

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS MULTI- PAVIMENTOS

Antonio Carlos Zorzi



PROGRAMA – Módulo 1

Normas de projeto e de execução

Sistema de fôrmas

Armadura

INDUSTRIALIZAÇÃO

- Impõe um novo modelo organizacional**
- Impõe uma nova forma de gestão**

A GESTÃO INDUSTRIAL

Gestão industrial

X

Gestão artesanal

Conduzida pela engenharia

Decisões holísticas –
“visam a otimização do todo”

Planejamento sistêmico

Projetos para produção

Qualidade depende
do processo

Conduzida pela mestria

Decisões pontuais –
“quem executa decide como fazer”

Planejamento “dia a dia”

Projetos conceituais

Qualidade depende
de quem gere o processo

NORMAS BRASILEIRAS

NORMAS BRASILEIRAS

ABNT NBR 6118 (NB 1) – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

(versão corrigida e válida a partir de 30.03.2004)

Fixa os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais

NORMAS BRASILEIRAS

***ABNT NBR 14931 – Execução de
estruturas de concreto – Procedimento***

(versão válida a partir de 31.05.2004)

***Estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de
concreto***

Algumas modificações introduzidas na NBR 6118

Estabelecimento da relação água-cimento do concreto:

NBR 6118/78: a fixação da relação água-cimento decorrerá:

- da resistência de dosagem $f_{c_{28}}$, ou na idade prevista no plano da obra para que a resistência seja atingida;***
- das peculiaridades da obra relativas à sua durabilidade (tais como impermeabilidade e resistência ao desgaste, à ação de líquidos e gases agressivos, a altas temperaturas e a variações bruscas de temperatura e umidade) e relativas à prevenção contra retração exagerada.***

NBR 6118/04: estabelece no capítulo 6 as Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto e, no capítulo 7, Critérios de projeto que visam a durabilidade.

NBR 6118/04: item 6.4.2: nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na tabela 6.1 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Item 6.4.3: o responsável pelo projeto estrutural, de posse de dados relativos ao ambiente em que será construída a estrutura, pode considerar classificação mais agressiva que a estabelecida na tabela 6.1.

NBR 6118/04: item 7.4.2: ensaios comprobatórios de desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Na falta destes e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

NOTAS

- 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.
- 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
- 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

NORMAS BRASILEIRAS

ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento

(versão válida a partir de 14.09.2006)

Estabelece os requisitos gerais para: a) propriedades do concreto fresco e endurecido e suas verificações; b) composição, preparo e controle do concreto; c) recebimento do concreto

NBR 12655/06: item 5.2.2.1: ensaios comprobatórios de desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Na falta destes e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 2.

Os requisitos da tabela 2 são válidos para concretos executados com cimento Portland que atenda, conforme seu tipo e classe, às especificações da ABNT (norma relaciona os diversos números das especificações da ABNT), com consumos mínimos de cimento por metro cúbico de concreto de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 — Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

Estabelecimento do cobrimento da armadura – NBR 6118/78

6.3.3.1 Cobrimento

Qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobrimento de concreto pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que:

a) para concreto revestido com argamassa de espessura mínima de 1 cm;

— em lajes no interior de edifícios	0,5 cm
— em paredes no interior de edifícios	1,0 cm
— em lajes e paredes ao ar livre	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos no interior de edifícios	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos ao ar livre	2,0 cm

b) para concreto aparente:

— no interior de edifícios	2,0 cm
— ao ar livre	2,5 cm

c) para concreto em contato com o solo 3,0 cm

— se o solo não for rochoso, sob a estrutura deverá ser interposta uma camada de concreto simples, não considerada no cálculo, com o consumo mínimo de 250 kg de cimento por metro cúbico e espessura de pelo menos 5 cm

d) para concreto em meio fortemente agressivo 4,0 cm

Para cobrimento maior que 6 cm deve-se colocar uma armadura de pele complementar, em rede, cujo cobrimento não deve ser inferior aos limites especificados neste item.

No caso de estruturas que devam ser resistentes ao fogo, o cobrimento deverá atender às exigências da NB- 503, além das especificadas neste item.

6.3.3.2 Medidas especiais

Além do cobrimento mínimo, deverão ser tomadas medidas especiais para aumento da proteção da armadura se o concreto for sujeito a abrasão, a altas temperaturas, a correntes elétricas ou a agentes fortemente agressivos, tais como ambiente marinho e agentes químicos.

Estabelecimento do cobrimento da armadura – NBR 6118/04

7.4.7 Para o cobrimento deve ser observado o prescrito em 7.4.7.1 a 7.4.7.7.

7.4.7.1 Para atender aos requisitos estabelecidos nesta Norma, o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado e que se constitui num critério de aceitação.

7.4.7.2 Para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela 7.2, para $\Delta c = 10$ mm.

7.4.7.3 Nas obras correntes o valor de Δc deve ser maior ou igual a 10 mm.

7.4.7.4 Quando houver um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução pode ser adotado o valor $\Delta c = 5$ mm, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais prescritos na tabela 7.2 em 5 mm.

7.4.7.5 Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

a) $c_{nom} \geq \phi$ barra;

b) $c_{nom} \geq \phi$ feixe = $\phi_n = \phi \sqrt{n}$;

c) $c_{nom} \geq 0,5 \phi$ bainha.

7.4.7.6 A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento, ou seja:

$$d_{max} \leq 1,2 c_{nom}$$

Estabelecimento do cobrimento da armadura – NBR 6118/04

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

LOCAÇÃO DA OBRA

LOCAÇÃO DA OBRA

Sua importância

- o transporte de nível para o interior da obra e a correta locação dos elementos estruturais (infraestrutura e superestrutura) **necessariamente** não podem conter erros.
- estas atividades são as responsáveis pela correta execução da obra;
- devem ser executadas por equipe de topografia e necessariamente conferidas e liberadas em sua totalidade (antes da continuidade dos serviços) pela equipe da obra.

- *transportar pontos de referência de nível para o interior da obra e conferir níveis de vizinhos - topografia*
- *locar os eixos de referência do projeto na obra - topografia*
- *conferir os eixos e as divisas do terreno*
- *projetar o(s) gabarito(s) da obra*

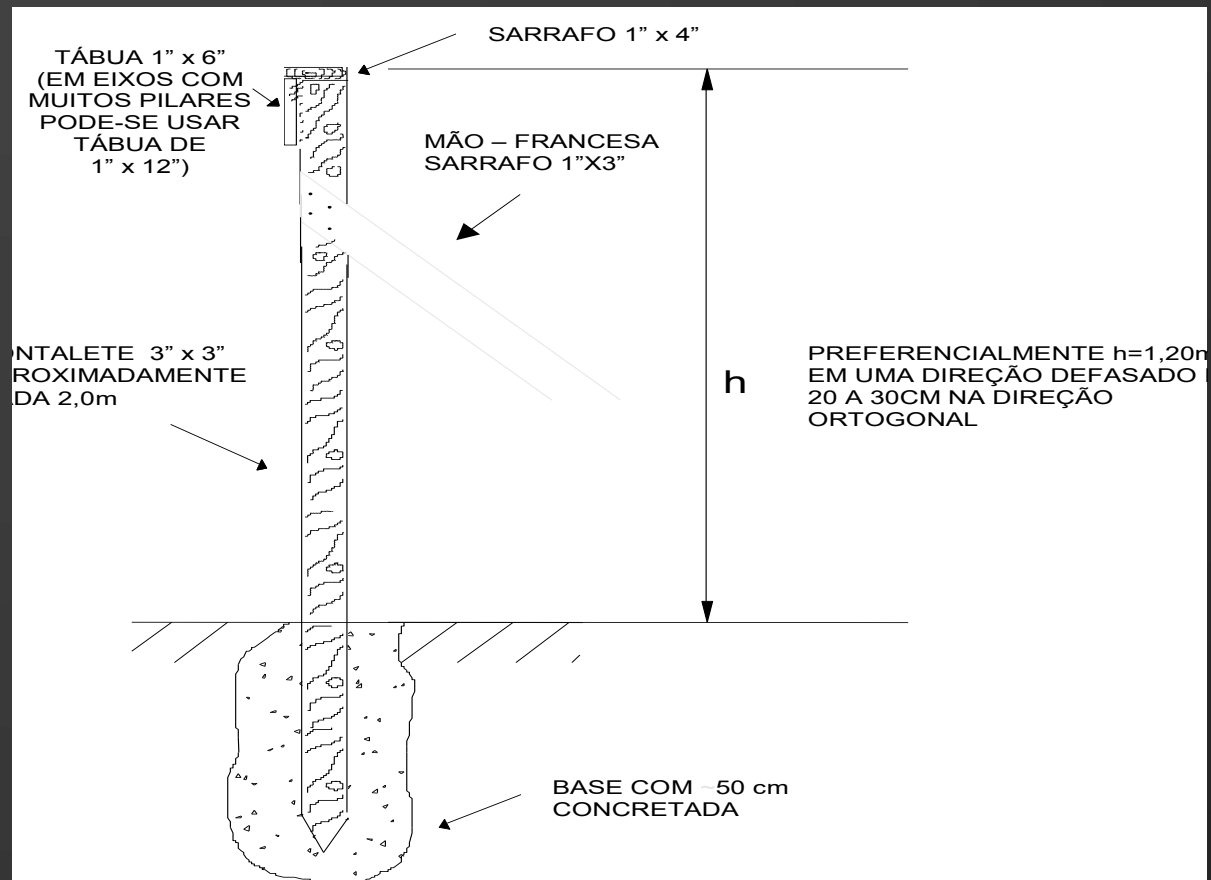
Montagem e Locação do Gabarito de Madeira

- montar o(s) gabarito(s) da obra e locar os pontos:

- preferencialmente os lados adjacentes do gabarito serão perpendiculares entre si, alinhados, nivelados e paralelos aos eixos de referência. Os dois lados do gabarito paralelos devem estar no mesmo nível e, entre lados ortogonais, desnivelados de 20 a 30cm;*
- materializar o gabarito através da fixação de pontaletes aprumados e concretados ao solo, com espaçamento máximo de 2m;*
- cortar os pontaletes de topo de modo a que formem uma linha horizontal nivelada. Pregar sarrafo de 1"x4" no topo dos pontaletes;*
- na face interna dos pontaletes pregar sarrafo de 1"x6" formando a chamada "tabeira";*
- travar os pontaletes do gabarito com mãos-francesas, com espaçamento máximo de dois pontaletes entre travamentos;*
- pintar o gabarito com tinta látex branca;*
- conferir o esquadro, o alinhamento, o nível e o paralelismo do gabarito com os eixos da estrutura;*
- marcar por topografia os eixos X e Y e todos os demais pontos, registrando através de risco no gabarito com uso de esquadro e lápis de carpinteiro. Cravar testemunhos em concreto, que possuam um prego identificador, permitindo verificar o posicionamento dos eixos a qualquer momento;*
- fixar sobre o sarrafo dois pregos 15x15, espaçados de ~1mm, posicionados um de cada lado do risco e mais ou menos no centro do sarrafo. Fixar parcialmente outro prego sobre o sarrafo (prego 12x12), posicionado exatamente no centro da linha e próximo à extremidade (perto da tabeira). Também no alinhamento do risco, porém na extremidade posterior do sarrafo, fixar outro prego (17x21 ou 18x27) cuja finalidade é a de servir de apoio para amarração dos arames;*
- conferir a locação dos eixos e dos pontos de pilares. Em cada ponto conferido e liberado, cravar totalmente o prego 12x12 até o plano do sarrafo;*
- pintar os números dos pilares com esmalte sintético.*

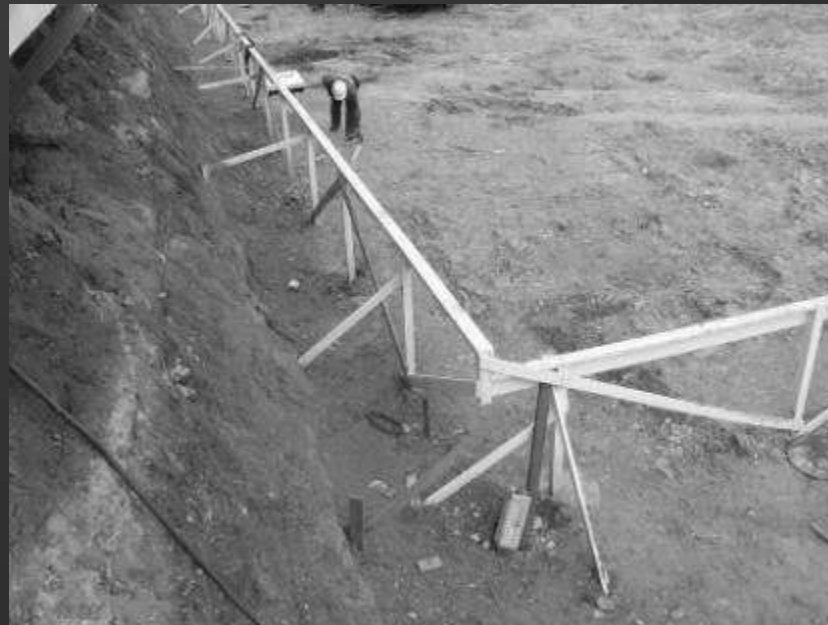
LOCAÇÃO DA OBRA

Montagem e Locação do Gabarito de Madeira



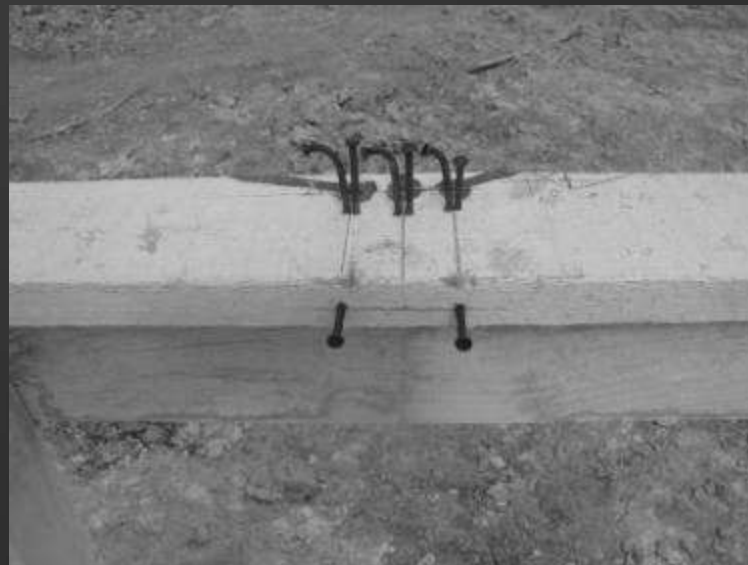
LOCAÇÃO DA OBRA

Montagem e Locação do Gabarito de Madeira



LOCAÇÃO DA OBRA

Montagem e Locação do Gabarito de Madeira



LOCAÇÃO DA OBRA

Verificação e aceitação do gabarito

PRIMEIRA VERIFICAÇÃO (antecede à locação dos pilares)

- *nível do gabarito*
- *posicionamento do gabarito*
- *esquadro do gabarito*
- *alinhamento do gabarito*
- *paralelismo com os eixos de referência*

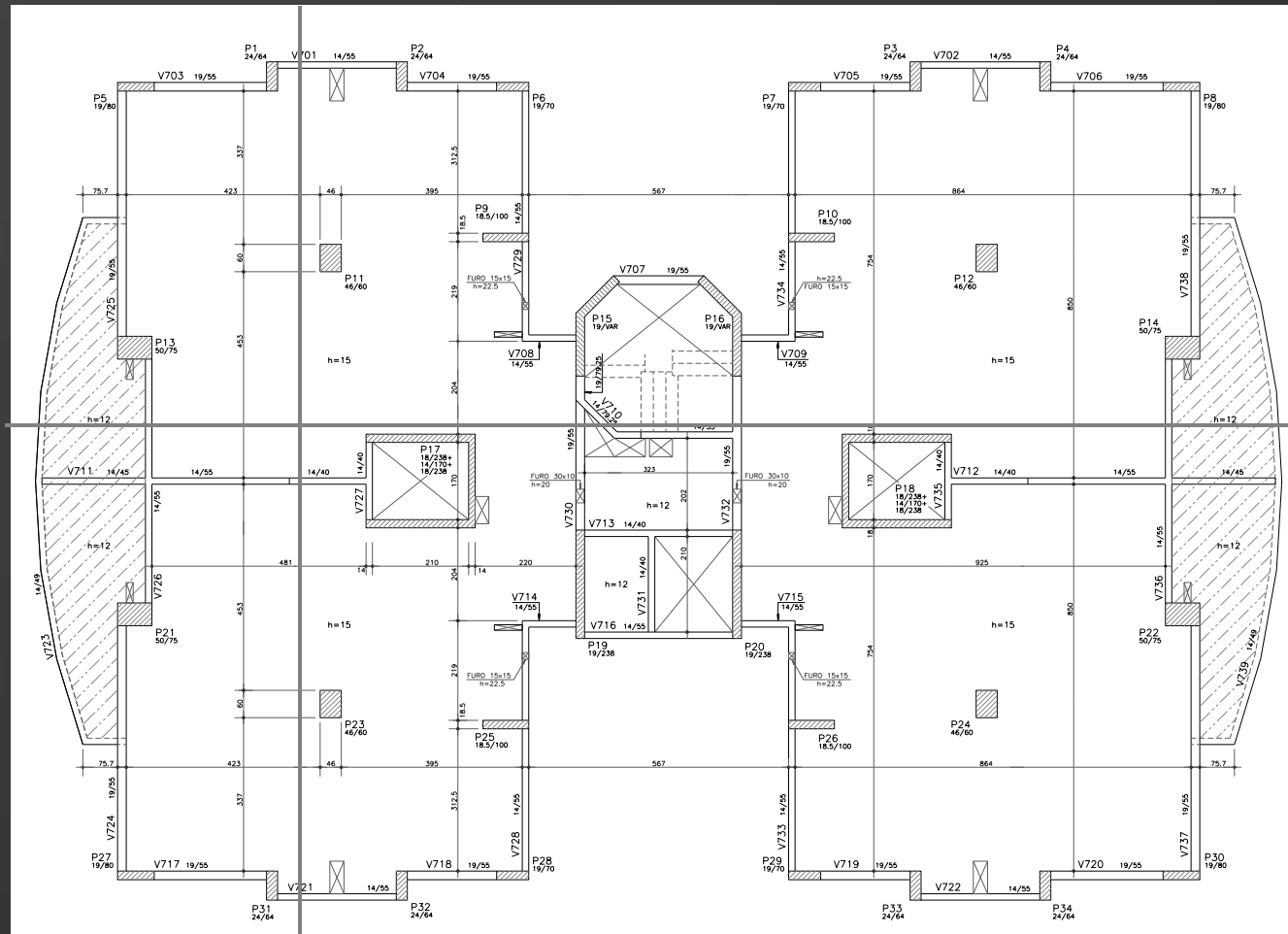
VERIFICAÇÃO FINAL

- *locação e identificação de cada ponto do gabarito, incluindo os eixos*

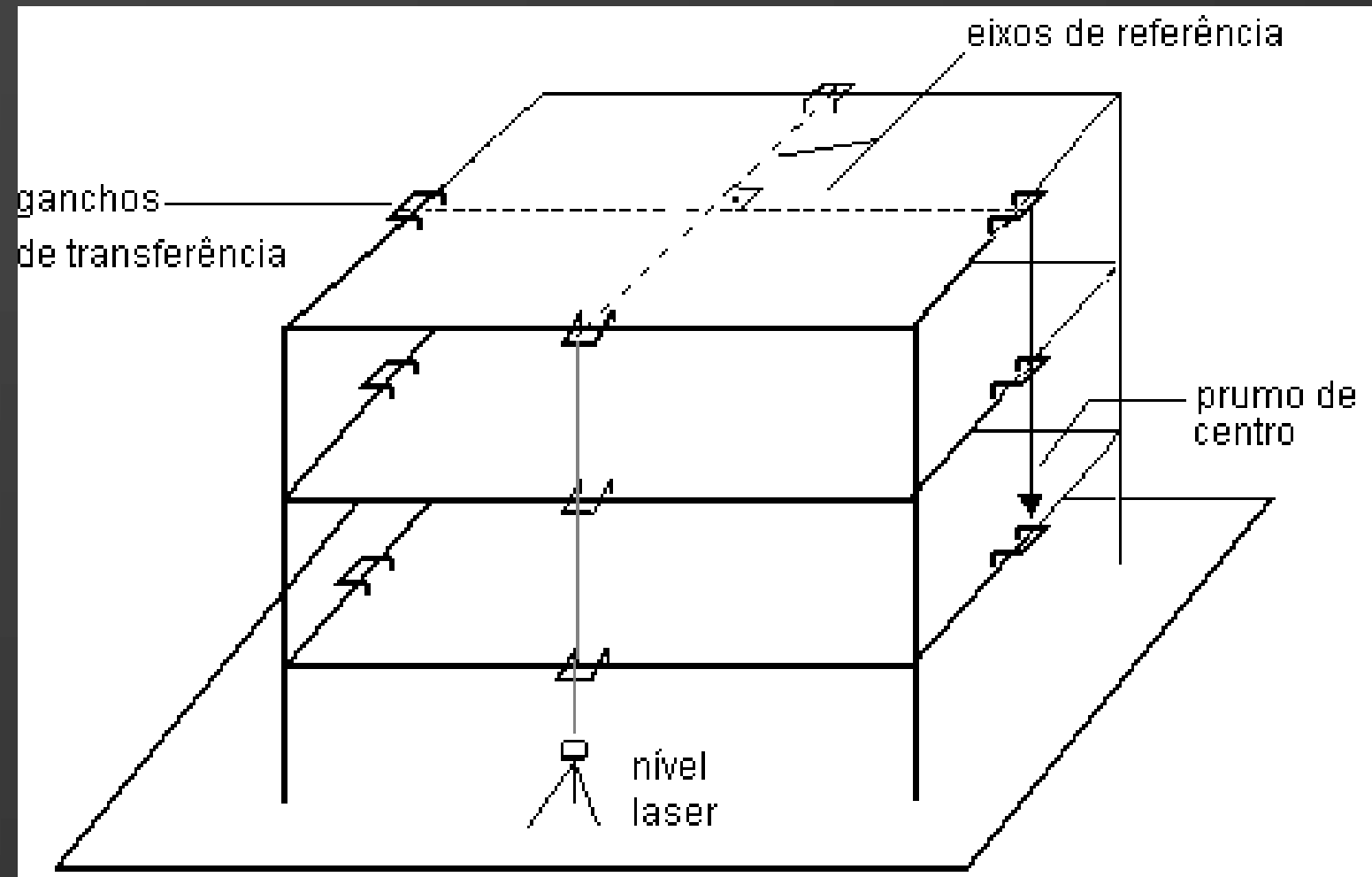
EIXOS DA OBRA

EIXOS DA OBRA

Marcação dos eixos em edifícios multi-pavimentos

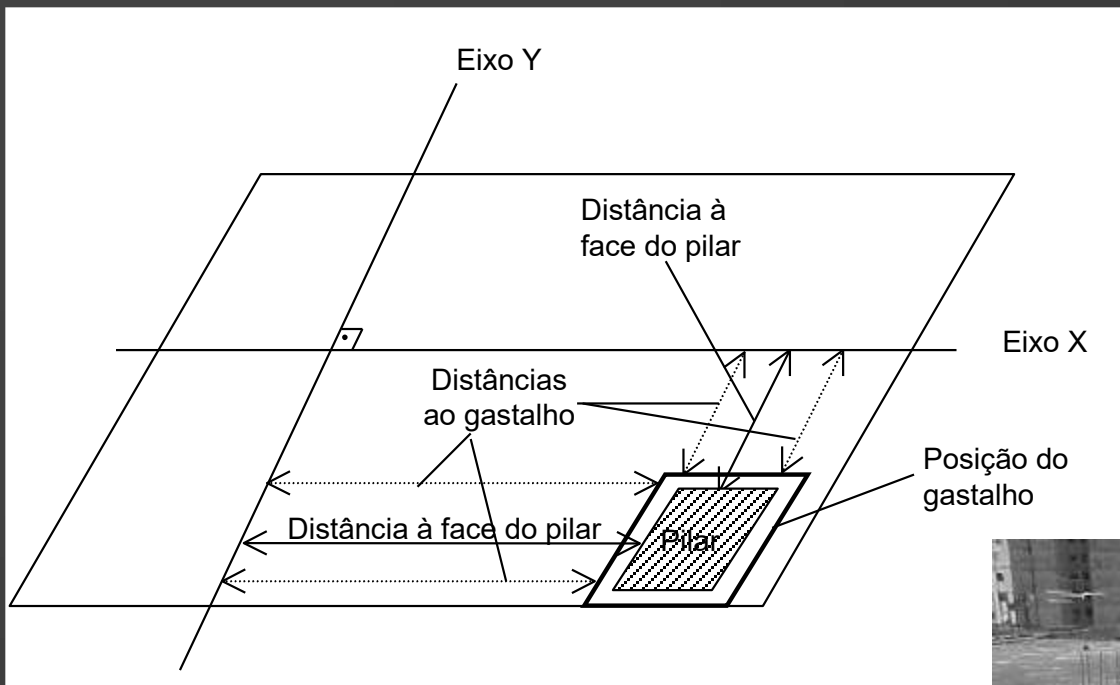


EIXOS DA OBRA



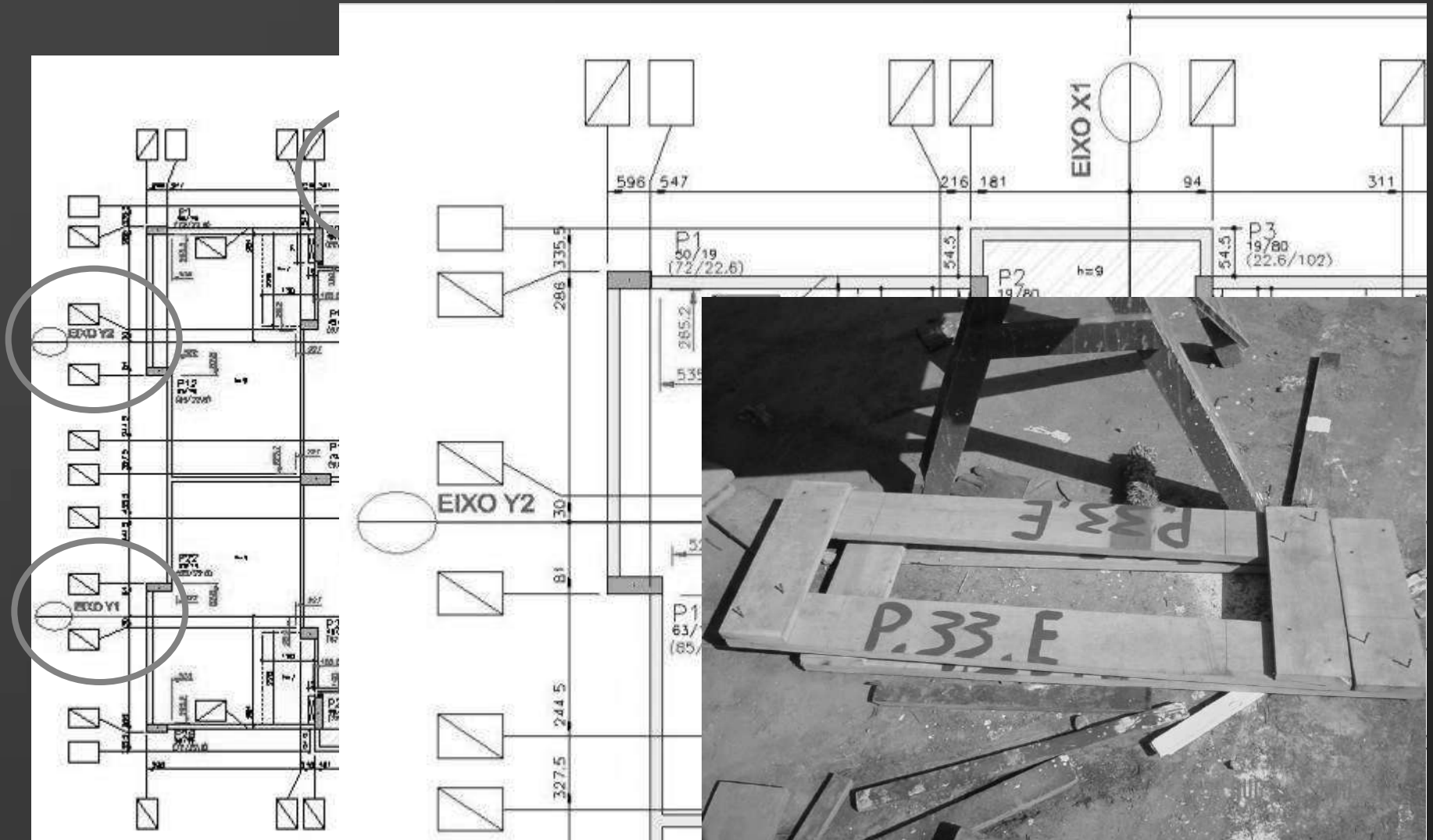
EIXOS DA OBRA

Utilizando os eixos para locar os gastalhos de pilares



EIXOS DA OBRA

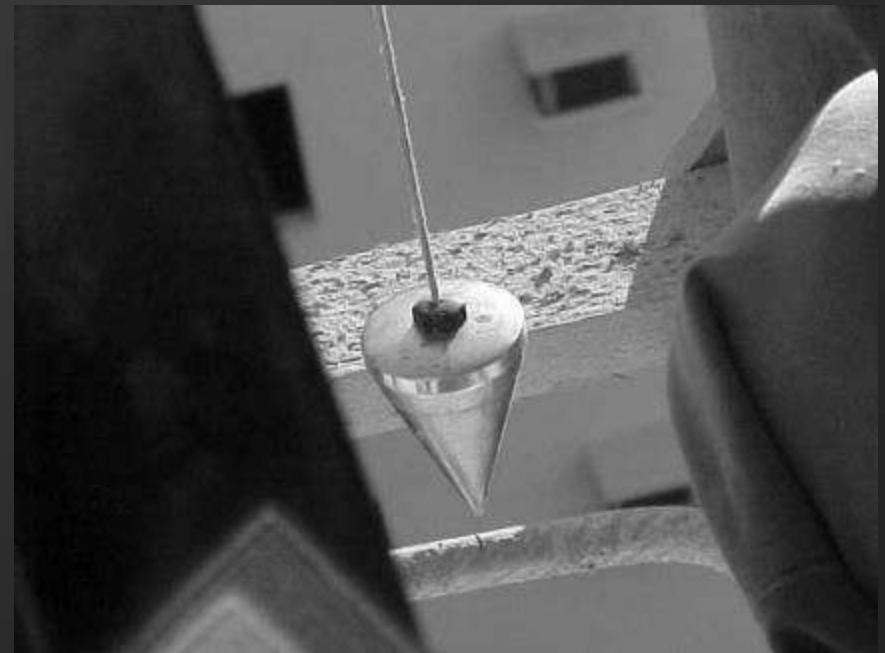
Utilizando os eixos para locar os gastalhos de pilares



EIXOS DA OBRA

Transporte dos eixos para o pavimento superior

- *é a primeira atividade após a concretagem da laje;*
- *usualmente o transporte é feito com emprego de prumo de centro ou aparelho laser.*



EIXOS DA OBRA

Transporte dos eixos para o pavimento superior

Como conferir os eixos transferidos para o pavimento superior?

- a verificação da vinculação entre eixos, como a ortogonalidade entre eles, a distância entre eixos paralelos, a triangulação entre eixos não paralelos e não ortogonais, deve necessariamente preceder à liberação da continuidade dos serviços.

*CICLO DE EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO DE PAVIMENTO TIPO DE EDIFÍCIOS
MULTIPAVIMENTOS*

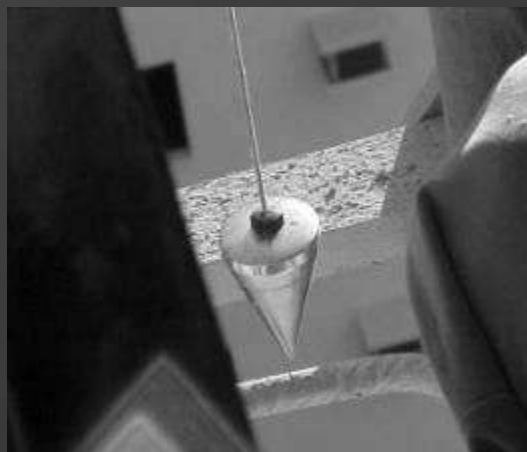
Exemplo para ciclo de 5 dias trabalhados uma laje por semana

<i>Dia da semana</i>	<i>Idade do concreto (dias)</i>	<i>Atividades em andamento no pavimento</i>	
		<i>(n)</i>	<i>(n+1)</i>
Sexta-feira	0	Concretagem de vigas e lajes	-
Sábado	1	<i>Sem atividade</i>	<i>Sem atividade</i>
Domingo	2	<i>Sem atividade</i>	<i>Sem atividade</i>
Segunda-feira	3	Desforma dos pilares	Gastalhos Armação/ montagem pilares
Terça-feira	4	Desforma das vigas Início desforma das lajes	Montagem das vigas Início montagem lajes
Quarta-feira	5	Término desforma das lajes	Concl. montagem das lajes Concretagem dos pilares
Quinta-feira	6	Limpeza	Armação de vigas e lajes Ajustes na fôrma Tubulações Inst. embutidas
Sexta-feira	7	-	Concretagem de vigas e lajes

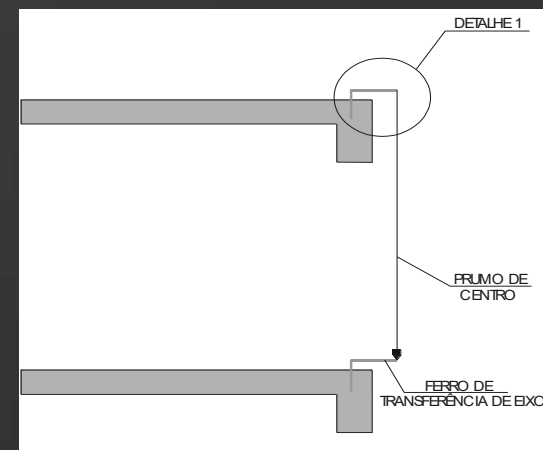
Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



1º dia



1º dia



1º dia



1º dia



1º dia



1º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



1º dia



1º dia



1º dia



2º dia



2º dia



2º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



2º dia



3º dia



3º dia



3º dia



3º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



3º dia



3º dia



3º dia



3º dia



3º dia



3º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



4º dia



4º dia



4º dia



4º dia



4º dia



4º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



4º dia



4º dia



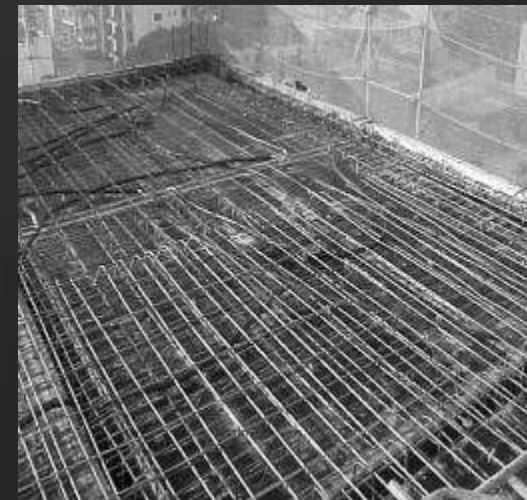
4º dia



4º dia



4º dia



4º dia

Ciclo de execução da estrutura de concreto do pavimento tipo



4º dia



5º dia

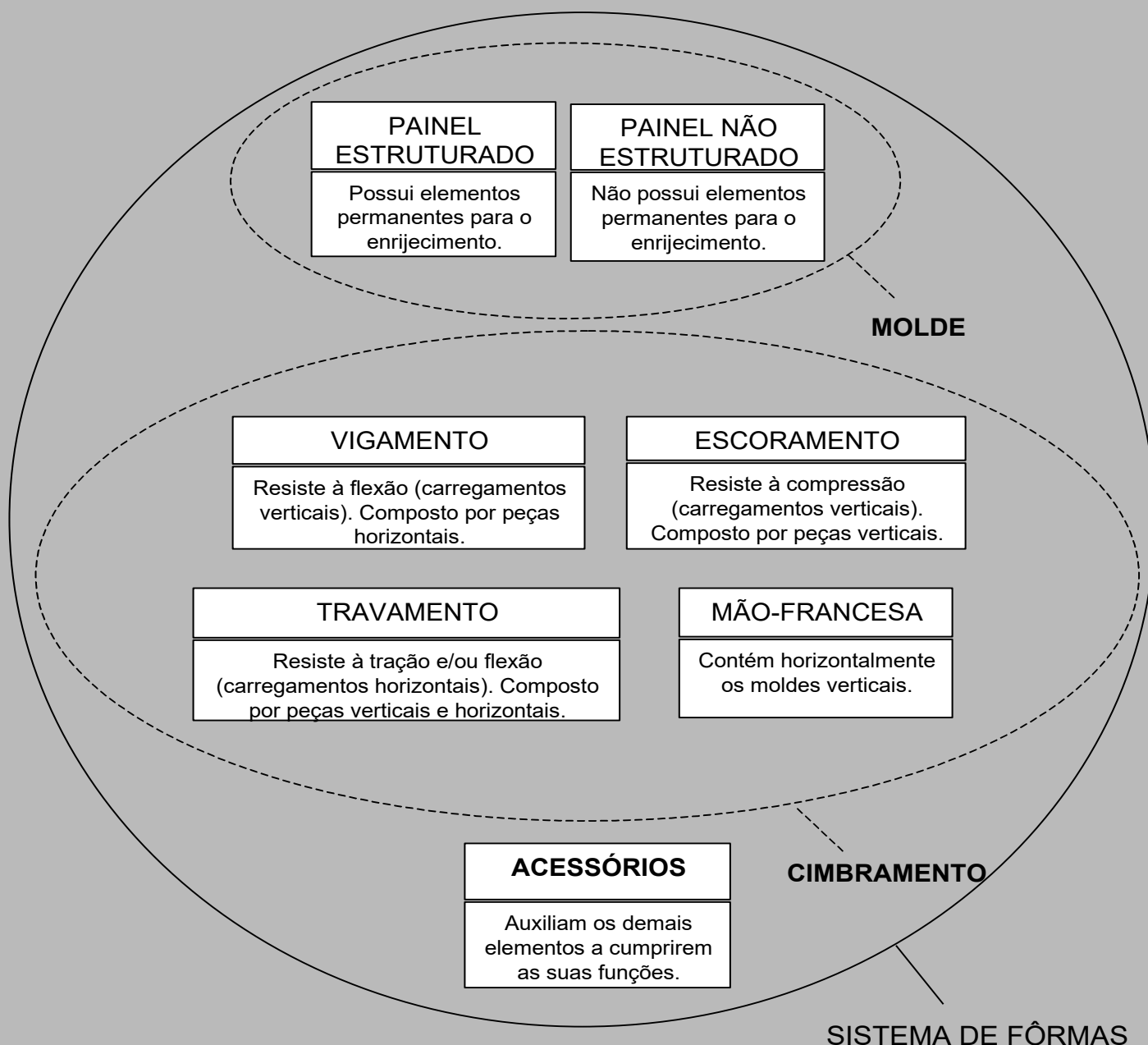


5º dia

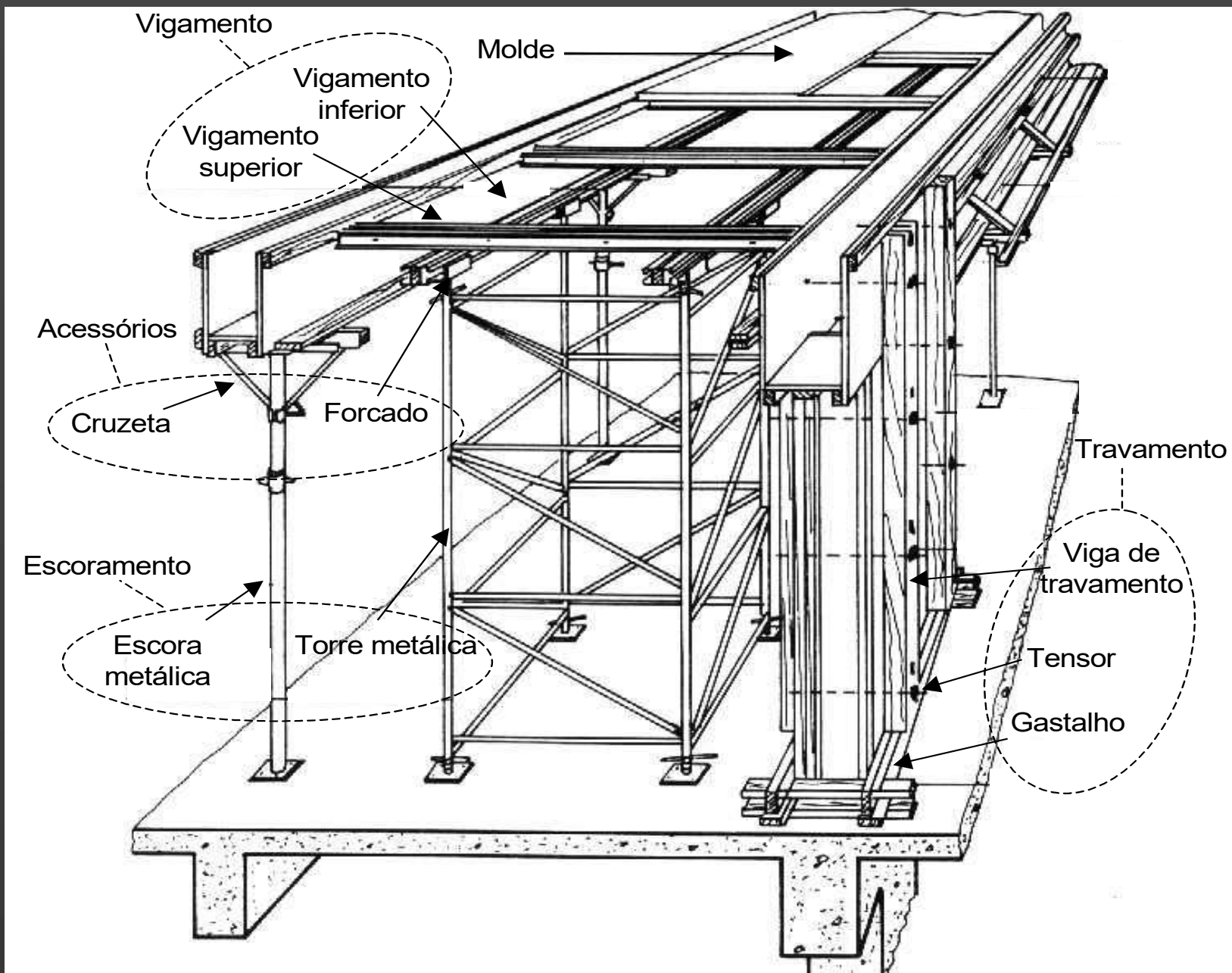


5º dia

SISTEMA DE FÔRMAS – DEFINIÇÃO



SISTEMA DE FÔRMAS – DEFINIÇÃO



Onde devemos atuar para obter a máxima racionalização do sistema de fôrma, ou seja, qualidade, alta produtividade e redução de custos?

ITENS FUNDAMENTAIS DE ONDE ATUAR PARA OBTER RACIONALIZAÇÃO

- 1. Construtibilidade da estrutura***
- 2. Definição do sistema de fôrma***
- 3. Materiais componentes do molde de madeira***
- 4. Projeto de produção do molde da fôrma***
- 5. Fabricação do molde de madeira***
- 6. Diretrizes para montagem, desforma e verificações do sistema de fôrma***
- 7. Qualificação da mão de obra***
- 8. Estabelecimento de metas ousadas***

1. CONSTRUTIBILIDADE DA ESTRUTURA

Executar o lançamento estrutural pensando na

CONSTRUTIBILIDADE

“a medida em que o projeto de um edifício facilita a construção, com dependência dos requisitos gerais deste edifício terminado”

Recomendações para otimizar a construtibilidade

- **Sintonia entre o arquiteto, projetista estrutural e empreendedor**
- **Conhecer características construtivas que serão empregadas**
- **Construtor atuar no papel de “projetista do processo construtivo”**
- **Detalhes de elementos estruturais objetivando aumentar o reaproveitamento de materiais e/ou a produtividade da mão-de-obra**
- **Análise das plantas dos pavimentos na seqüência de execução**
- **Análise de índices estruturais**

Questão corriqueira

- Quanto menor a quantidade de concreto e aço (materiais permanentes) menor o custo da estrutura ?
- Ou seja, o impacto do custo do sistema de fôrma (material temporário) pode ser negligenciado ?

O custo do molde da fôrma é realmente significativo?

1 m³ de estrutura → ~ 10 m² área contato de fôrma

1 m² do molde de fôrma → ~ R\$ 60,00/m²

- Molde de fôrma com 1 uso	R\$ 600,00/m ³ de estrutura
- Molde de fôrma com 2 usos	R\$ 300,00/ m ³ de estrutura
- Molde de fôrma com 10 usos	R\$ 60,00/ m ³ de estrutura
- Molde de fôrma com 20 usos	R\$ 30,00/ m ³ de estrutura

Custo comparativo da estrutura de concreto armado de um edifício hipotético

SITUAÇÃO A: *Projeto desenvolvido com enfoque nos materiais permanentes*

- concreto	27%
- armação	22%
- fôrma	51%

SITUAÇÃO B: *Projeto desenvolvido com enfoque nos materiais temporários*

- concreto	33%
- armação	28%
- fôrma	39%

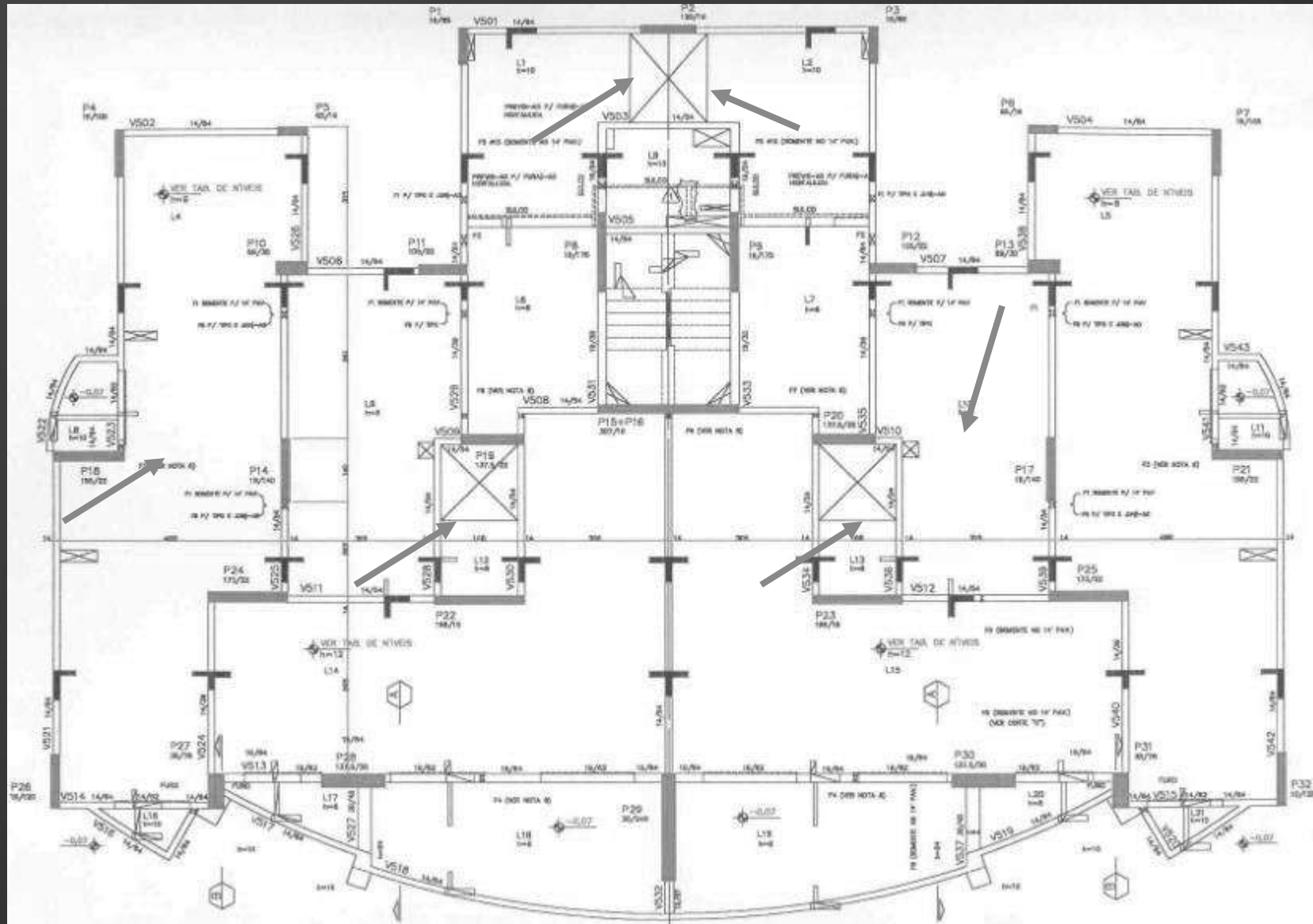
Redução de custo da estrutura  **13%**

***Detalhes interessantes no lançamento
estrutural para otimização das fôrmas***

PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE

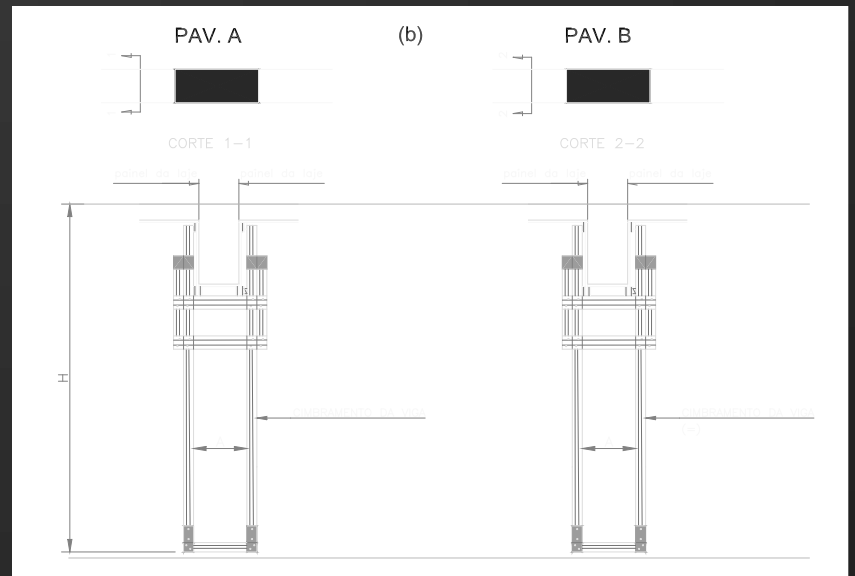
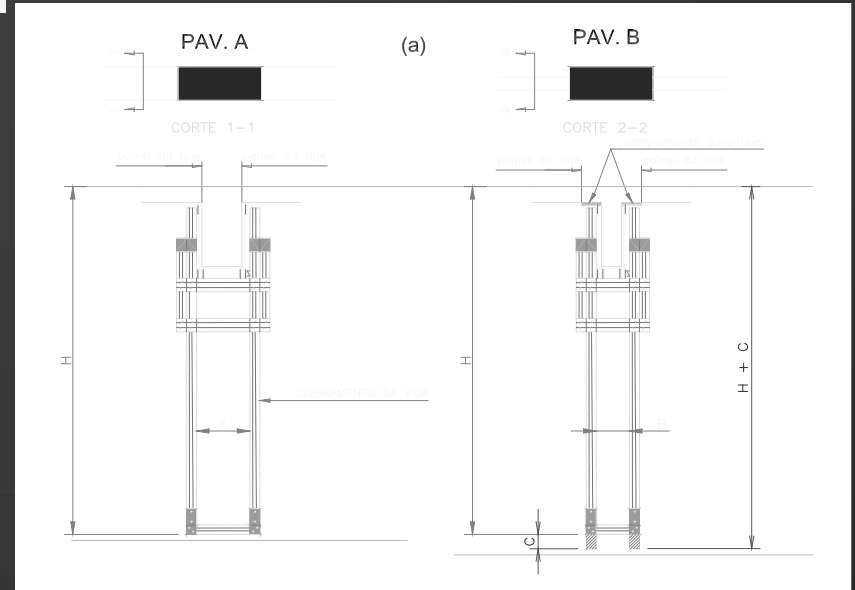
Sistema de Fôrmas

Evitar vigas desnecessárias

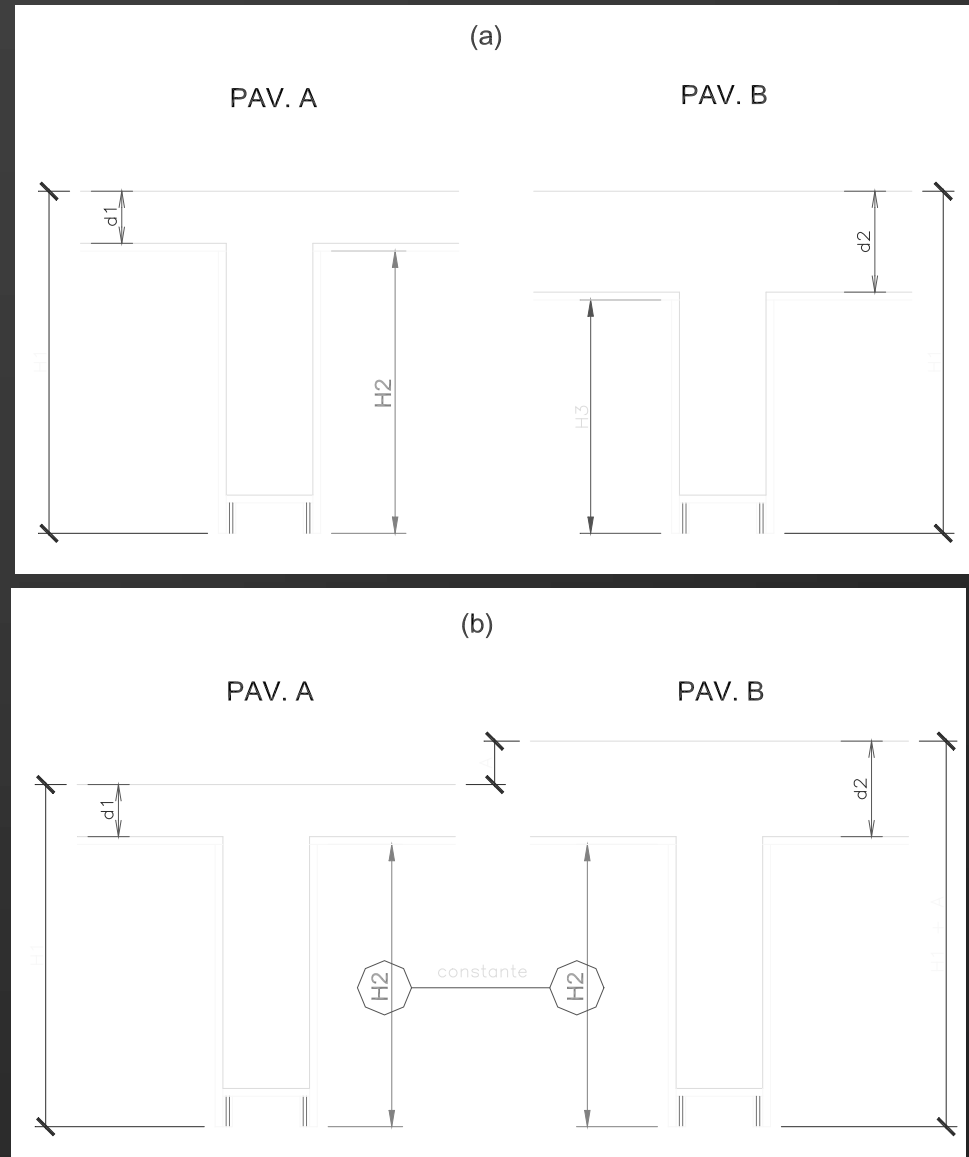


PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE – Sistema de Fôrmas

procurar manter constante a
largura de vigas entre
pavimentos consecutivos



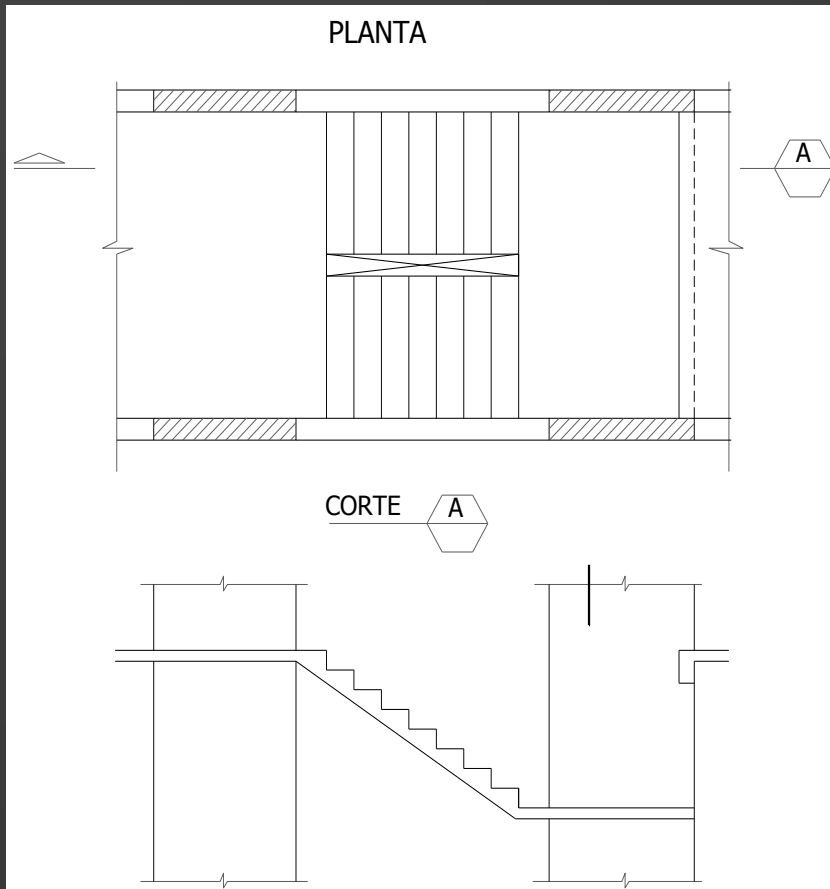
procurar manter constante a “altura” de vigas entre pavimentos consecutivos



**Evitar formas
complexas de
execução**



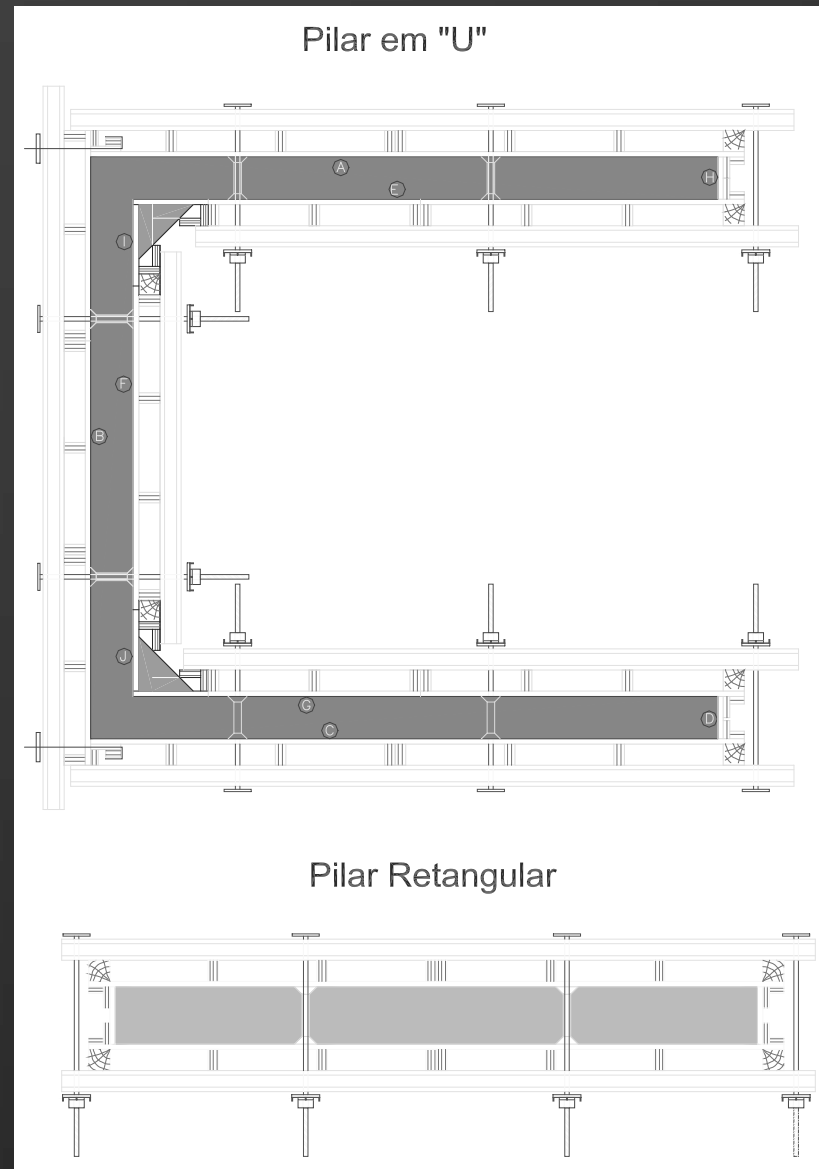
Escada – boa solução



Escada – má solução

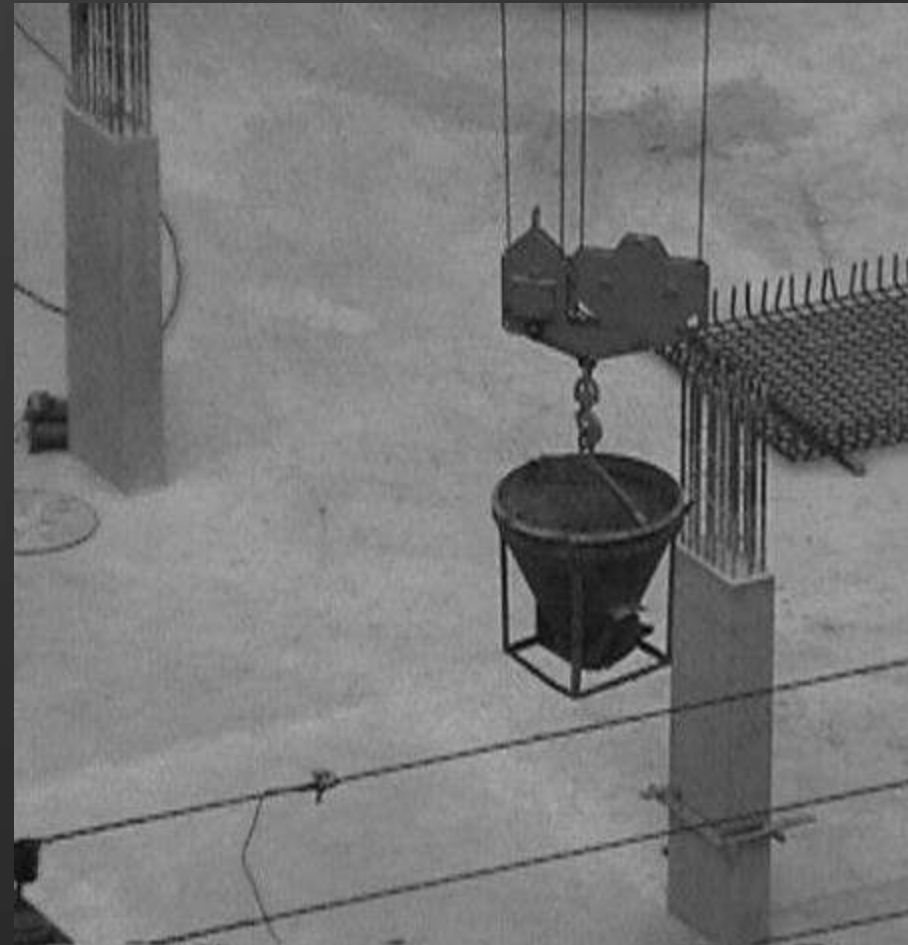
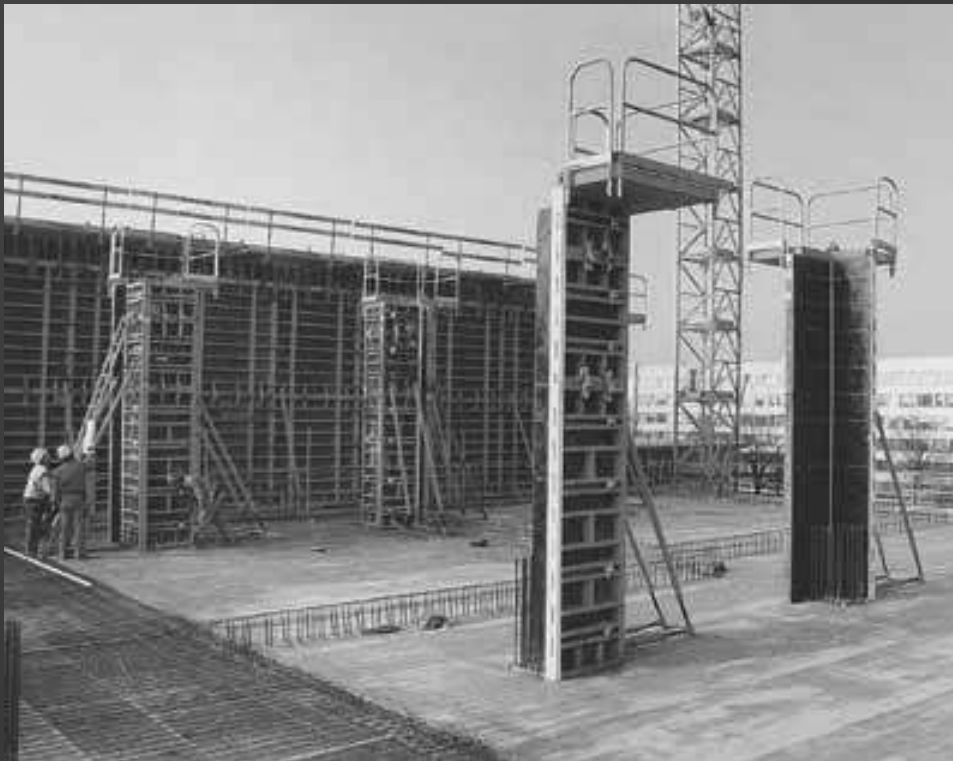


formato de pilares



Característica construtiva x lançamento estrutural

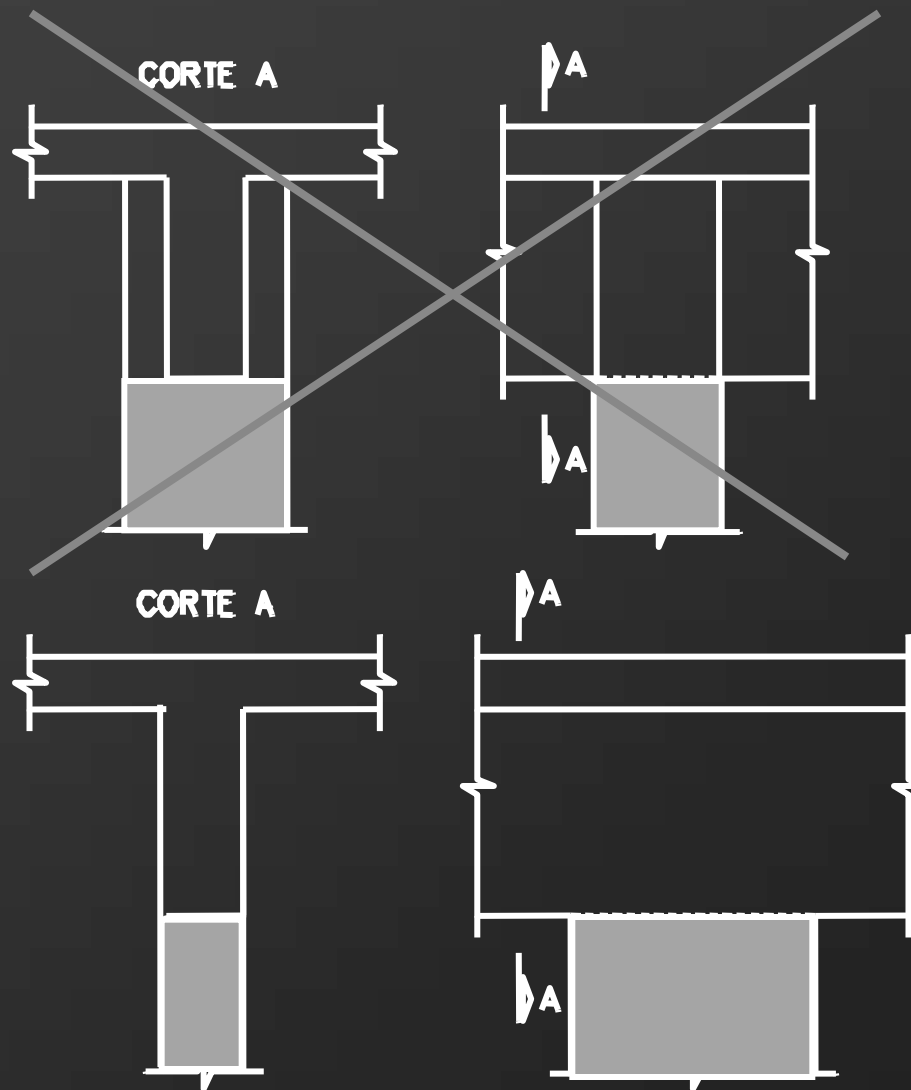
concretagem de
“pilar solteiro”



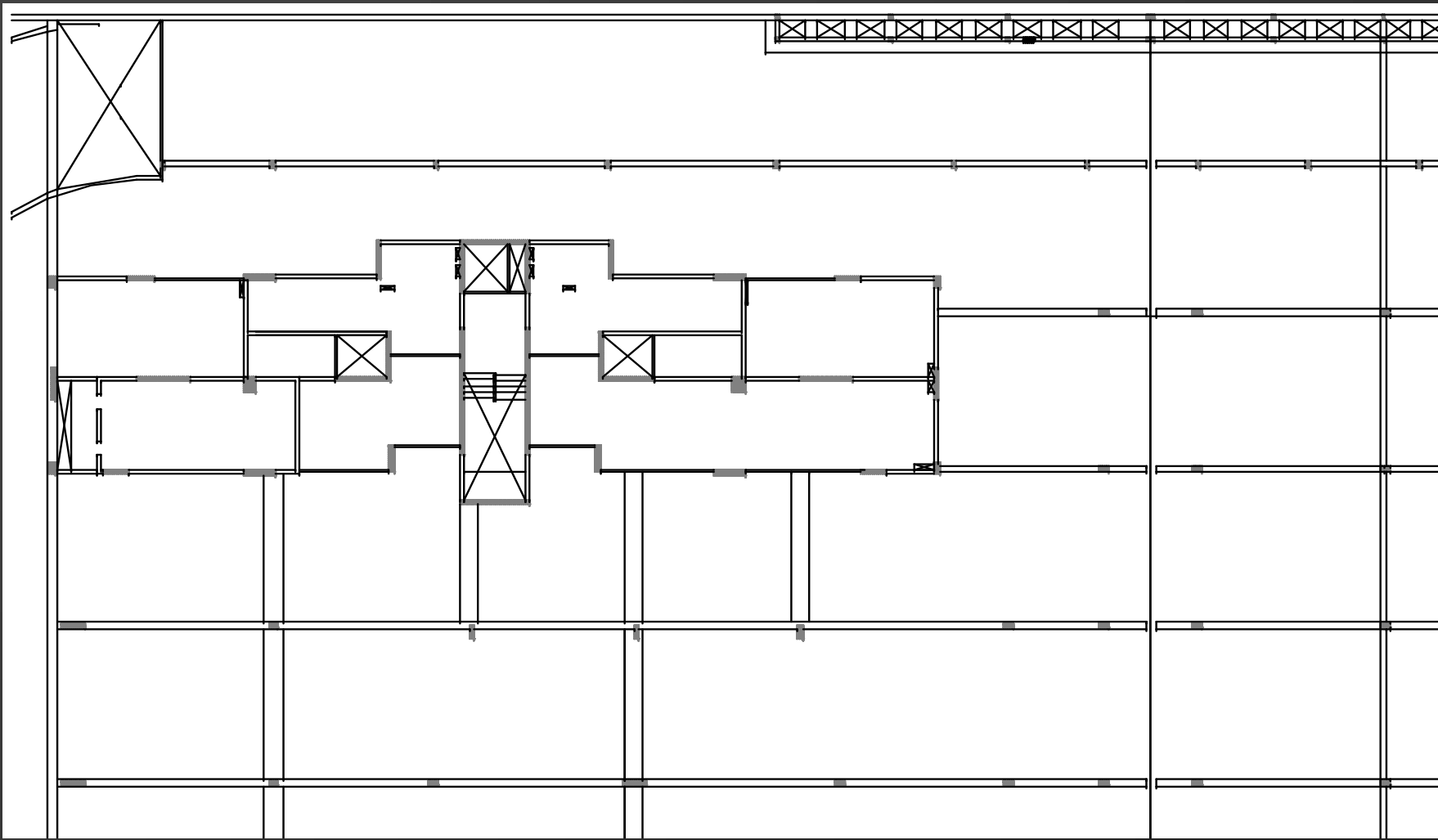
Característica construtiva x lançamento estrutural

concretagem de
“ pilar solteiro”

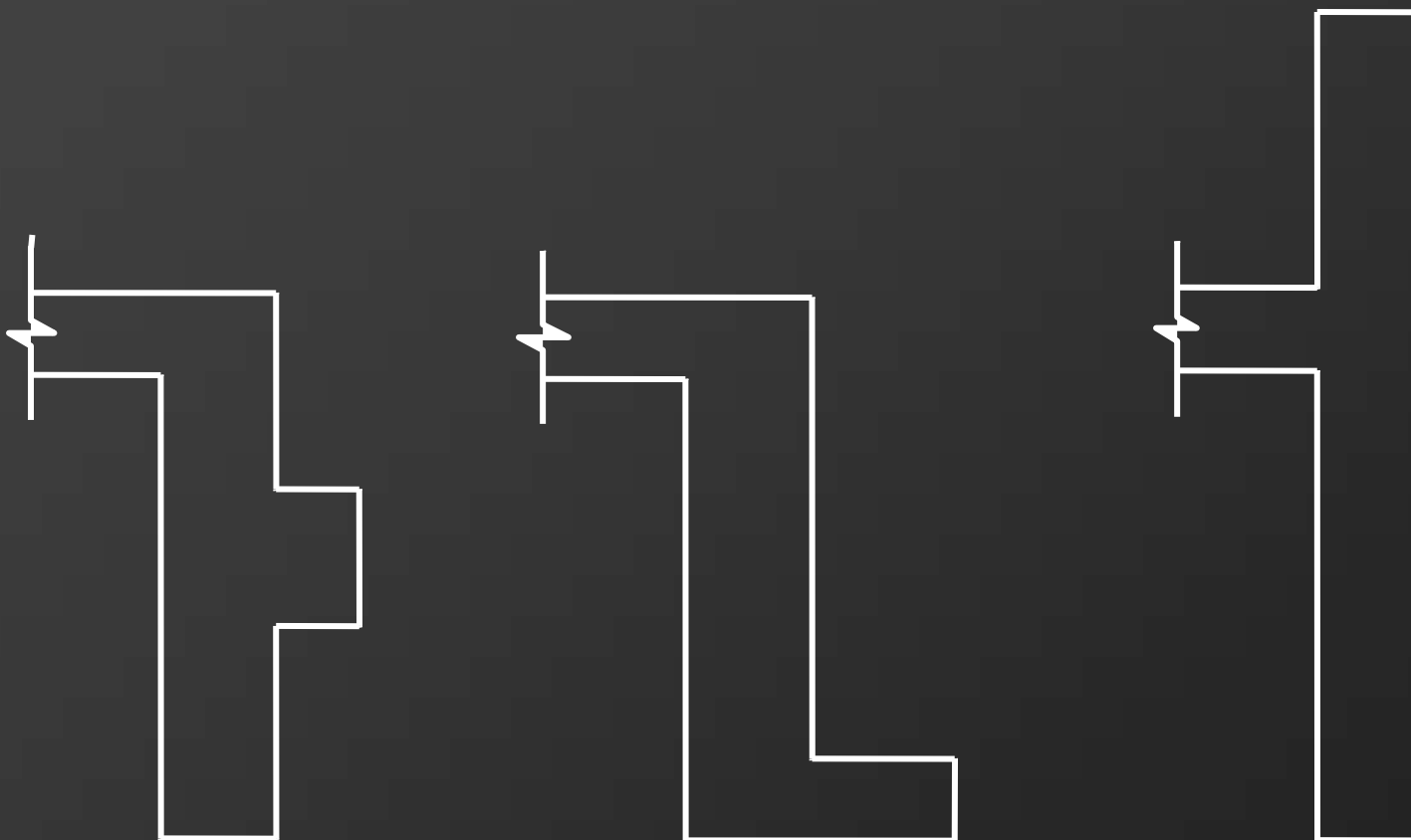
Vigas sobre “Pilares Solteiros” devem ter largura igual a do pilar para facilitar a execução



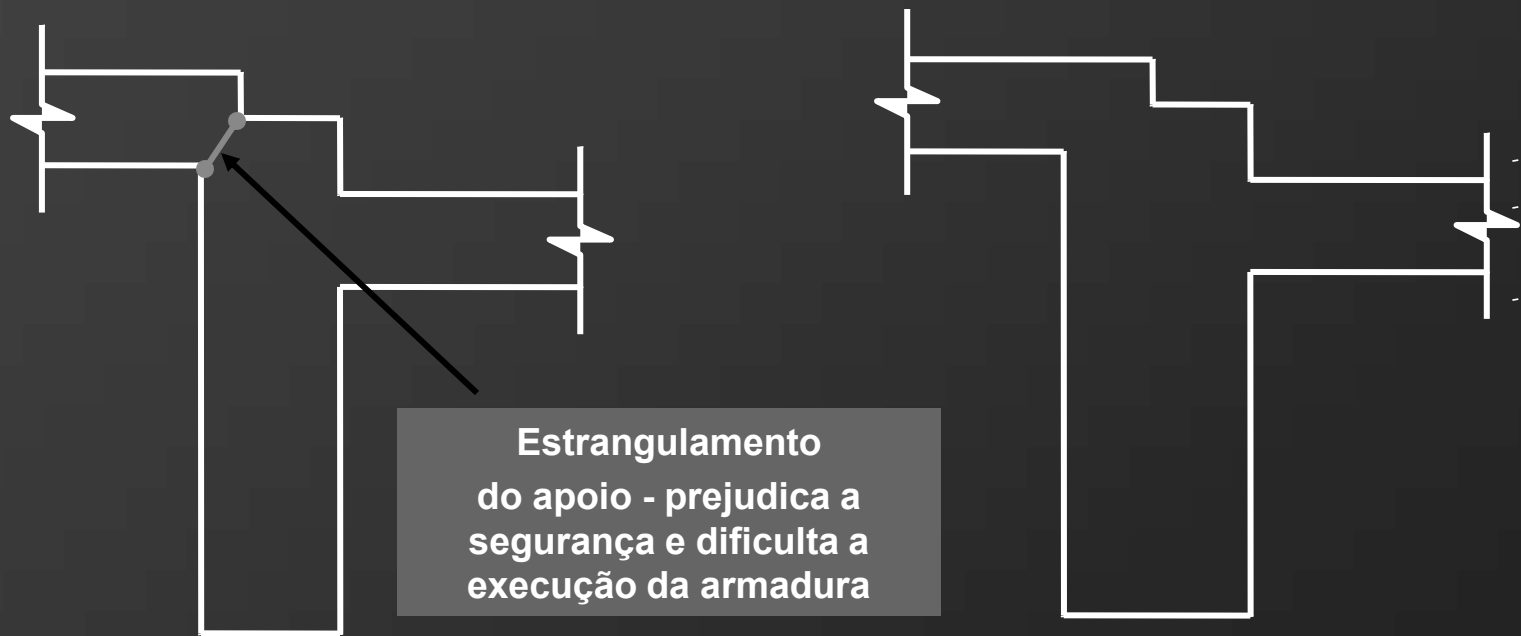
Fôrma do embasamento privilegiando o reaproveitamento de painéis de vigas e lajes



Evitar Abas em Vigas e Vigas Invertidas

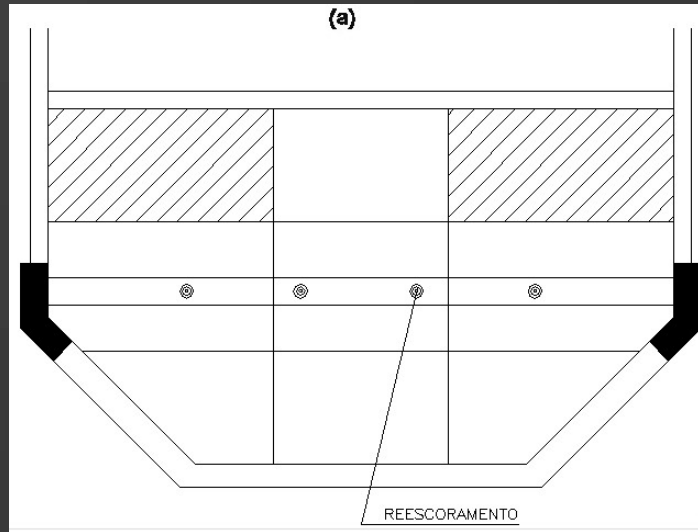


Detalhe de rebaixo para colocação do caixilho da varanda

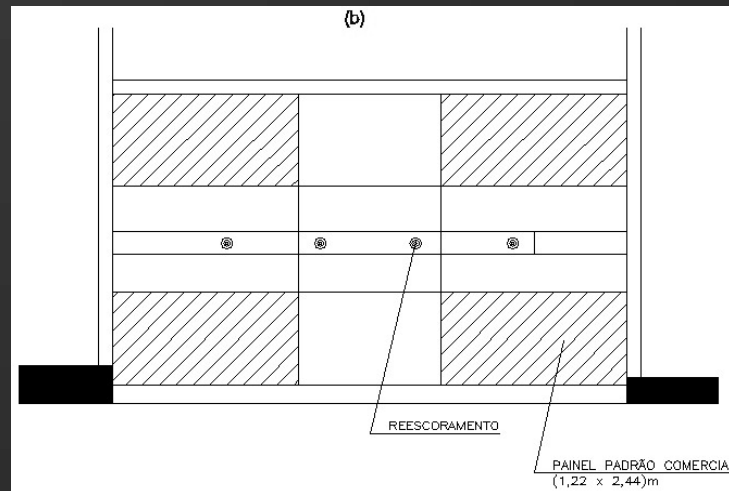


Geometria das lajes

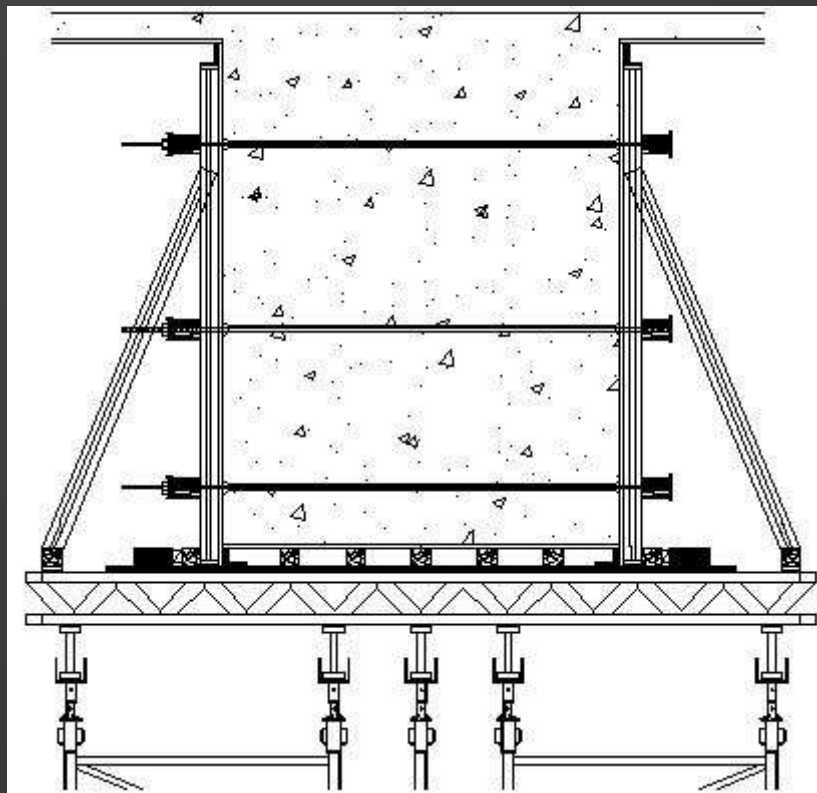
Má solução



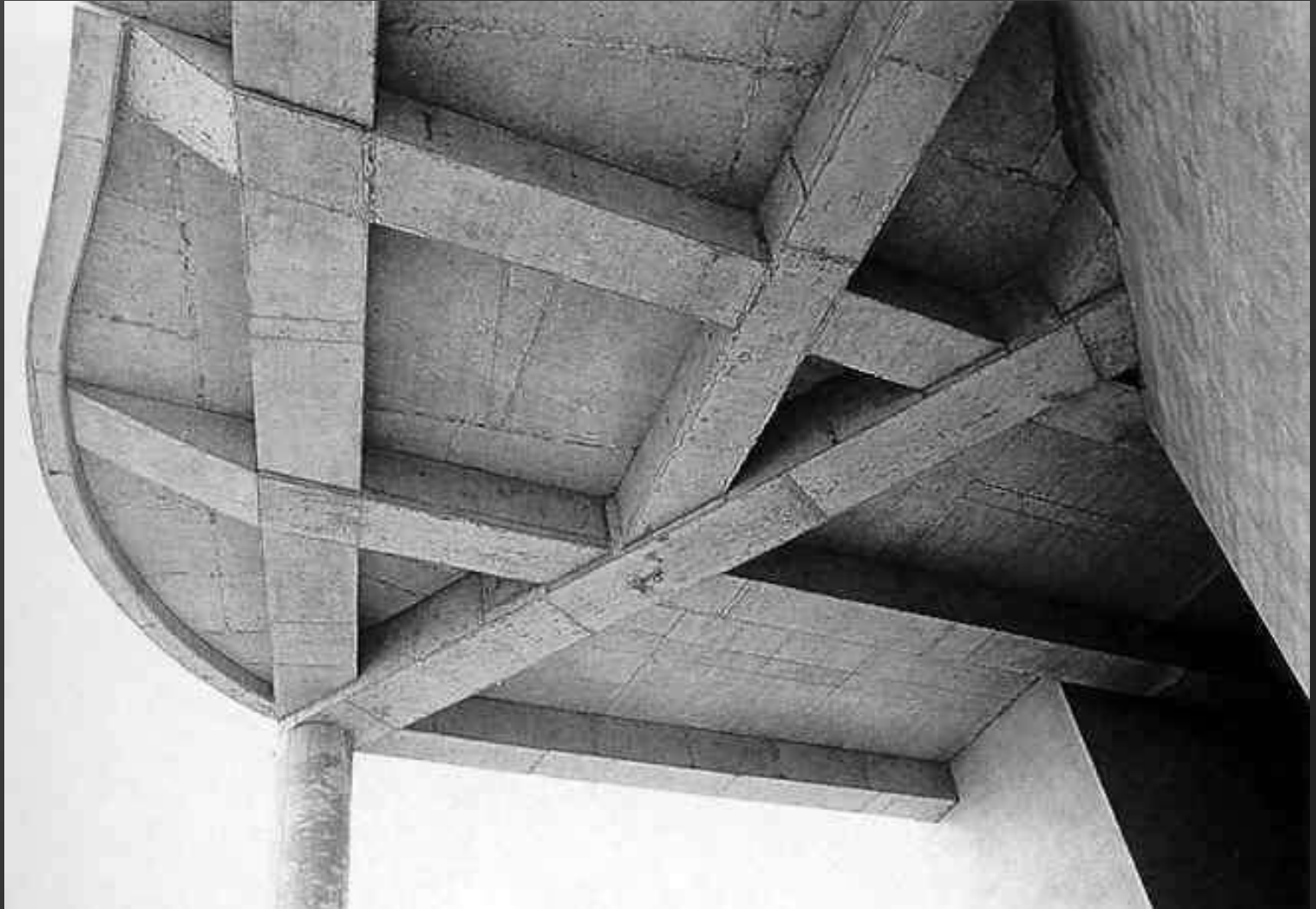
Boa solução



Evitar transições



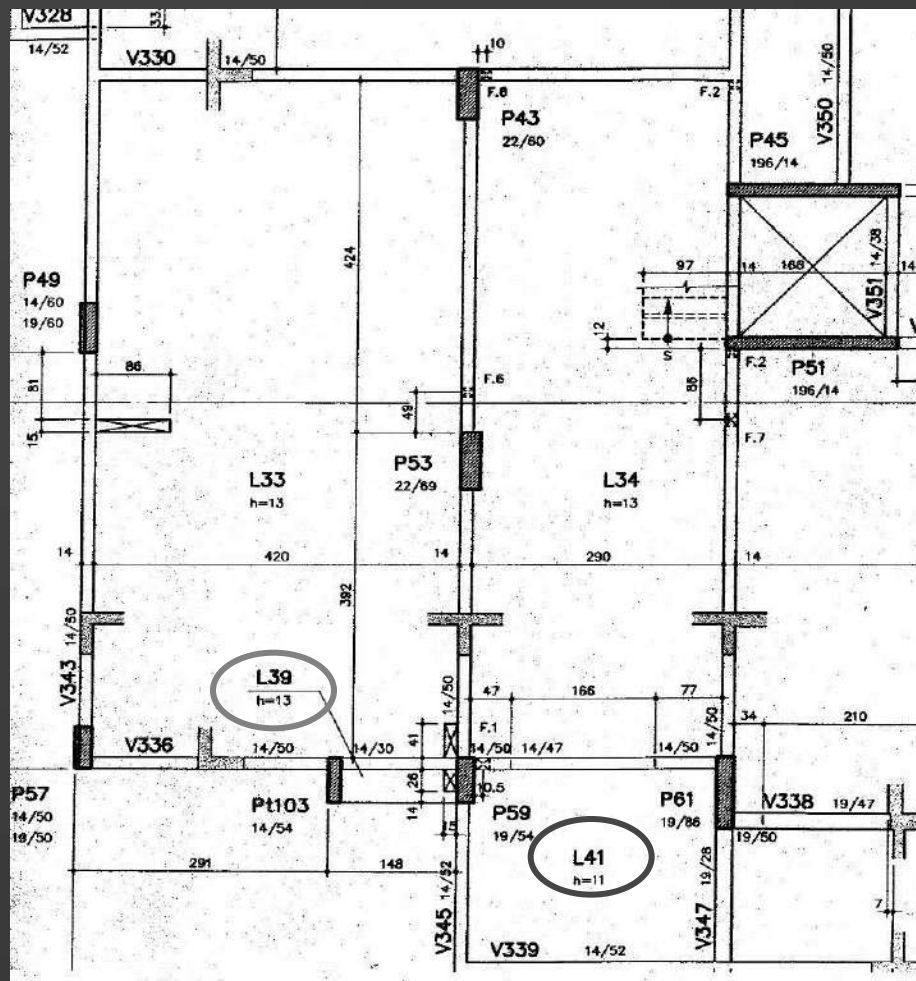
Evitar grelha de vigas



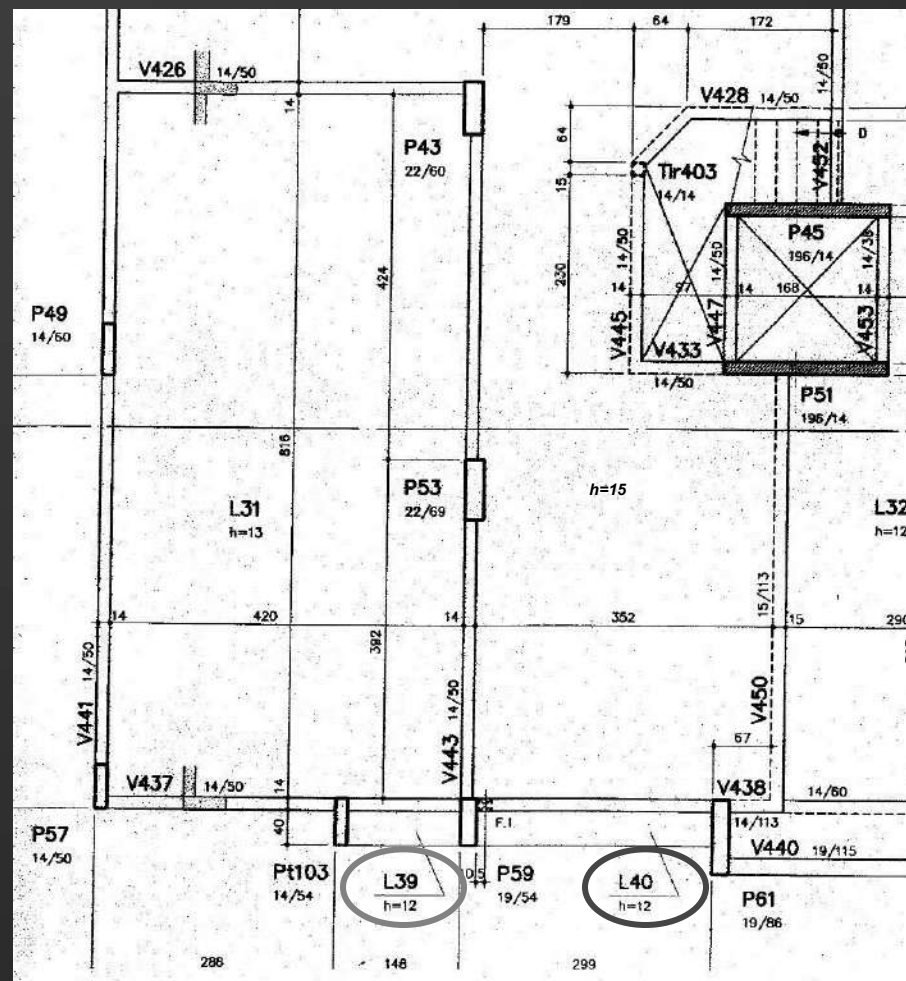
PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE - Sistema de Fôrmas



Análise seqüencial das plantas de estrutura



Pavimento "n"



Pavimento "n+1"

Índices estruturais

Tabela 4-2 – Índices para os pavimentos tipo das três obras estudadas					
ÍNDICE			Obra A	Obra B	Obra C
(1)	m² AC fôrma / m² AP		2,2	2,0	2,2
(2)	m² AC fôrma / m³ concreto		9,2	8,6	8,6
(3)	m² AP / número pilares		13,8	11,5	13,9
(4)	esp. média concreto (cm)		23,7	23,4	25,5
(5)	taxa armad. (kg/m³ conc.)		92,5	77,6	90,0
(6)	taxa armad. (kg/m² AP)		21,9	18,2	22,9
(7)	Área de contato de fôrma (m²)	Pilares	178	293	251
		Vigas	142	154	168
		Lajes	243	323	317
		Escada	16	17	20

§ (1) - m² AC fôrma / m² AP: representa a relação entre área de contato de fôrma e área de projeção total do pavimento (sem descontar vãos de elevadores, shafts, etc.);

§ (2) - m² AC fôrma / m³ concreto: representa a relação entre área de contato de fôrma e volume total de concreto do pavimento (pilares, vigas, lajes e escadas);

§ (3) - m² AP / número pilares: representa a relação entre área de projeção total do pavimento (m² AP) e quantidade de pilares existentes no pavimento;

§ (4) - espessura média de concreto: representa a relação entre volume total de concreto do pavimento e área de projeção total do pavimento (m² AP);

§ (5) e (6) - taxa de armadura: representa a relação entre massa total de armadura do pavimento (pilares, vigas, lajes e escadas) e:

○ (5) - volume total de concreto do pavimento, em kg/m³ conc.;

(6) - área de projeção total do pavimento, em kg/m² AP.

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

Parâmetros a considerar para decidir sobre o sistema de fôrma que melhor se adapta a uma obra:

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Repetitividade



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



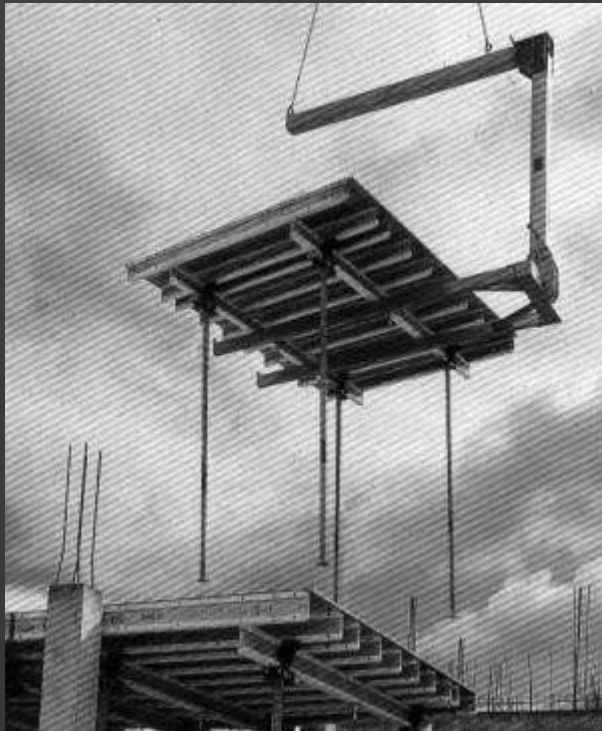
Velocidade de execução

☐ BLOCO A		205 d	12 Junho	07 Abril		
☐ Estrutura		205 d	12 Junho	07 Abril		
Teto 1o subsolo		20 d	12 Junho	11 Julho		
Teto 1o pav		20 d	11 Julho	08 Agosto		
Teto 2o pav		15 d	08 Agosto	29 Agosto		
Teto 3o pav		15 d	29 Agosto	20 Setembro		
☐ BLOCO A		93 d	12 Junho	23 Outubro		
☐ Estrutura		93 d	12 Junho	23 Outubro		
Teto 1o subsolo		14 d	12 Junho	02 Julho		
Teto 1o pav		11 d	02 Julho	18 Julho		
Teto 2o pav		6 d	18 Julho	26 Julho		
Teto 3o pav		6 d	26 Julho	05 Agosto		
Teto 4o pav		6 d	05 Agosto	13 Agosto		
Teto 5o pav		6 d	13 Agosto	21 Agosto		
Teto 6o pav		6 d	21 Agosto	29 Agosto		
Teto 7o pav		6 d	29 Agosto	06 Setembro		
Teto 8o pav		6 d	06 Setembro	17 Setembro		
Teto duplex superior		8 d	17 Setembro	27 Setembro		
Teto barrilete		8 d	27 Setembro	09 Outubro		
Teto do fundo da caixa d'água		10 d	09 Outubro	23 Outubro		

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



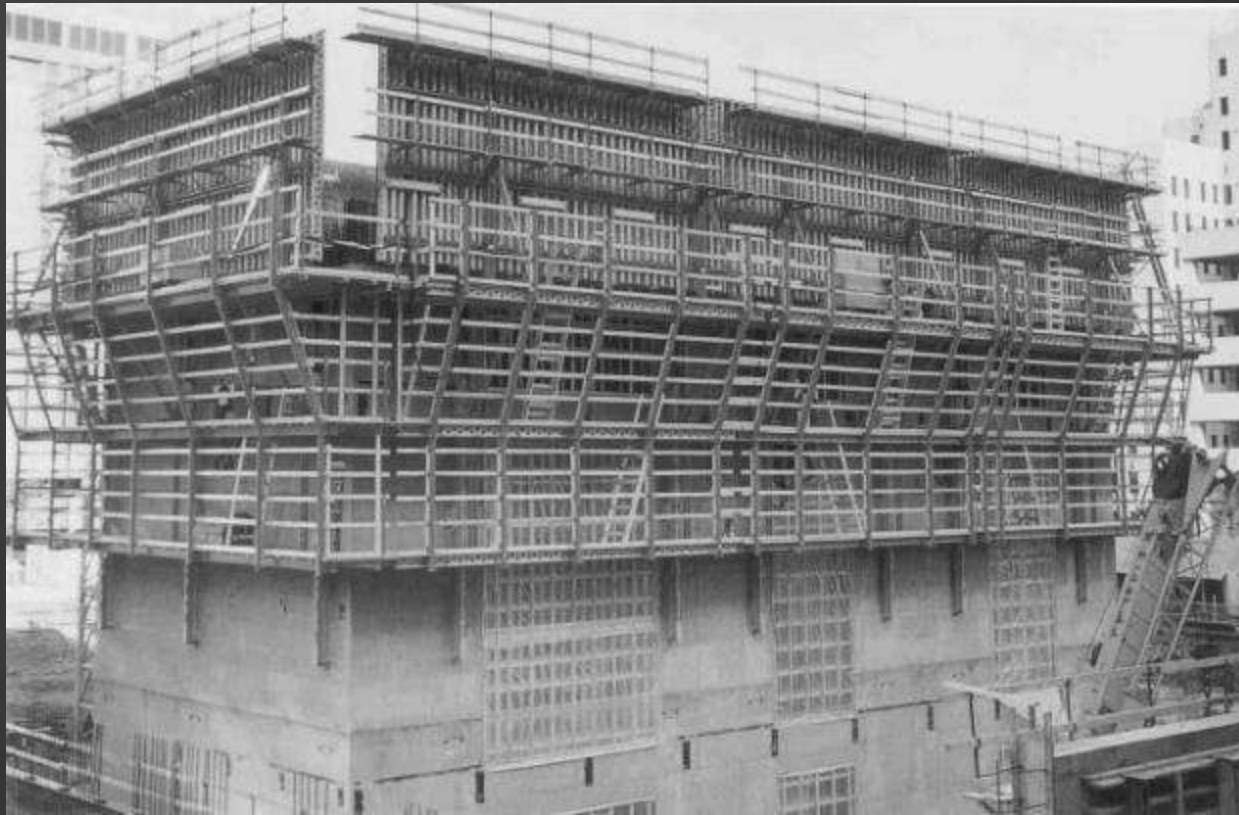
Equipamento de movimentação



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Complexidade da obra



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Domínio tecnológico



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



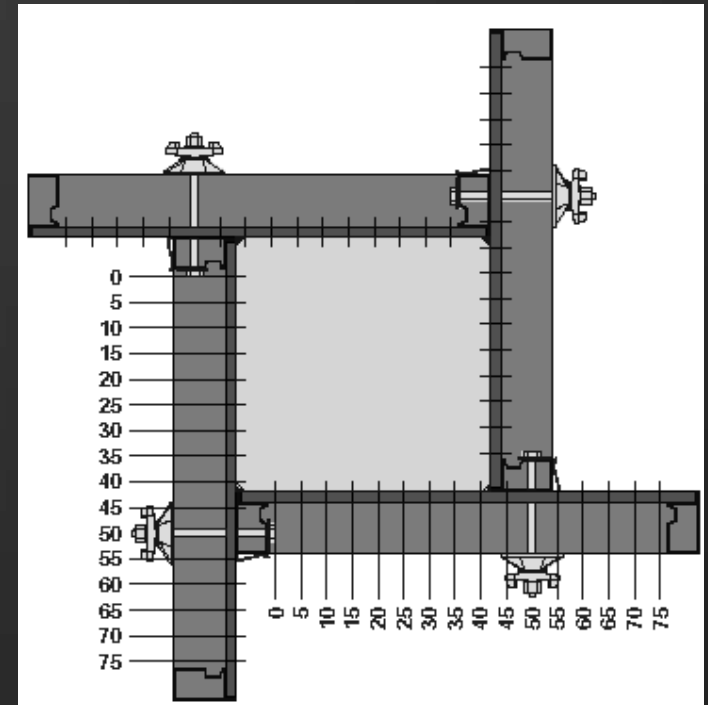
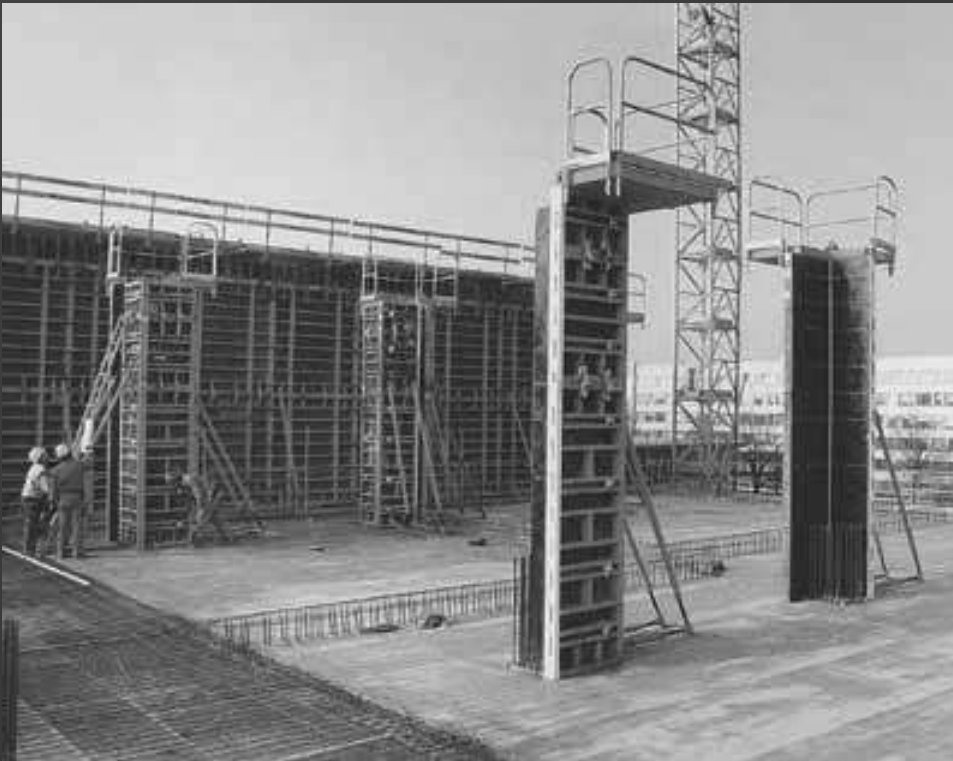
Acabamento superficial



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Compatibilidade do lançamento estrutural com os equipamentos do sistema de fôrmas



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Conhecimento dos sistemas disponíveis

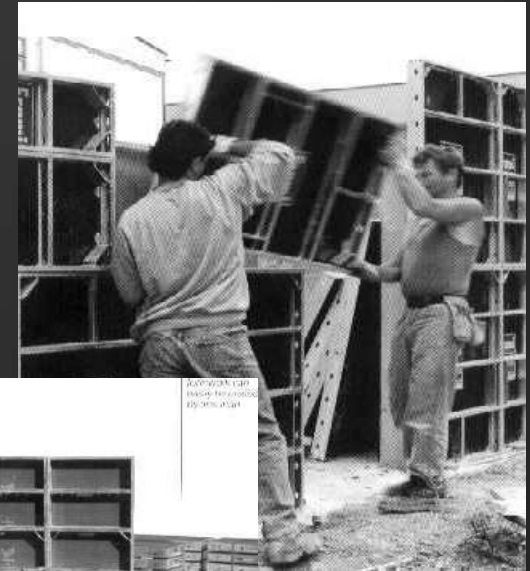
**TRADICIONAL
RACIONALIZADO**

INDUSTRIALIZADO

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

INDUSTRIALIZADO

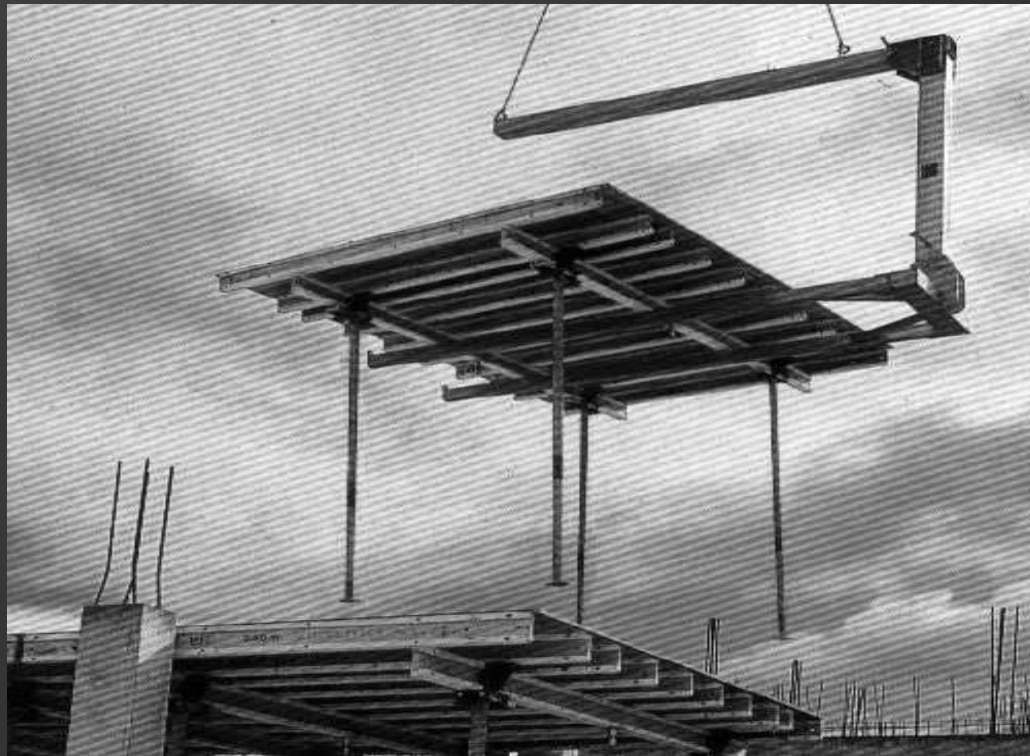
Fôrmas com painéis metálicos modulados e molde em chapa de compensado



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

INDUSTRIALIZADO

Sistema Tipo Mesa Voadora

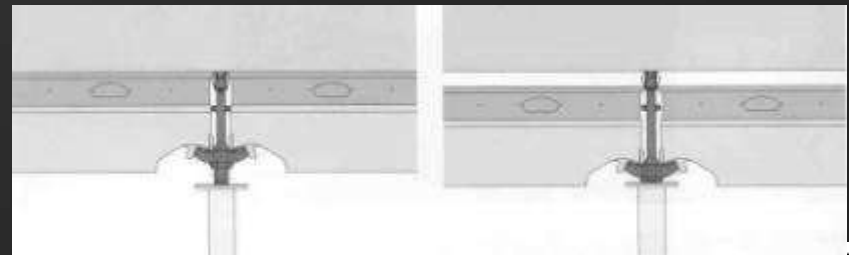


2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

INDUSTRIALIZADO



Sistema Tipo “DECK”



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA

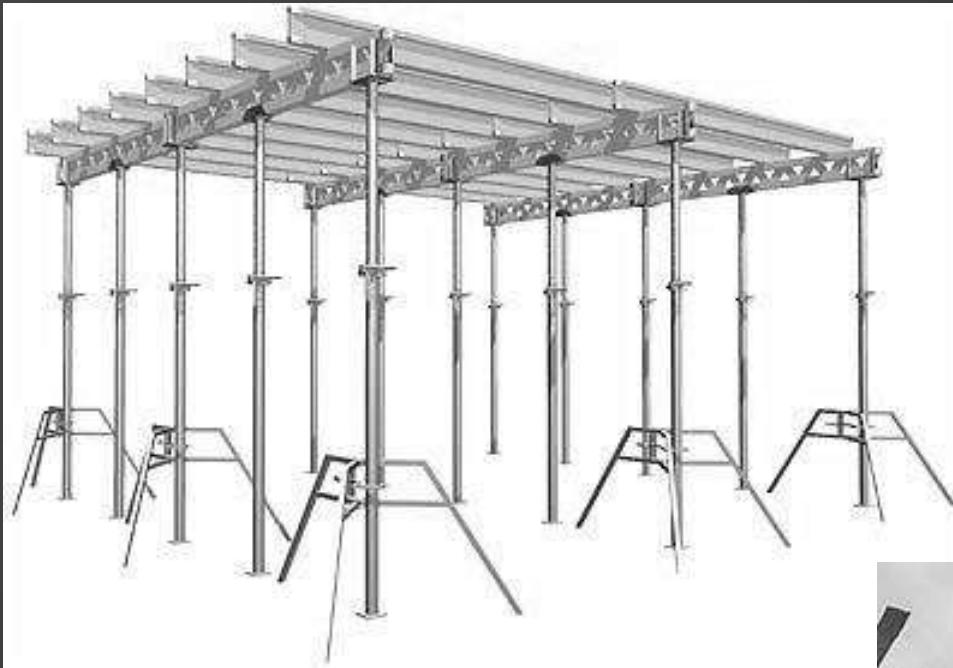
TRADICIONAL RACIONALIZADO



Lançamento Estrutural



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Lançamento Estrutural



2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



SKYDECK

2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Custo x benefício

O que considerar quando da análise do *custo x benefício* do cimbramento?

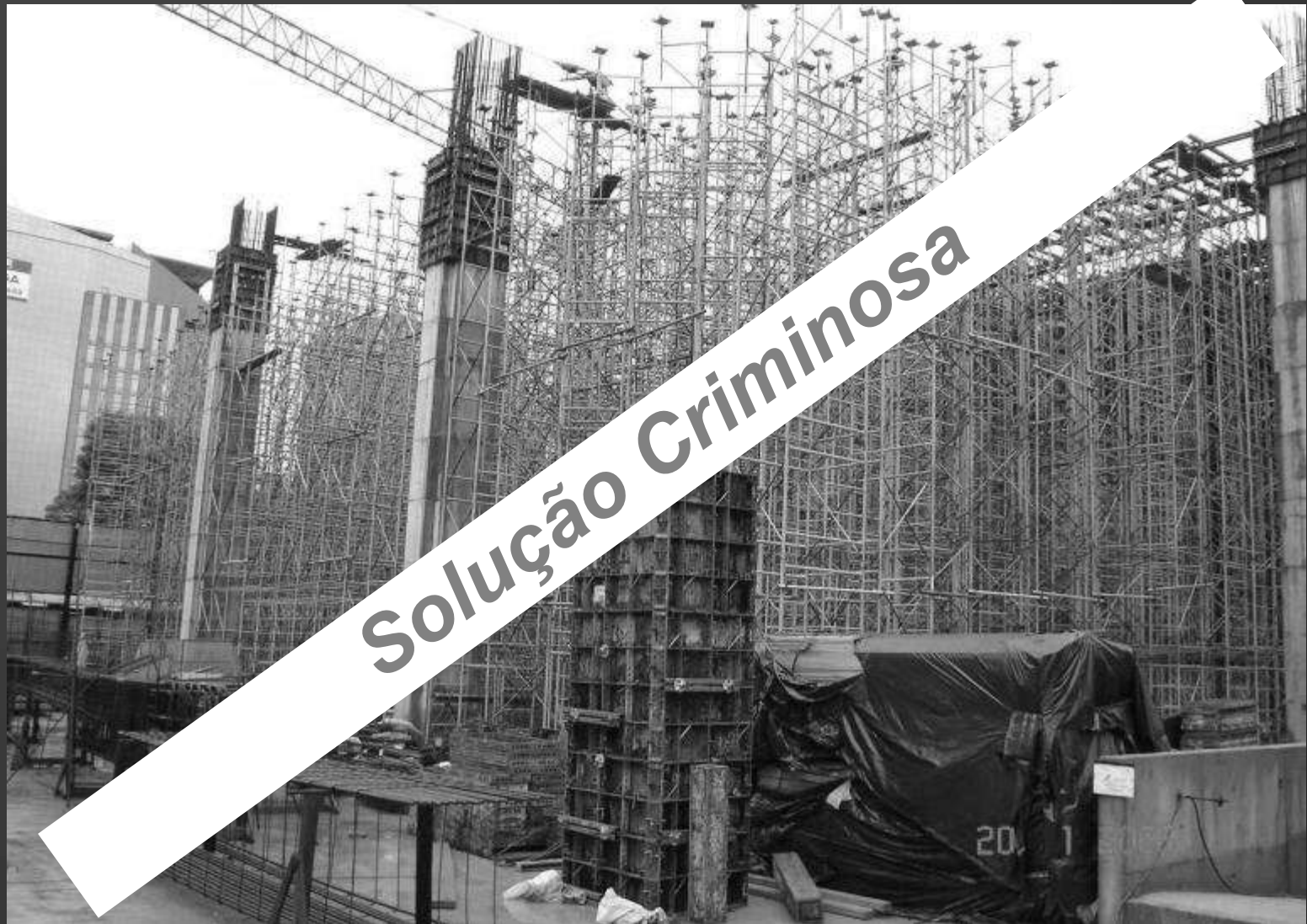
2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMA



Custo x benefício

- custo com locação do cimbramento**
- custo com retirada e devolução - fretes**
- durabilidade do equipamento / devolução**
- versatilidade do equipamento**
- peso do equipamento: total e dos componentes**
- quantidade de componentes do sistema**
- projetos do cimbramento**
- produtividade da mão-de-obra**
- outros**

Custo x benefício: exemplo negativo de decisão



3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

MADEIRA: ainda é o material mais utilizado na fabricação do molde da fôrma

- Madeira serrada: sarrafos; tábuas; pontaletes
- Chapas de madeira compensada

3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

MADEIRA SERRADA

sarrafos e pontaletes: são, basicamente, os elementos de estruturação e/ou sustentação das chapas de madeira compensada.

(~ 21 % do custo total dos materiais)

CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA

é principal e a responsável pela definição da textura superficial do concreto, ou seja, todo o contato do concreto com a fôrma se dá através deste material.

(~ 73 % do custo total dos materiais)

3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

Madeira Serrada - Problemas na Aquisição

- 1. Dimensões das peças;**
- 2. Madeira bitolada → espessura do material
→ preço;**
- 3. Espécie declarada x material entregue;**
- 4. Umidade de entrega;**
- 5. Irresponsabilidade do mercado fornecedor;**
- 6. Insuficiência de normas técnicas;**
- 7. Desdém dado ao produto pelo próprio usuário**



3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

Madeira Serrada – Recomendações para Compra e Recebimento

- 1. Quantidade fornecida x pedido de compra x declarada N.F.;**
- 2. Dimensões – espessura, largura e comprimento: especificar os valores para compra e as tolerâncias de recebimento – referência NBR 9194;**
- 3. Defeitos: especificar os defeitos e as tolerâncias admissíveis de recebimento – referência NBR 11700;**
- 4. Densidade de massa aparente: faixa de trabalho recomendada entre 0,50 kg/dm³ e 0,70 kg/dm³;**
- 5. Umidade: recomendável até 20%, sendo tolerável limite máximo de 25%;**
- 6. Espécie da madeira: comparar com amostra.**

CHAPAS DE MADEIRA COMPENSADA

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA	TOLERÂNCIA	OBSERVAÇÕES
Montagem	Número de lâminas ímpar;Lâmina da face e contraface paralela ao comprimento da chapa, sendo admitido duas lâminas coladas entre si com a mesma orientação da grã.	-	-
Dimensões: largura e comprimento (tomadas no meio da largura e comprimento da chapa)	2.440mm por 1.220mm	± 2mm, em qualquer direção	Outras dimensões consideradas especiais; .
Forma	Retangular, formando quatro ângulos retos	Desvio máximo de 10 minutos ^[1]	-
Espessuras (determinada, no mínimo, 50mm da borda da chapa, em um ponto tomado ao acaso)	4 mm 6 mm 9 mm 12 mm 15 mm 18 mm 21 mm	± 0,5 mm ± 0,6 mm ± 0,7 mm ± 0,8 mm ± 1,0 mm ± 1,0 mm ± 1,0 mm	3* 3* 5* 5* 7* 7* 9*
Número lâminas	Conforme indicado na coluna observações da característica espessura	-	-
Módulo Elasticidade	Mínimo de 4.000 N/mm² em qualquer das duas direções	Mínimo de 4.000 N/mm²	Método NBR 9533
Resistência colagem ao esforço de cisalhamento	(não especificado valor)	-	Método NBR 9534 Mínimo de 80% de falha na madeir ¹ MÉTODO

3. MATERIAIS COMPONENTES DO MOLDE DE MADEIRA

Chapa Madeira

es para Recebimento

1. quantidade
2. dimensões
3. número d
4. ortogonal
5. análise
superficial
falhas na
bordas;
6. ensaio ex



to e espessura;

das lâminas
ão, presença de
e proteção das

4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE DA FÔRMA

Participação dos componentes da estrutura de concreto armado

	No custo da estrutura (pesquisa bibliográfica)	No prazo de execução da estrutura	No prazo de execução da obra
Sistema de fôrma	de 30% a 59%	60%	30%
Armação	de 20% a 28%	20%	10%
Concreto	de 21% a 30%	20%	10%

Projetos de produção

- Os chamados **projetos para a produção** correspondem aos projetos que são elaborados pensando no processo construtivo. O modo de apresentar, os desenhos e informações contidas nestes projetos correspondem exatamente àquelas necessárias para as equipes que estarão executando e fiscalizando o serviço. Eles vêm preencher uma forte lacuna existente nos projetos ditos executivos, melhor atendendo às reais necessidades da obra

CONTEÚDO DO PROJETO

- Especificação dos materiais
- Desenhos de fabricação
- Plantas de montagem

Plantas de Fabricação

- **pilares**
- **gastalhos dos pilares**
- **painéis de vigas**
- **escoramento de vigas**
- **painéis das lajes**
- **outros**

Planta de fabricação



Planta de fabricação



Planta de fabricação



Planta de fabricação

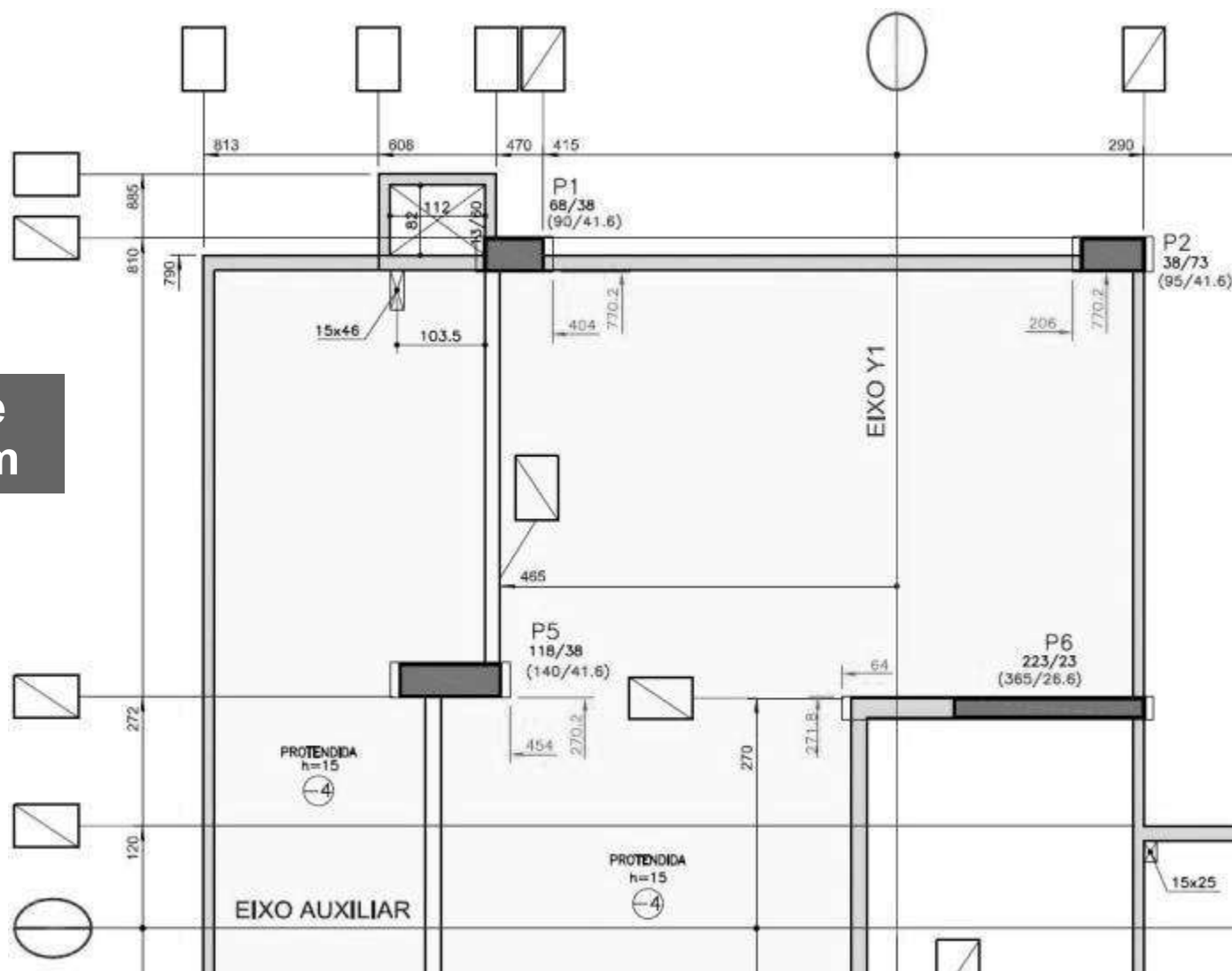


Plantas de Montagem

- **planta esquemática de pilares;**
- **locação dos ganchos dos pilares;**
- **montagem de vigas;**
- **paginação das lajes e posição das escoras permanentes;**
- **distribuição do vigamento e escoras de laje**
- **outros.**

Projeto de produção de fôrma

Planta de Montagem

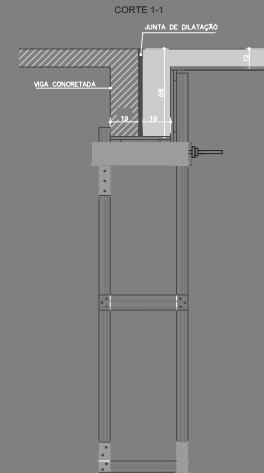


4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

Planta de Montagem



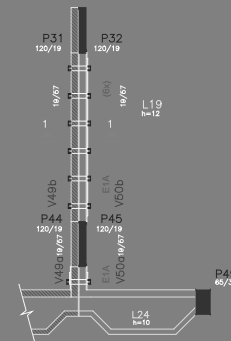
DISTRIBUIÇÃO DAS ESCORAS DE VIGAS



ESPECIFICAÇÕES:

- FORMAS: (18 x 1220 x 2440)mm
MÓDULO DE ELASTICIDADE ($E \geq 4000 \text{ N/mm}^2$)
CATEGORIA FOR P/A (ABNT)
- TÁBUAS E PONTEILOS: PINHO ARAUCÁRIA
(DO PARANÁ) / OU SIMILAR
TENSÃO LIMITE DE RUPTURA À FLEXÃO
ESTÁTICA (f_{Bp} 600 kg/cm²)
OBS: MADEIRAS RIGOROSAMENTE "BITOLADAS"
- PREGOS: FORMA X SARRAFO: 17 X 21
SARRAFO X PONTEILOS: 18 X 27
MONTAGEM: 18 X 27
- BARRA DE ANCORAGEM: e 5/8" CAPACIDADE $\geq 2,5 \text{ ton}$

- ESCORAS DE VIGAS
MÃO-FRANCESA



PROJETO ELABORADO DE ACORDO COM A REVISÃO 4-28.04.00
FOLHA Nº 2-01/3 DA VANTEC LTDA ESTRUTURAS.

NR	DATA	LOCALIZAÇÃO	USO
0	31.07.2000	PROJETO RAJAL	

EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA

LEGENDA P/ PAGAMENTOS:

[illegible]

ASSAH
ENGENHARIA LTDA
DIREÇÃO TÉCNICA DE FOR
OREL 3545

AV. SEN. GASSERIO DA ROCHA, 1
FONE: 6886-7632 Fax: 6881-3
CEP: 04647-000 SÃO PAULO
www.assah.com.br

PL 381, CASSIANO DA ROCHA,
FONE: 6066-7632 FAX: 6061-3
CEP. 84647-000, S.PAULO
e-mail: casiano31@uol.com.br

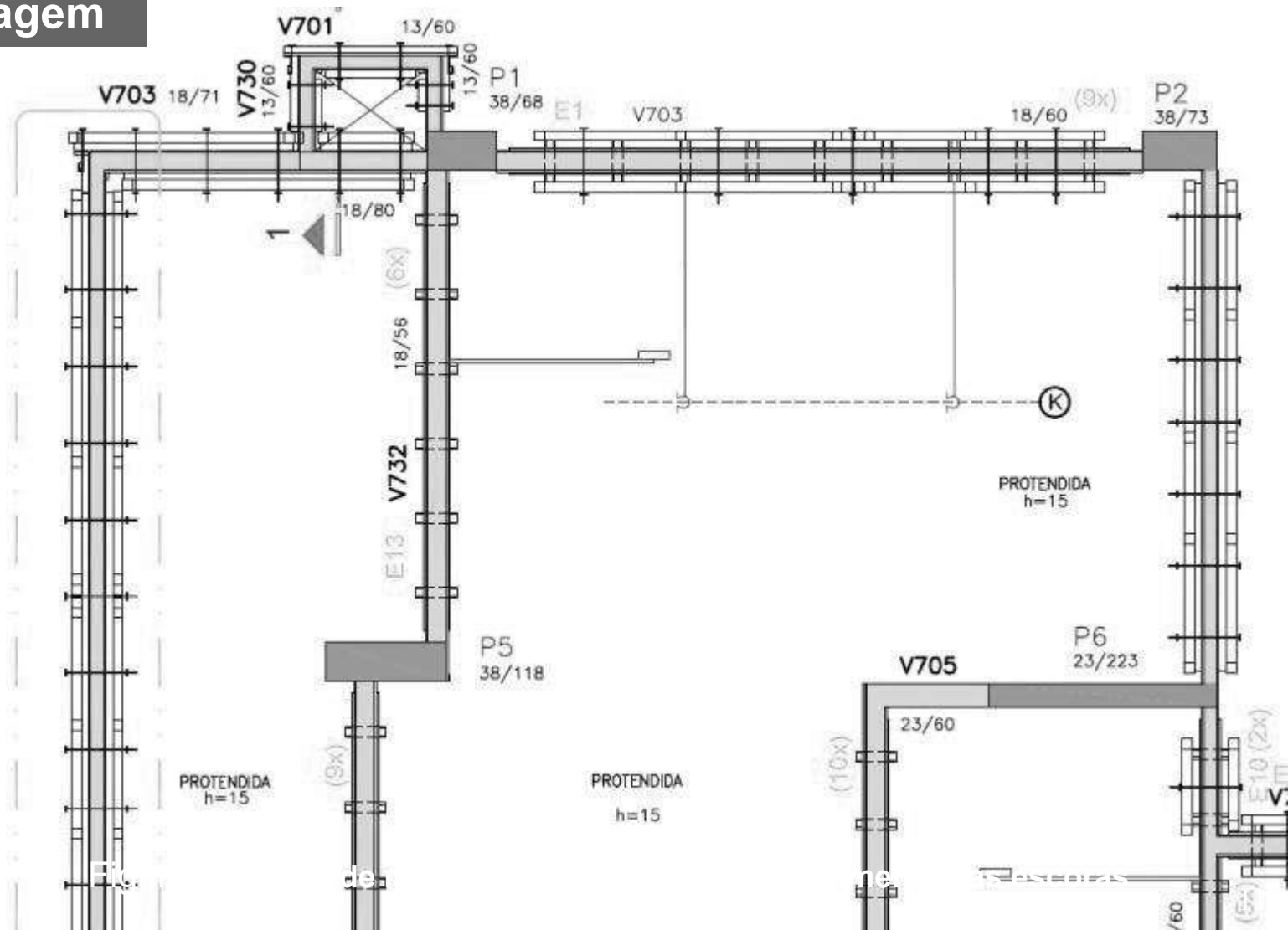
DIREITOS AUTORAIS PROTEGIDOS pela Lei nº 5.988, de 14 de dezembro de 1973.				
ENG. COORDENADOR	PROJETA/CAISTA	ESCALA	OBRA Nº	ARQUIVO
MARINO	PLAUF	1:75	489	300-CP-PC-TP08-000

MANCANA

1973.

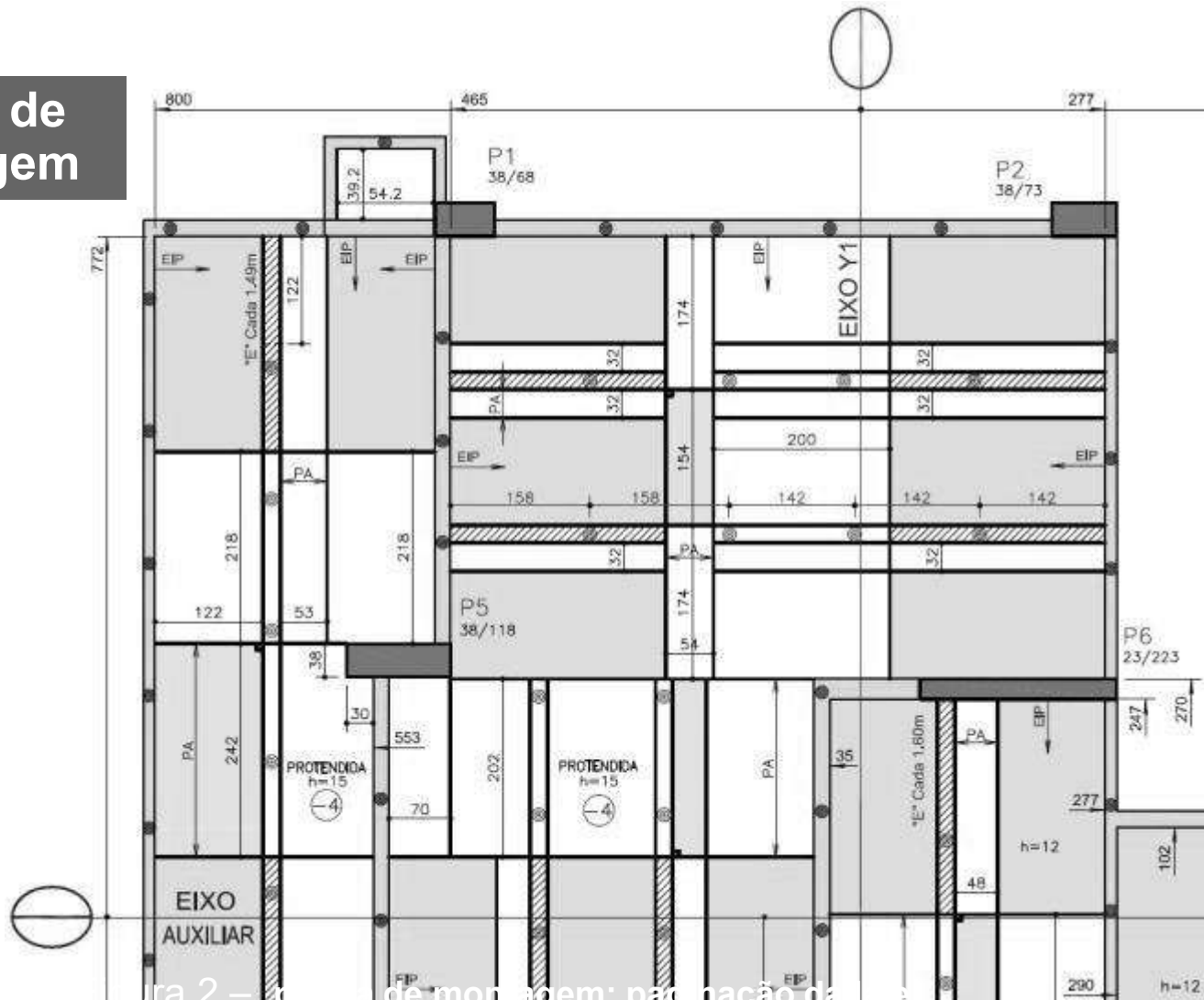
Projeto de produção de fôrma

Planta de Montagem



Projeto de produção de fôrma

Planta de Montagem



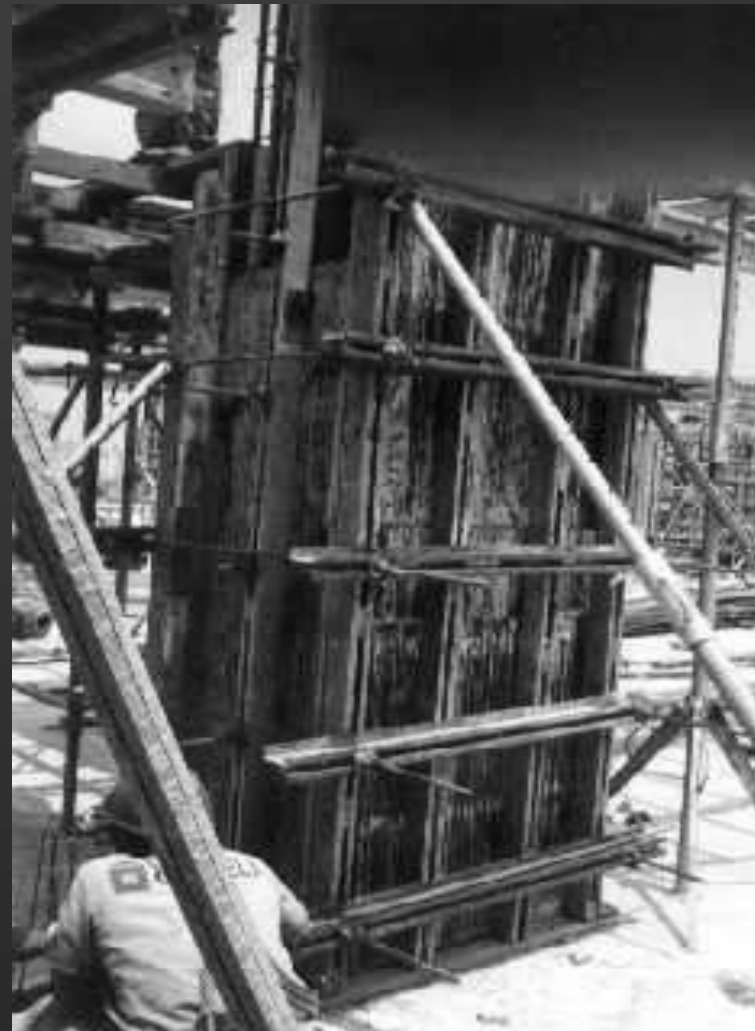
4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

DETALHES IMPORTANTES PARA O PROJETO DE FÔRMA

**que otimizam a produtividade e o
reaproveitamento da fôrma**

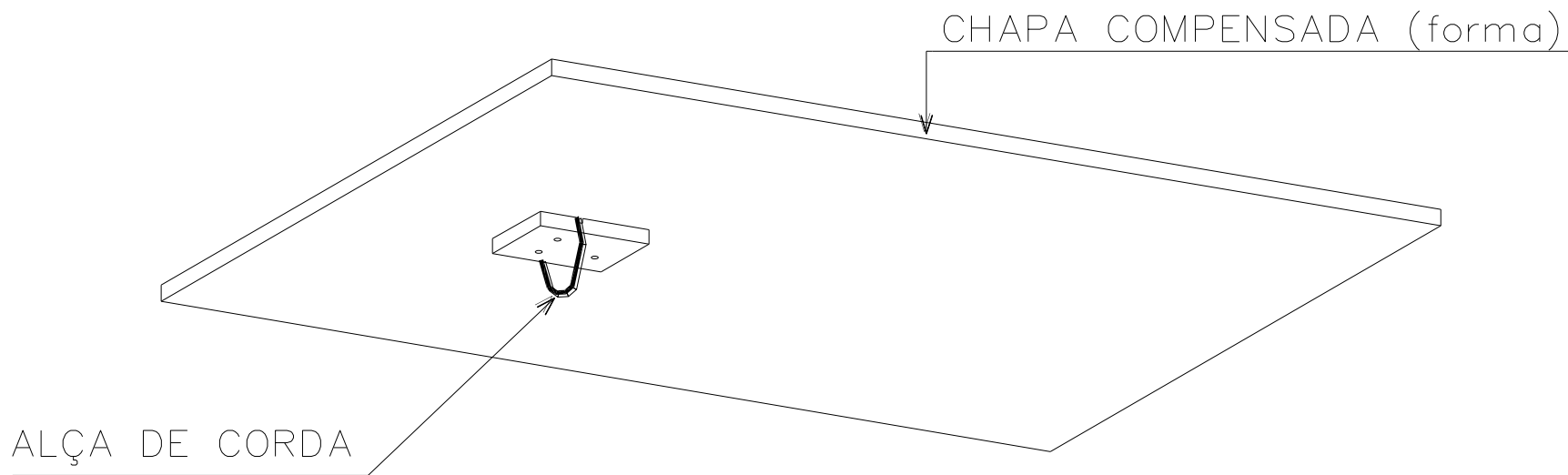
4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

amarração de pilares



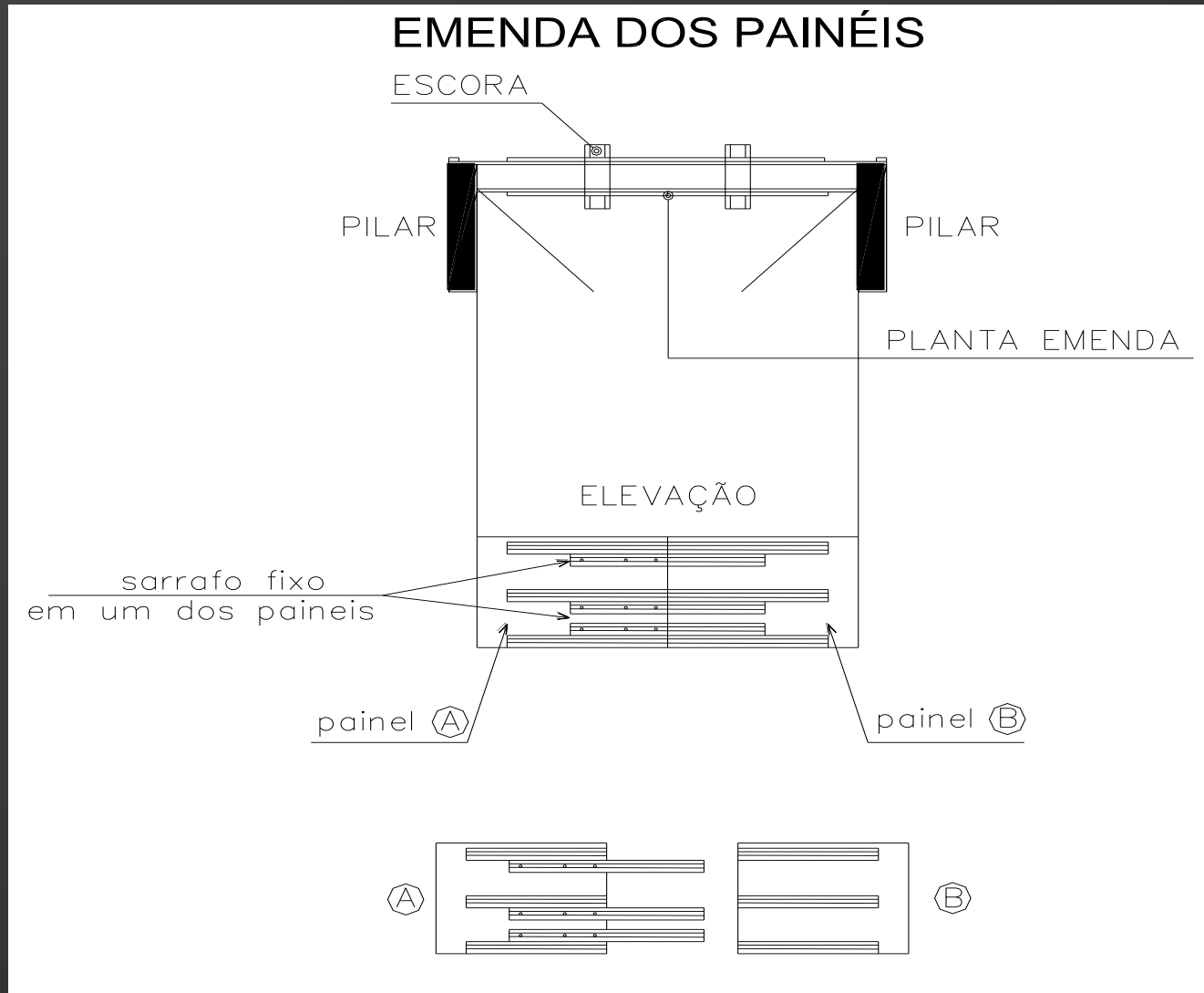
4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

ponto de início de desforma



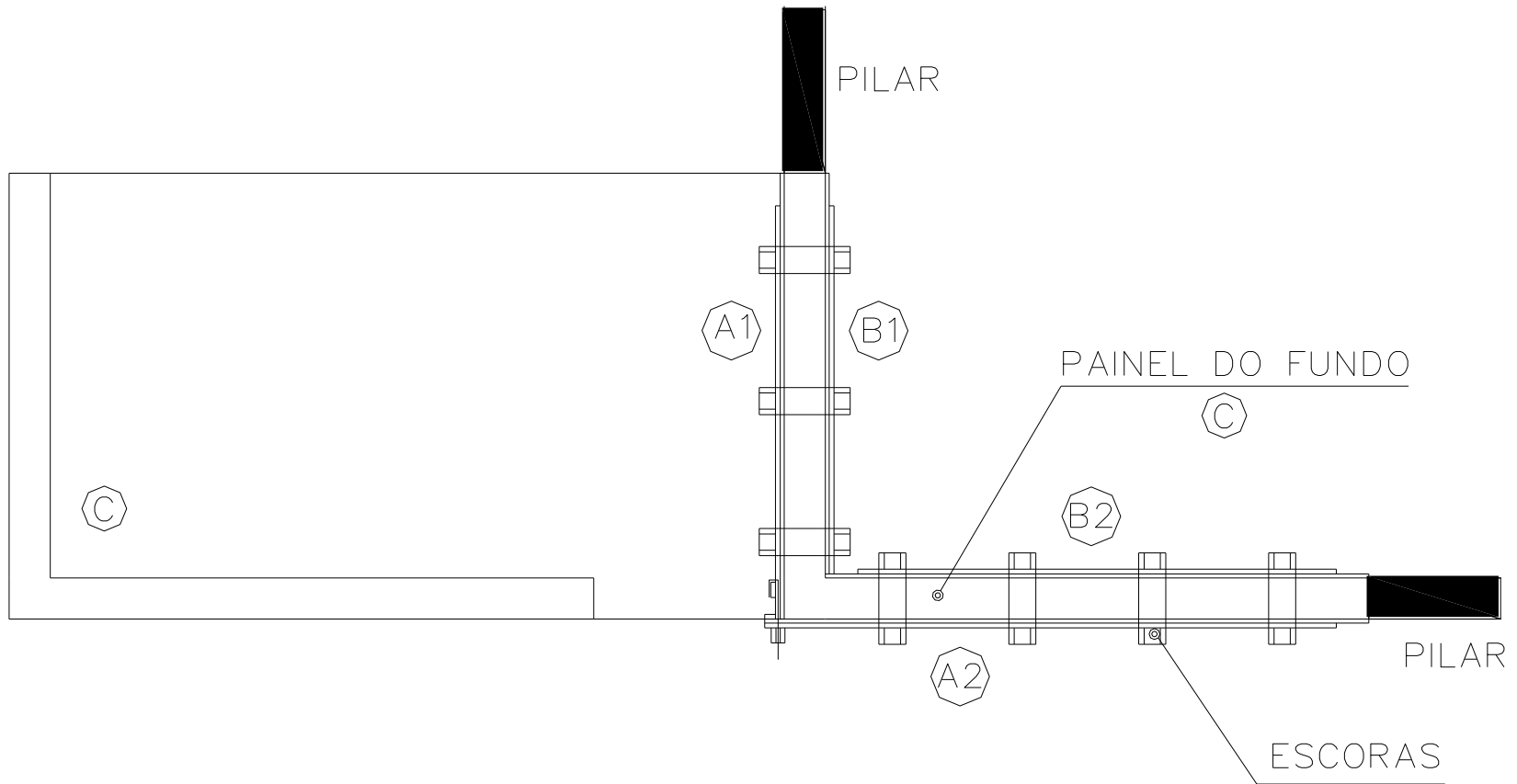
4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

emenda de painéis de vigas



4. PROJETO DE PRODUÇÃO DO MOLDE

detalhe de painel de fundo de viga



detalhe de painel de fundo de viga



5. FABRICAÇÃO DO MOLDE DE MADEIRA

ALTERNATIVAS PARA FABRICAÇÃO

- 1. Em instalação industrial externa ao canteiro de obra**
- 2. Em canteiro de obra**

Qual a melhor opção?

Recomendações para adoção de fôrma pré-fabricada

- conhecimento do custo e da qualidade de materiais e de mão de obra da fôrma fabricada no canteiro;
- caso incluso o projeto de produção – discutir aspectos técnicos e critérios de apresentação – compatibilização com o projeto de cimbramento metálico;
- garantia do emprego de materiais adequados;
- visita às instalações industriais;
- visita a obras que tenham utilizado o produto ofertado.

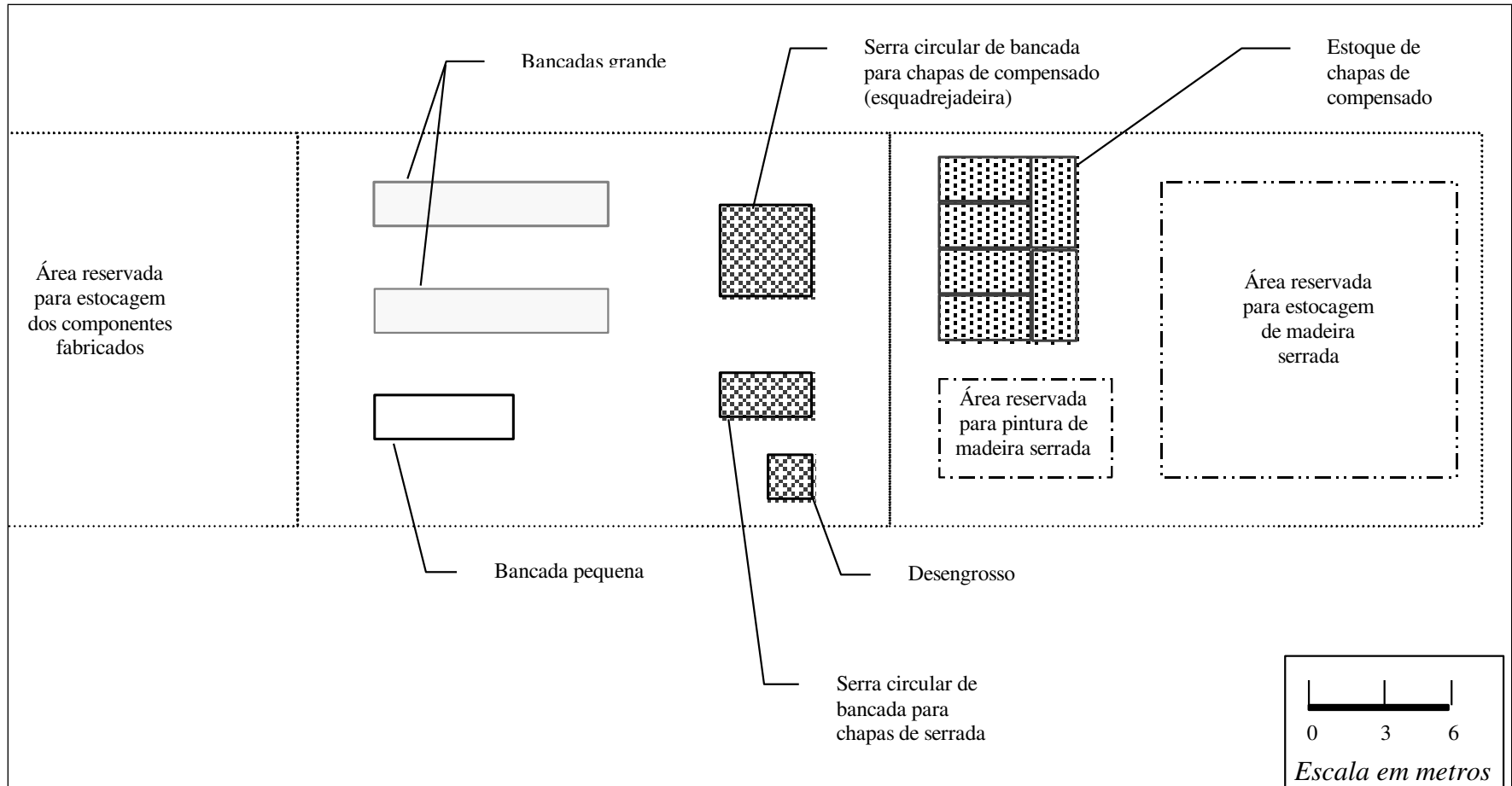
5. FABRICAÇÃO DO MOLDE DE MADEIRA

Recomendações para fabricação da fôrma em canteiro de obra

- *possuir os equipamentos e ferramentas necessários:*
 - *serra circular; discos de serra adequados; desengrosso; serra manual; furadeira; bancadas; trena metálica; esquadro; equipamentos de segurança.*
- *leiaute adequado*
- *observar cuidados básicos de fabricação*
 - *selar topos cortados; identificação; furos; tipos e fixação dos pregos; estocagem dos materiais componentes e da fôrma batida; pintura (?)*

5. FABRICAÇÃO DO MOLDE DE MADEIRA

Leiaute ilustrativo



5. FABRICAÇÃO DO MOLDE DE MADEIRA



Central de fôrma em canteiro de obra



5. FABRICAÇÃO DO MOLDE DE MADEIRA



Pintura da fôrma



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES NO SISTEMA DE FÔRMA

**Necessidade da elaboração e
implementação de um
Procedimento de Execução**

Conteúdo de um Procedimento de Execução

- 1. Objetivo***
- 2. Documentos de referência***
- 3. Ferramentas, equipamentos e materiais***
- 4. Método executivo – diretrizes executivas***
- 5. Itens de inspeção***
- 6. Tabela de medição e monitoração***
- 7. Anexos***

6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Procedimento de Execução

Comunicação: linguagem que permita fácil entendimento



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO – FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Serra manual;	Pé-de-cabra;
Espátula;	Prumo de centro;
Esquadro;	Arco de serra;
Barras de ancoragem;	Trena de aço;
Nível alemão / nível laser;	Martelo;
Rolo de espuma e/ou bomba para desmoldante;	Torquês;
Prumo de face;	Alavanca;
Nível de mão ;	Serrote;
Máquina lava jato;	Pincel;
Escada para acesso ao pavimento;	Furadeira;
Pistola fincapino (se necessário);	Broca para madeira;
Cantoneira metálica para mão-de-francesa;	Serra de bancada com disco de vídea D=72 dentes;
Equipamento de escoramento conforme projeto contratado (torres, escoras, longarinas, barrotes, etc).	

6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Complementarmente, este apoio deve garantir a vedação no pé do pilar contra a fuga de concreto quando do lançamento e adensamento deste.

Um único jogo de gastalho é suficiente para a execução dos serviços. A disponibilidade de 2 jogos poderá otimizar os serviços de marcação dos gastalhos.

LOCAÇÃO DOS GASTALHOS

ÍTEMS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

Locação dos gastalhos antes de iniciar a montagem dos pilares – anotar as medidas na planilha de “Registro das Medidas de Conferência de Gastalhos”

1.1.1 Montagem de Pilares

Durante a fixação dos gastalhos, iniciar a desforma dos painéis dos pilares do pavimento inferior, observando os cuidados com limpeza, manutenção e aplicação de desmoldante citados no item **5.2.1 – Desforma**. Priorizar a desforma dos pilares de borda.

Transportar os componentes dos pilares (pontaletes guia / sanduíches guia / grades e os painéis) para o pavimento em montagem somente após a conclusão e liberação dos gastalhos. Em casos especiais, em função do prazo disponível para o ciclo da fôrma e/ou do tamanho da laje, a liberação para início da montagem dos painéis poderá ocorrer após a marcação e liberação dos gastalhos de, aproximadamente, metade do pavimento e desde que não interfira com a locação do trecho restante. Para tanto, a(s) linha(s) do(s) eixo(s) que cruza(m) a área liberada para o início da montagem deverá(ão) ser novamente fixada(s), desta vez sobre a laje, de modo a não cruzar(em) a área onde a montagem dos pilares terá início.

Pregar os gastalhos malucos de travamento de pilares (Figura 6, item 7) na laje.

Fixar a grade (Figura 7, item 7) no gastalho, aprumando-a preliminarmente e travando-a com três cantoneiras metálicas (corte de aproximadamente 3,00 m).

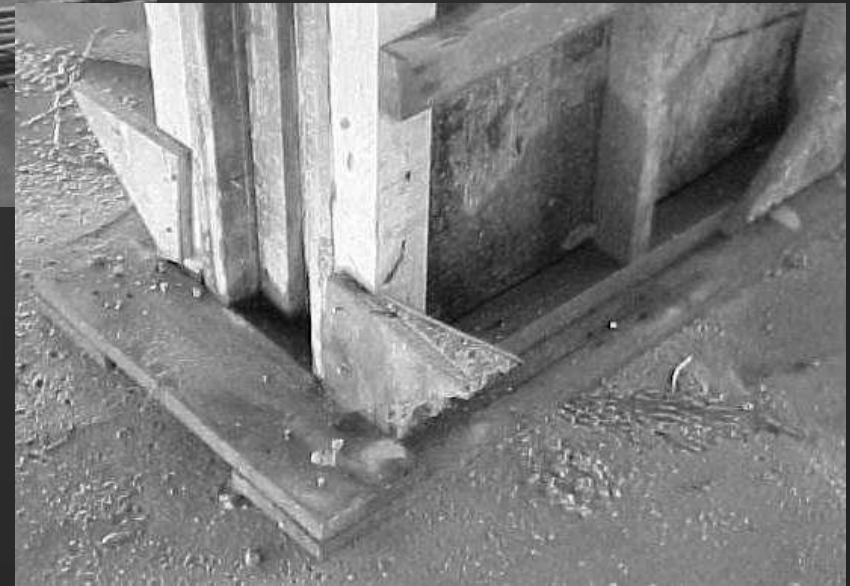
A partir do ponto de referência de nível do pavimento, transferir o nível a 1,24m para todas as grades de pilares, utilizando equipamento de nível

PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO MÉTODO EXECUTIVO

6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES



Diretrizes para execução



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES



Diretrizes para execução



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES



Diretrizes para execução



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES



Diretrizes para execução



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Diretrizes para execução



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Diretrizes para execução



ESCORAMENTO REMANESCENTE (ESCORAMENTO PERMANENTE) (REESCORAMENTO)

NBR 14931 – item 7.2.2.2

“os planos de desforma e escoramentos remanescentes devem levar em conta os materiais utilizados associados ao ritmo de construção, tendo em vista o carregamento decorrente e a capacidade de suporte das lajes anteriores, quando for o caso”

“a colocação de novas escoras em posições preestabelecidas e a retirada dos elementos de um primeiro plano de escoramento podem reduzir os efeitos do carregamento inicial, do carregamento subsequente e evitar deformações excessivas”

6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Tempo de permanência de escoramentos e fôrmas

NBR 14931 – item 10.2.2

“a retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_c) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade”

“ para o atendimento dessas condições, o responsável pelo projeto da estrutura deve informar ao responsável pela execução da obra os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento, bem como a necessidade de um plano particular (sequencia de operações) de retirada do escoramento”

6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Escoras Remanescentes - Sistema Convencional



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Escoras Remanescentes - Sistema Convencional



6. MONTAGEM, DESFORMA E VERIFICAÇÕES

Escoras Remanescentes - Sistema Convencional



VERIFICAÇÕES E TOLERÂNCIAS

- dependência entre atividades
- não acumulação de erros
- estabelecimento dos itens a verificar e do momento de verificação
- estabelecimento das tolerâncias

Verificações para liberação da concretagem dos pilares



TABELA DE MEDIÇÃO E MONITORAÇÃO

FOR - 07 (PE EST 01/02/03)

Rev. 2

Fl: 1/3

Pavimento N°:		Amostra (%)	Método de Inspeção	Tolerância (mm) / Critérios Aceitação	Resultados		Data	Observação	Visto	Disposição				Data aprov	Visto Resp.
ITENS PARA VERIFICAÇÃO					A	R				AC	RT	RF	S		
Parte 1: Pilares															
LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM	1	Transporte dos eixos p/ testemunho da laje concretada	100	Prumo de centro	0										
	2	Vinculação entre eixos (esquadro, etc.)	100	Trena aço	+/- 1										
	3	Locação dos gualhos	100	Trena aço	+/- 3										
	4	Transferência da cota acumulada do pavimento	100	Trena metálica	+/- 2										
	5	Transporte do nível nas grades/pontaletes guia	100	Nível alemão Nível laser	+/- 3										
	6	Armação dos pilares – Quantidade, bitola posição e dimensão da armação / espaçadores para cobrimento	100	Visual	Conf. Projeto										
	7	Junção entre os painéis dos pilares	50	Visual	Sem frestas										
	8	Posicionamento e aperto das barras de ancoragem	25	Visual	Sem folga										
	9	Distribuição dos barrote	100	Visual	Conf. Projeto										
	10	Transferência dos eixos para o assoalho	100	Prumo de centro	0										
	11	Conferência da locação das bocas dos pilares	100	Trena aço	± 3										
	12	Limpeza do pé pilar	100	Visual	Sem partes soltas										

Autorizada a Concretagem dos Pilares

___ / ___ / ___

Visto do Engº

7. TREINAMENTO E QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

Importância do serviço ser executado por equipe treinada e qualificada

**Não qualificação da mão-de-obra:
item de maior influência negativa nos resultados.**

8. ESTABELECIMIENTO DE METAS OUSADAS

ONDE ATUAR PARA ATENDER AO OBJETIVO

1. Construtibilidade da estrutura
2. Definição do sistema de fôrma
3. Materiais componentes e uso de madeira
4. Projeto de produção da fôrma
5. Fabricação de madeira
6. Diretrizes de montagem, desforma e verificação do sistema de fôrma
7. Qualificação da mão de obra
8. Estabelecimento de metas ousadas

São independentes entre si
Todos devem ser
trabalhados

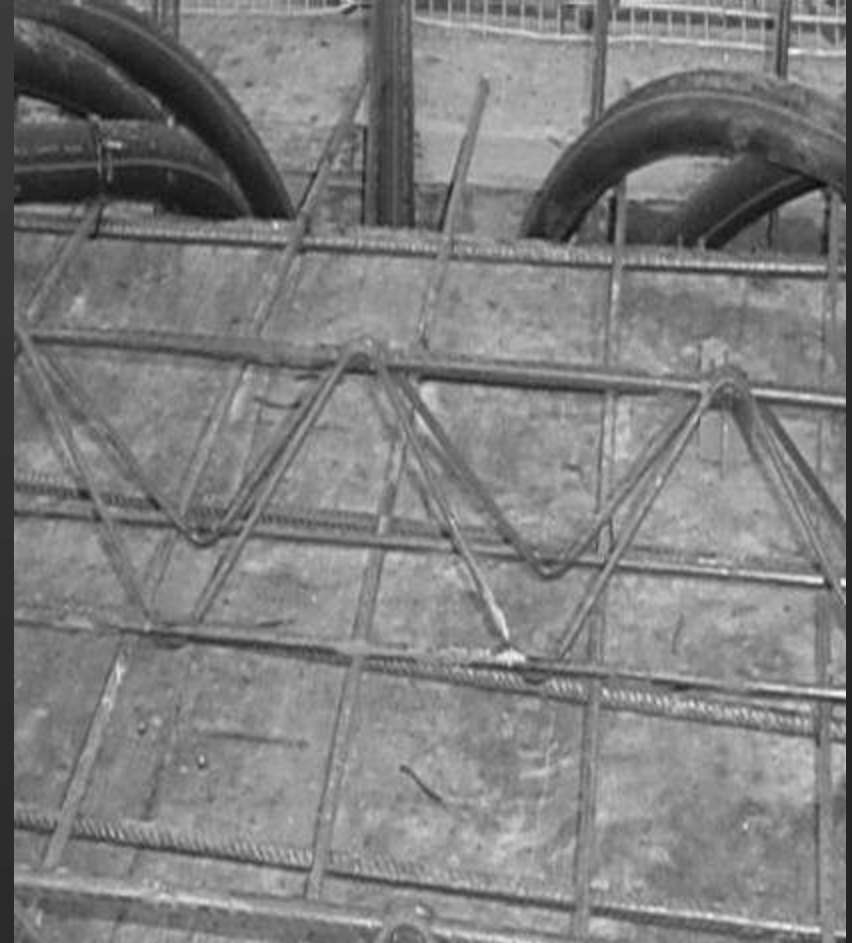
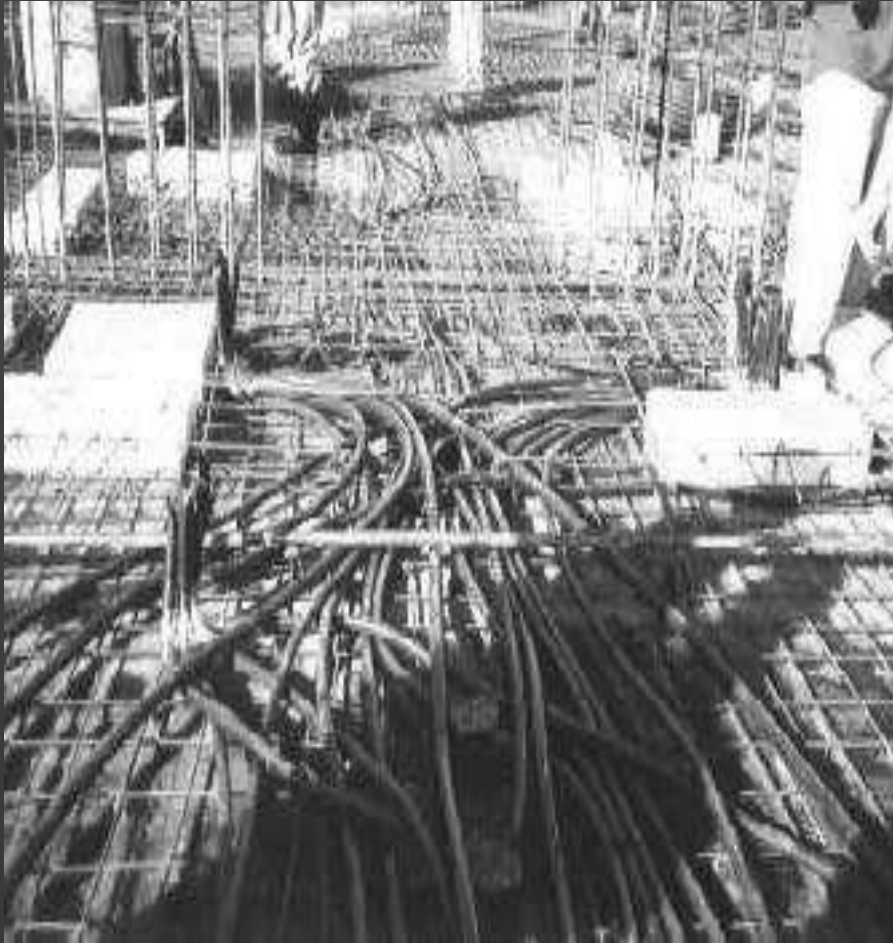
ARMADURA

Como otimizar a produtividade e a qualidade da armadura ?

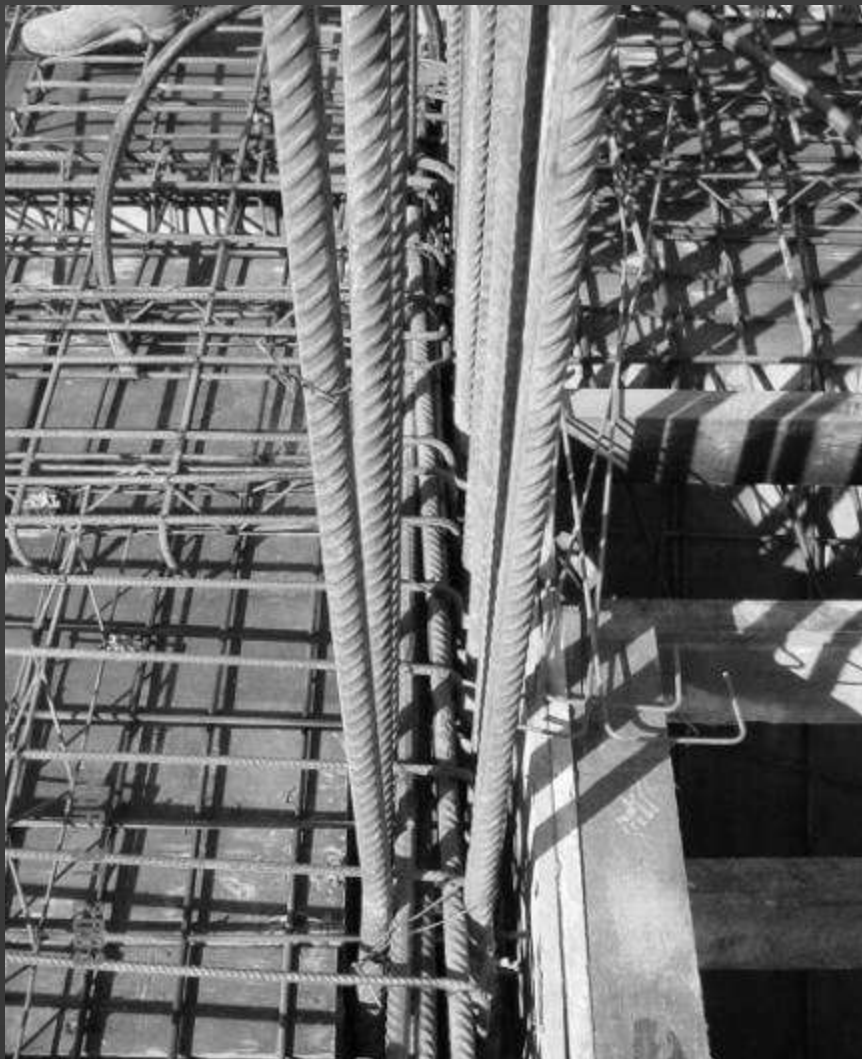


- Diminuição do número de posições
- Padronização das peças
- Emprego de Telas Soldadas
- Aumento do diâmetro médio
- Fornecer todos os detalhes para o corte e dobra
- Compatibilidade com instalações embutidas
- Detalhamento compatibilizado com o processo construtivo

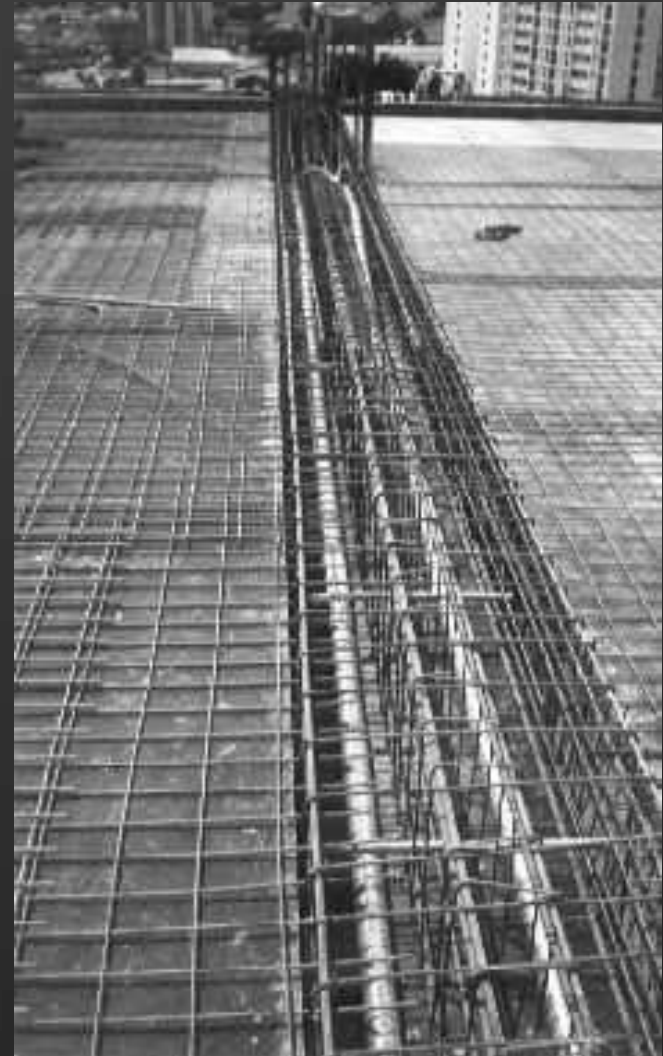
concentração de eletrodutos



Armadura de viga x pilar – alta concentração de armadura / corte de estribos e ganchos



Compatibilização entre projeto e solução construtiva

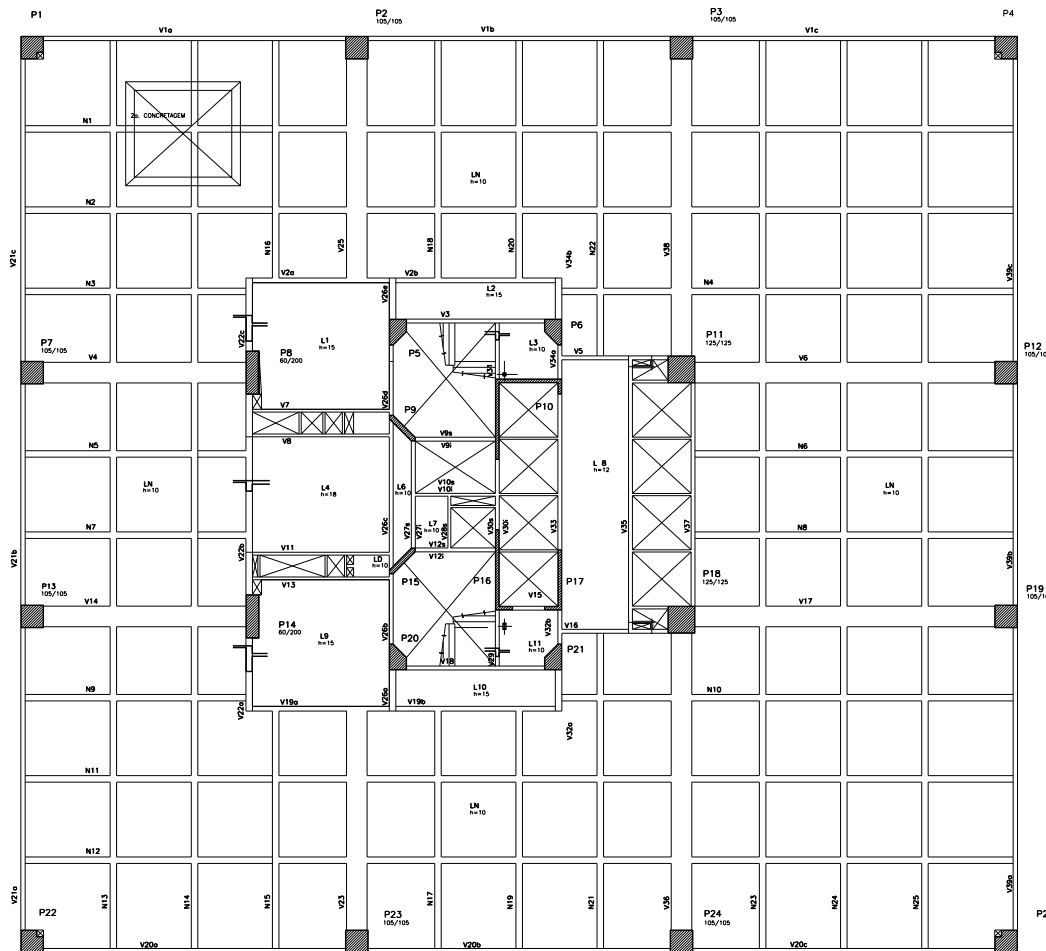




**Emprego de telas
soldadas**

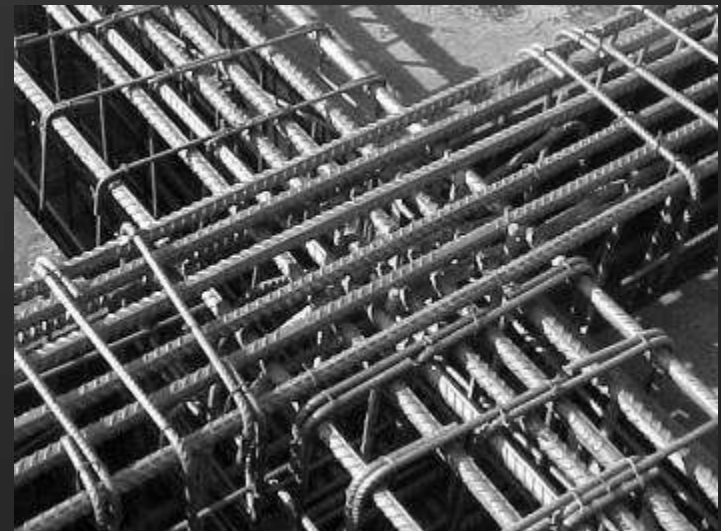


Dá para pensar em pré armar as vigas?



Para a planta de fôrma estrutural de um edifício conforme apresentado ao lado, você detecta eventuais problemas de construtibilidade/produtividade na execução das armaduras? O que você sugeriria para, se for o caso, aumentar a construtibilidade?



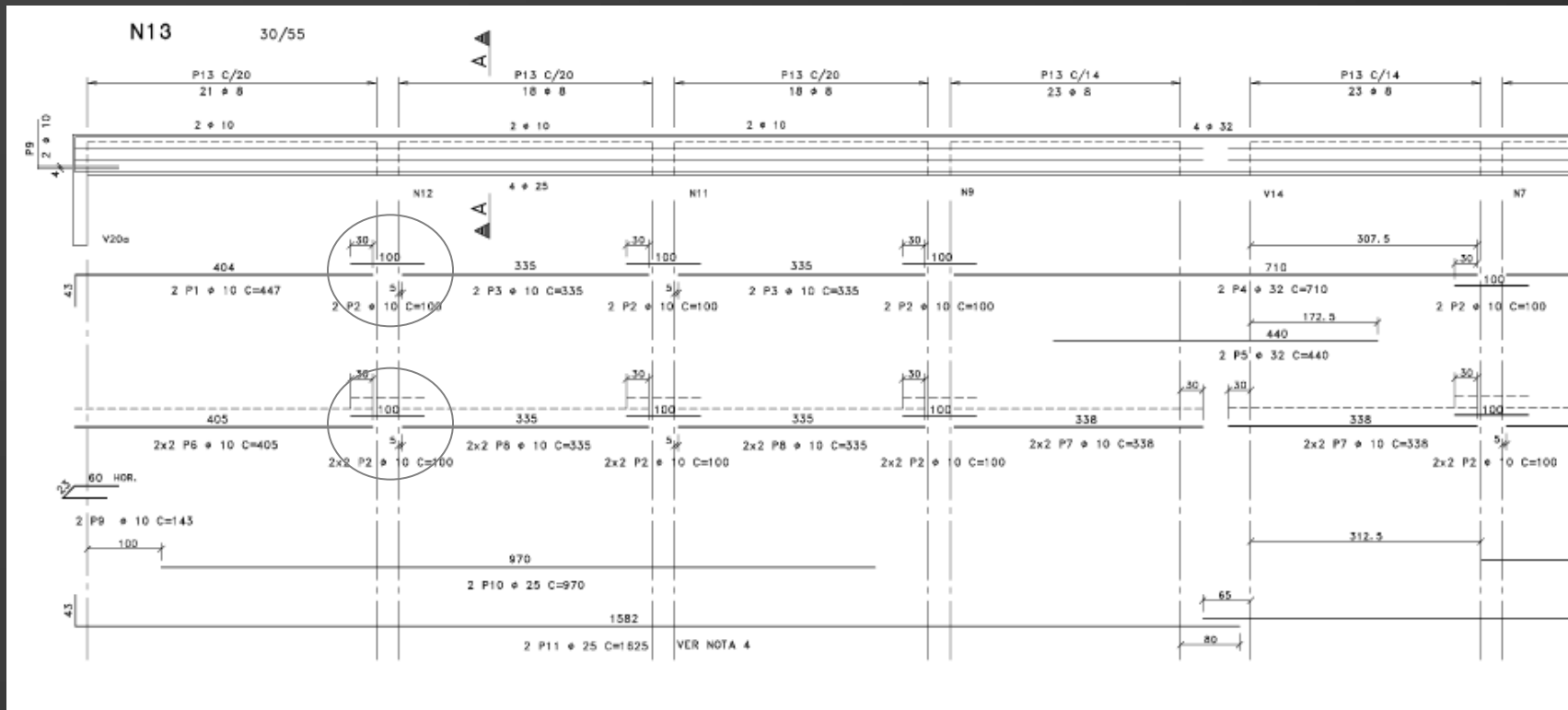


É possível pré-armar?

Armadura das vigas longitudinais

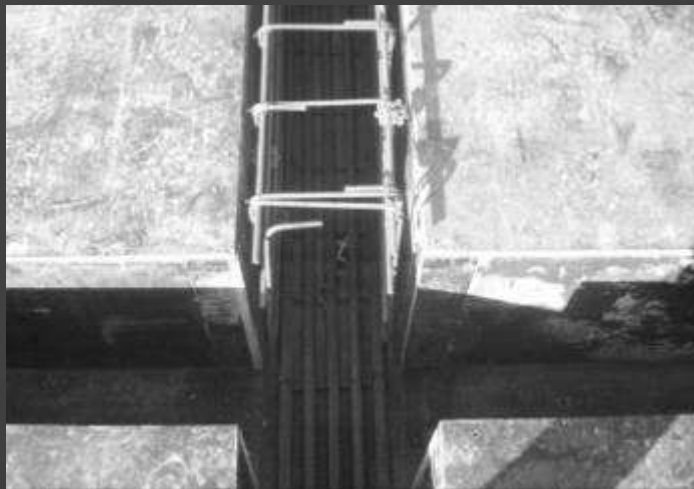


PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE - Sistema de Armadura

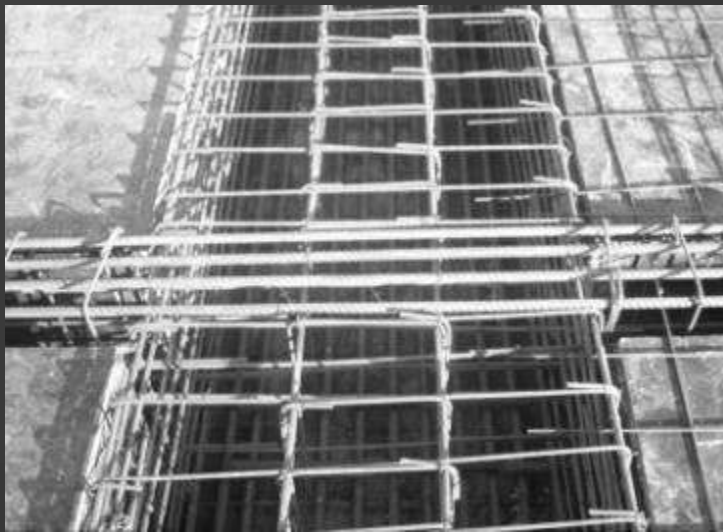


Armadura das vigas transversais

PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE - Sistema de Armadura



PROJETO ESTRUTURAL – CONSTRUTIBILIDADE - Sistema de Armadura



Montagem da armadura

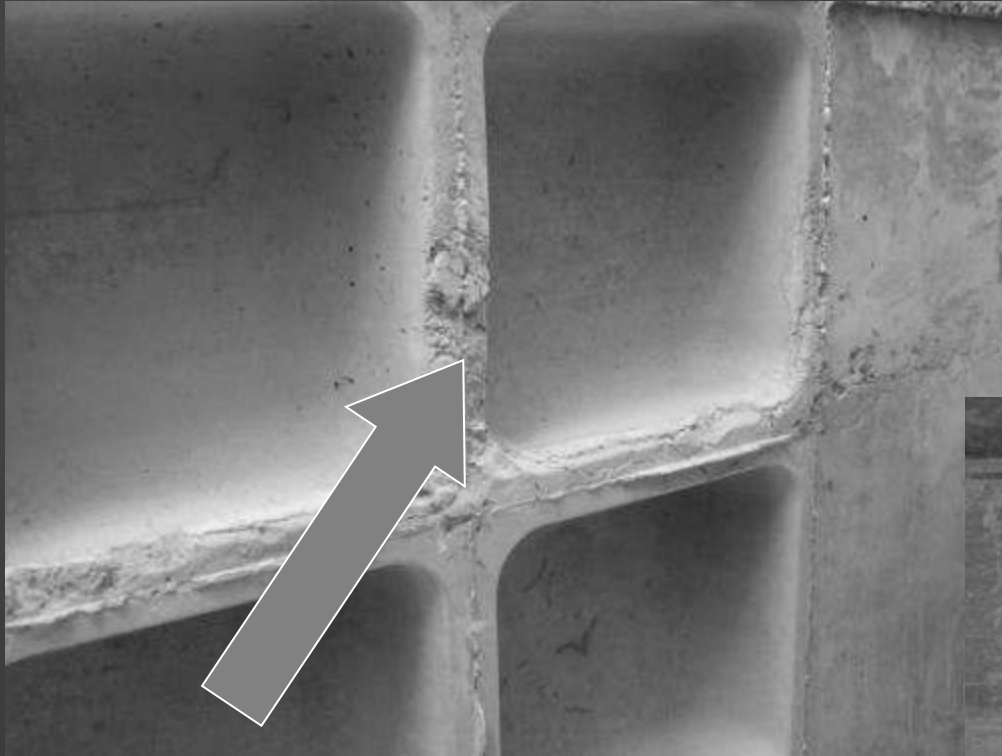
- **Montagem**
 - Posicionamento nas fôrmas
 - Garantir o cobrimento especificado
 - Garantir o correto posicionamento



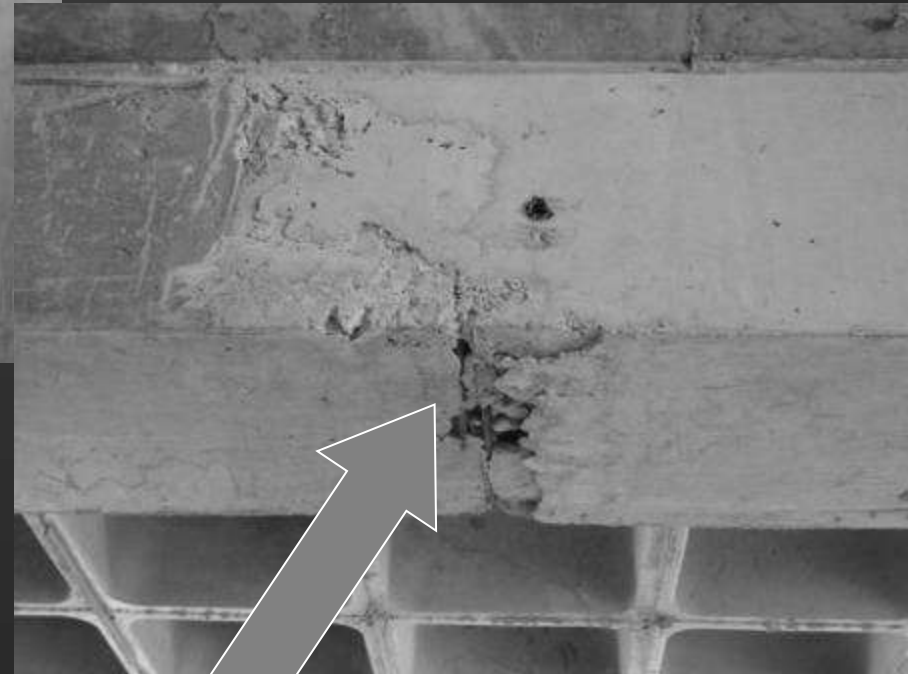
**Uso deficiente de
espaçadores e pastilhas**

ARMADURA

Montagem da armadura

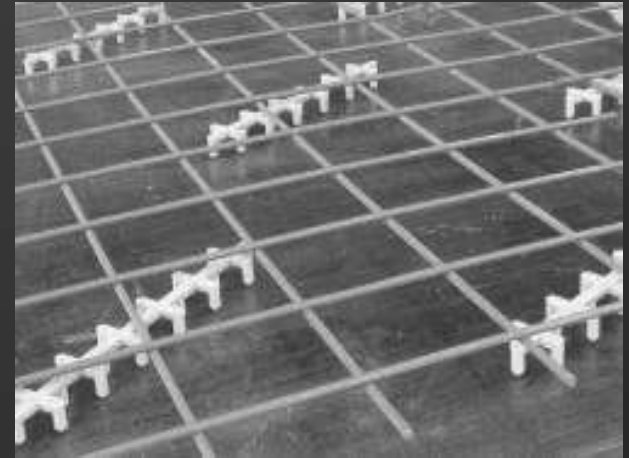


*Armadura com cobrimento
inadequado*



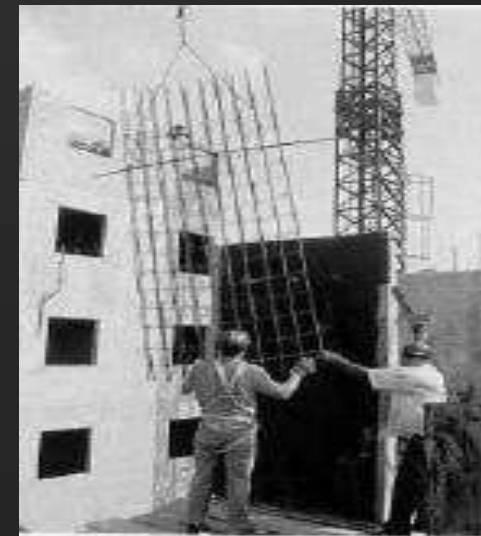
ARMADURA

Montagem da armadura



ARMADURA

Montagem da armadura - Pilares

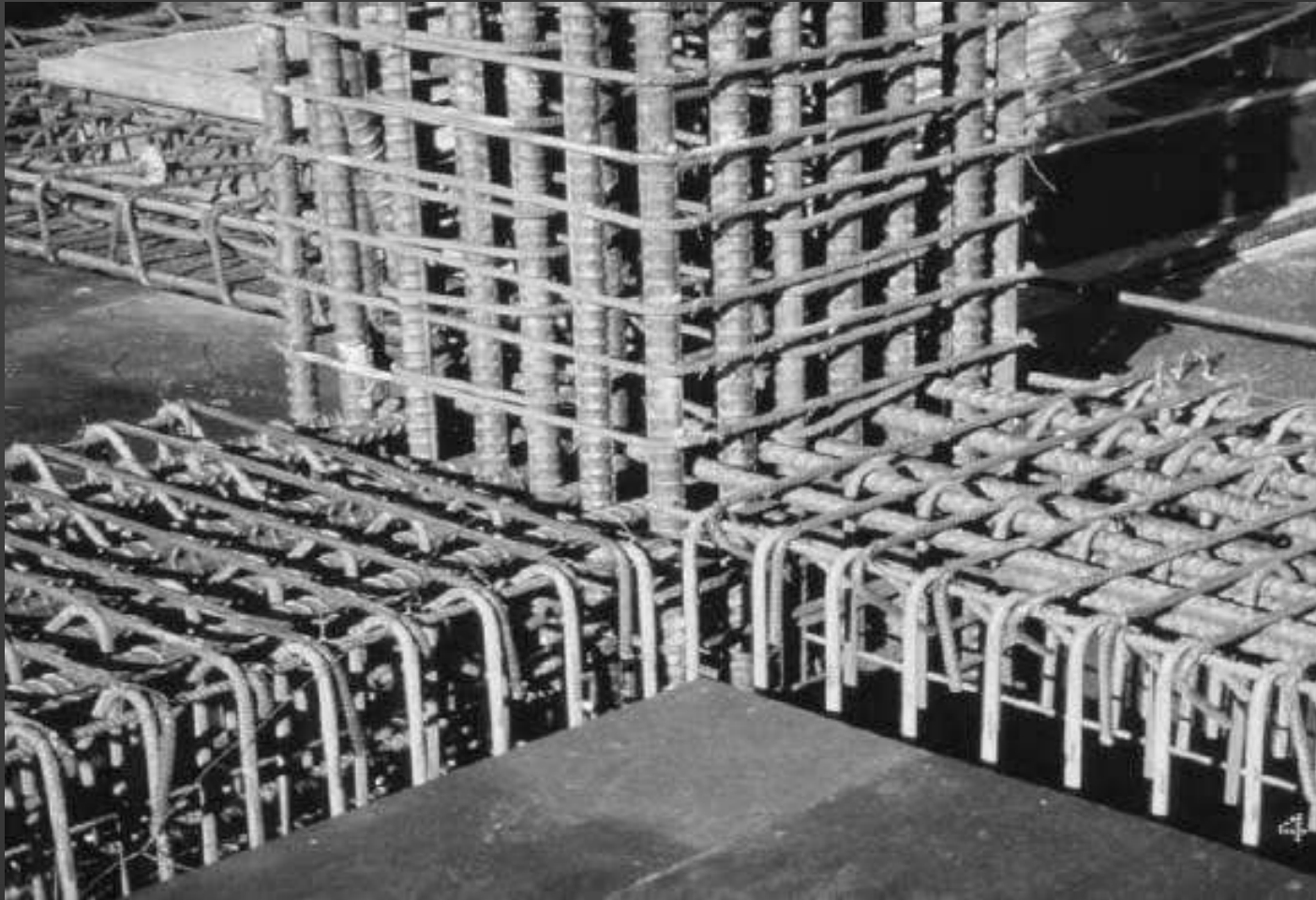


Montagem da armadura - Vigas



ARMADURA

Montagem da armadura – Encontro de vigas com pilar



ARMADURA

Montagem da armadura - Lajes



Cuidados especiais com o posicionamento da armadura negativa

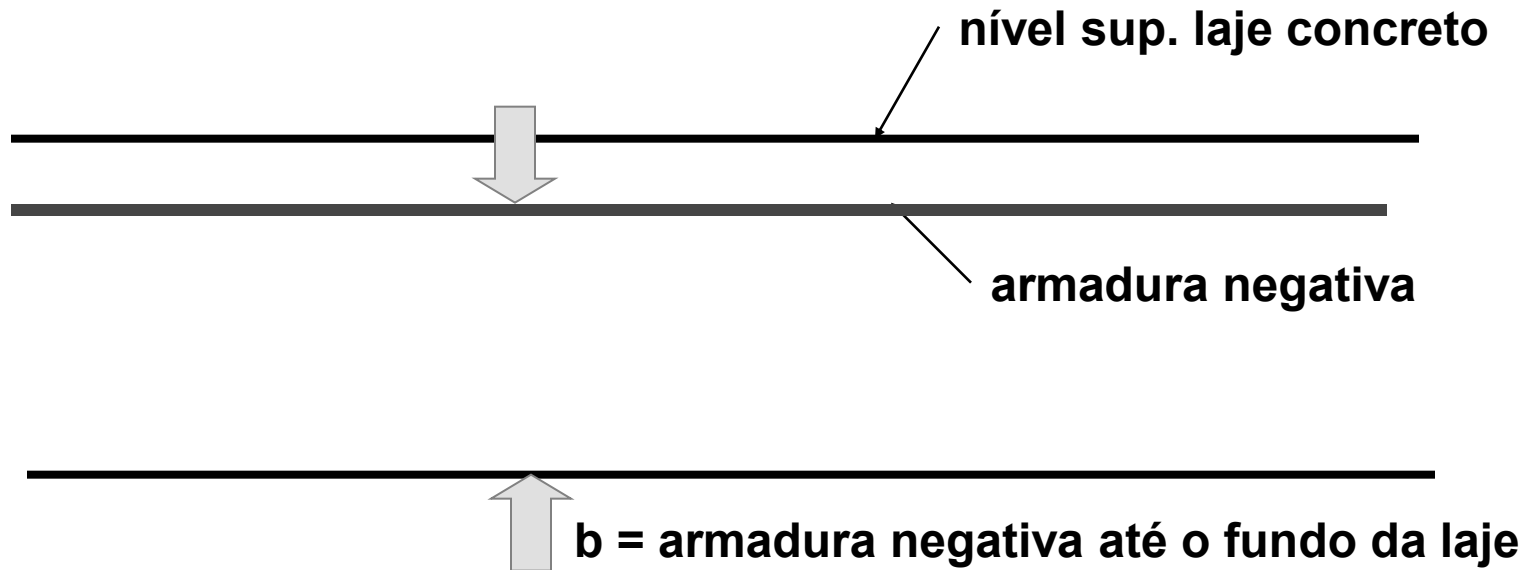
POR QUE SE PREOCUPAR?

Cenas de desrespeito explícito



ARMADURA

Montagem da armadura negativa



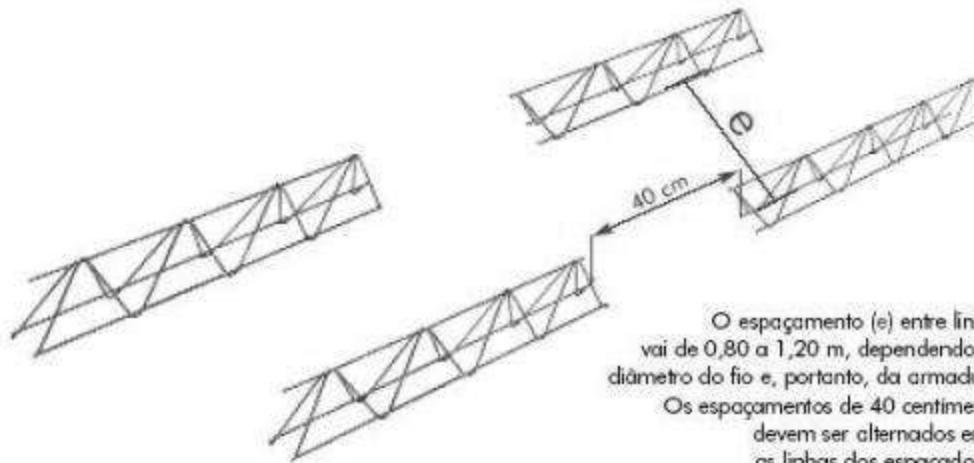
Capacidade resistente da laje:

- para $b = 12 \text{ cm}$ $\Rightarrow (12)^2 = 144$
- para $b = 8 \text{ cm}$ $\Rightarrow (8)^2 = 64$

PERDA DE 56% DA CAPACIDADE RESISTENTE

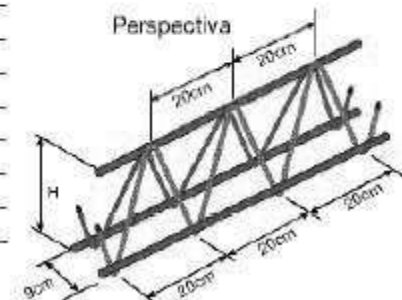
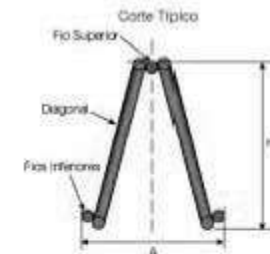
ARMADURA

Montagem da armadura negativa



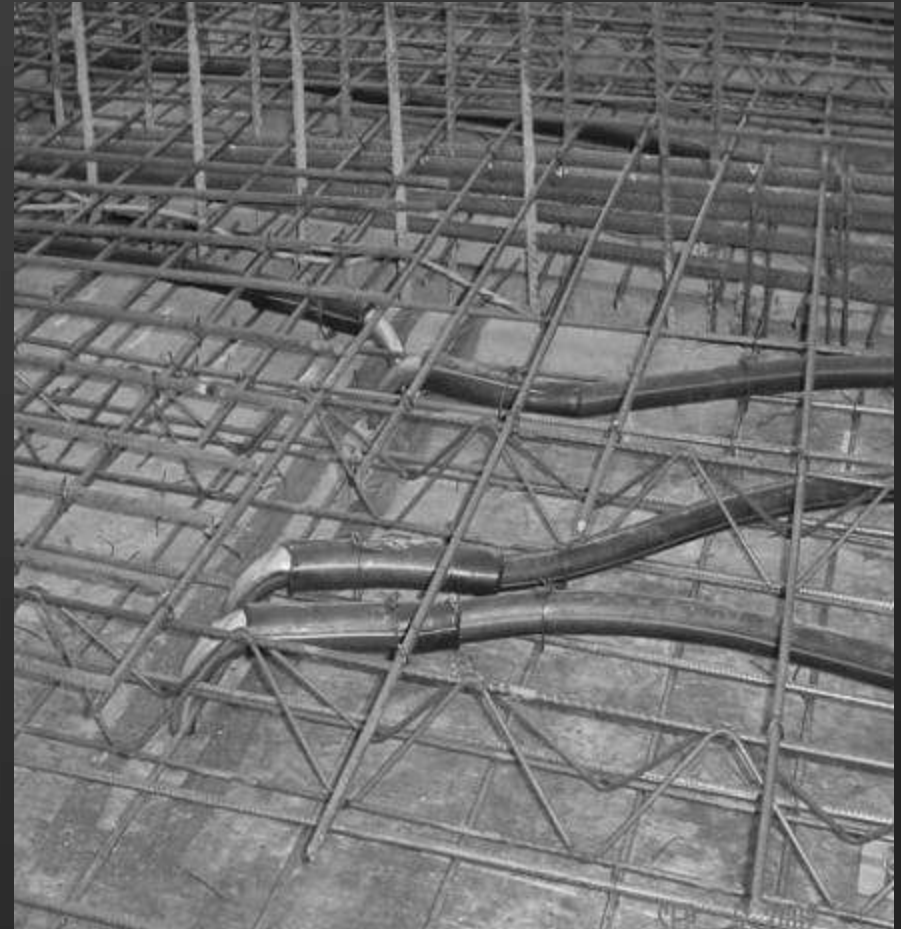
O espaçamento (e) entre linhas vai de 0,80 a 1,20 m, dependendo do diâmetro do fio e, portanto, da armadura.
Os espaçamentos de 40 centímetros devem ser alternados entre as linhas dos espaçadores.

Tipo de Espaçadores Belgo	Altura (h) cm	Composição/Fios			Peso Linear kg/m
		Superior (Ø S) mm	Diagonal (Ø D) mm	Inferior (Ø I) mm	
BE 6	6	6	4,2	4,2	0,711
BE 7	7	6	4,2	4,2	0,718
BE 8	8	6	4,2	4,2	0,735
BE 9	9	6	4,2	4,2	0,748
BE 10	10	6	4,2	4,2	0,768
BE 11	11	6	4,2	4,2	0,777
BE 12	12	6	4,2	4,2	0,793
BE 14	14	6	4,2	5	0,917
BE 16	16	6	4,2	5	0,954
BE 20	20	7	4,2	5	1,105
BE 25	25	7	5	6	1,600



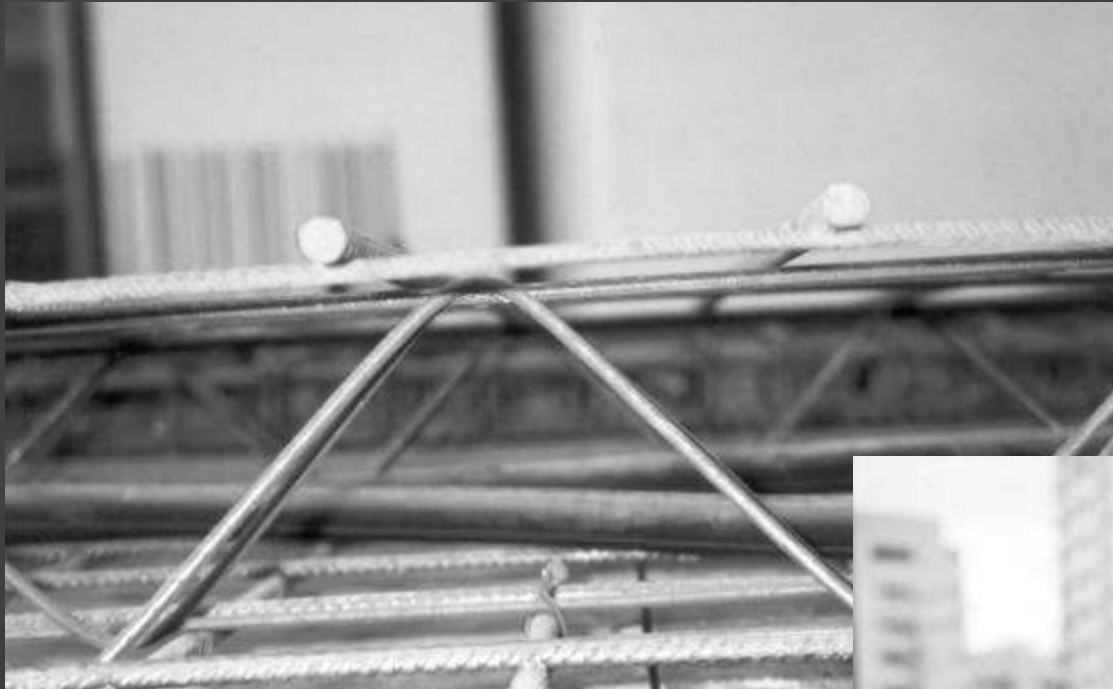
ARMADURA

Montagem da armadura negativa



ARMADURA

Montagem da armadura negativa



ARMADURA

Montagem da armadura negativa



**Cuidados especiais com a interface
entre a armadura de vigas e a
armadura de pilares**

POR QUE SE PREOCUPAR?

ARMADURA

Corte de estribos da “cabeça” de pilares quando da montagem da armadura de vigas

