

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE EXPRESSÃO GRÁFICA



**DESENHO DE ESTRUTURA DE
CONCRETO ARMADO**

Biblioteca do Centro de Tecnologia

Roberto Machado Corrêa

2016

DESENHO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Roberto Machado Corrêa

Rio de Janeiro

2016

1ª Edição: 2009
2ª Edição: 2016

CC 824
dd

Corrêa, Roberto Machado
Desenho de Estrutura de Concreto Armado /
Roberto Machado Corrêa. - Rio de Janeiro, 2016.
28 f.

Autor: Roberto Machado Corrêa.
Apostila de curso (graduação) - Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Departamento de Expressão Gráfica, 2016.

1. Estrutura de concreto armado. 2. Desenho de
planta de forma. 3. Desenho de corte de forma. 4.
Desenho de planta de armação. I. Corrêa, Roberto
Machado, autor. II. Título.

ATO DE APROVAÇÃO

Aprova Apostila Desenho de Estrutura de Concreto Armado

O Comitê Editorial do Departamento de Expressão Gráfica, com deliberação do seu Colegiado e no acordo com a Biblioteca do Centro de Tecnologia, no uso de suas atribuições,

RESOLVE:

I – Aprovar a Apostila de Desenho de Estrutura de Concreto Armado, que passa a constituir o conteúdo da disciplina Desenho Técnico Para Engenharia Civil (EEG-402).

II – A presente Apostila entra em vigor nesta data, ficando revogadas as edições anteriores da mesma.

Rio de Janeiro, 19 de outubro de 2016.


Prof. Roberto Machado Corrêa
Presidente do Comitê Editorial do DEG/POLI


Prof. Armando Carlos de Pina Filho,
Membro do Comitê Editorial do DEG/POLI


Prof. José Luis Menegotto
Membro do Comitê Editorial do DEG/POLI

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	05
2.	PLANTA DE FORMAS	06
3.	CORTE DE FORMAS	08
4.	PLANTA DE FORMAS DE ESCADA E RESERVATÓRIOS	09
5.	CARACTERÍSTICA DOS DESENHOS DE FORMAS	10
6.	PLANTA DE ARMAÇÃO DE LAJES	14
7.	DESENHO DE DETALHES DE PILARES	15
8.	DESENHO DE DETALHES DE VIGAS	16
9.	LISTA DE FERROS	18
10.	CARACTERÍSTICAS DOS DESENHOS DE ARMAÇÃO	19
11.	ARMAÇÃO DE PILARES	21
12.	ARMAÇÃO DE LAJES	22
13.	ARMAÇÃO DE VIGAS	24
14.	ARMAÇÃO DE ESCADA	25
15.	ARMAÇÃO DE RESERVATÓRIOS	26
16.	ORGANIZAÇÃO DOS DESENHOS EM PRANCHAS	26
17.	REFERÊNCIAS	28

FIGURAS

As figuras contidas nas páginas 5, 10 à 13 e 19 à 24 são adaptadas de Magalhães (1988) e as demais são do autor desta apostila.

DESENHO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

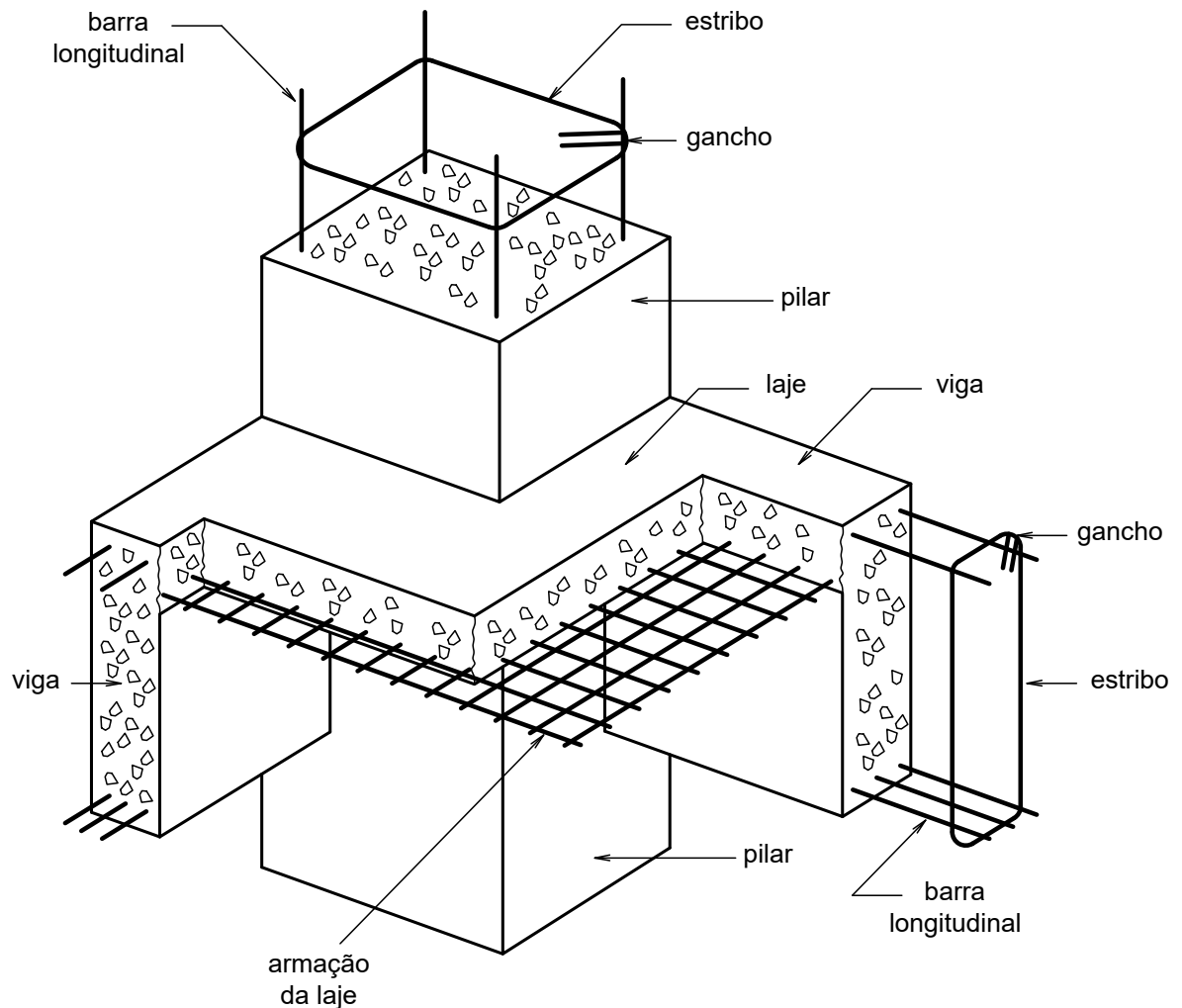
1. INTRODUÇÃO

O concreto simples é composto de cimento, areia, pedra e água; possui boa resistência à compressão, mas não suporta bem os esforços de tração.

O concreto armado é composto de cimento, areia, pedra, água e barras de aço. Devido à presença de barras de aço em seu interior, resiste às solicitações de tração.

O concreto e o aço possuem coeficientes de dilatação muito próximos, formando um conjunto perfeito que resiste à compressão e à tração.

1.1. PEÇAS TÍPICAS DE UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DE UM EDIFÍCIO



1.2. TIPOS DE DESENHO

Formas - Destinam-se à execução dos moldes, onde será vasado o concreto, após a montagem das armações.

Armações - Descrevem para cada peça (viga, pilar e laje) a armação de aço, fornecendo todos os dados necessários, desde elementos para compra, sua fabricação, dobramento e montagem no interior das formas.

Indicam, então, dobramentos, curvas, comprimentos, diâmetros, espaçamentos, locações, quantidades, etc.

2. PLANTA DE FORMAS

É uma vista inferior da estrutura, olhando para cima.

Escala:

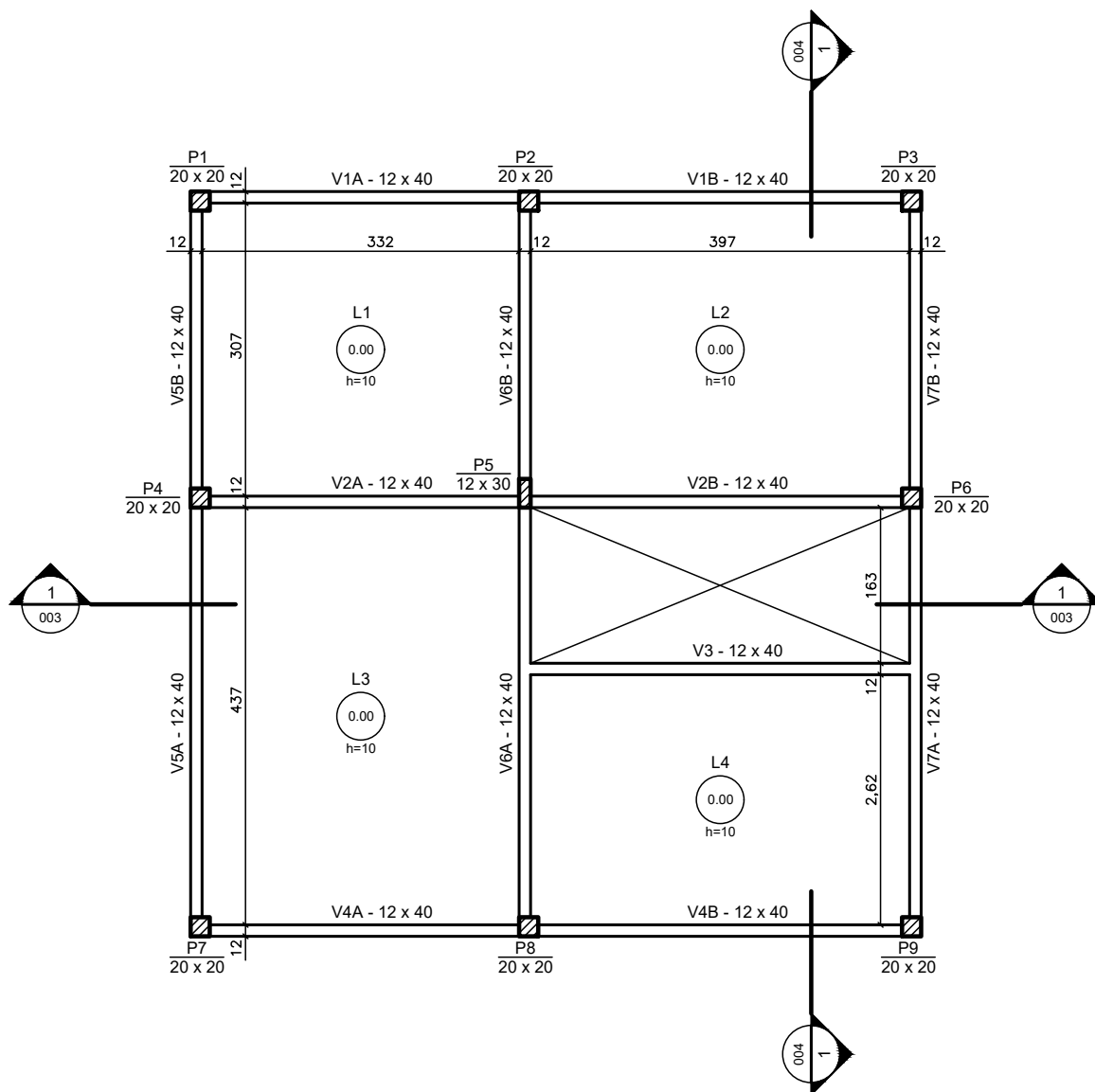
No estudo preliminar, no anteprojeto e no projeto básico, pode-se usar escala 1:50 e 1:100.

A escala no projeto executivo é 1:50.

A escala 1:75 só deve ser usada para apresentações, como no caso de alguns desenhos desta apostila.

Indicações mínimas:

- locação dos pilares
- passagem, início ou término de pilares
- numeração de pilares, vigas e lajes
- distâncias face a face das vigas
- espessura das lajes
- desníveis das lajes (em relação a um nível geral)
- indicação das dimensões das seções transversais de vigas e pilares
- mísulas
- furos e aberturas
- seções rebatidas, em alguns casos
- representação dos planos de corte
- título do projeto (tipo e localização da obra), na legenda
- indicação do autor do projeto, responsável técnico pela obra e proprietário



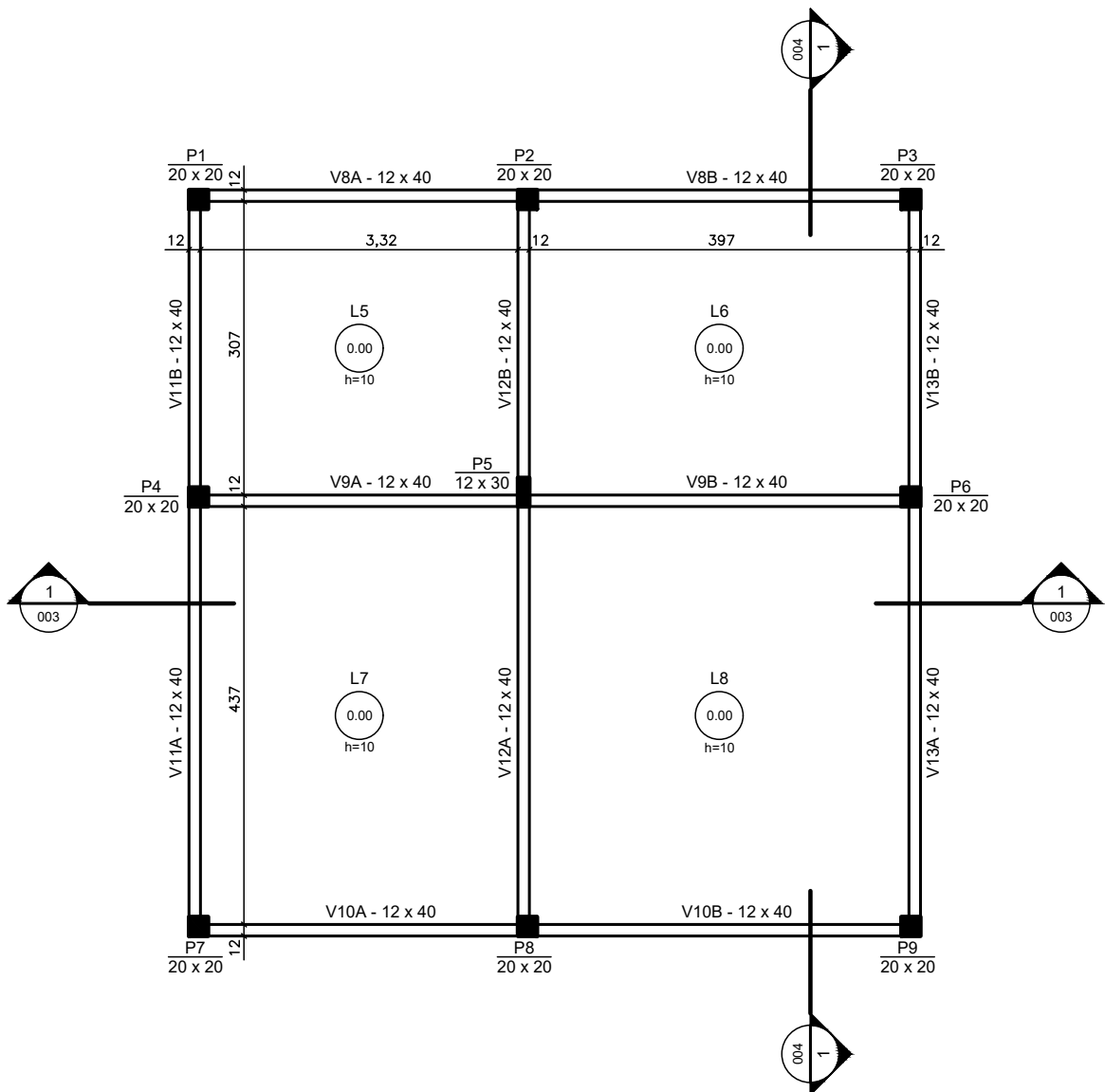
1 PLANTA DE FORMAS - 1º PAVIMENTO
ESCALA 1:75

O desenho da planta de formas é elaborado a partir do lançamento da estrutura de concreto armado. Nesse lançamento, procura-se compatibilizar, inicialmente, a estrutura com o estudo preliminar do desenho de arquitetura. Nessa compatibilização, deve-se embutir as vigas e pilares nas paredes, sempre que possível.

Os pilares devem ter seções mínimas de 20 cm x 20 cm (quadrado) e 12 cm x 30 cm (retangular). Os pilares quadrados de 20 cm x 20 cm podem ser embutidos em paredes externas (de 25 cm de espessura) e os retangulares de 12 cm x 30 cm em paredes internas (de 15 cm de espessura). É possível usar pilares em forma de "L" ou de "T" com dimensões maiores e espessuras de 12 cm para serem embutidos em paredes internas.

As vigas possuem largura mínima de 12 cm (para não dificultar a execução do adensamento do concreto) e, portanto, podem ser embutidas em paredes de 15 cm de espessura. A altura de uma viga de concreto armado depende do vão e da carga que irá suportar. Em geral, essa altura é de 8% a 10% do valor do seu vão. Procura-se usar vãos entre 2 e 8 metros. Abaixo de 2 metros, os pilares ficam muito próximos e pode resultar num esforço cortante muito alto nesse vão, no caso de vigas contínuas. Acima de 8 metros, a viga precisa ser alargada e descarregará mais peso nos pilares, que por sua vez, terão que ter suas seções aumentadas, causando aumento de consumo de concreto e, conseqüentemente, aumentando o custo da obra.

Procura-se alinhar as vigas e os pilares sempre que possível, pois isso favorece a adaptação melhor da estrutura, caso algum elemento estrutural apresente problema. Por esse mesmo motivo, deve-se tentar igualar os lançamentos para todos pavimentos.



2 PLANTA DE FORMAS - 2º PAVIMENTO
ESCALA 1:75

3. CORTE DE FORMAS

É um corte vertical, tirado da linha de corte indicada na planta de formas.

O corte pode estar contido sozinho numa prancha ou acompanhado de outros cortes. Se for possível adicionar outros desenhos, deve-se incluir as plantas de formas.

Escala:

No estudo preliminar, no anteprojeto e no projeto básico, pode-se usar escala 1:50 e 1:100.

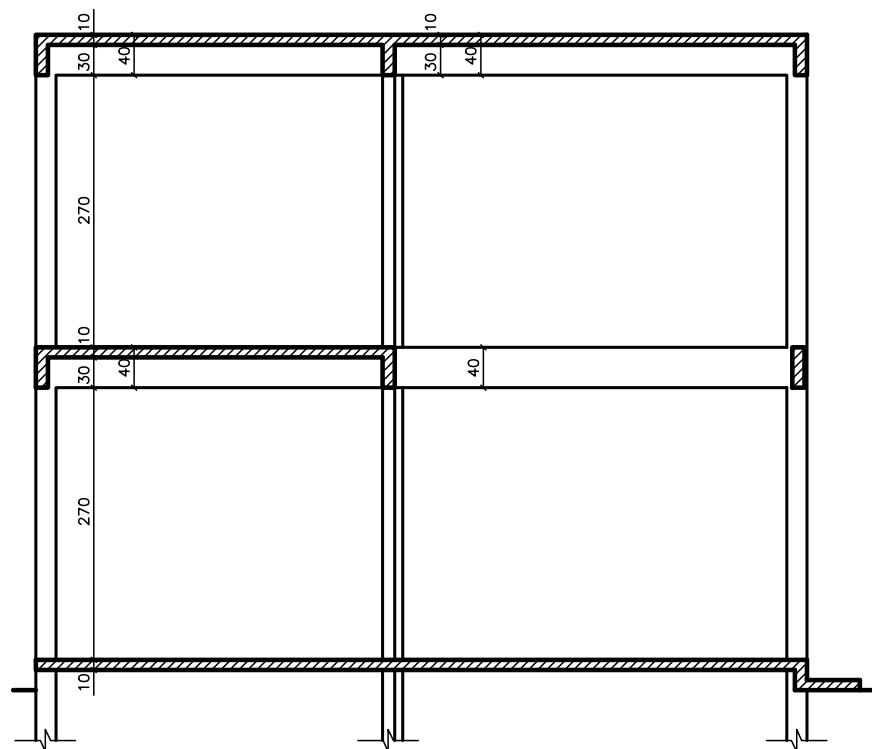
A escala no projeto executivo é 1:50.

A escala 1:75 só deve ser usada para apresentações, como no caso dos desenhos de corte apresentados nesta apostila.

Indicações mínimas:

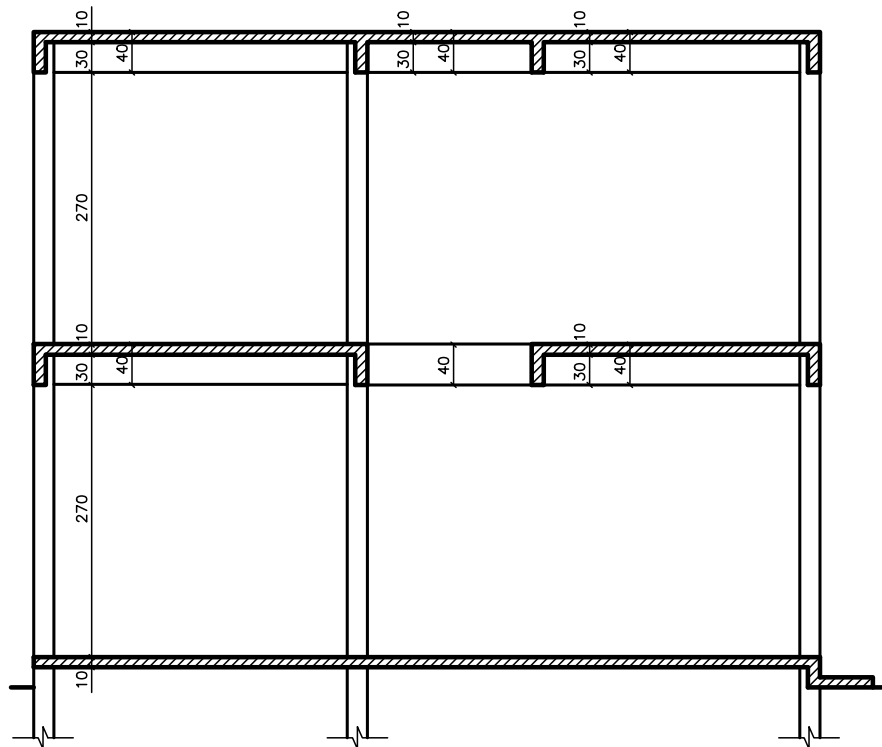
- pé direito
- cotas das espessuras das lajes e das alturas das vigas e da diferença
- título do projeto (tipo e localização da obra), na legenda
- indicação do autor do projeto, responsável técnico pela obra e proprietário, na legenda

Observação: não se representam cotas horizontais.



3 CORTE TRANSVERSAL
ESCALA 1:75

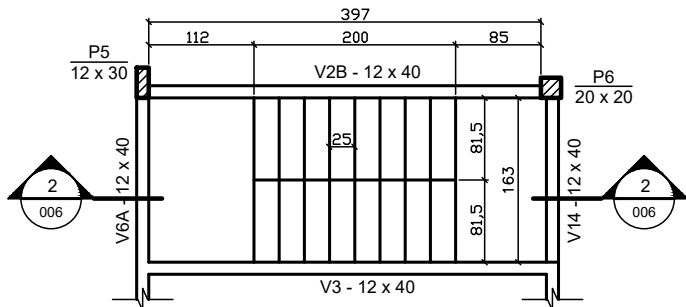
EXPLICAÇÃO DA ALTURA DA VIGA



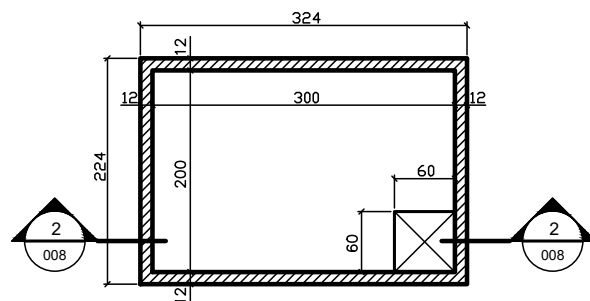
4 CORTE LONGITUDINAL
ESCALA 1:75

4. PLANTA DE FORMAS DE ESCADA E DE RESERVATÓRIOS

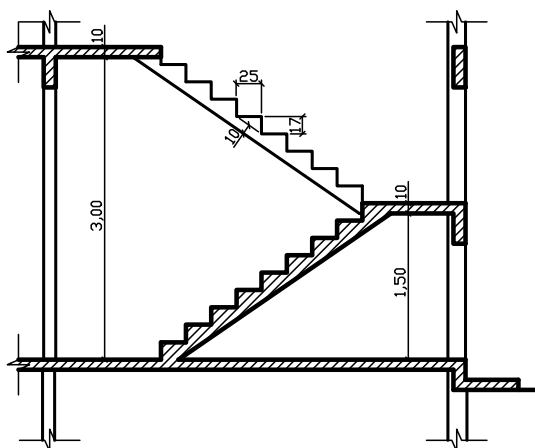
Os desenhos das formas da estrutura da escada e dos reservatórios (cisterna e caixa d'água) são separados das plantas de formas e de corte.



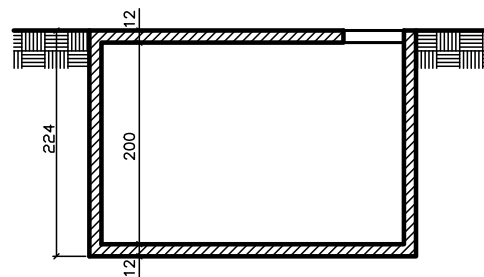
5 PLANTA DE FORMAS - ESCADA
ESCALA 1:75



7 PLANTA DE FORMAS - CISTERNA
ESCALA 1:75



6 CORTE LONGITUDINAL - ESCADA
ESCALA 1:75



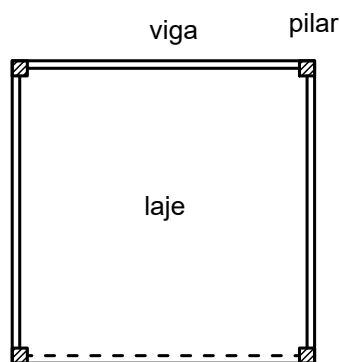
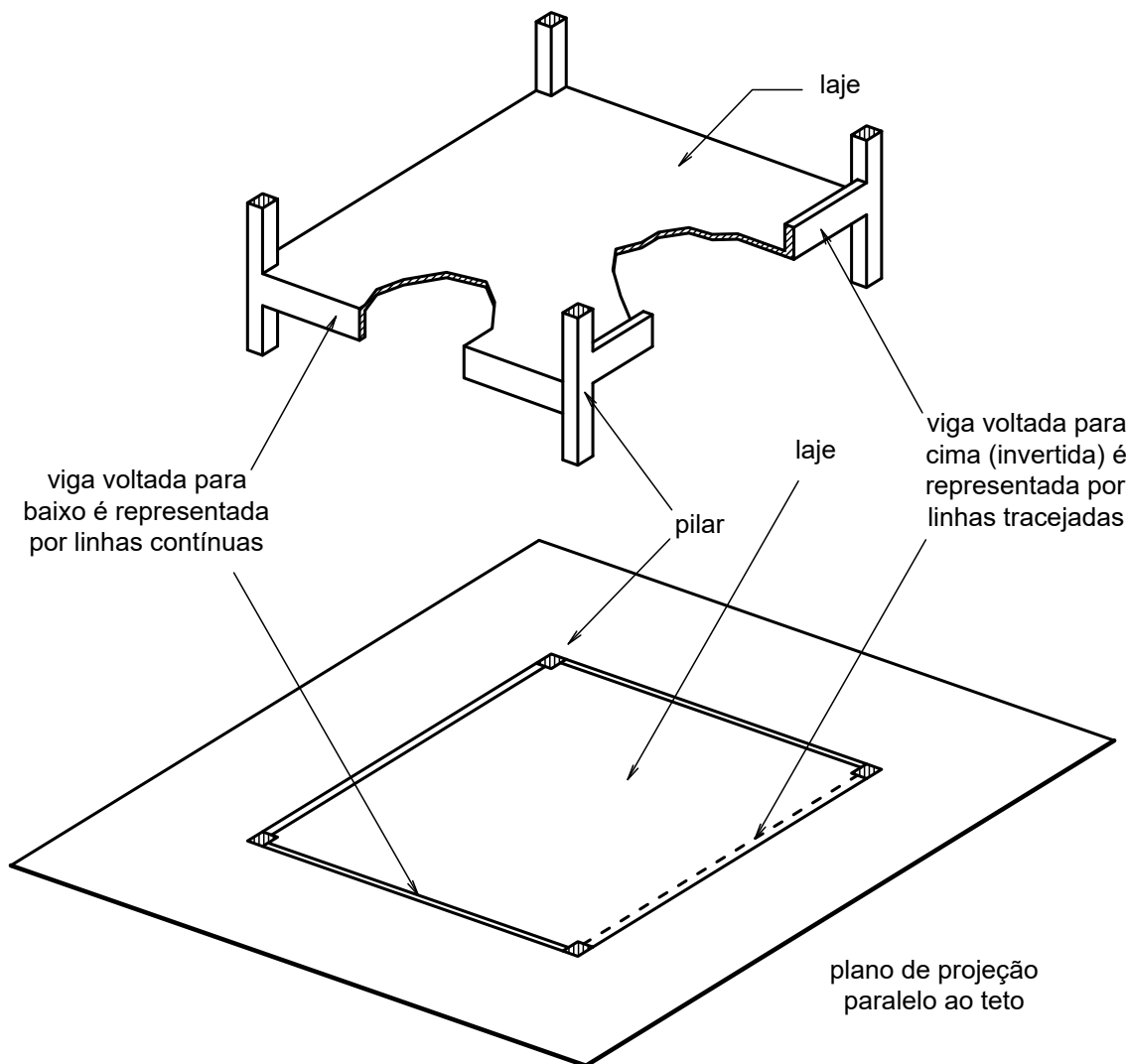
8 CORTE LONGITUDINAL - CISTERNA
ESCALA 1:75

5. CARACTERÍSTICAS DOS DESENHOS DE FORMAS

Os desenhos de formas ou plantas de formas dos pavimentos de edifícios são obtidos pela projeção do pavimento sobre um plano que lhe é paralelo e situado abaixo, considerando-se um observador (impróprio) olhando para cima.

Para outros detalhes estruturais, usam-se vistas e cortes ortográficos.

Na prática, o observador se situa por baixo do teto e olha para cima, obtendo a planta conforme desenho abaixo.



PLANTA DE FORMAS

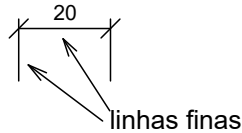
5.1. Escalas Usuais:

1:50

1:100

1:20

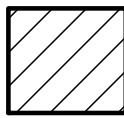
5.2. Unidade de Cotagem: centímetro



5.3. Características dos Pilares

- indicação: inicial P
- numeração: P1, P2, P3 ... da esquerda para a direita e de cima para baixo.
- seção transversal: exemplo: 20x30
- indicação completa: exemplo: $\frac{P5}{20 \times 40}$

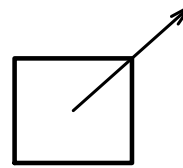
- convenção



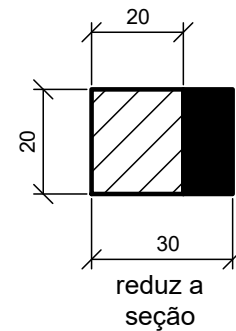
passa



morre



nasce

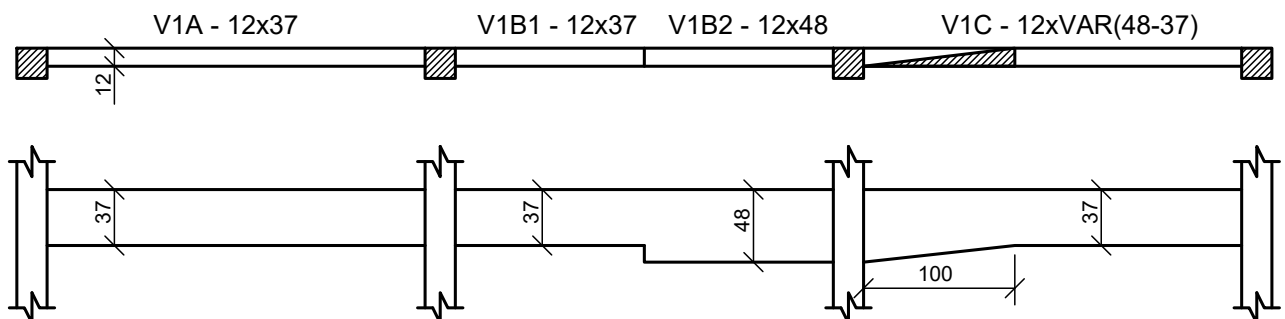


seção de chegada

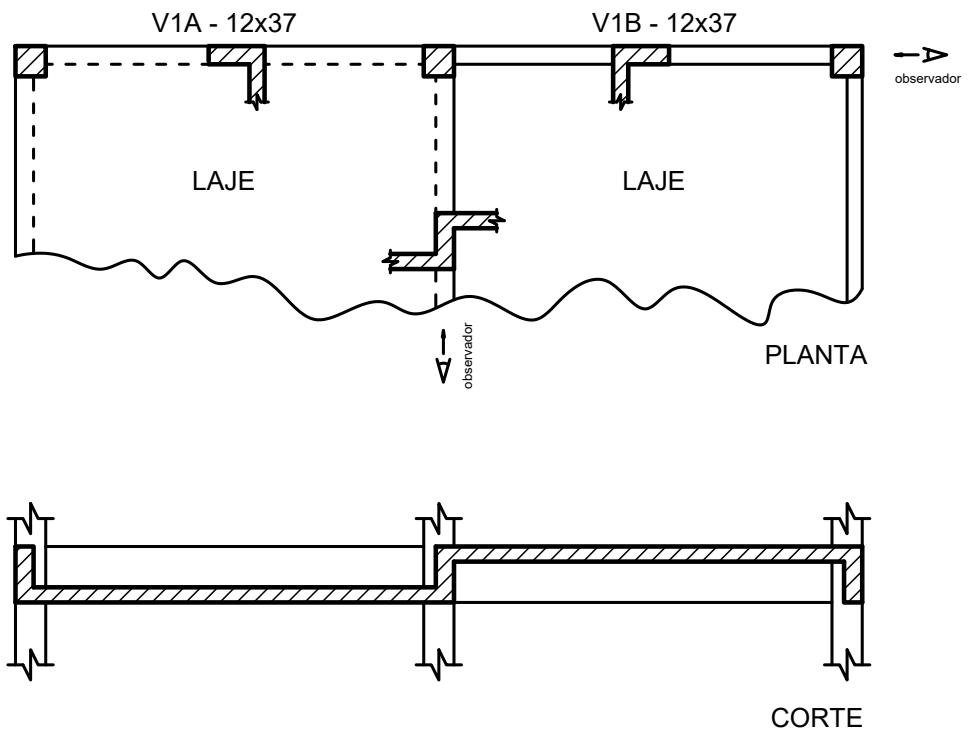
$\frac{P5}{20 \times 30}$

5.4. Características das Vigas

- indicação: inicial V
- numeração: V1, V2, V3 ..., de cima para baixo (horizontais), da esquerda para a direita (verticais), considerando as inclinadas cujo ângulo com uma horizontal seja menor ou igual a 45° na mesma seqüência de numeração das vigas horizontais.
- seção transversal: exemplo: 10x37 (a altura da viga inclui a espessura da laje)
- indicação completa: exemplo para vão único ou isolado: V3 - 12x37
exemplo para vão contínuo: V1A - 12x37
exemplo para variação de seção: V1B1 - 12x37
exemplo para mísula ou "voute": V1C - 12x VAR(48-37)
- convenção



- Seções Rebatidas sobre a planta:



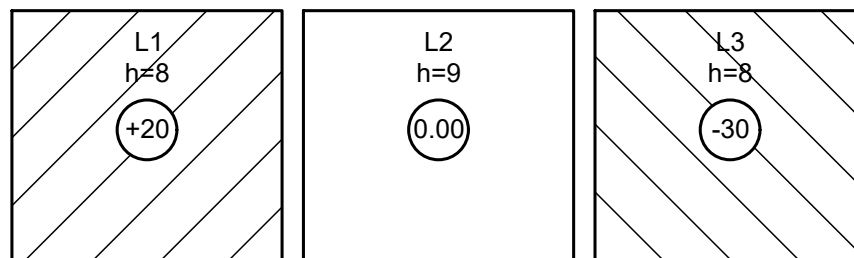
A parte da laje ou da viga em contato com o plano secante é desenhada com linha grossa.

5.5. Características das Lajes

- indicação: inicial L
- numeração: L1, L2, L3 ..., da esquerda para a direita, de cima para baixo, como nos pilares.

L1	L2	
L3	L4	L5

- dimensões: indicar somente a espessura, exemplo: $h = 8$ (cm)
- nível: nível geral do pavimento (0.00), em metros
nível da face acima ou abaixo do nível geral são hachuradas e têm os níveis indicados

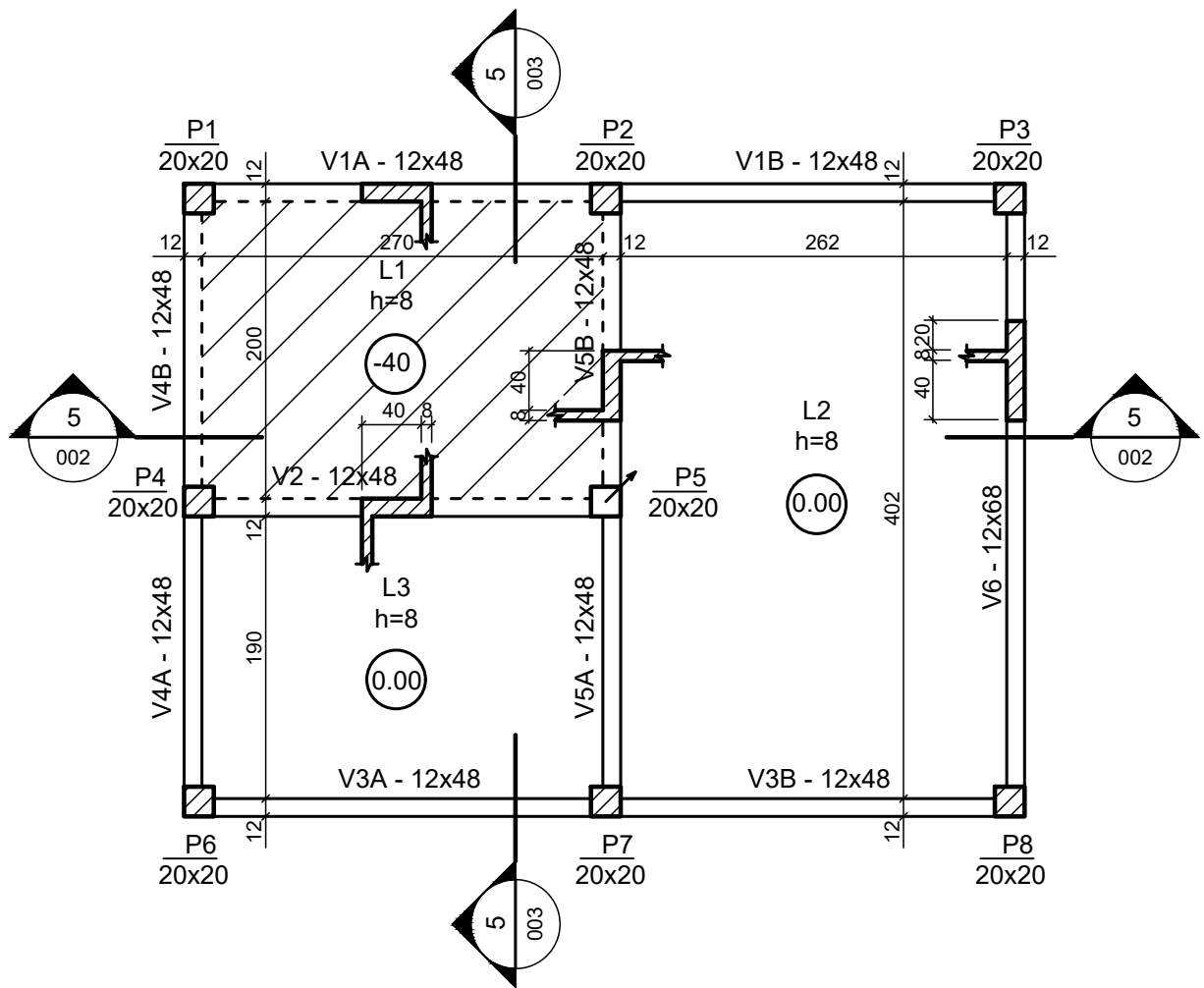


As hachuras são finas e com grandes intervalos.

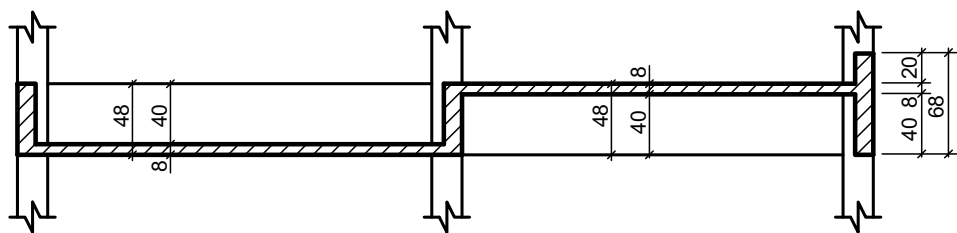
A inclinação é de 45° e inclinada para a direita em lajes acima do nível geral do pavimento (0.00). Quando a laje for abaixo do nível geral do pavimento, a inclinação da hachura é para a esquerda.

No exemplo acima, L1 tem espessura de 8 cm e está 20 cm acima do nível geral do pavimento, L2 tem espessura de 9 cm e está no nível geral (0.00), L3 tem espessura de 8 cm e está 30 cm abaixo do nível geral do pavimento.

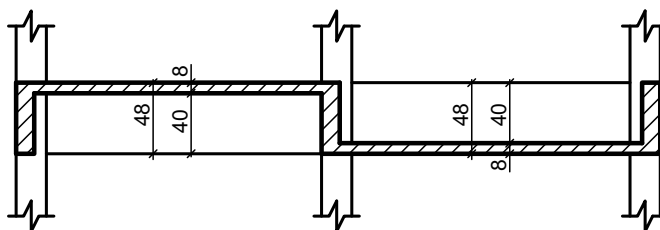
5.6. Cotagem de Planta de Formas (exemplo)



1 PLANTA DE FORMAS
Esc. 1:50



2 CORTE LONGITUDINAL
Esc. 1:50



3 CORTE TRANSVERSAL
Esc. 1:50

Observação: Cada viga, em corte ou vista, leva mais de uma cota: uma total e duas ou três parciais.

6. PLANTA DE ARMAÇÃO DE LAJES

É uma vista superior da forma da laje, mostrando suas armaduras.

As armaduras são posicionadas nas formas das lajes, conforme os espessamentos, cobrimentos e indicações se estão na parte de baixo (armadura positiva, representada por linha contínua) ou na de cima (armadura negativa, representada por linha tracejada).

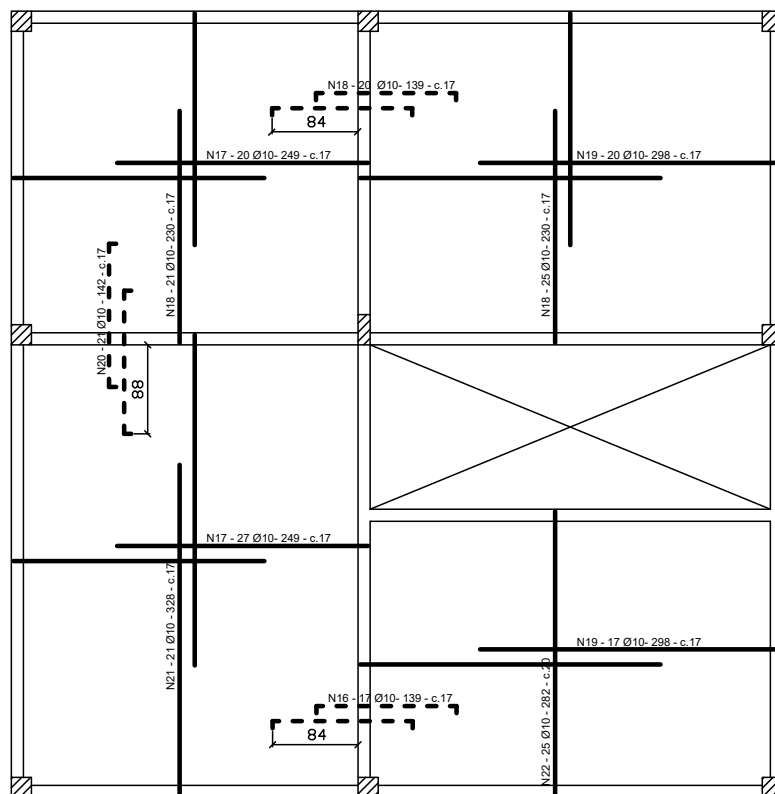
Escala:

No projeto básico e no projeto executivo, usa-se escala 1:50.

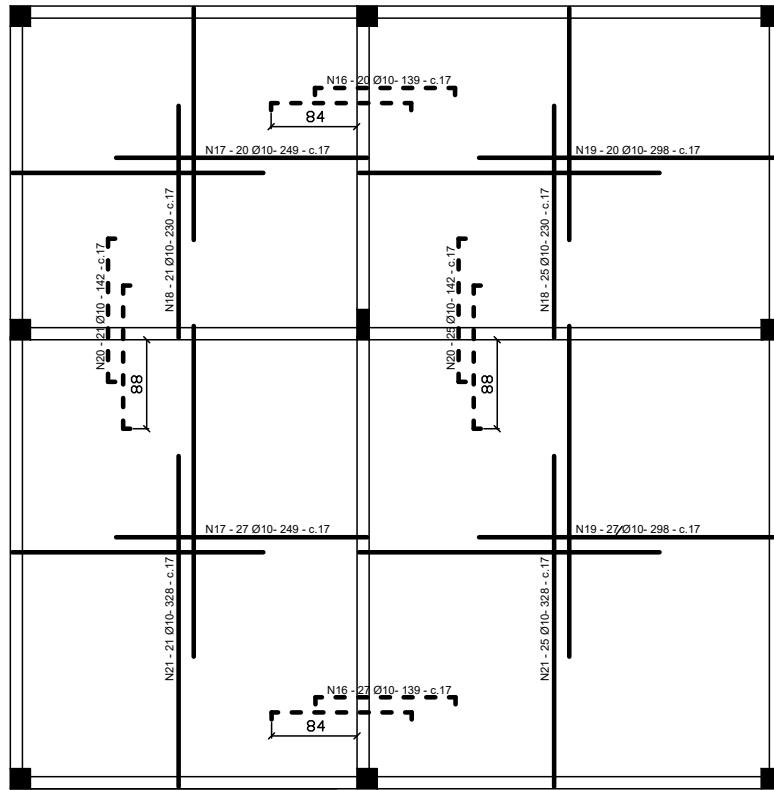
A escala 1:75 só deve ser usada para apresentações, como no caso de alguns desenhos desta apostila.

Indicações mínimas:

- numeração das armaduras
- quantidade, diâmetro, comprimento e espaçamento das armaduras
- informar o tipo de armadura (positiva ou negativa)
- título do projeto (tipo e localização da obra), na legenda
- indicação do autor do projeto, responsável técnico pela obra e proprietário



1 PLANTA DE ARMAÇÃO - 1º PAVIMENTO
ESCALA 1:75



2 PLANTA DE ARMAÇÃO - 2º PAVIMENTO
ESCALA 1:75

7. DESENHO DE DETALHE DE ARMAÇÃO DE PILARES

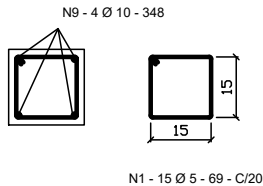
É uma vista superior da forma do pilar, mostrando suas armaduras longitudinais e estribos. Os desenhos das armaduras dos pilares devem acompanhar os desenhos das lajes.

Escala:

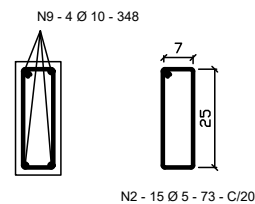
A escala em todas as etapas do projeto é 1:20.

Indicações mínimas:

- numeração das armaduras
- quantidade, diâmetro, comprimento das armaduras longitudinais
- quantidade, diâmetro, comprimento e espaçamento dos estribos
- desenho do estribo com a medida dos seus lados

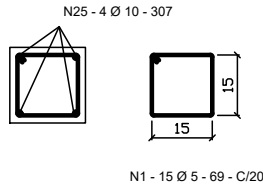


P1=P2=P3=P4=P6=P7=P8=P9

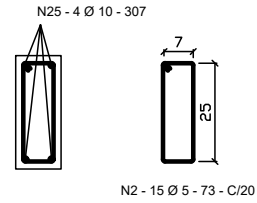


P5

3 ARMAÇÃO DE PILAR - 1º PAVIMENTO
ESCALA 1:20



P1=P2=P3=P4=P6=P7=P8=P9



P5

4 ARMAÇÃO DE PILAR - 2º PAVIMENTO

ESCALA 1:20

8. DESENHO DE DETALHE DE ARMAÇÃO DE VIGAS

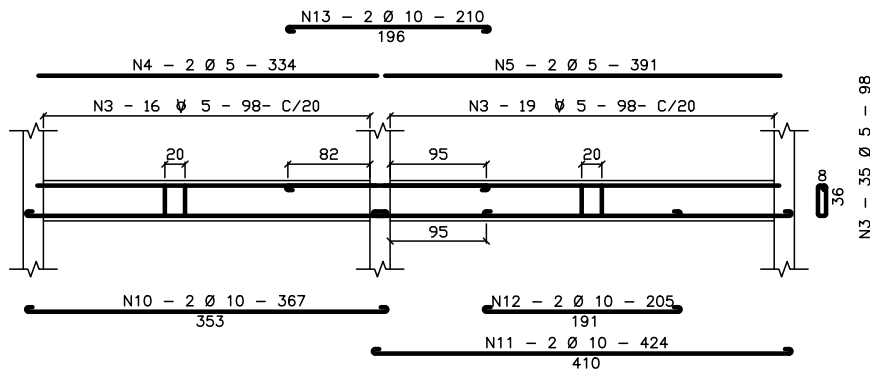
É um corte longitudinal da forma da viga, mostrando suas armaduras longitudinais e estribos. Os desenhos das armaduras das vigas podem ser separados ou acompanhar os desenhos das lajes.

Escala:

A escala em todas as etapas do projeto é 1:50.

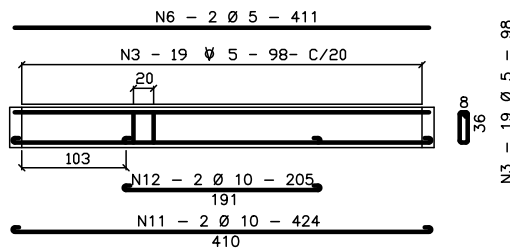
Indicações mínimas:

- numeração das armaduras
- quantidade, diâmetro, comprimento das armaduras longitudinais
- quantidade, diâmetro, comprimento e espaçamento dos estribos
- desenho do estribo com a medida dos seus lados



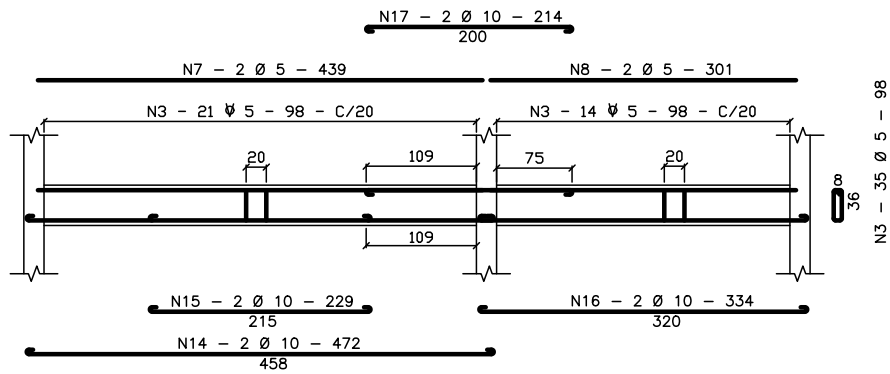
5 ARMAÇÃO DE VIGAS V1=V2=V4

ESCALA 1:75

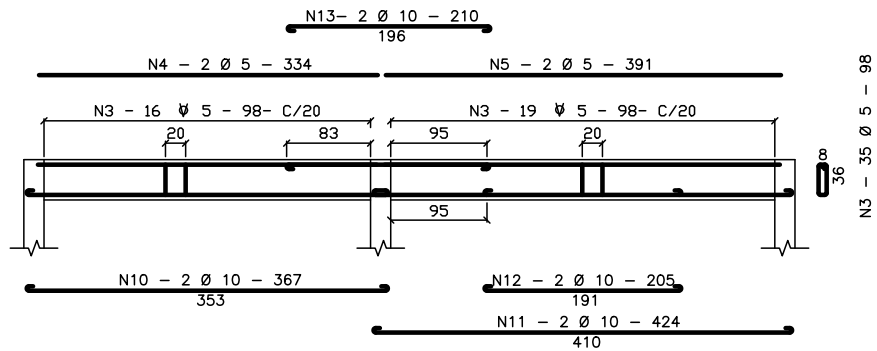


6 ARMAÇÃO DE VIGA V3

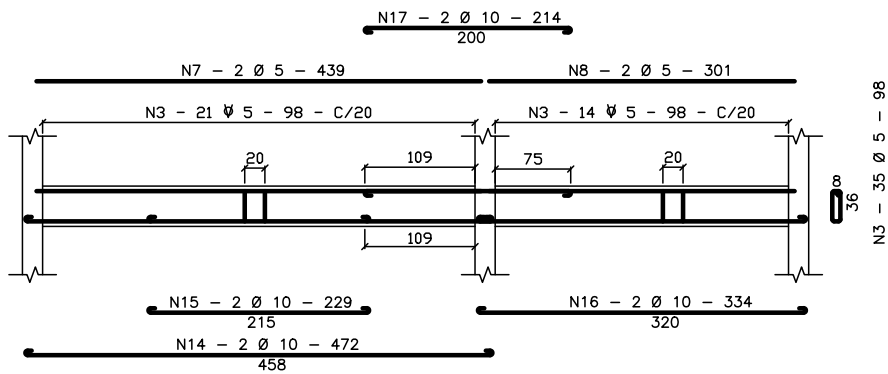
ESCALA 1:75



7 ARMAÇÃO DE VIGAS V5=V6=V7
ESCALA 1:75



8 ARMAÇÃO DE VIGAS V8=V9=V10
ESCALA 1:75



9 ARMAÇÃO DE VIGAS V11=V12=V13
ESCALA 1:75

9. LISTA DE FERROS

Cada prancha de armação leva duas tabelas:

- Tabela 1 - apresenta o comprimento total das barras por diâmetros (usada na obra)
- Tabela 2 - apresenta o peso total das barras por diâmetro (para compra de ferros pelo setor de compras da empresa construtora)

TABELA DE FERRAGEM				
N	Ø	Q	Comprimento	
			Unit (cm)	Total (m)
1	5	240	69	165.60
2	5	30	73	21.90
3	5	439	98	430.22
4	5	18	334	60.12
5	5	18	391	70.38
6	5	2	411	8.22
7	5	18	439	79.02
8	5	18	301	54.18
-	-	TOTAL		889.64
9	10	36	348	125.28
10	10	12	367	44.04
11	10	14	424	59.36
12	10	7	205	14.35
13	10	4	210	8.40
14	10	12	472	56.64
15	10	4	229	9.16
16	10	12	334	40.08
17	10	4	214	8.56
18	10	84	139	116.76
19	10	94	249	234.06
20	10	94	230	216.20
21	10	84	298	250.32
22	10	67	142	95.14
23	10	67	328	219.76
24	10	25	282	70.50
25	10	36	307	110.52
-	-	TOTAL		1679.13

Tabela 1
(para a obra)

Tabela dos pesos		
Bitola (Ø)	Comprimento total (m)	Peso total (Kg)
5	889,64	124,55
10	1679,13	940,31

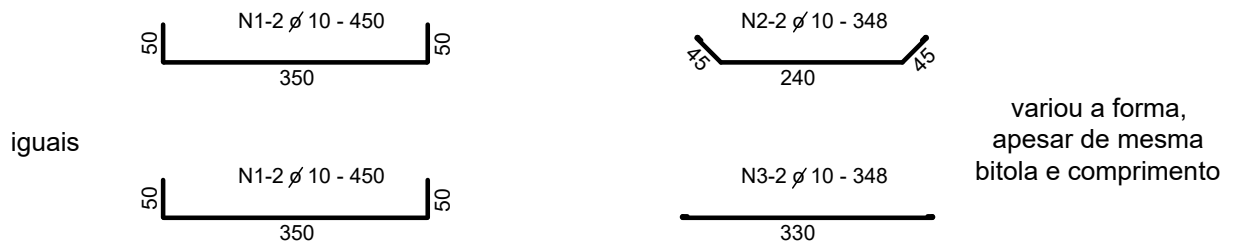
Tabela 2
(para o setor de compras da empresa construtora)

10. CARACTERÍSTICAS DOS DESENHOS DE ARMAÇÃO

Os desenhos de armações são destinados a fornecer dados dimensionais para a fabricação e montagem das armações.

10.1. Dados Gerais

- escala usual: 1:50 para lajes e vigas
1:20 para pilares
- unidade de cotação: centímetro
- os ferros são representados por uma linha grossa
- as seções ou contornos das peças de concreto são desenhadas em linhas finas.
- as barras são numeradas em ordem crescente de diâmetro, dentro do mesmo desenho (planta)
- cada novo número ou posição é diferenciado dos anteriores pela variação de diâmetro e forma de dobragem e, ainda, pelo comprimento
- barras iguais, mesmo pertencendo a peças diferentes, recebem o mesmo número



10.2. Especificação de um ferro

exemplo: N1 - 14 Ø 10 - 330 - c.20

N1 - número da posição

14 - quantidade

Ø 10 - diâmetro ou bitola (mm)

330 - comprimento retificado (cm)

c.20 = a cada 20 cm - espaçamento entre barras

Ø = barra de aço

∩ = estribo (barra fina, usualmente, para efeito de armação)

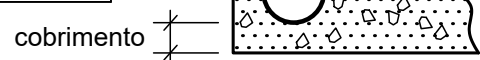
As barras são desenhadas dentro das peças estruturais às quais pertencem e aí dimensionadas e numeradas; ou transladadas para fora para melhor detalhamento, como nos casos das vigas e estribos de pilares.

10.3. Cobrimento

O cobrimento é feito para evitar a corrosão por exposição das barras.

Nas estruturas expostas a agentes químicos, água salgada, maresia e outros, o cobrimento é aumentado. A tabela a seguir mostra os valores em centímetros.

	Laje	Viga e Pilar	Fundações
ambiente submerso	2	2,5	3
ambiente rural	2	2,5	3
ambiente urbano	2,5	3	3
ambiente marinho	3,5	4	4
ambiente industrial	3,5 a 4,5	4 a 5	4 a 5
respingos de maré	4,5	5	5



Usa-se o mesmo critério de cobrimento de fundações para elementos estruturais em contato com o solo.

Para a parte superior de lajes e vigas que receberão contrapiso e revestimento de argamassa, o cobrimento mínimo pode ser de 1,5 cm para uso de aço de diâmetro até 12,5 mm. Para valores maiores que esse, usa-se cobrimento maior ou igual ao diâmetro do aço.

O cobrimento para elementos estruturais pré-fabricados deve ser consultado na norma NBR 9062.

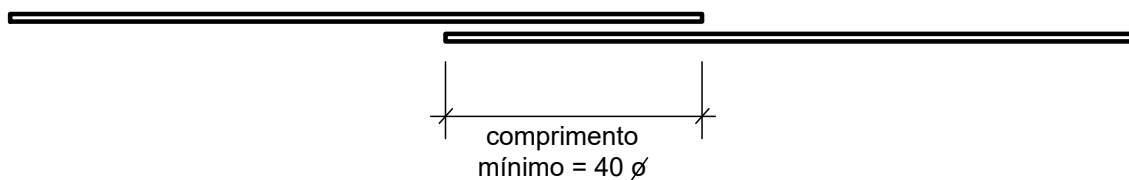
10.4. Ganchos

O valor do gancho é igual a $14,5 \phi$. Numa barra de aço com dois ganchos, os valores dos comprimentos dos dobramentos são adicionados ao seu comprimento longitudinal resultando no comprimento retificado.



10.5. Comprimento de emenda

Também conhecido como transpasse, é usado quando o comprimento a ser usado é maior que o do vergalhão (11,00 m), necessitando emendar os ferros.



10.6. Tabela de pesos, ganchos e emendas para aço CA-25

Diâmetro (mm)	5	6,3	8	10	12,5	16	20	22,2
Peso (kg/m)	0,14	0,25	0,38	0,56	1,00	1,55	2,22	3,05
Comprimento p/2 ganchos (cm)	7	9	11	14	18	23	27	32
Comprimento de emenda (cm)	19	25	32	38	51	63	76	85

10.7. Tabela de pesos, ganchos e emendas para aço CA-50

Diâmetro (mm)	5	6,3	8	10	12,5	16	20	22,2
Peso (kg/m)	0,14	0,25	0,38	0,56	1,00	1,55	2,22	3,05
Comprimento p/2 ganchos (cm)	9	11	14	18	22	29	49	54
Comprimento de emenda (cm)	19	25	32	38	51	63	76	85

Observação: Para os aços rugosos, torcidos e outros, há valores tabelados diferenciados destes.

11. ARMAÇÃO DE PILARES

11.1. Regras

- detalhamento do desenho de armação em seção transversal
- escala em 1:20
- pilares do mesmo pavimento em uma só folha

11.2. Cálculo das Barras Longitudinais

- comprimento da barra é igual à distância entre pisos mais o comprimento de emenda

11.3. Cálculo dos Estribos

- comprimento do estribo é igual aos dos quatro lados mais o dos dois ganchos
- quantidade = $\frac{\text{distância entre pisos}}{\text{espaçamento}} - 1$, sempre aproximando para mais a fim de obter unidade inteira

11.4. Exemplo de armação de pilar:

Desenhar a planta de armação de um pilar, dados:

- distância entre pisos igual a 315 cm
- seção do pilar igual a 40 x 20 cm
- cobertura igual a 1,5 cm
- aço da barra longitudinal com bitola igual a 10 mm
- aço do estribo com bitola igual a 5 mm
- espaçamento entre estribos igual a 20 cm
- aço CA-50

1) cálculo das barras longitudinais:

para ferro com bitola = 10 mm $\xrightarrow{\text{tabela}}$ emenda = 38 cm

comprimento da barra = distância entre pisos + emenda
comprimento da barra = 315 + 38 = 353 cm

2) cálculo dos estribos:

para ferro com bitola = 5 mm $\xrightarrow{\text{tabela}}$ 2 ganchos = 9 cm

soma dos lados do estribo = soma dos lados da seção descontadas dos cobrimentos

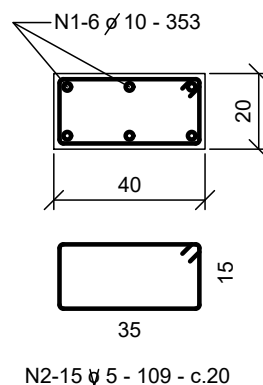
soma dos lados do estribo = $(40-2 \times 2,5) + (40-2 \times 2,5) + (20-2 \times 2,5) + (20-2 \times 2,5)$

soma dos lados do estribo = $35 + 35 + 15 + 15 = 100$

comprimento do estribo = soma dos lados do estribo + 2 ganchos

comprimento do estribo = $100 + 9 = \underline{109 \text{ cm}}$

quantidade de estribos = $\frac{\text{distância entre pisos}}{\text{espaçamento}} - 1 = \frac{315}{20} - 1 = 14,75 \Rightarrow \underline{15 \text{ estribos}}$



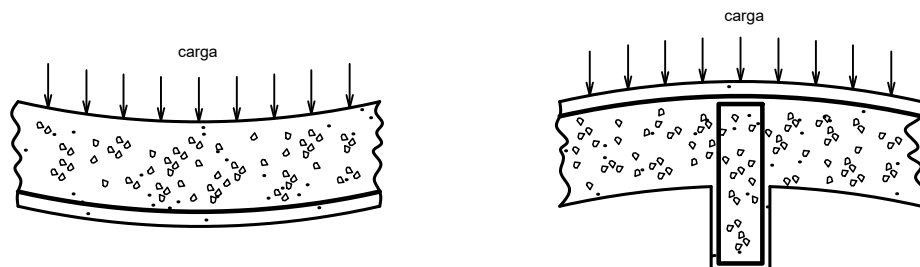
12. ARMAÇÃO DE LAJES

O desenho dos ferros é feito sobre a cópia da planta de formas, feita em linhas finas, sem cotas e sem qualquer indicação.

Cada faixa de uma laje é como se fosse uma viga.
Para cada direção são colocadas barras.

Quando os momentos fletores são positivos, as barras de ferro são colocadas junto ao fundo da laje e são chamadas de positivas.

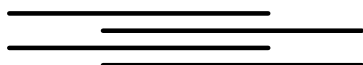
Quando os momentos fletores são negativos, as barras de ferro são colocadas junto à parte superior da laje e são chamadas de negativas.



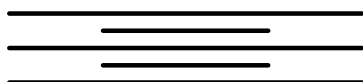
Há vários sistemas de armadura, porém dois são mais usuais:

1) Quando o espaçamento é menor ou igual a 17 cm

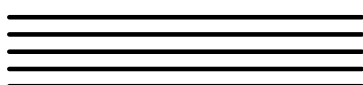
a) barras iguais e alternadas (mais simples)



b) barras longas e curtas



2) Quando o espaçamento é maior que 17 cm, os ferros são diretos



Quando a relação dos vãos é maior que 2, arma-se a laje numa só direção, paralela à menor direção, havendo na outra direção barras finas só para distribuição e amarração, com no mínimo 3 barras por metro.

Usa-se desenhar somente um ferro quando a armadura é direta e dois quando há comprimentos diferentes, isto para cada direção.

A especificação dos ferros é feita paralelamente a eles.

As armações positivas são desenhadas em linhas cheias e as negativas em linhas tracejadas.

12.1. Cálculo da Armadura

Armadura Positiva

barras diretas:

$$\text{comprimento} = (\text{vão} + \text{largura das vigas}) - (2 \times \text{cobrimento})$$

barras alternadas e iguais:

$$\text{vão isolado} = 85\% \text{ do vão}$$

$$\text{vão extremo} = 75\% \text{ do vão}$$

$$\text{vão central} = 70\% \text{ do vão}$$

Armadura Negativa

barras diretas:

$$\text{comprimento} = \frac{\text{vão médio} + \text{largura da viga} - 10}{2}$$

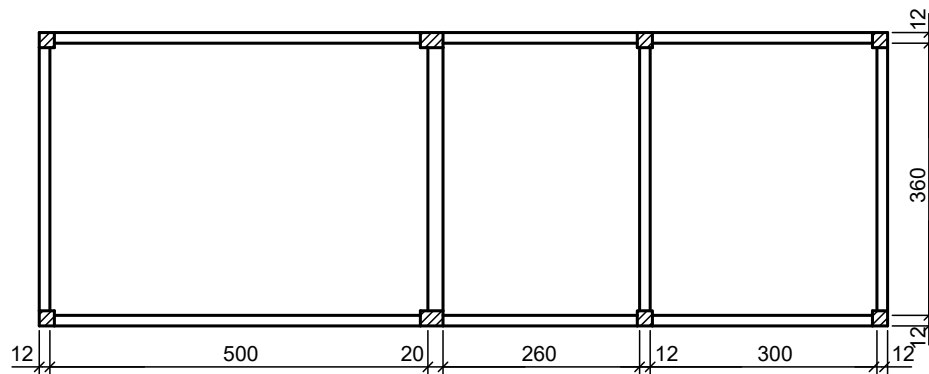
barras alternadas:

$$\text{comprimento} = \frac{3 \times \text{vão médio} + \text{largura da viga} - 10}{8}$$

12.2. Quantidade de ferros em cada direção

$$\text{quantidade} = \frac{\text{vão ortogonal à direção das barras} - 1}{\text{espaçamento}} \quad (\text{resultado em números inteiros})$$

12.3. Exemplo de planta de armação de laje:



1 PLANTA DE FORMAS
Esc. 1:100

Memória de cálculo:

armação positiva

barras diretas

comprimento = (vão+largura das vigas) - (2 x cobrimento)

$$N1 = (360 + 12 + 12) - (2 \times 1,5) = 384 - 3 = \underline{381 \text{ cm}}$$

$$N7 = (300 + 12 + 12) - (2 \times 1,5) = 324 - 3 = \underline{321 \text{ cm}}$$

barras alternadas e iguais

$$N2 \text{ (vão isolado)} = (85\% \text{ do vão}) = 0,85 \times 360 = \underline{306 \text{ cm}}$$

$$N3 \text{ (vão extremo)} = (75\% \text{ do vão}) = 0,75 \times 500 = \underline{375 \text{ cm}}$$

$$N4 \text{ (vão central)} = (70\% \text{ do vão}) = 0,70 \times 260 = \underline{182 \text{ cm}}$$

armação negativa

barras alternadas

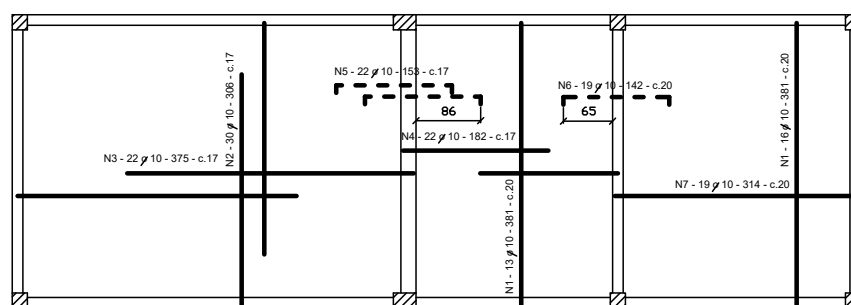
$$N5 = (3/8) \times (\text{vão médio}) + (\text{largura da viga}) - 10 = (3/8) \times 380 + 20 - 10 = \underline{153 \text{ cm}}$$

barras diretas

$$N6 = (1/2) \times (\text{vão médio}) + (\text{largura da viga}) - 10 = (1/2) \times 280 + 12 - 10 = \underline{142 \text{ cm}}$$

quantidade de ferros (para cada posição)

$$\text{quantidade} = \frac{\text{vão ortogonal à direção das barras}}{\text{espaçamento}} - 1 \quad (\text{resultado em números inteiros})$$



2 PLANTA DE ARMAÇÃO
Esc. 1:100

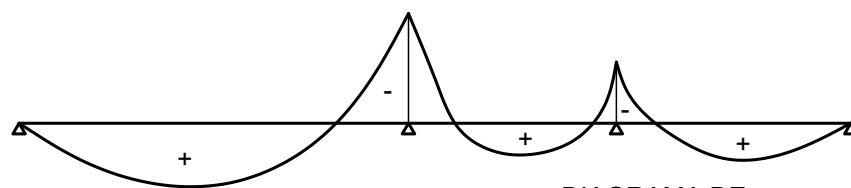


DIAGRAMA DE
MOMENTO FLETOR

13. ARMAÇÃO DE VIGAS

O desenho dos ferros é feito em linha grossa sobre a vista lateral da viga, desenhada em linha fina, sem cotas.

A escala usual é 1:50.

Para detalhamento das barras, são feitas traslações das mesmas para cima e para baixo das vigas.

Os estribos podem ser detalhados ao lado da viga ou outro local.

É comum encontrar, em vigas antigas, barras inferiores dobradas a 45° com a horizontal próximo aos apoios, onde o momento fletor se anula ou se reduz em valor, para combater os maiores esforços cortantes que surgem. Outra forma é diminuir o espaçamento entre estribos próximos aos apoios neste caso.

Duas barras inferiores permanecem retas, unindo os apoios.

Quando a viga tem mais que dois apoios (vigas contínuas) surgem momentos fletores negativos, combatidos por armações negativas.

As barras superiores de distribuição e fixação dos estribos trabalham à compressão e não levam ganchos.

13.1. Exemplo de armação de viga bi-apoiada

viga bi-apoiada de 12 x 47 cm com vão de 300 cm.

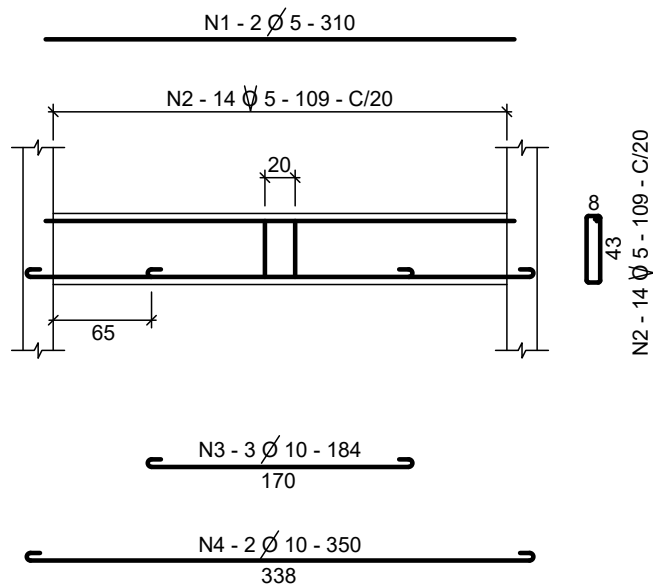
$$N1 = \text{vão} + 2 \times 5 = 300 + 10 = \underline{310 \text{ cm}}$$

$$N2 = 43 + 43 + 8 + 8 + 2 \text{ ganchos} = 102 + 7 = \underline{109 \text{ cm}}$$

$$N3 = 170 + 2 \text{ ganchos} = 170 + 14 = \underline{184 \text{ cm}}$$

$$N4 = \text{vão} + 2 \times 18 + 2 \text{ ganchos} = 300 + 36 + 14 = \underline{350 \text{ cm}}$$

$$\text{Quantidade de estribos de } N2 = \frac{300}{20} - 1 = 14$$



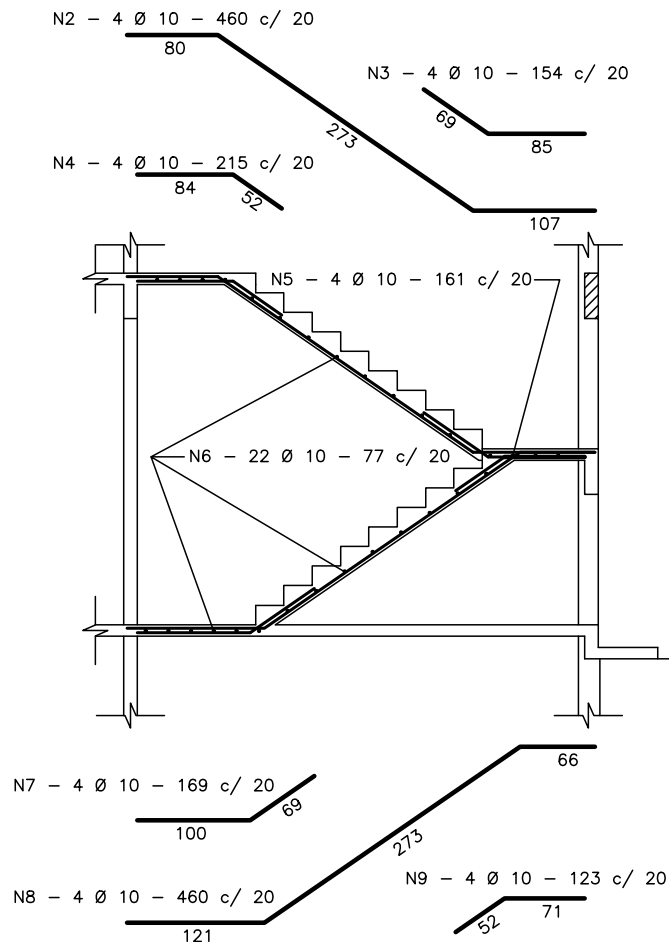
14. ARMAÇÃO DE ESCADAS

O desenho dos ferros é feito em linha grossa sobre a vista lateral da escada, desenhada em linha fina, sem cotas.

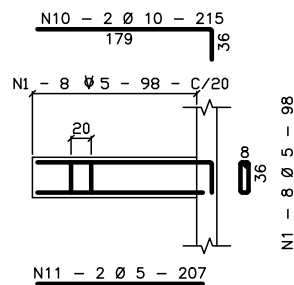
A escala usual é 1:50.

Para detalhamento das barras, são feitas translações das mesmas para cima e para baixo da escada.

O mesmo procedimento é adotado para o caso de rampas, pois tanto a escada quanto a rampa são lajes inclinadas.



5 ARMAÇÃO DE ESCADA
ESCALA 1:75

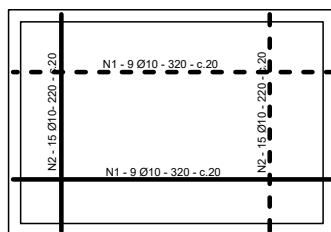


6 ARMAÇÃO DE VIGA V14
ESCALA 1:75

15. ARMAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

O procedimento para o desenho da armação das paredes do reservatório (cisterna e caixa d'água) é o mesmo usado para lajes, assim como o piso e o teto.

Para o caso de reservatório enterrado (cisterna), deve-se usar armadura dupla nas paredes e no piso para combater o momento fletor causado pela pressão da água quando o reservatório estiver cheio e pelo empuxo do terreno quando a cisterna estiver vazia.



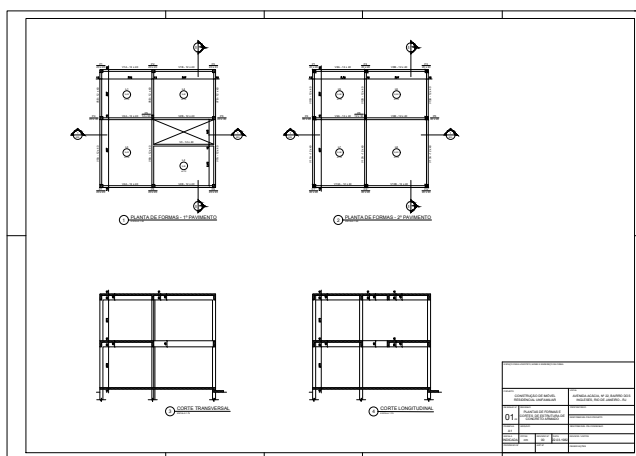
Armadura dupla para parede de uma cisterna

16. ORGANIZAÇÃO DOS DESENHOS EM PRANCHA

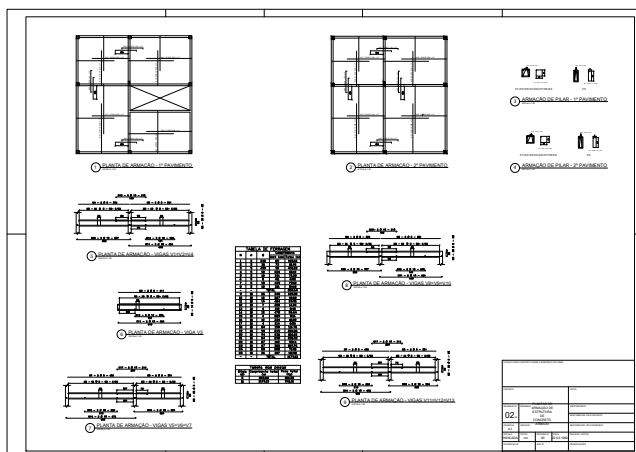
O padrão adotado para as pranchas (papeis) que contêm os desenhos é o tipo A (2A0, A0, A1, A2 e A3). O papel é escolhido conforme o tamanho e a quantidade dos desenhos.

Devem ser feitos dois jogos de plantas, um de formas e outro de armações, com seus respectivos desenhos. No canteiro de obras, o jogo de planta de formas é entregue ao setor de carpintaria e o de armação, ao setor de serralheria.

Não se mistura desenho de formas com desenho de armação numa mesma prancha, pois o setor de carpintaria não usará os desenhos de armações e para o setor de serralheria será duplicidade de informação, podendo confundir.



Desenhos de formas para o setor de carpintaria do canteiro de obras



Desenhos de armação para o setor de serralheria do canteiro de obras

A legenda de uma prancha de estruturas deve apresentar distância horizontal de 175 mm para pranchas A0, A1 e A2 e 120 mm para papel A2 e A3.

A distância vertical da legenda pode variar conforme a quantidade de informações necessárias, como no exemplo a seguir.

<p>ESPAÇO PARA LOGOTIPO, NOME E ENDEREÇO DA FIRMA</p>				297
<p>PROJETO CONSTRUÇÃO DE IMÓVEL RESIDENCIAL UNIFAMILIAR</p>		<p>LOCAL AVENIDA ACÁCIA, Nº 22, BAIRRO DOS INGLESES, RIO DE JANEIRO - RJ</p>		
<p>DESENHO Nº 01 /01</p>	<p>DESENHO</p>	<p>PROPRIETÁRIO</p> <hr/> <p>RESPONSÁVEL PELO PROJETO</p>		
<p>PRANCHA A1</p>	<p>ARQUIVO</p>	<p>RESPONSÁVEL PELO DESENHO</p>		
<p>ESCALA INDICADA</p>	<p>COTAS cm</p>	<p>REVISÃO Nº 00</p>	<p>DATA 22.03.1982</p>	<p>REVISOR / VISTOS</p>
<p>PROCESSO Nº</p>		<p>ART Nº</p>		<p>OBSERVAÇÕES</p>

185

210

REFERÊNCIAS

MAGALHÃES, Luiz Alberto Eduardo - **Apostila de Desenho de Concreto Armado**. DEG/POLI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1988.

NORMAS TÉCNICAS:

NBR 6118 - **Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento**. ABNT, Rio de Janeiro, 2014.

NBR 7191 - **Execução de Desenhos para Obras de Concreto Simples ou Armado**. ABNT, Rio de Janeiro, 1982.