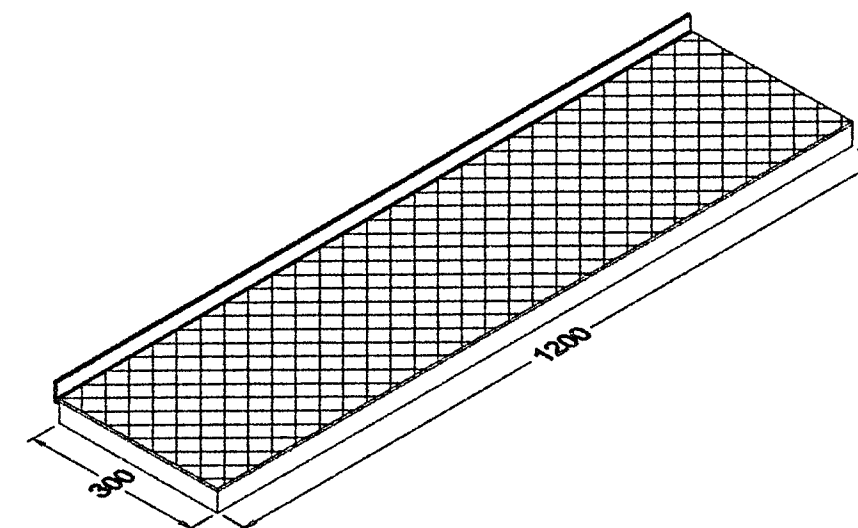
1. Degrau
2. Guarda-corpos
3. Chapas Patamares
4. Viga Lanço
5. Viga Transversal
6. Geral (s/ guarda-corpos)
7. Geral



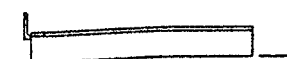
PLANTA



VISTA DE FRENTE



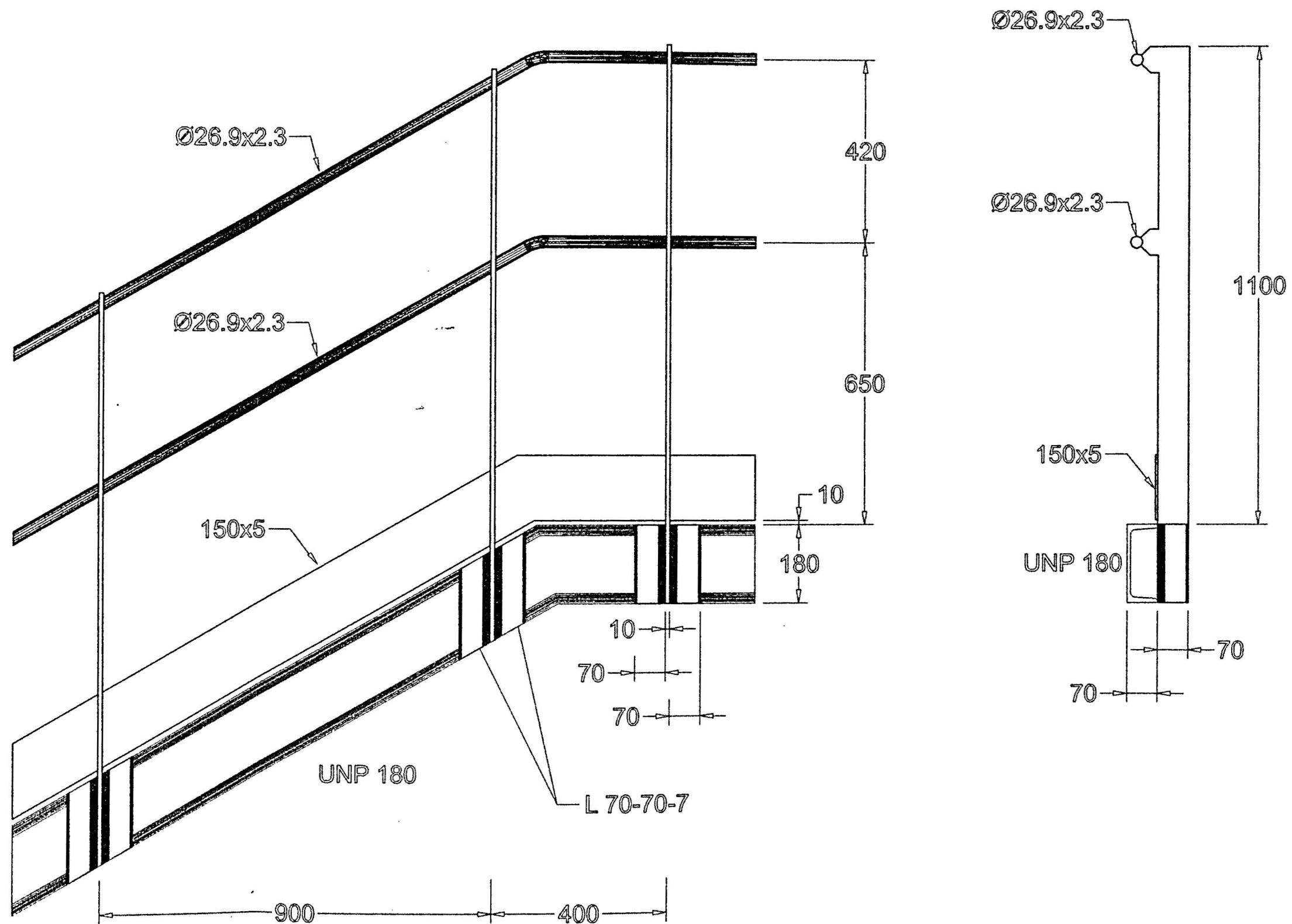
PERSPECTIVA



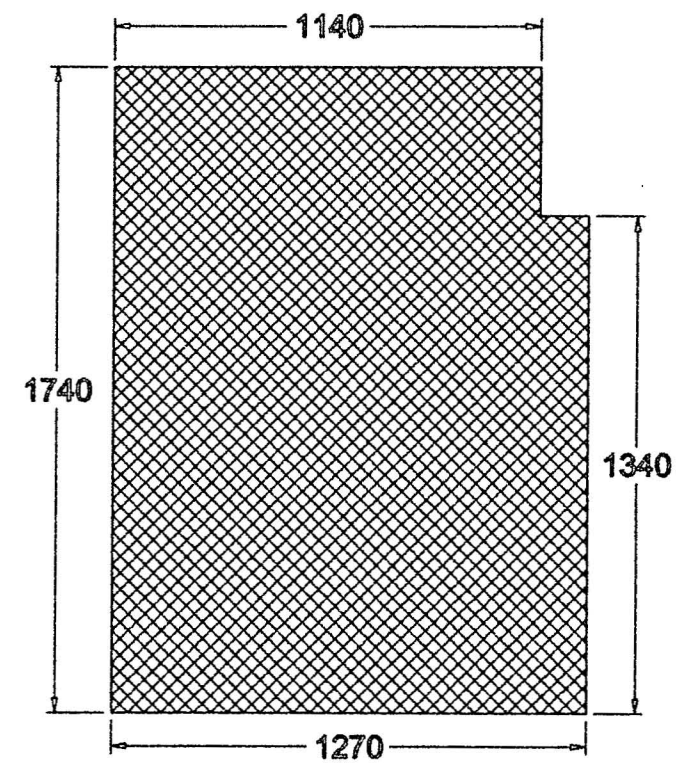
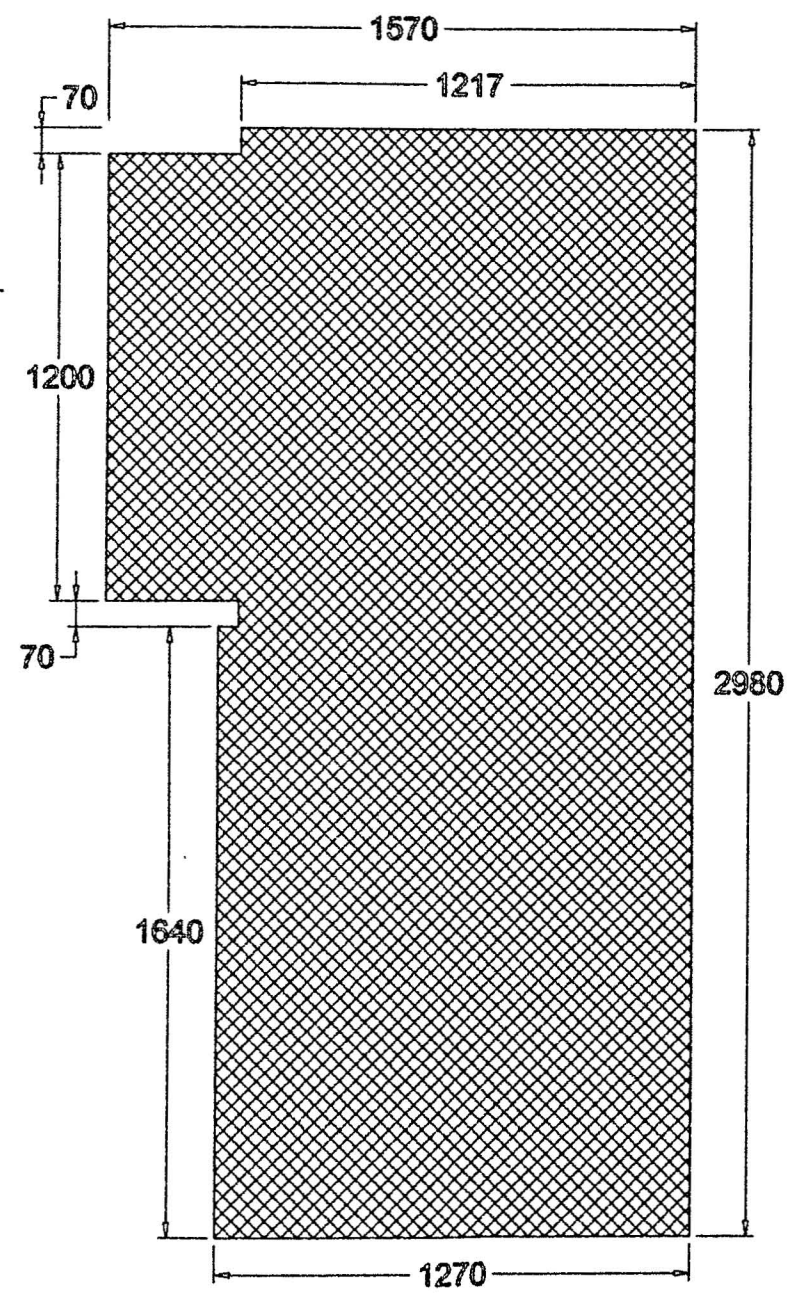
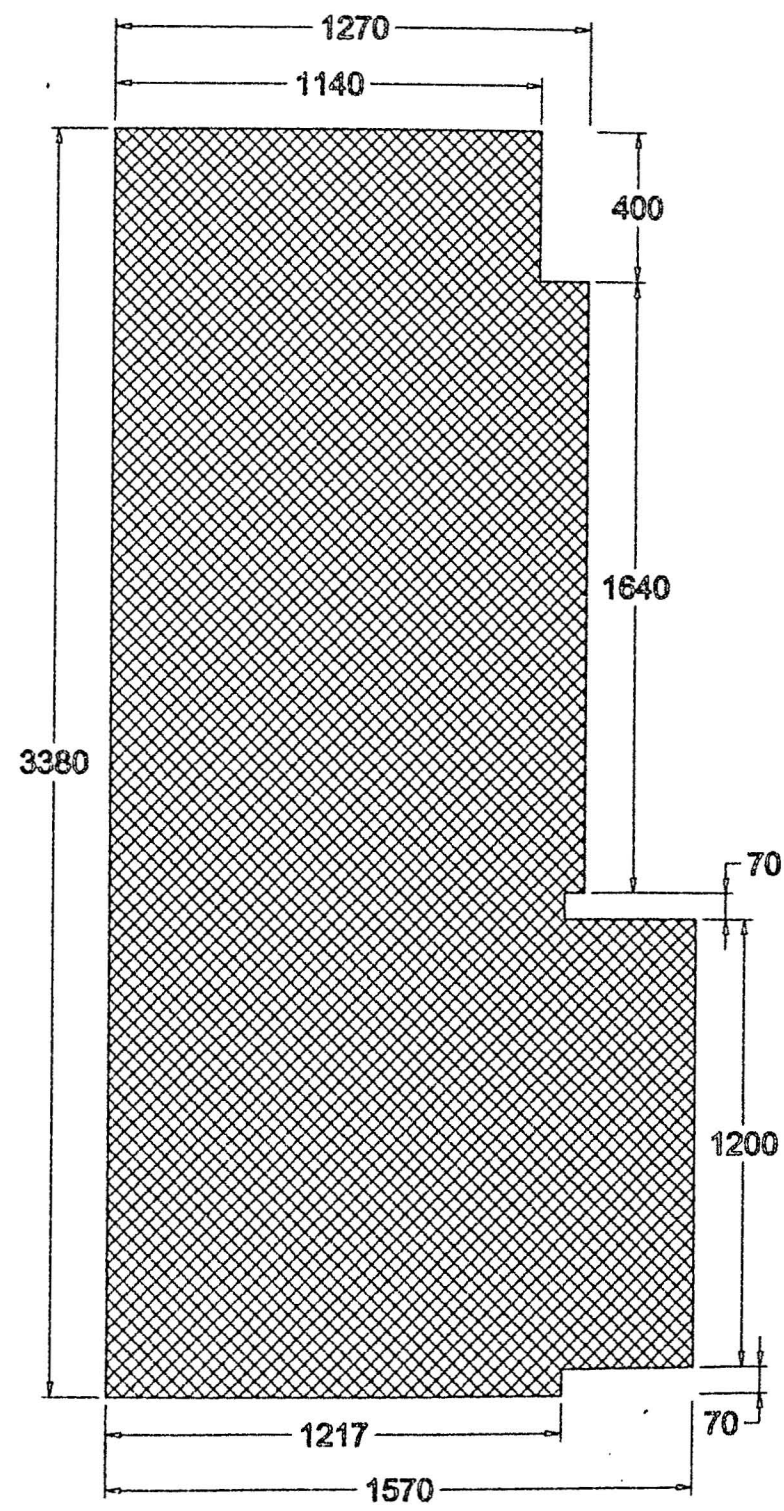
VISTA DE LADO

CANTONEIRAS L 35-35-4
CHAPA ESTRIADA 4/6

ESC: 1/10	ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS
DES. 1	DEGRAU
LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA	



ESC: 1/10	ESCADAS DE SEGURANÇA METÁLICAS
DES. 2	GUARDA-CORPOS (corrimãos)
LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA	



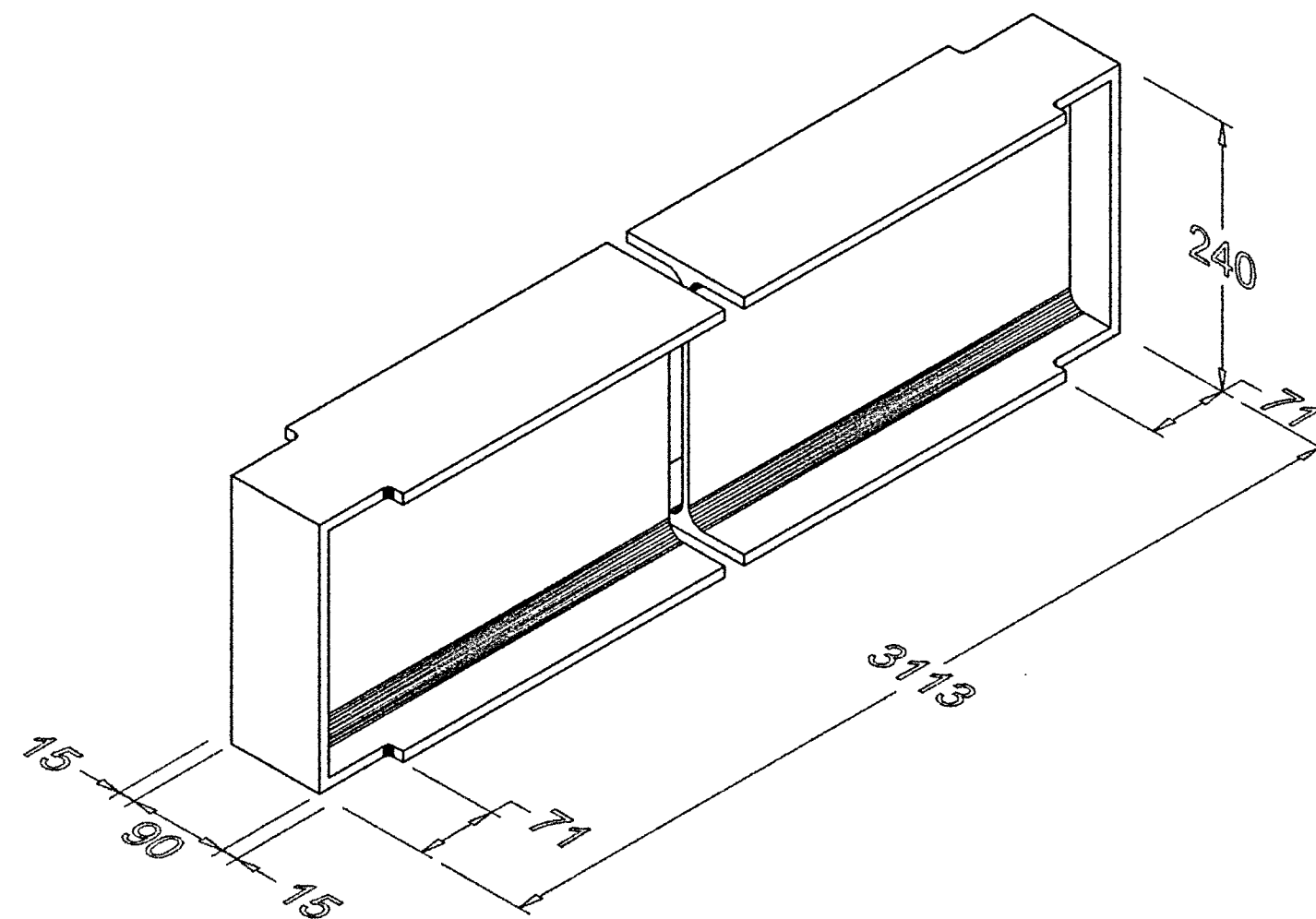
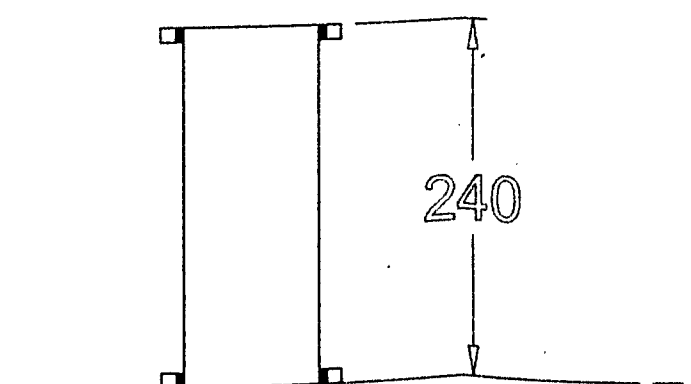
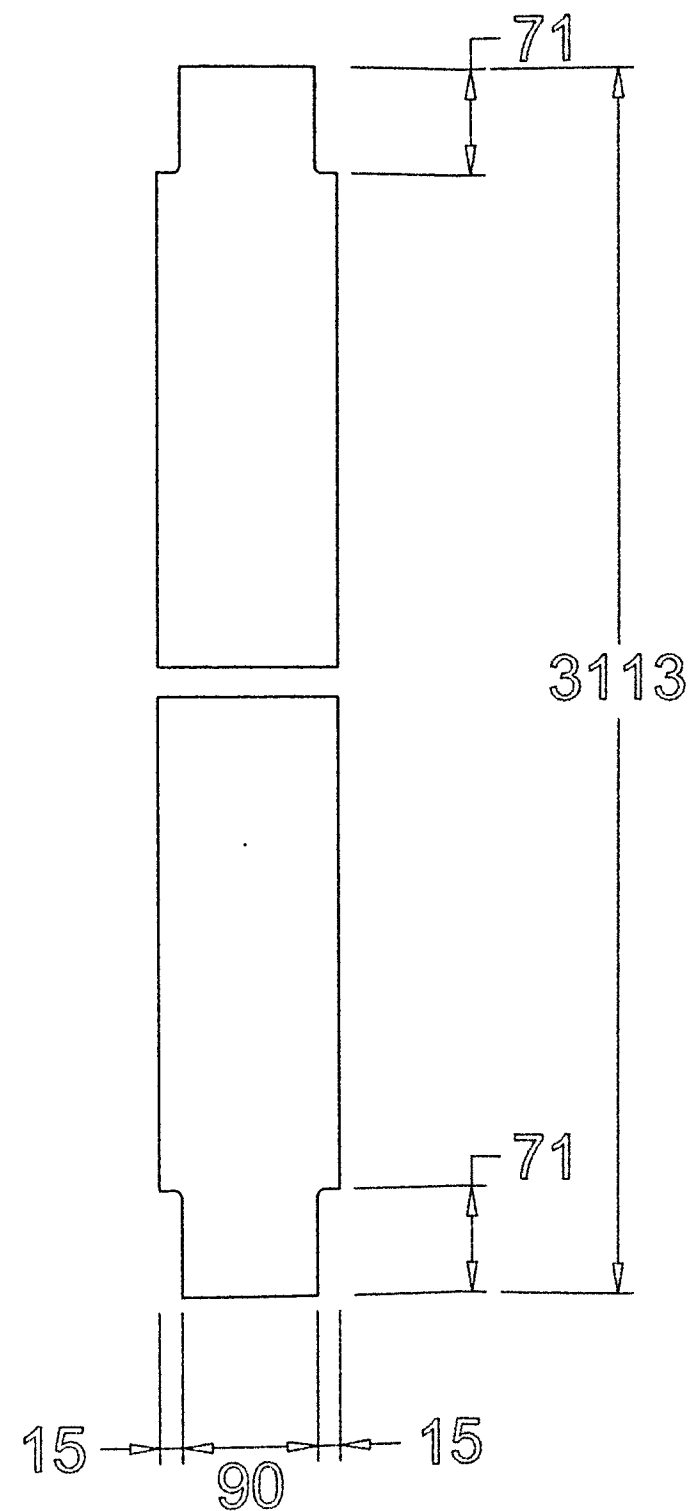
CHAPA ESTRIADA 6/8

ESC: 1/20	ESCADA DE SEGURANÇA METALICAS
DES. 3	CHAPAS DOS PATAMARES
LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA	

P/D i G

PLANTA N° 94

LOTE N° 194



IPE 240

ESC: 1/5	ESCADAS DE SEGURANÇA METALICAS
DES. 5	VIGA TRANSVERSAL
LUIS MIGUEL RODRIGUES PINHO PEDRO MIGUEL QUINTELA MARQUES DA COSTA	

P/DIG

PLANTA N° 96

LOTE 194

P/DIG

PLANTA N^o 97

LOTE 194

CAPITULO 5



FIG. 50

ESCADAS DE ARQUITECTURA

CAPITULO 5

ESCADAS DE ARQUITECTURA

Um dos objectivos deste capítulo é o de realçar a importância de aspectos arquitectónicos no projecto de uma escada, como foi já demonstrado no capítulo 4, aquando do dimensionamento da viga lança, em que por uma questão meramente estética se optou por um perfil superior ao necessário em termos de calculo estrutural, de modo a "esconder" os degraus.

Assim por vezes, razões de ordem estética, condicionam as opções do projectista.

Uma situação à qual é pertinente fazer referência, embora se refira principalmente a escadas de betão armado, é a questão do desfaseamento da linha de intercepção escada-patamar, entre lanços sucessivos, como se demonstra nas figuras 56 e 57.

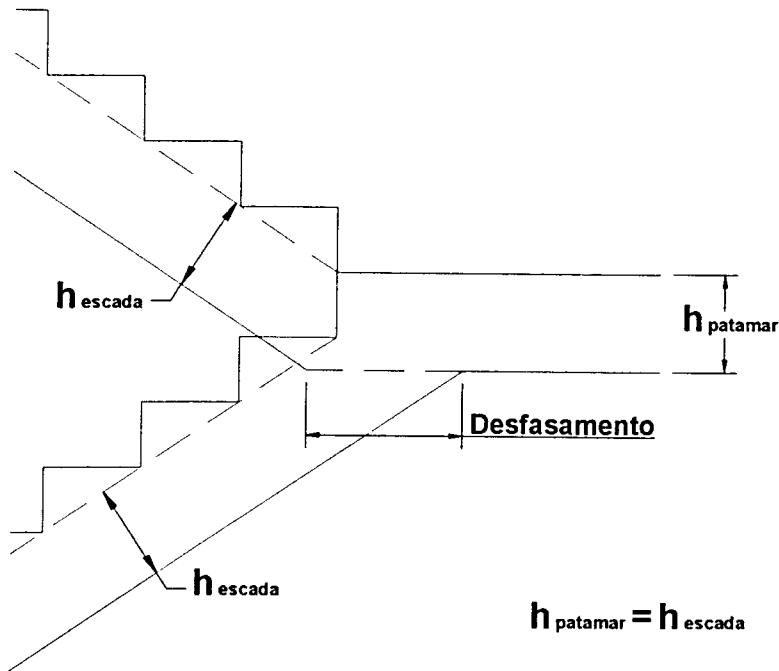


FIG. 56



FIG. 57

E uma situação que esteticamente, não é a mais correcta, que geralmente se verifica, e que poderia facilmente ser "corrigida", bastando para tal, atribuir ao patamar uma espessura superior à da lajeta da escada, como se demonstra nas figuras 58, 59 e 60.

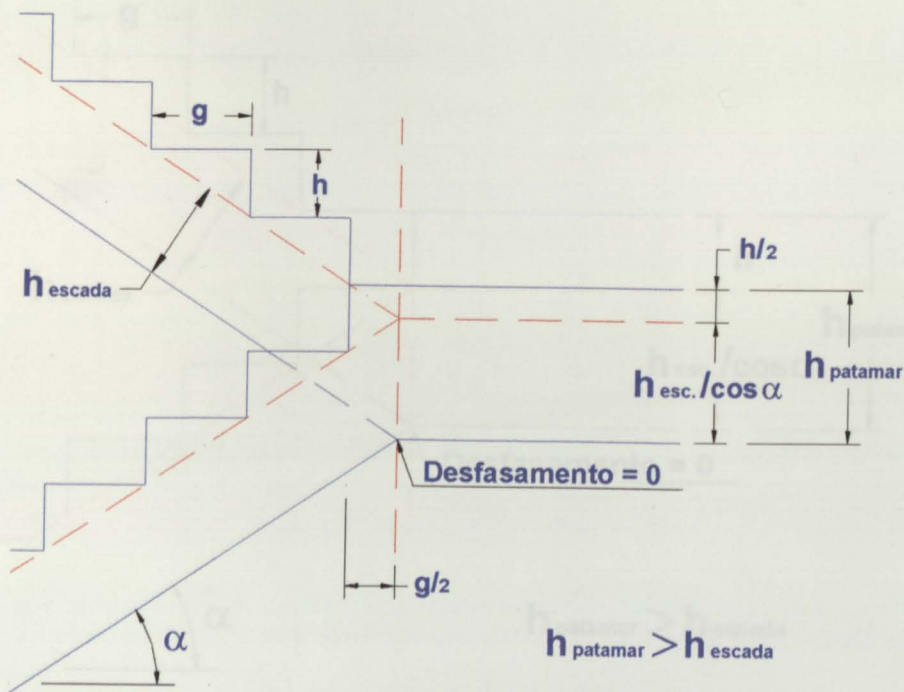


FIG. 58

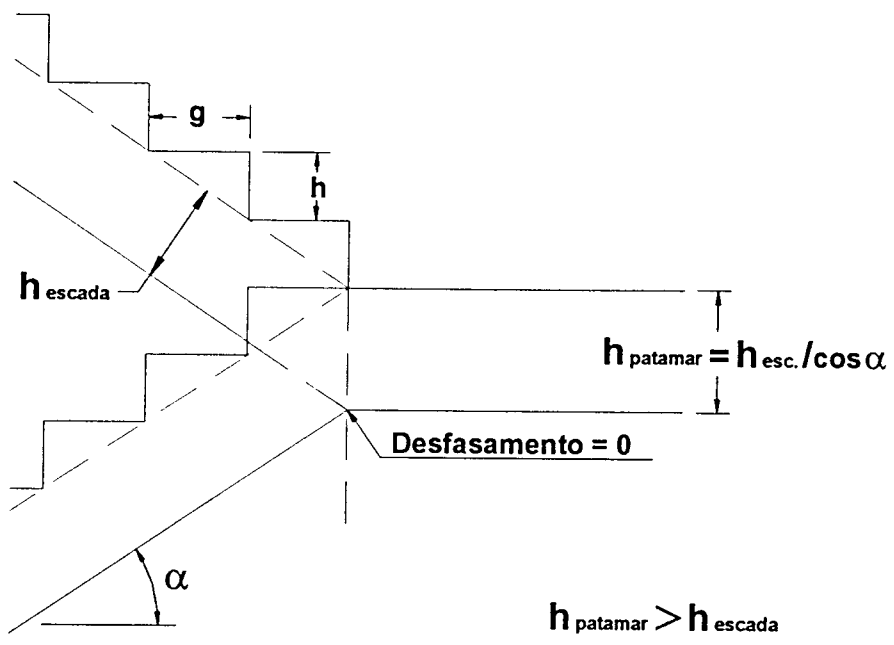


FIG. 59

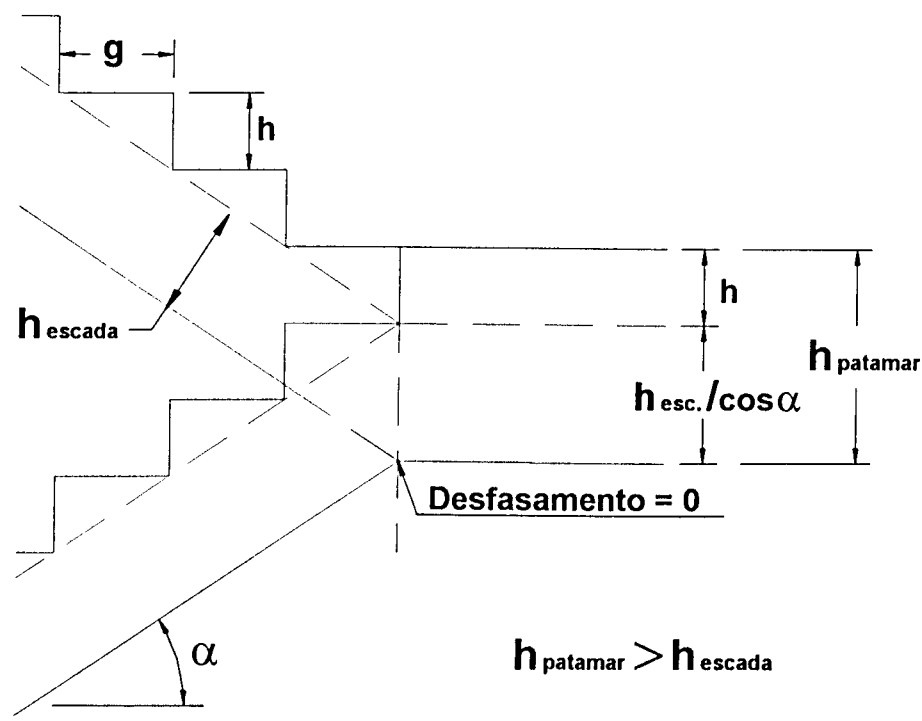


FIG. 60

CAPITULO 5

ESCADAS DE ARQUITECTURA

A seguir, são apresentadas as figuras 61 a 67, onde são ilustradas diferentes exemplos de escadas de segurança metálicas.

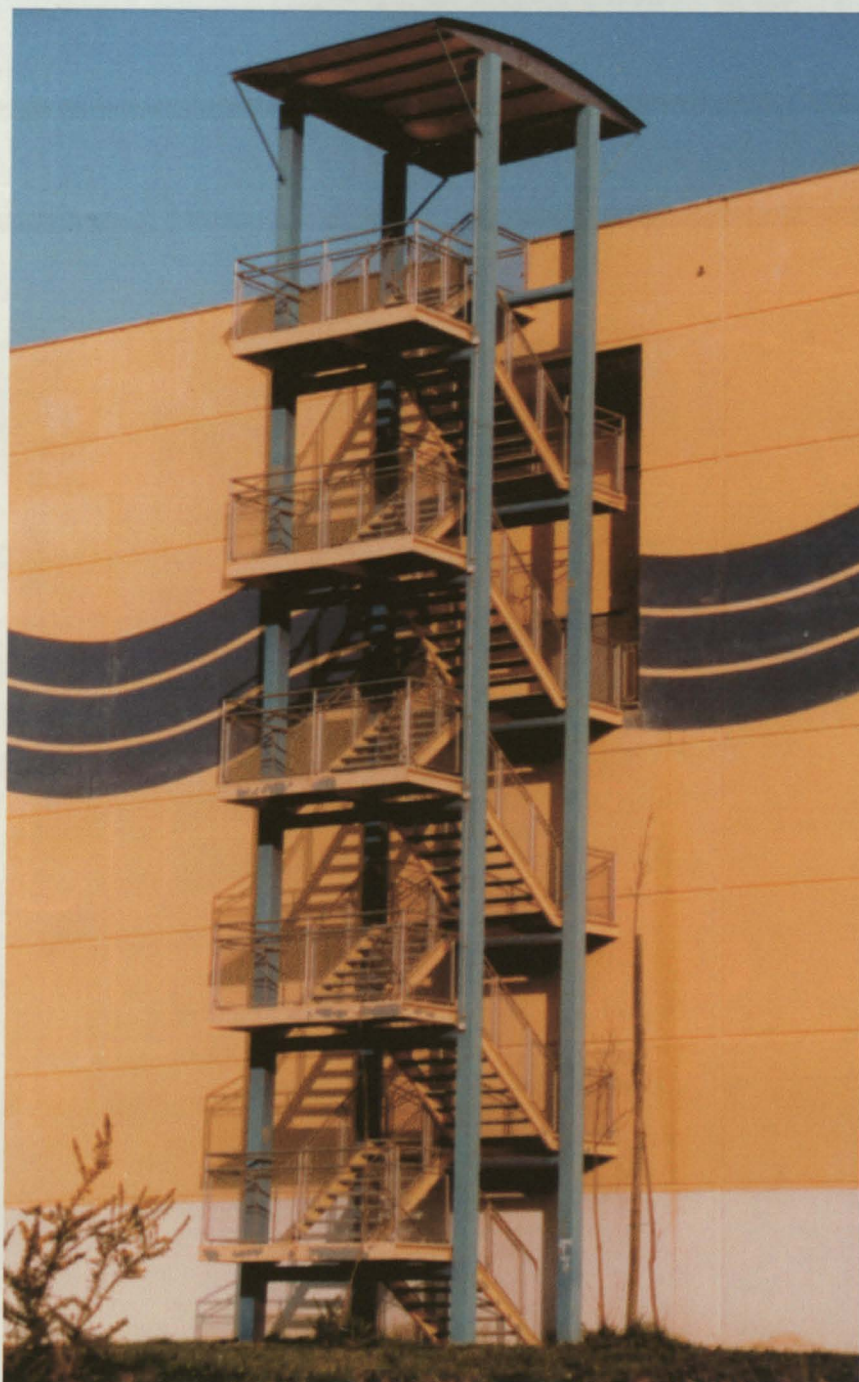


FIG. 61 - GAIASHOPPING, GAIA

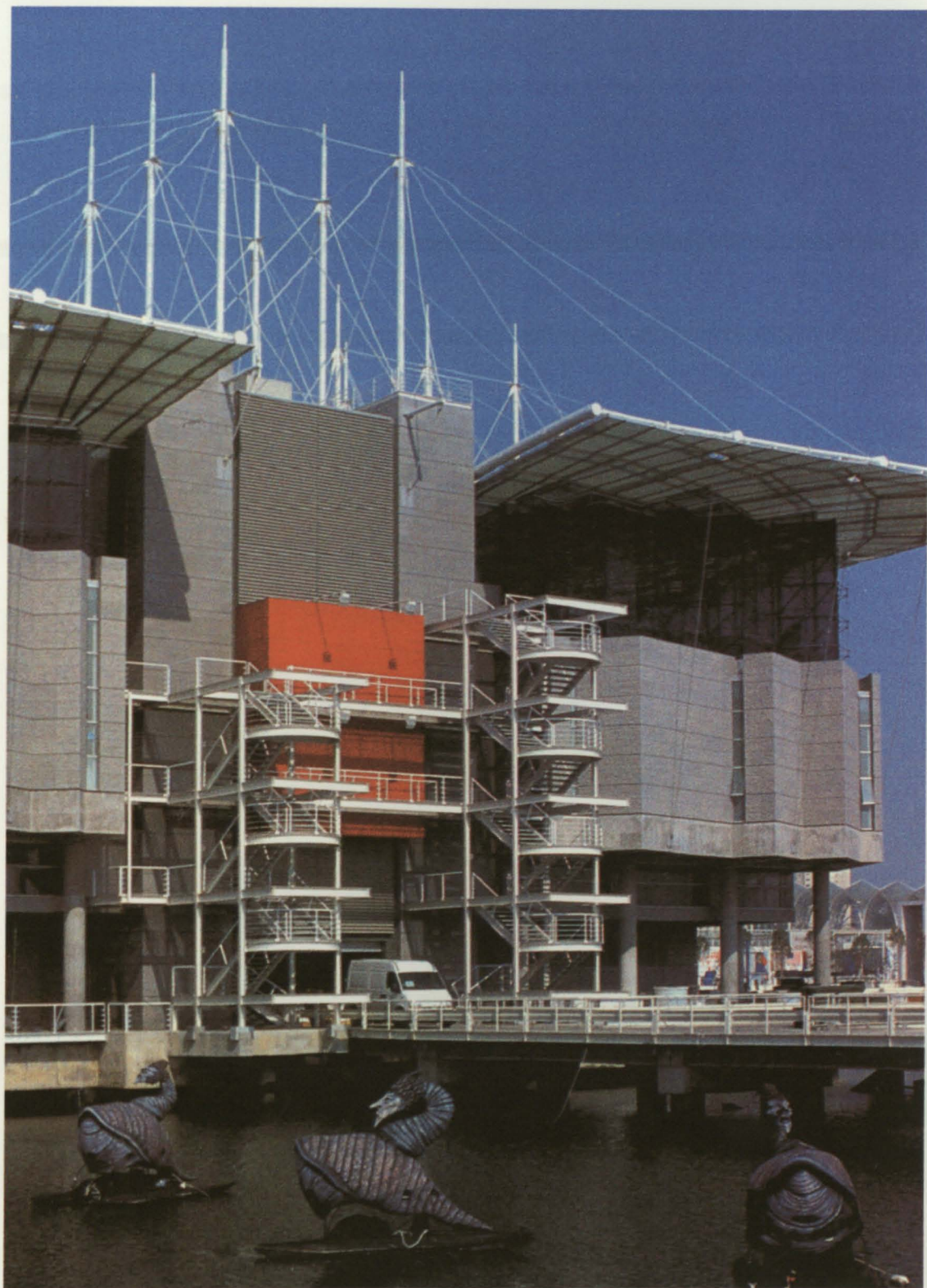


FIG. 62 - OCEANARIO, PARQUE DAS NAÇÕES, LISBOA

FIG. 63 - TORRE VASCO DA GAMA, PARQUE DAS NAÇÕES, LISBOA

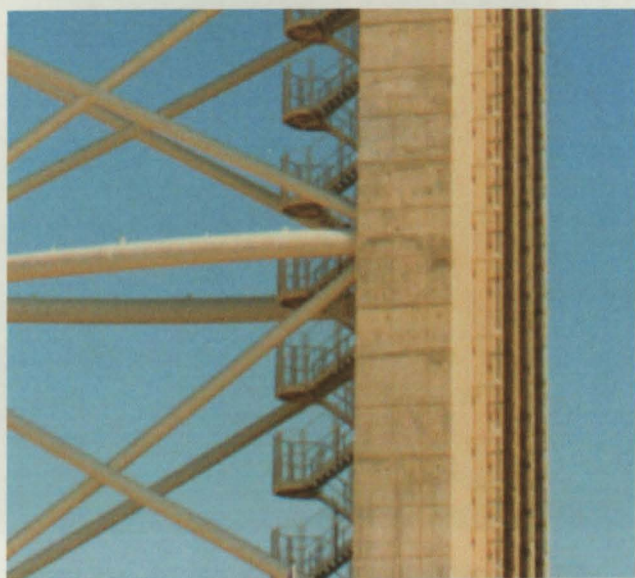
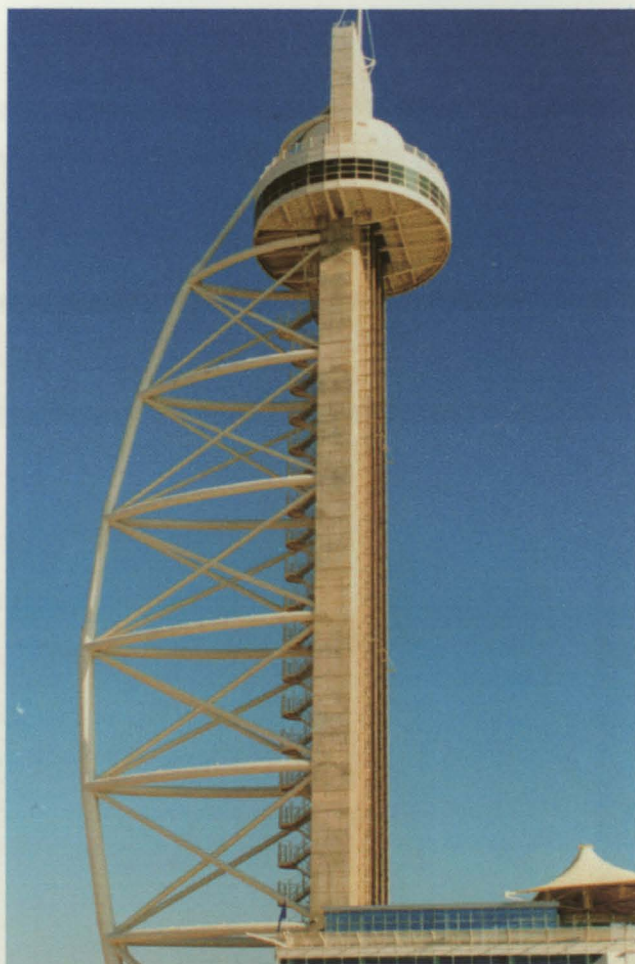


FIG. 63 - TORRE VASCO DA GAMA, PARQUE DAS NAÇÕES, LISBOA



FIG. 64 - EDIFICIO DA ALFANDEGA, PORTO



FIG. 65 - NORTESHOPPING, MATOSINHOS



FIG. 66

CAPITULO 5
ESCADAS DE ARQUITECTURA



FIG. 67

CAPITULO 5

ESCADAS DE ARQUITECTURA

E pertinente incluir também neste trabalho um portfolio de escadas (figura 68 a 78) que se demarcam das restantes por possuírem particularidades, nomeadamente na escolha de materiais diversos para os degraus, patamares e corrimãos, bem como nas formas adoptadas.



FIG. 68



FIG. 69



FIG. 70



FIG. 71



FIG. 72

CAPITULO 5
ESCADAS DE ARQUITECTURA



FIG. 73 - TEATRO CAMPO ALEGRE, PORTO



FIG. 74



FIG. 75

CAPITULO 5

ESCADAS DE ARQUITECTURA



FIG. 76



FIG. 77



FIG. 78

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, de uma forma muito particular, ao Sr. Eng. Mota Freitas, pelos meios técnicos e humanos postos ao nosso dispor. A sua disponibilidade foi total e os seus conselhos imprescindíveis para tornar este trabalho uma realidade.

Queríamos também agradecer à empresa metalomecânica "Martifer", toda a colaboração prestada e disponibilidade demonstrada durante a realização deste trabalho.

Cabe ainda neste capítulo fazer referência às empresas "Rodrigues, Fonseca & Carvalho Lda" e "J.B.Fernandes, SA", que proporcionaram mais-valias técnicas ao nosso trabalho, através da cedência dos seus catálogos.

Por ultimo agradecemos à empresa "J5F - Soluções Informáticas e Consumíveis, Lda.", pelo contributo que nos foi prestado no desenvolvimento do programa de calculo automático (Escadas de Segurança Metálicas).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Eurocódigo 3 – Projecto de Estruturas de Aço
- “Comment faire des échelles, des escaliers, des garde-corps et des mains courantes en acier?” – Robert Berthel –Department des produits de l'OTUA
- Apontamentos de Construções Metálicas – Eng. Mota Freitas
- Tabelas Técnicas – Brazão Farinha e Correia dos Reis
- Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios





FACULDADE DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000065088