

Soluções Industrializadas em Estruturas de Concreto para Edificações de Múltiplos Pavimentos



Estruturas Pré-moldadas

Quando usá-las?



70s

- Insegurança Política Geral e Habitacional
- Mão de Obra abundante
- Sem Exigência de Desempenho

80s

- Inflação
- Diversos Planos Econômicos
- Dólar Alto

90s

- Planos e Estabilização Econômica
- Falta de Recursos Financeiros

70s

- Muitas experiências tecnológicas, mas sem continuidade

80s

- Financeiro
- Empresas de Engenharia sem Engenheiros

90s

- Sobrevivência
- Planos Cooperativos e Auto-financeáveis

ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Até os anos 2000 a pergunta era...

Por que usá-las?

“Sonhadores” lutavam para introduzir os pré-moldados em edifícios residenciais

1988 Cuba
Viagem para ver
construções
industrializadas em
Cuba.
Aproveitando da
“cooperação” da
URSS, Cuba
executou com
tecnologia
soviética diversos
edifícios pré-
moldados



Cuba 1988
Além dos
predinhos
habitacionais, um
chamou a atenção
por se tratar de um
prédio alto
totalmente pré-
moldado



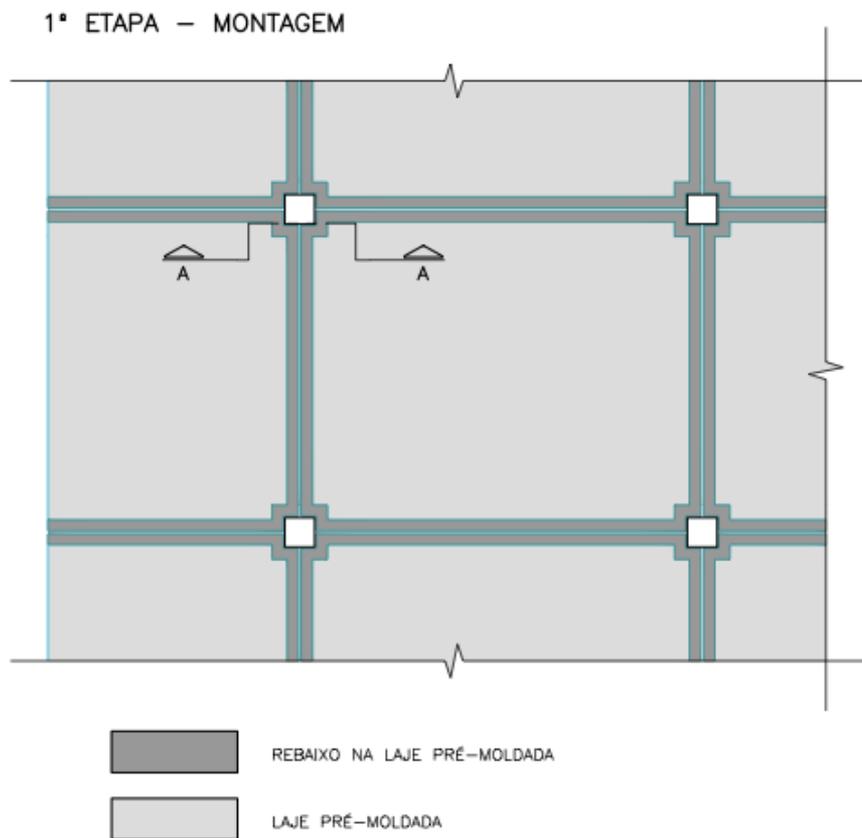
Pré-moldados para edifícios residenciais sempre foi uma solução viável em outros países



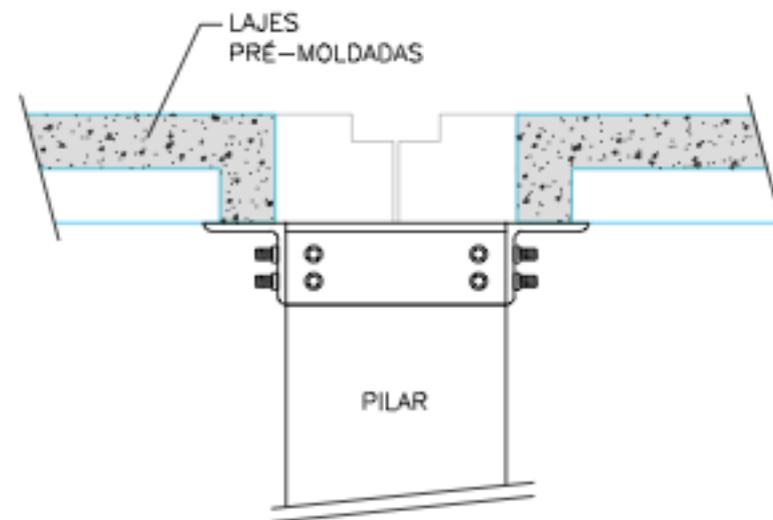
Pré-moldados para edifícios residenciais sempre foi uma solução viável em outros países



Pré-moldados para edifícios residenciais sempre foi uma solução viável em outros países

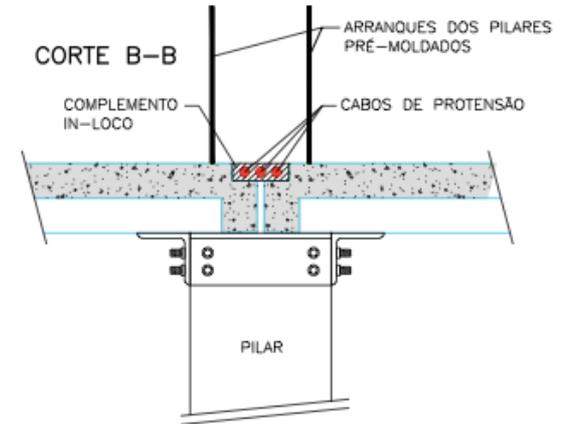
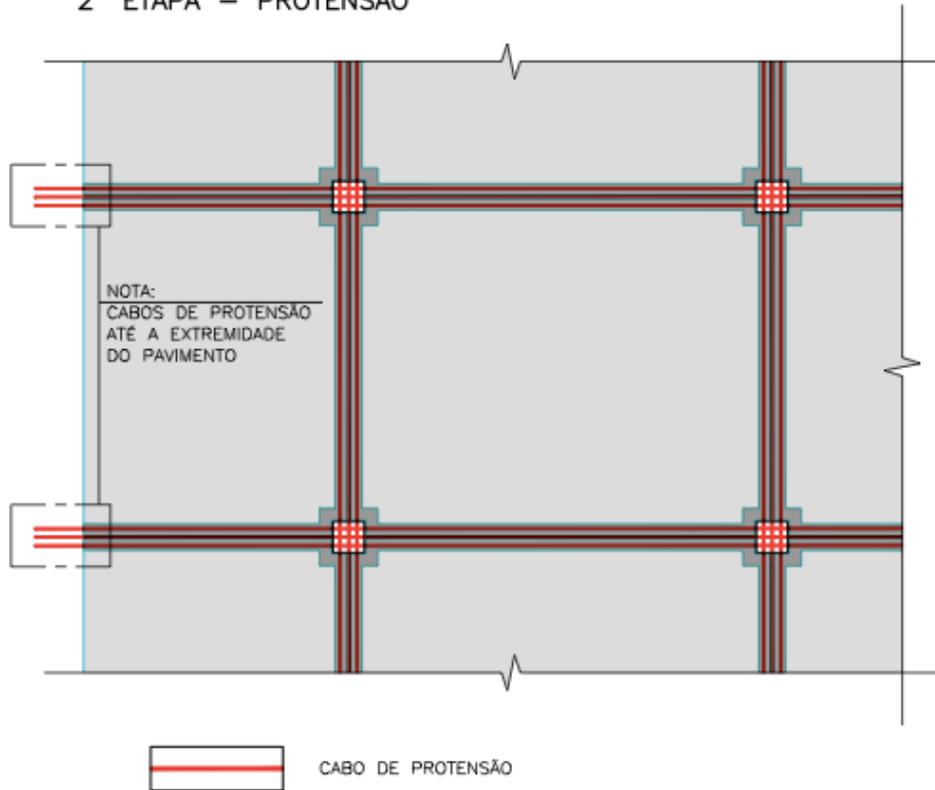


CORTE A-A

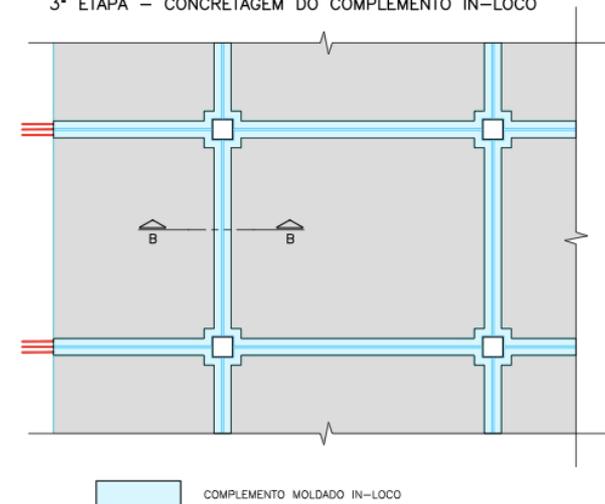


Pré-moldados para edifícios residenciais sempre foi uma solução viável em outros países

2ª ETAPA – PROTENSÃO



3ª ETAPA – CONCRETAGEM DO COMPLEMENTO IN-LOCO



Outras experiências interessantes antes dos anos 2000!

- Siled Fongaro:
Paineis Portantes



- Norcon:
Pré-Viga/Pré-Laje



- Tangram:
 - Indústria que atendia somente pré-moldados residenciais
 - Pré-Viga / Pré-Laje / Pré-Pilar
 - Painel Portante
 - Pré-Lajes em Alvenaria Estrutural

Quais as características das empresas que “teimavam” em usar estruturas pré-moldadas, nesta época, quando o cenário nacional indicava que não tínhamos as condições necessárias:

- Mão de Obra própria
- Incorporação própria
- Produto padronizado

Anos 2000 – O Brasil passa a conspirar a favor da Engenharia

Programas públicos consistentes

- “Minha Casa Minha Vida”; Ataca-se o déficit habitacional brasileiro
- Linha de Crédito facilitada nos diversos níveis
- “Vende-se” imóveis como nunca

Fluxo de recursos que permitem investimento

- Capitalização das construtoras através da abertura de capital
- Em alguns casos, a antecipação de despesas (como investimento em tecnologias) é bem vista pelos investidores

Anos 2000 – O Brasil passa a conspirar a favor da Engenharia

Otimização da Mão de Obra

- Grandes volumes de construções e economia aquecida → Falta de Mão de Obra.
- Mão de Obra para sistemas convencionais são “leiloadas” pelo mercado agressivo.
- Detentores de tecnologia atuam como formadores de profissionais específicos para os sistemas

Globalização e Real valorizado

- Busca por sistemas e tecnologias, antes proibitivas pelo custo de importação, passa a ser viável

Anos 2000 – O Brasil passa a conspirar a favor da Engenharia

Produtos Padronizados

- Necessidade de grandes produções exigem produtos “mais” padronizados
- Investimento forte em projeto passa a ser viável em função do uso em grande escala: projetos minuciosos com todas as interfaces resolvidas (antecessor filosofia BIM)

Valorização da Sustentabilidade

- canteiro de obras em uma linha de montagem, evitando desperdício de material e atendendo melhor os requisitos de sustentabilidade

Anos 2000 – O Brasil passa a conspirar a favor da Engenharia

Norma de Desempenho

- Critérios de desempenho valorizam o desenvolvimento de tecnologias de ponta
- Fim da concorrência “desleal”

Sinat

- O Sistema Nacional de Avaliação Técnica garante a confiabilidade de sistemas inovadores

... anos de **ENGENHARIA**



Soluções Industrializadas em Estruturas de Concreto para Edificações de Múltiplos Pavimentos



... anos de **ENGENHARIA**



Soluções Industrializadas em Estruturas de Concreto para Edificações de Múltiplos Pavimentos



ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

"Agora" a pergunta era...

Por que NÃO usá-las?

ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Isso foi até 2013/2014...

E agora, em 2017/2018???

ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

*Vamos seguir com a aula...
enquanto refletimos sobre a resposta*

PROCESSOS CONSTRUTIVOS NO MERCADO DE CONSTRUÇÃO:

EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

Uma das vantagens do uso de elementos pré-moldados é a velocidade que se ganha no processo construtivo.

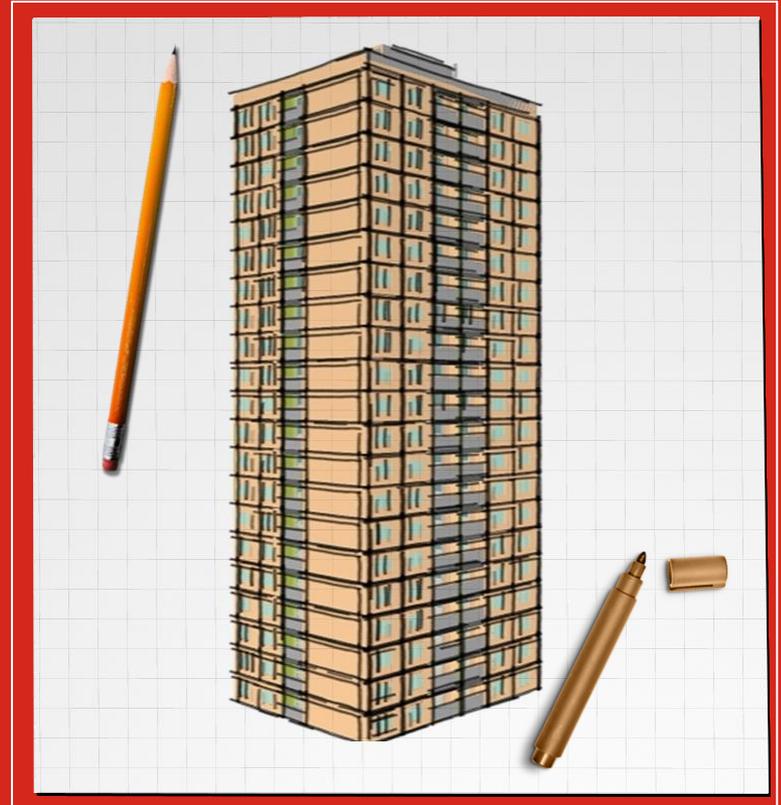
Para entender como o pré-moldado pode ajudar no processo construtivo, precisamos analisar o caminho crítico de uma execução, sob o ponto de vista do empreendimento e não só da estrutura.

PROCESSO CONSTRUTIVO "RESIDENCIAL"

- ① Sobe a estrutura
- ② Defasado de uns 30 dias, sobe a vedação
- ③ Desce o encunhamento após cada 5 pavimentos
- ④ Desce a massa da fachada após a estrutura
- ⑤ Desce o acabamento interno
- ⑥ Desce a pintura externa



RESIDENCIAL



PROCESSO CONSTRUTIVO “COMERCIAL”

- ① Sobe a estrutura
- ② Defasado de 20 dias, sobe a fachada e vedação
- ③ Defasado de 20 dias, sobe o acabamento

COMERCIAL



2004 Brasil

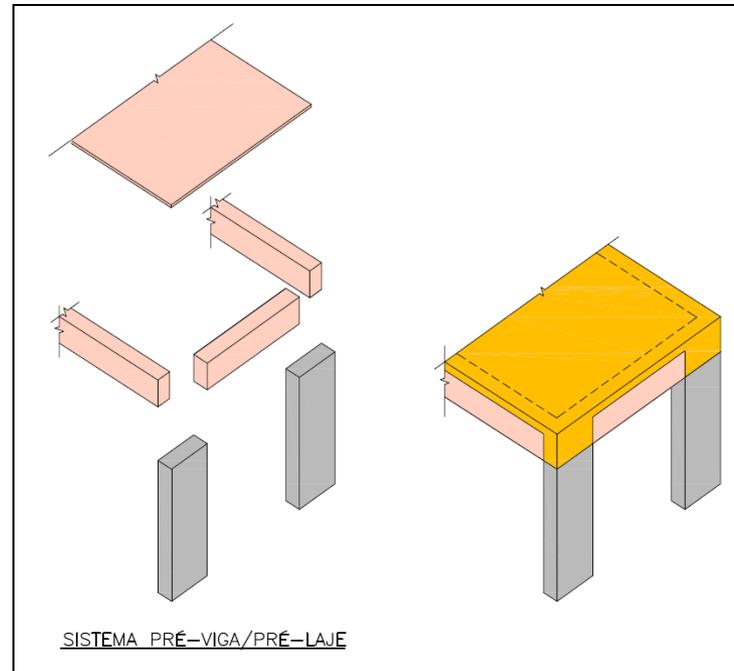
Sistema Pré-Viga e Pré-Laje, que já existia desde 1986, é executado com fechamento de painel de fachada, compondo um sistema híbrido mais completo.

Ed Hermano Marchetti - Munte



Sistema Pré-Viga/Pré-Laje

Sistema que elimina as formas de vigas e lajes, permanecendo os pilares moldados in loco e, com a concretagem local, se garante o monolitismo da estrutura final





Soluções Industrializadas em Estruturas de Concreto para Edificações de Múltiplos Pavimentos

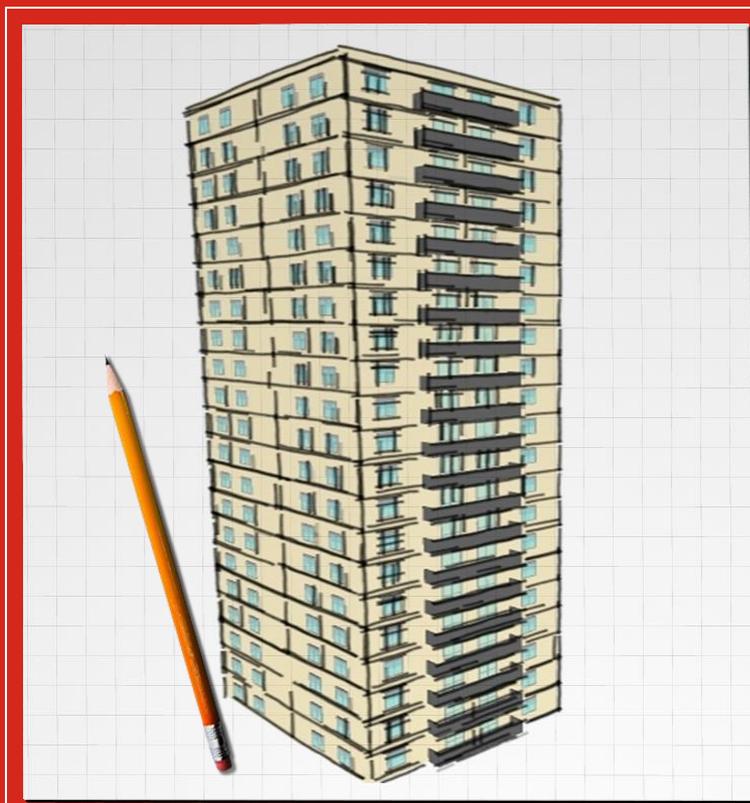
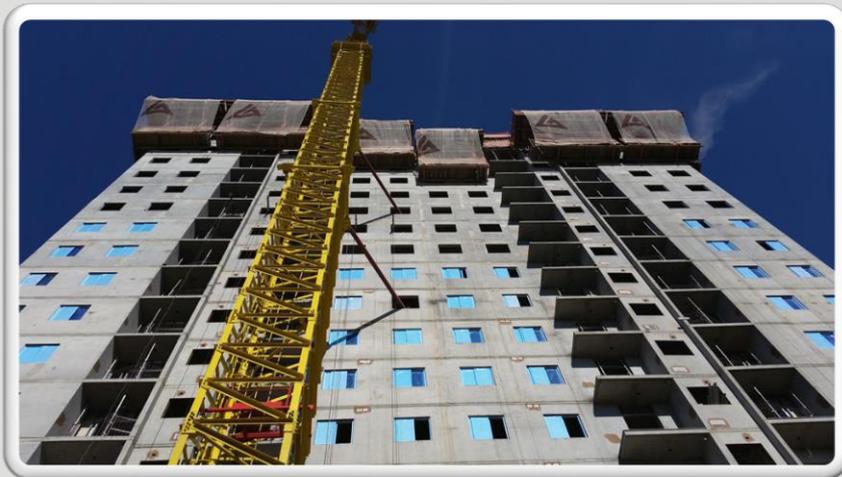




PROCESSO CONSTRUTIVO “PAINEL PORTANTE”

- ① Sobe a estrutura
- ② Juntos, sobe a fachada e vedação
- ③ Defasado de 20 dias, sobe o acabamento

PAREDE DE CONCRETO PAINEL PORTANTE



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



1. Histórico do Sistema

2. Descrição do sistema

3. Avaliação Técnica

- Desempenho estrutural
- Estanqueidade à água
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Durabilidade e manutenções necessárias
- Segurança ao fogo

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

1982:

(primeira obra no sistema de Painéis Portantes)

- Residencial Japurá
Pavimentos: 04
Área construída: 4.150 m²



1986:

- Residencial Jatiúca
Pavimentos: 05
Área construída: 8.080 m²



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

1991:

Residencial Iporanga

Pavimentos: 09

Área construída: 9.830 m²



1997:

Residencial São Guilherme

Pavimentos: 10

Área construída: 11.020 m²



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2011:

Residencial Vila Verde

Pavimentos: 12

Área construída: 25.904,69 m²



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



2.1 Projeto

2.2 Detalhamento

2.3 Produção

2.4 Montagem

2.5 Acabamentos

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.1 Projeto

Diretrizes:

Envolvimento, desde o momento da concepção do produto, dos diversos participantes do empreendimento: projetistas, executores e incorporadores :

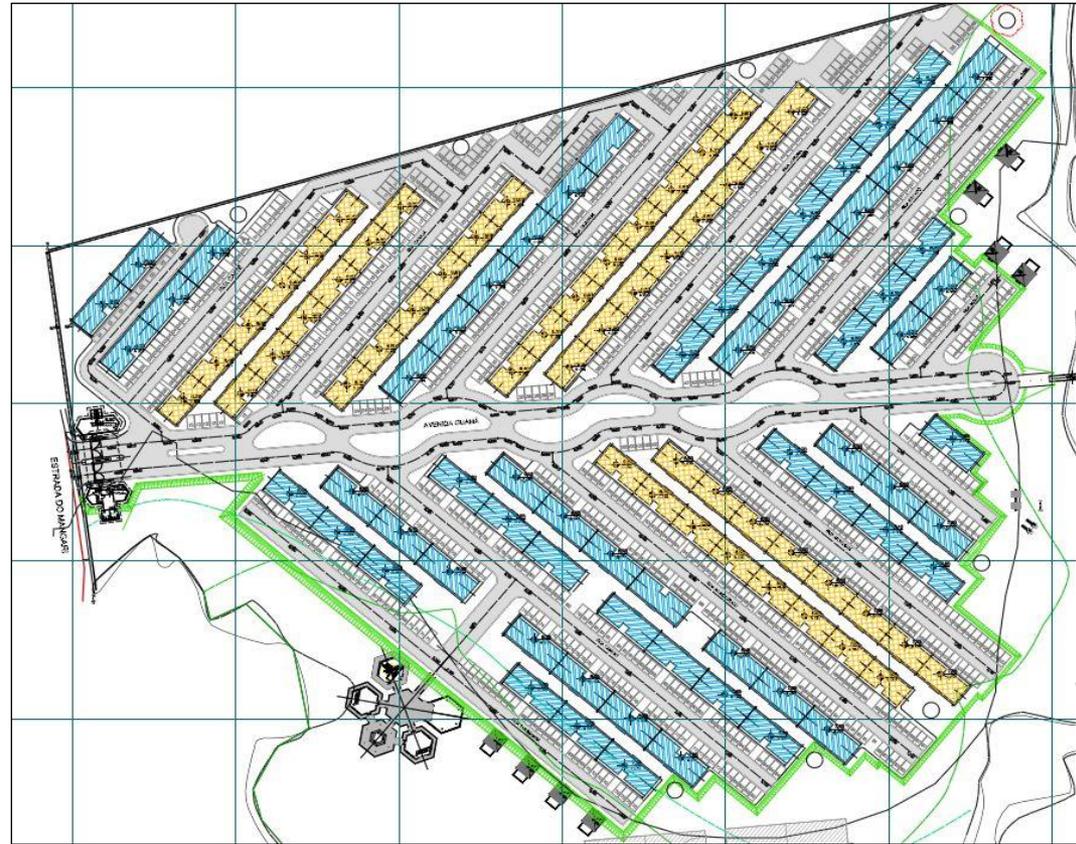
- Definição de **velocidade de execução** (ex: etapas de entrega, fluxo de caixa)
- Conceitos e limites: **Arquitetura X Estrutura X Instalações**
- **Equipamentos disponíveis**
- Recursos regionais: mão de obra e materiais
- **Cultura** compradora da região
- Retorno/experiência de empreendimentos anteriores
- **Diretrizes de órgãos financiadores** e avaliadores (CAIXA/SINAT).

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.1 Projeto

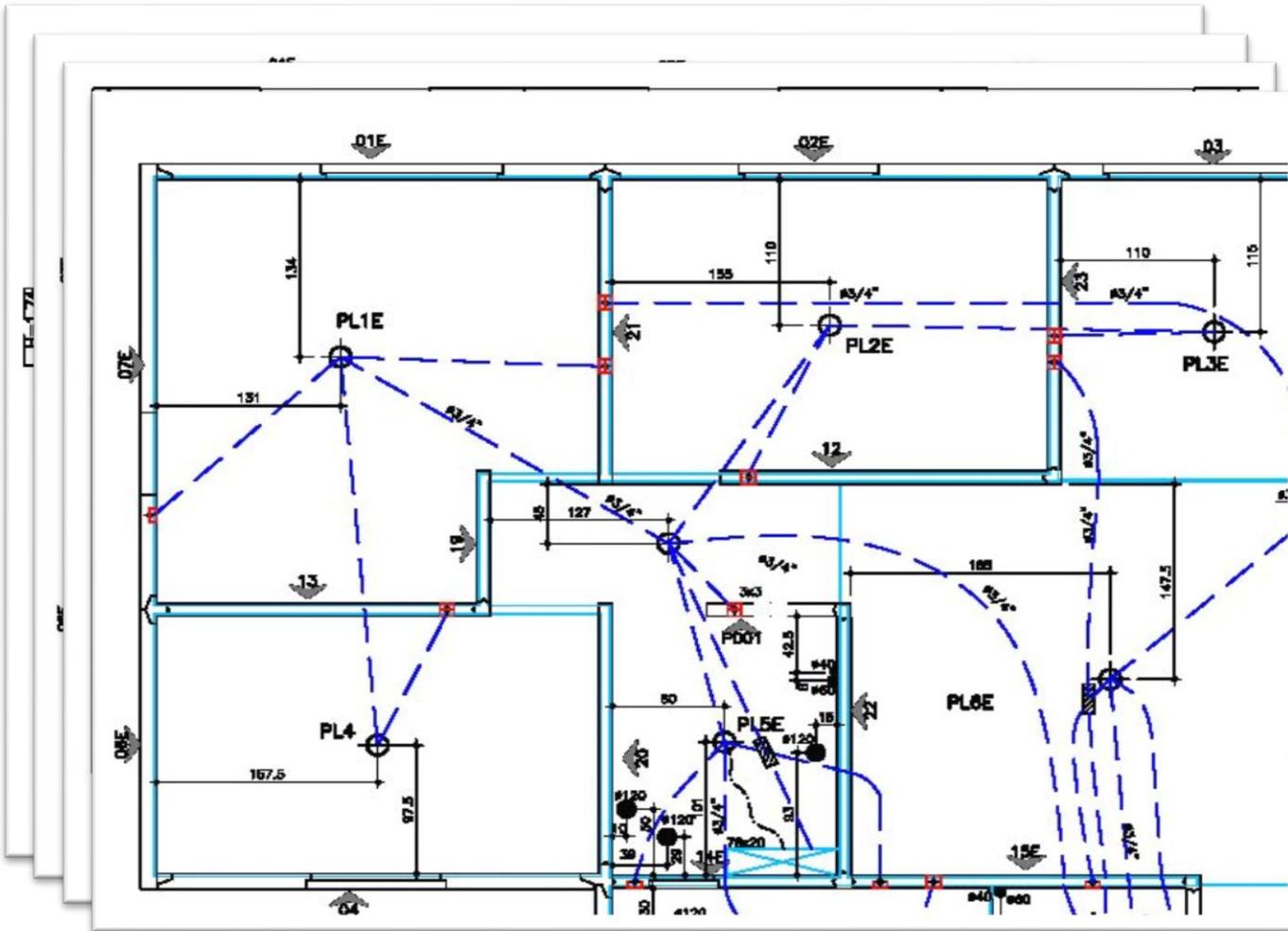
O sucesso do sistema pré-moldado está diretamente relacionado ao aproveitamento total das fôrmas e dos equipamentos disponibilizados para o empreendimento, assim:

- A concepção do produto deve buscar modulação e maior repetitividade possível dos elementos;
- A implantação do empreendimento deve ser pensada em conjunto com a logística de produção, estocagem, transporte e montagem dos elementos pré-moldados.



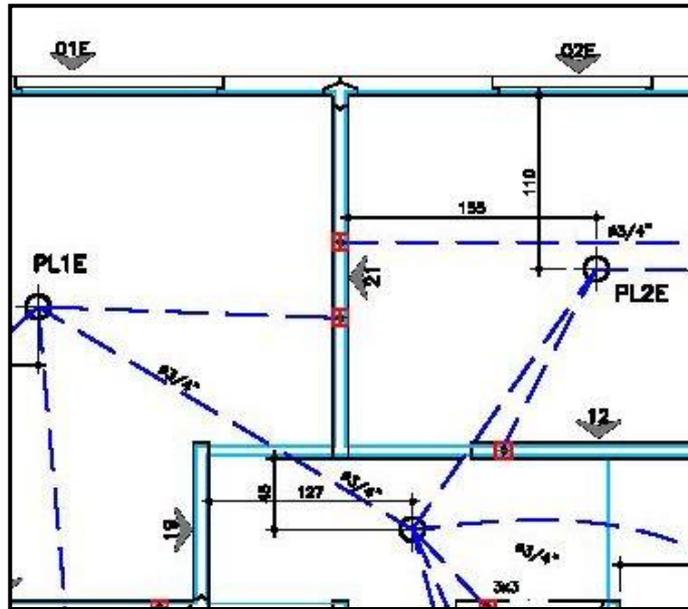
Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.2 Detalhamento

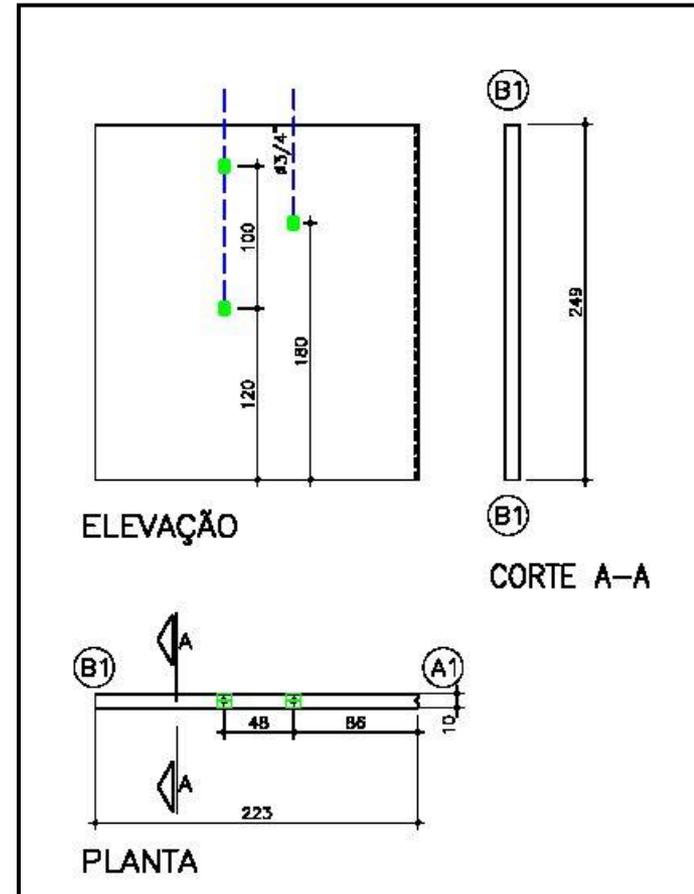


em
Planta base de
compatibilização
da unidade
envolvendo
todas as
disciplinas.

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

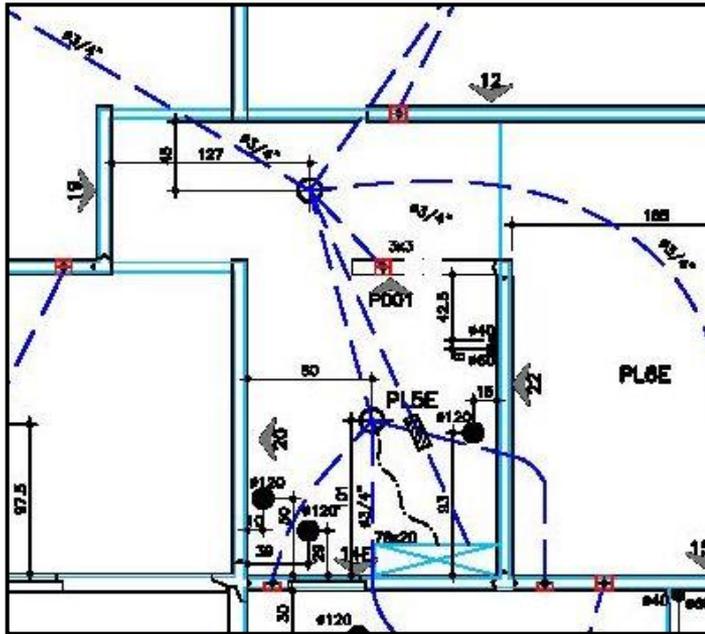


Planta base de compatibilização

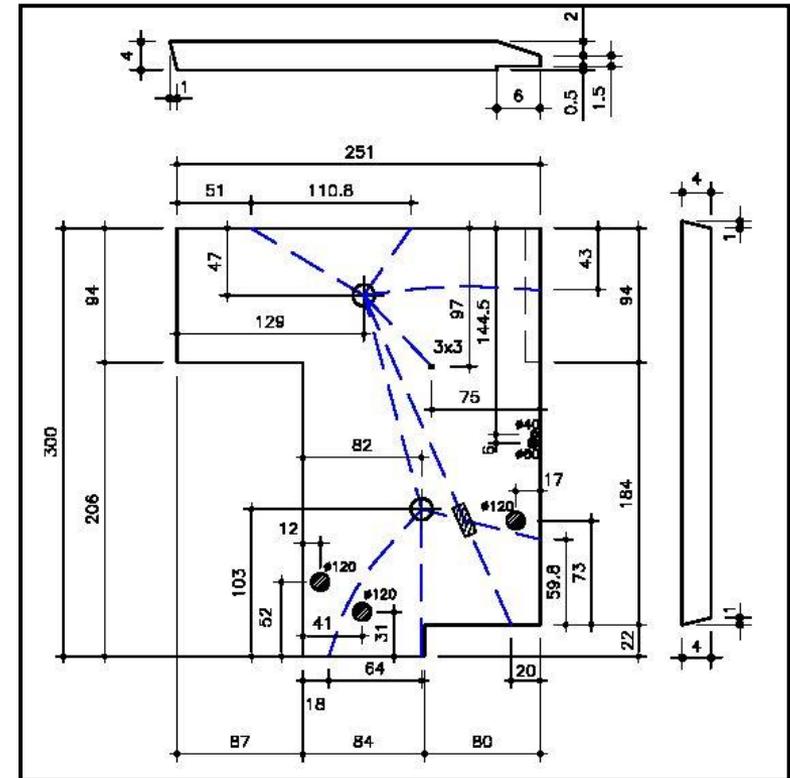
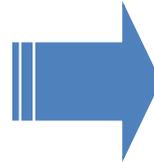


Instalações incorporadas no projeto da peça (painel).

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Planta base de compatibilização



Instalações incorporadas no projeto da peça (pré-laje).

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.3 Produção



Usina de pré-moldados implantada no canteiro



Usina externa de pré-moldados

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.3 Produção

Capacidade
produtiva de 8
apartamentos dia

Usina externa de
pré-moldados –
Rossi Residencial
(Canoas/RS)



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.3 Produção

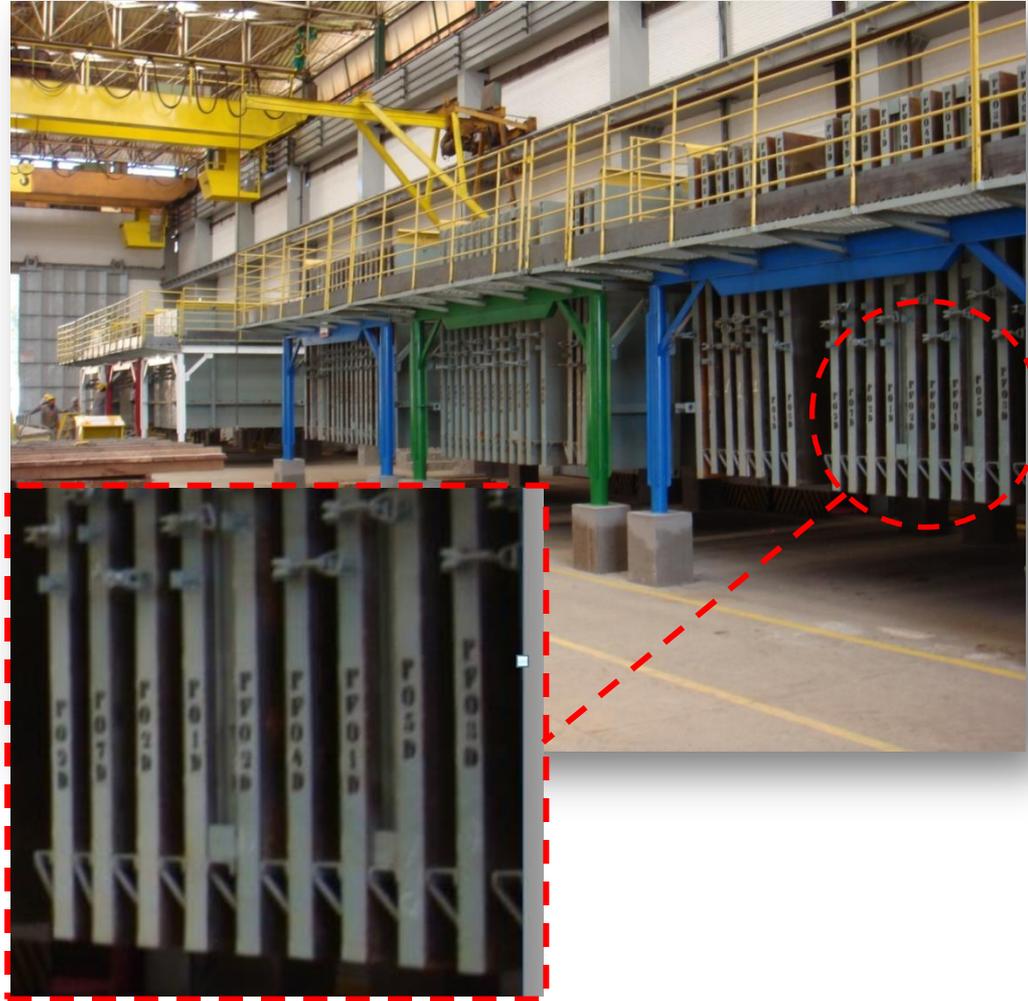


Usina externa de pré-moldados -
Rossi Residencial (Brasilia/DF)

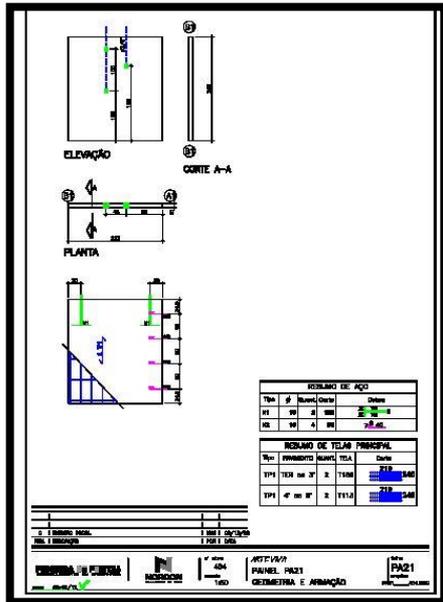
Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Execução de Painéis:

Os painéis são executados em fôrmas metálicas tipo Bateria



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



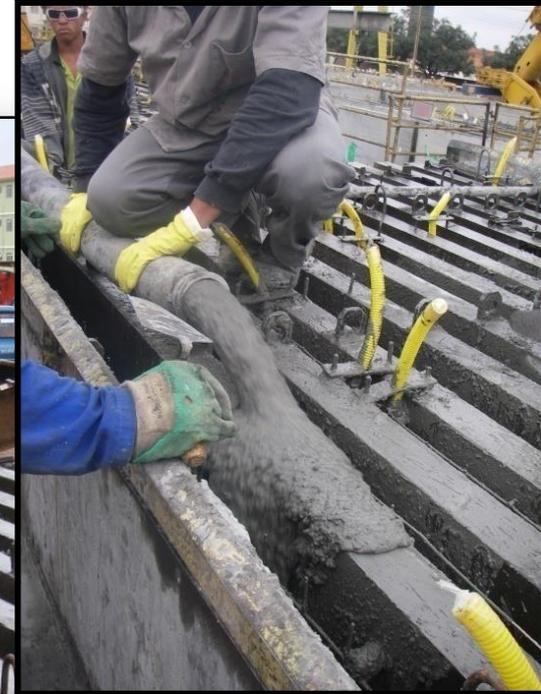
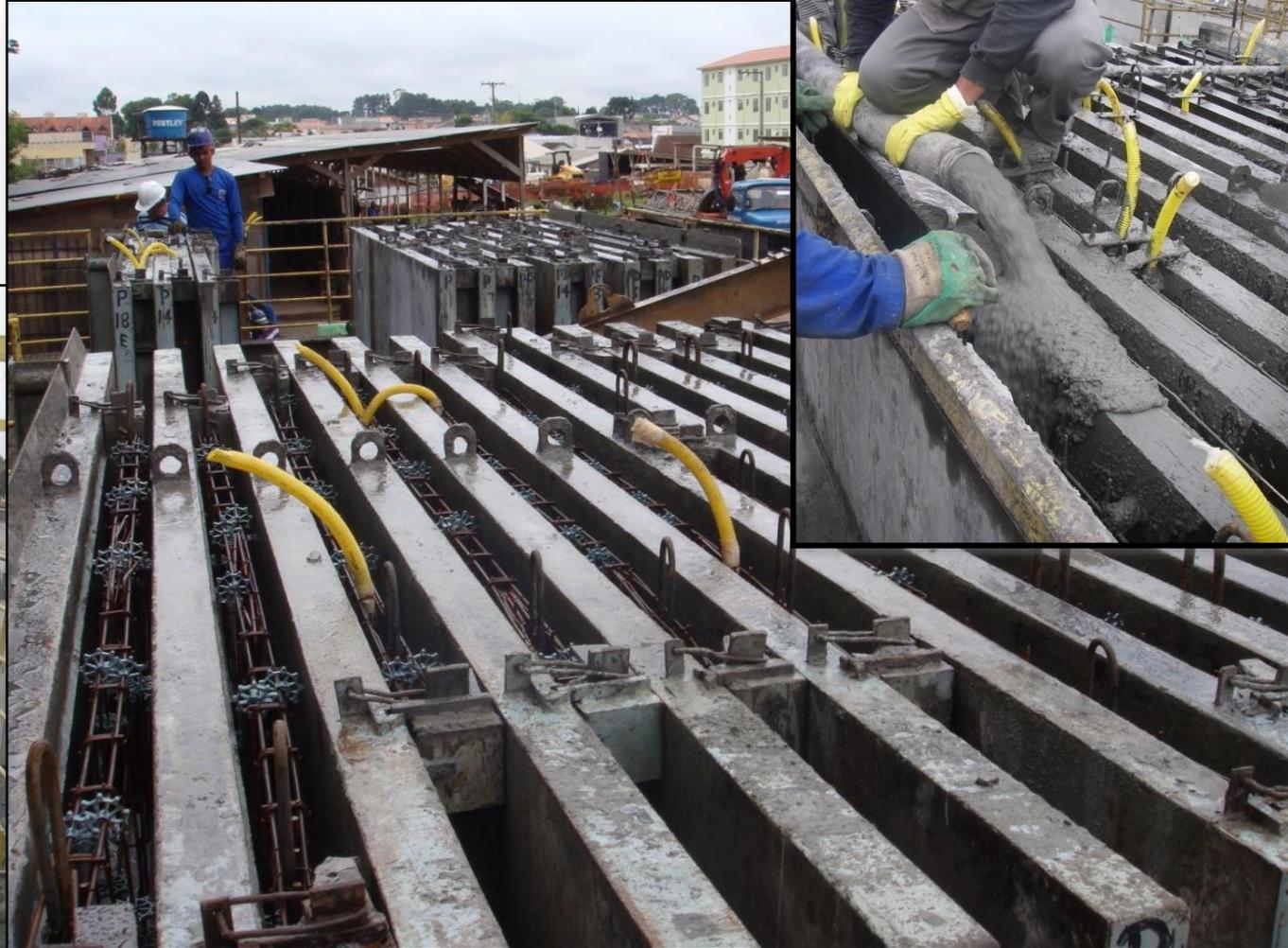
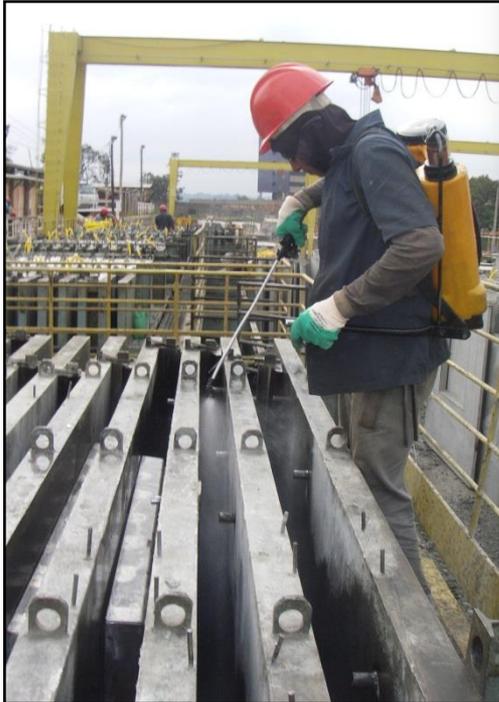
Projeto de produção de painel interno.

Instalações são posicionadas na forma de modo que façam parte da peça após a concretagem.

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Execução de Painéis:

Cada painel é executado em uma das gavetas da bateria, ficando os dois lados com acabamento final.



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



-Estoque de Painéis:

Utiliza-se perfis metálicos especiais para o estoque de painéis, permitindo a retirada aleatória das peças.



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Execução de Pré-lajes:

As pré-lajes são executados em fôrmas metálicas tipo Bandeja



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Execução de Pré-lajes:



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Execução de Pré-lajes:



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

Estoque de Pré-lajes:



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

2.4 Montagem



Montagem de painel
com Grua

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Montagem de
painel com
Pórtico

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Montagem de painel com Guindaste

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



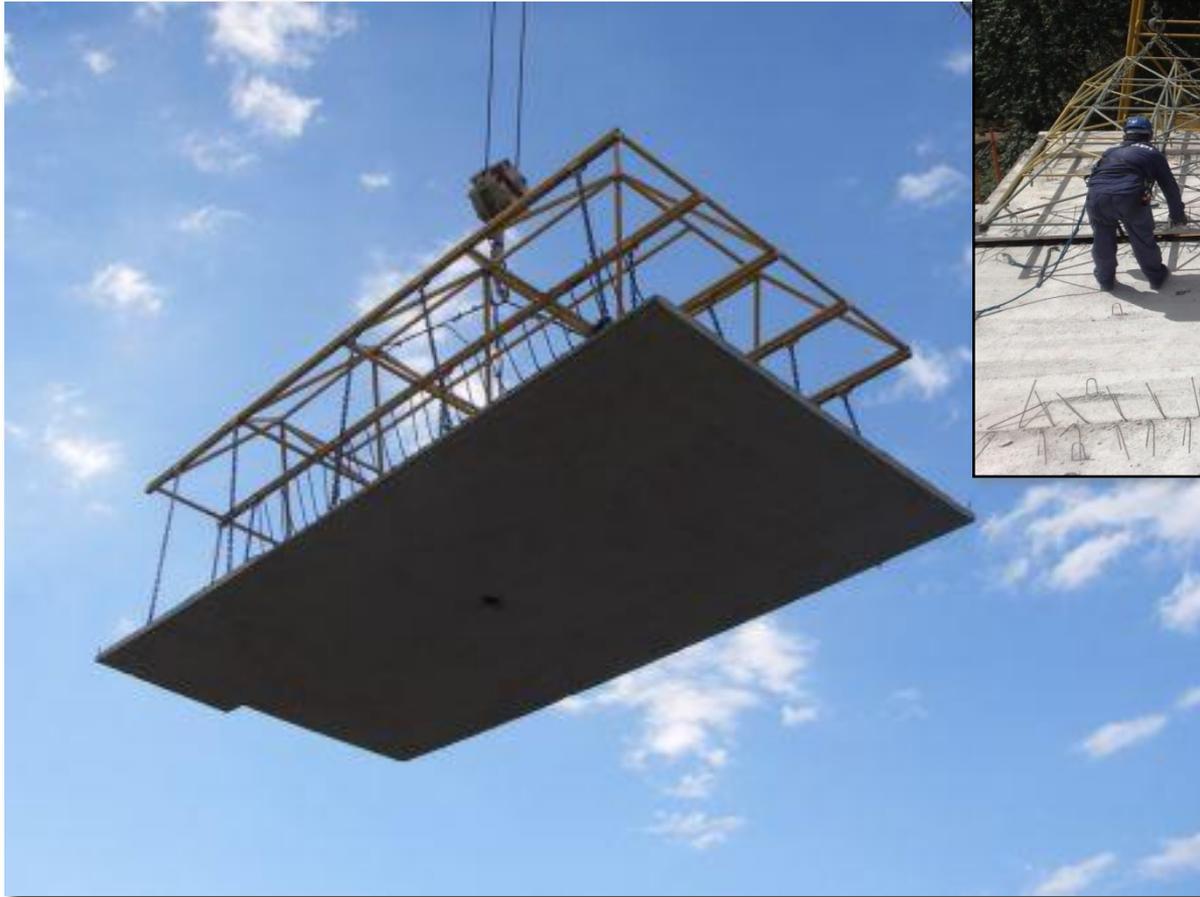
Posicionamento dos painéis com gabaritos de montagem



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto

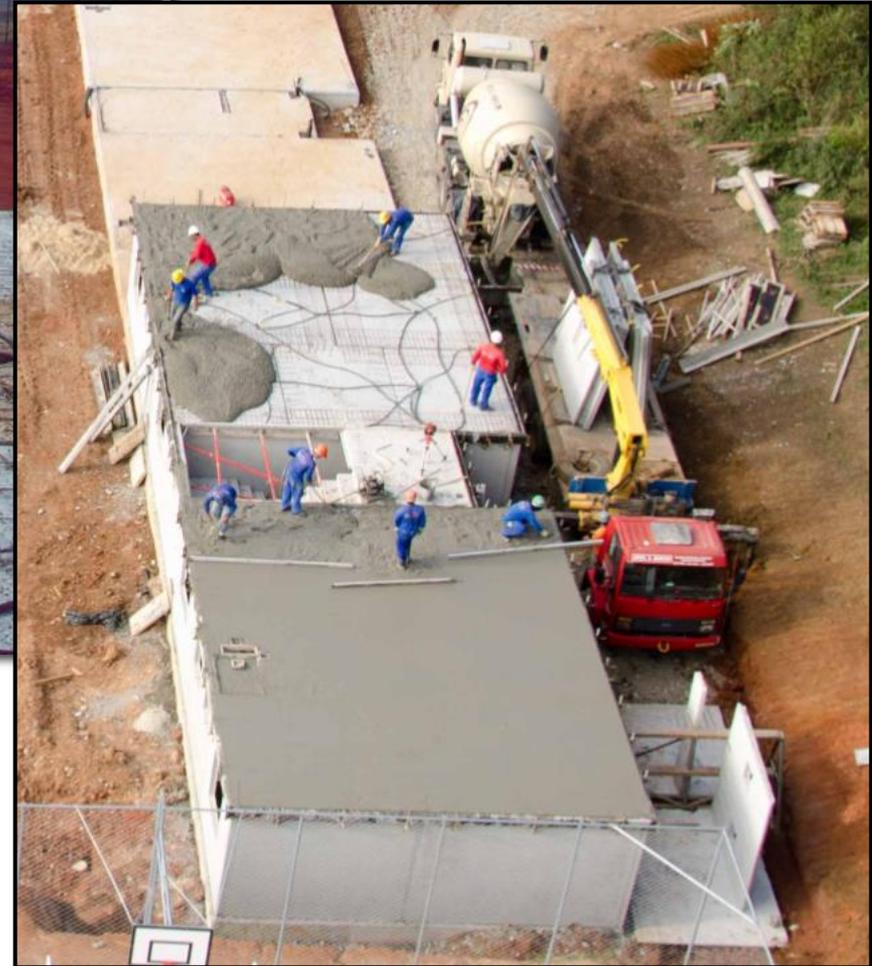


Montagem de pré-lajes com grua

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Montagem de armação complementar e elétrica



Concretagem da capa e solidarização das lajes

Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Montagem de armação complementar e elétrica



Concretagem da capa e solidarização das lajes



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Montagem de escada pré-moldada



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



2.5 Acabamentos



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



Sistema Construtivo de Painéis Portantes de Concreto



3. Avaliação técnica

- Desempenho estrutural
- Estanqueidade à água
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Durabilidade e manutenções necessárias
- Segurança ao fogo

 IPT INSTITUTO DE TÉCNICAS HABITACIONAIS	Produto Sistema construtivo VIVER de paredes constituídas de painéis maciços pré-moldados de concreto armado	 SINAT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 Cidade Universitária Butantã CEP 05508-901 São Paulo - SP Tel: (11) 3767-4164 Fax: (11) 3767-4961 ipt@ipt.br / www.ipt.br	Proponente: VIVER INCORPORADORA E CONSTRUTORA S/A Rua Olimpiadas, 205 - 2º andar - Vila Olímpia São Paulo/SP CEP 04551-000 Home page: http://www.viver.com.br e-mail: qualidade@viverinc.com.br	
Emissão Dezembro de 2010	Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão do Comitê Técnico, de 23/11/2010, a Comissão Nacional, em sua reunião de 13/12/2010, resolveu conceder ao "Sistema construtivo de painéis maciços pré-moldados de concreto para paredes" o Documento de Avaliação Técnica Nº 003. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o sistema construtivo, destinado à construção de edifícios habitacionais de até quatro pavimentos, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.	DATec Nº 003-A
Validade Novembro de 2012	Limites da avaliação técnica do "sistema construtivo VIVER" de paredes constituídas de painéis maciços pré-moldados de concreto armado: <ul style="list-style-type: none">• a avaliação técnica do sistema construtivo VIVER considerou como elementos inovadores os painéis pré-moldados de concreto armado e suas interfaces com piso, caixilhos e cobertura, e as juntas entre painéis;• os componentes e elementos convencionais devem atender às normas técnicas correspondentes;• a avaliação foi realizada considerando o emprego do sistema construtivo em edifícios habitacionais de até quatro pavimentos;• o desempenho térmico de edifícios com sistema de paredes VIVER foi avaliado para as zonas bioclimáticas Z1, Z3 e Z8, constantes da NBR 15.220. Na zona bioclimática Z3, para atender ao desempenho térmico nos períodos de verão e inverno, devem ser previstas cores médias na pintura das paredes de fachadas;• as avaliações de desempenho acústico limitaram-se à verificação das paredes cegas, por isso os caixilhos devem apresentar isolamento sonora adequada para garantir o desempenho acústico das paredes de fachada;• a estanqueidade à água foi avaliada em projeto considerando os painéis, as juntas entre painéis e as juntas entre painéis e caixilho; entretanto, a estanqueidade à água do caixilho não foi avaliada;• a avaliação da durabilidade das paredes de concreto foi feita considerando-se a classe de concreto C25, para as classes I e II de agressividade ambiental, correspondentes às zonas rural e urbana, respectivamente.	



ABNT NBR 16475:2017 - PAINÉIS DE PAREDE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
16475

Primeira edição
15.03.2017

**Painéis de parede de concreto pré-moldado —
Requisitos e procedimentos**

Precast concrete wall panels — Requirements and procedures

ABNT NBR 16475:2017 Painéis de parede de concreto pré-moldado:
Conceitos Principais e Perspectivas de Desenvolvimento

Augusto Guimarães Pedreira de Freitas



1 Escopo

Esta Norma estabelece os requisitos e procedimentos a serem atendidos no projeto, na produção e na montagem de painéis de parede pré-moldados que se enquadram nos critérios de classificação estabelecidos na Seção 5.

Para situações não cobertas por esta Norma ou cobertas de maneira simplificada, o responsável técnico pelo projeto pode usar procedimentos ou normas estrangeiras ou internacionais aplicáveis, aceitos pela comunidade técnico-científica, desde que demonstrado o atendimento ao nível de segurança prevista por esta Norma.

Esta Norma não se aplica a:

- a) painéis de parede pré-moldados estruturais cuja **dimensão horizontal seja maior que 12 m** ou que a **espessura seja maior que 25 cm**;
- b) **painéis de parede sem armaduras**;
- c) **painéis de parede curvos**;
- d) painéis de parede submetidos ao carregamento predominantemente horizontal, como **muros de arrimo ou reservatórios**;
- e) painéis de parede como **elementos de fundação**.

Não podemos normalizar o que não temos domínio.
Convite a todos os envolvidos, mas nem todos se interessaram

Preocupação inicial...

Vida Útil

Critérios que visam a Durabilidade



◆ **Cobrimentos:**

Permitido o uso de 5mm a menos em painéis não estruturais

◆ **Armação centrada:**

Permitido uma classe mais branda desde que se verifique os limites da tensão de fissuração na face tracionada

◆ **Ligações:**

Devem ser garantidas as condições de estanqueidade

6.2.8 As considerações referentes à estanqueidade dos painéis de parede e das juntas entre painéis apresentadas na ABNT NBR 15575-4 devem ser respeitadas.

Posso colocar instalações no painel estrutural?

Limitações análogos ao da NBR 16055

11 Instalações

As tubulações verticais podem ser embutidas nos painéis de parede de concreto apenas durante a fabricação e desde que atendidas simultaneamente as seguintes condições:

- a) quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15 °C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para no mínimo o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66 % da espessura da parede e com cobrimentos mínimos desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado;
- e) tubos metálicos não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica;
- f) a verificação da capacidade resistente da seção deve considerar a presença das instalações embutidas;
- g) em painéis de parede estruturais, não são permitidas tubulações verticais provenientes das instalações hidrossanitárias e de gás embutidas.

Não se admite tubulações horizontais, a não serem trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que este trecho seja considerado não estrutural.

Aberturas transversais para passagem de tubulações devem ser consideradas no projeto estrutural.

Em nenhuma hipótese são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nas ligações entre painéis de parede.

“A norma estabelece o passo a passo de como dimensionar?”



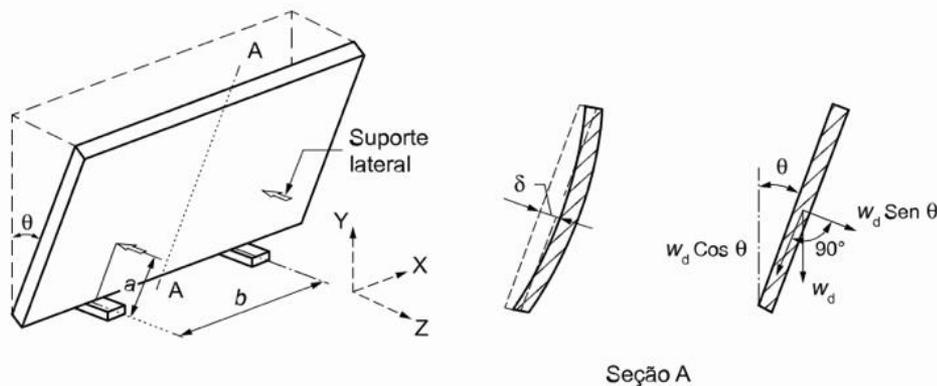
Como todas as normas, não se trata de uma cartilha, mas de definição de conceitos, premissas e diretrizes de dimensionamento.
Vamos passar por alguns pontos...

Como todo pré-moldado, as Ações Transitórias não podem ser esquecidas

No caso do Painel Pré-moldado as situações de produção, estoque e montagem podem ser críticas no dimensionamento, sobretudo estoque

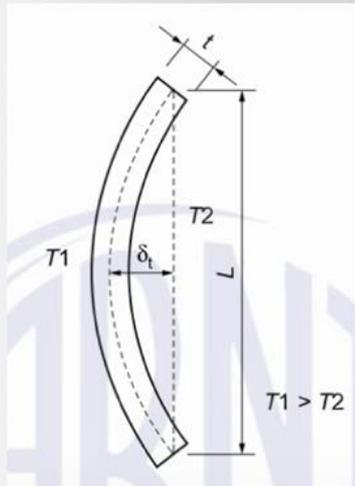
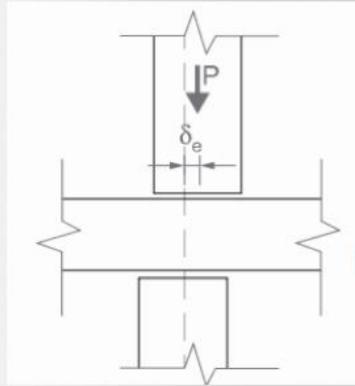
9.2.2 Ações durante o estoque

Eventuais empenamentos durante a fase de estoque devido a diferença de temperatura entre as faces do painel, diferença de retração entre os concretos que compõem a seção transversal e posicionamento do painel durante estocagem, devem ser considerados no dimensionamento do painel conforme literatura técnica recomendada (ver Figura 8) e limitados conforme Seção 12.5.

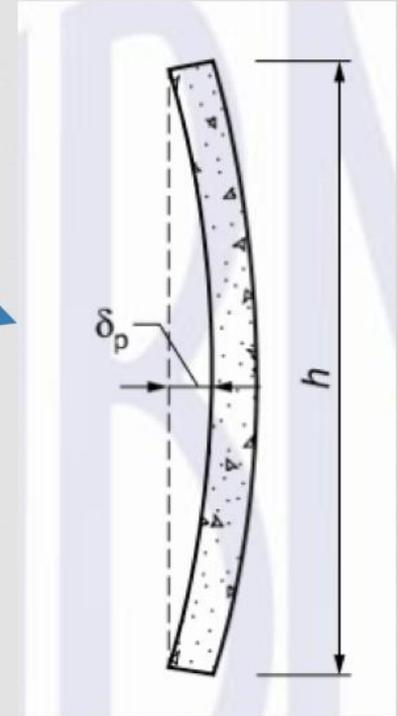


Excentricidades de Projeto

Dimensionamento à Flexo-Compressão considerando à soma das excentricidades



- ◆ Excentricidade **Mínima**
- ◆ Excentricidade devido à **tolerância de fabricação e armazenamento**
- ◆ Excentricidade devido à **tolerância de montagem**
- ◆ Excentricidade devida à **diferença de temperatura entre as faces de painel**



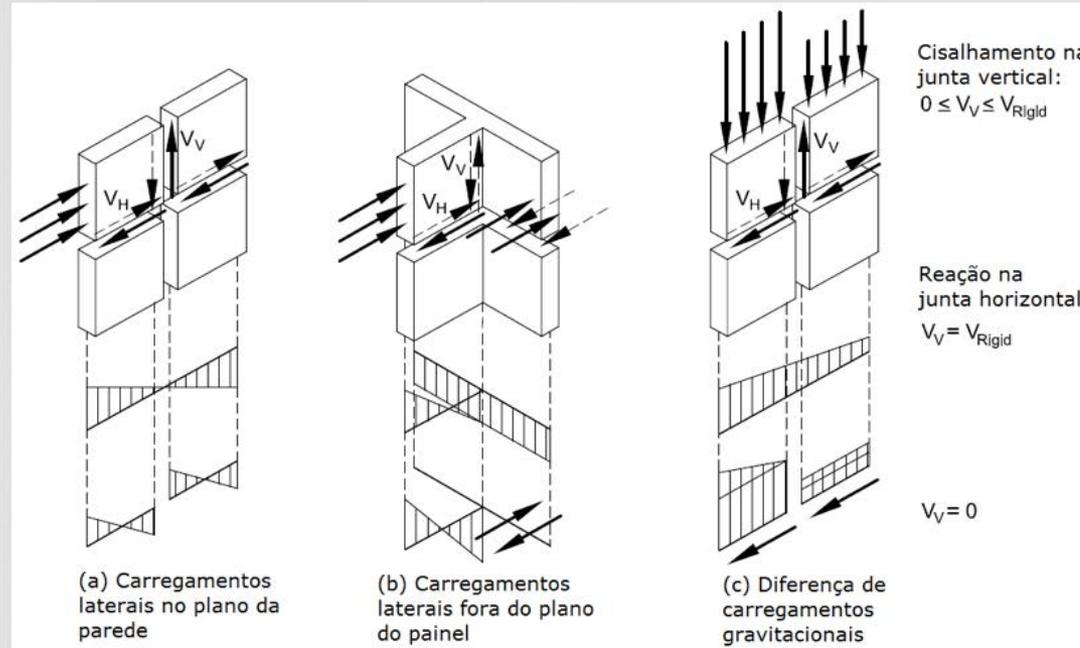
Dimensionamento

Critérios de Dimensionamento do Painel Estrutural

Dimensionamento de forma análoga à Parede de Concreto, pela NBR 16055:

- ◆ Análise e dimensionamento como **Parede ou pilar-parede**
- ◆ Dimensionamento à **flexão-composta**
- ◆ Altura equivalente em função das restrições de topo, base e travamento lateral
- ◆ Travamento lateral com condicionantes para que o elemento de travamento seja realmente de travamento

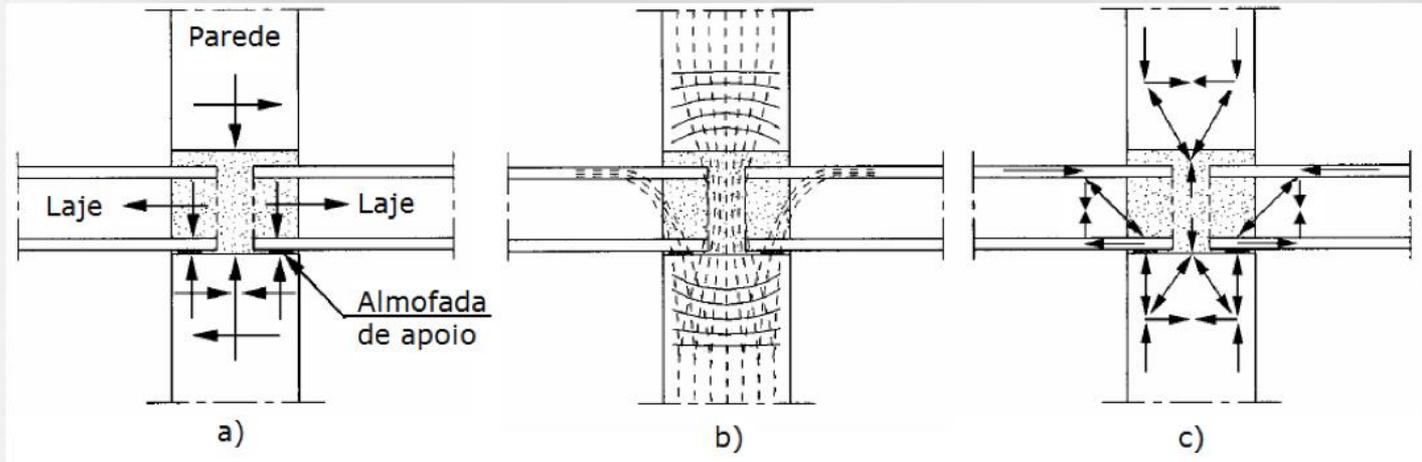
As ligações definem o comportamento conjunto dos painéis



Caminhamento de cargas considerando o comportamento das juntas/ligações

Ligações

Juntas horizontais submetidas à compressão



Ligação parede-laje-parede:

- a) análise do equilíbrio interno;
- b) análise das tensões baseada no MEF;
- c) modelo biela-tirante

O ANEXO A APRESENTA UM PROCEDIMENTO PARA O CÁLCULO DA NORMAL DE COMPRESSÃO RESISTENTE NA JUNTA.

Ligações

Chave de cisalhamento

14.5.5.3 O modelo de transferência de força cortante e modos de falha em uma chave dentada podem ser observados na Figura 22.

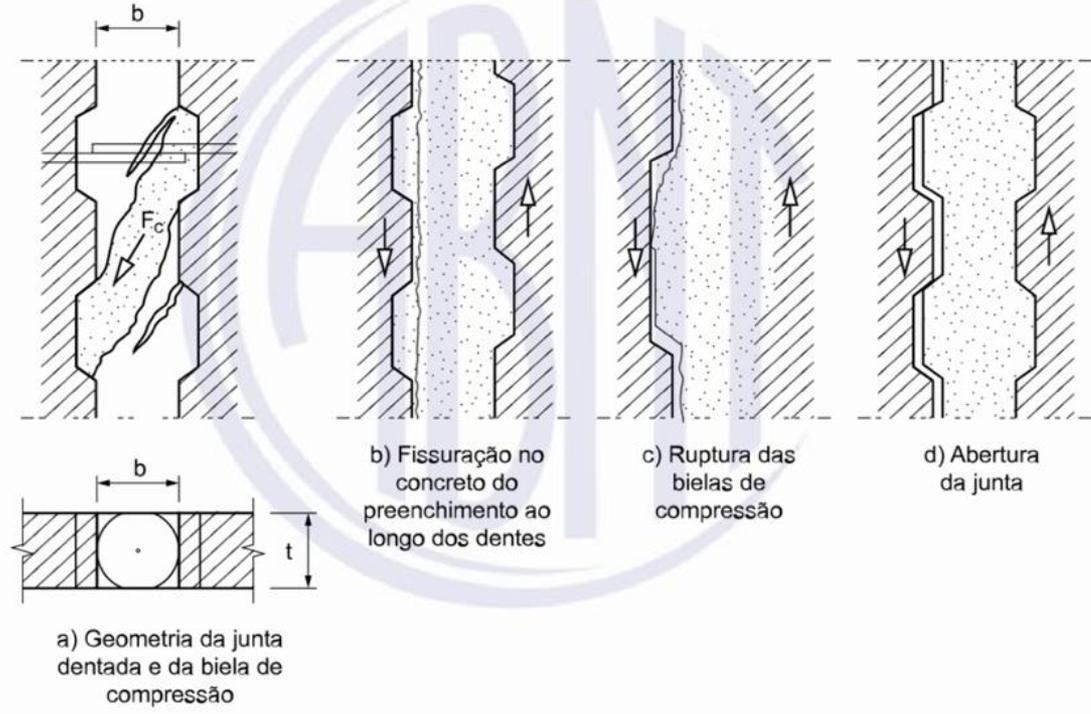
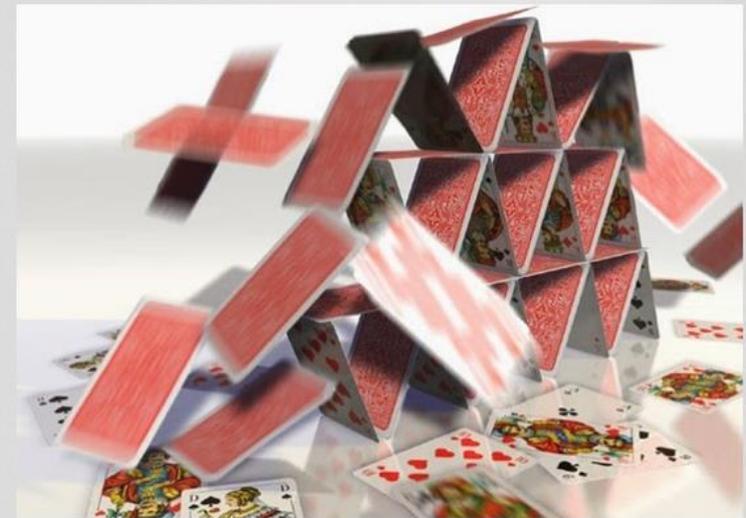


Figura 22 – Modelo de transferência de força cortante e modos de falha em junta dentada

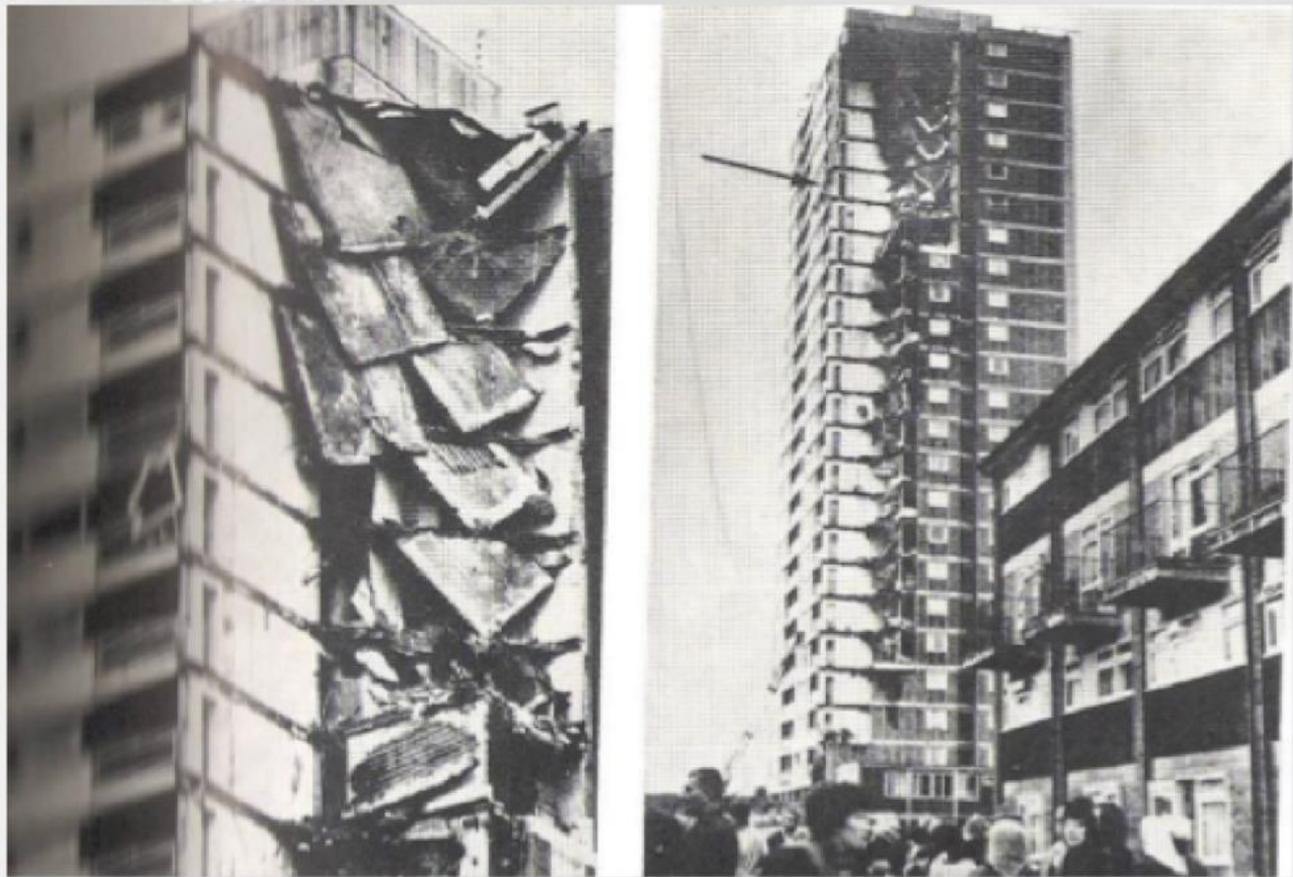
Ligações com chave de cisalhamento para permitir que um conjunto de painéis trabalhem **como elemento único de resistência aos esforços horizontais.** Fundamental em prédios altos.



“... Mas estes painéis não formam um castelo de cartas?”



... O desconhecido pode resultar em desastre!



Ronan Point

ABNT NBR 16475:2017 - PAINÉIS DE PAREDE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

... Mas o desastre gera CONHECIMENTO!



Khobar Towers – Arábia Saudita – 1996

... Mas o desastre gera CONHECIMENTO!



Khobar Towers – Arábia Saudita – 1996

Colapso Progressivo

Um capítulo dedicado à Integridade Estrutural

16 Integridade estrutural

Em estruturas compostas por painéis de parede pré-moldados estruturais, é necessário incorporar ao projeto o detalhamento de amarrações entre os elementos, de forma a aumentar a redundância da estrutura por meio de ligações dúcteis e propiciar caminhos alternativos para as ações, com o objetivo de garantir a integridade estrutural, na ocorrência de alguma falha localizada.

Exemplos de detalhes das ligações entre os painéis de parede e de suas respectivas amarrações são indicados na Figura 24.

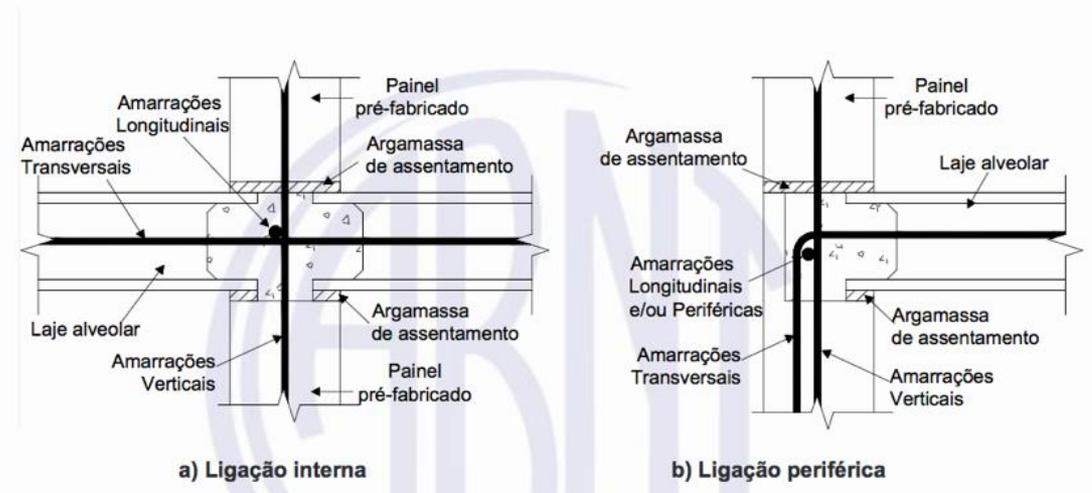


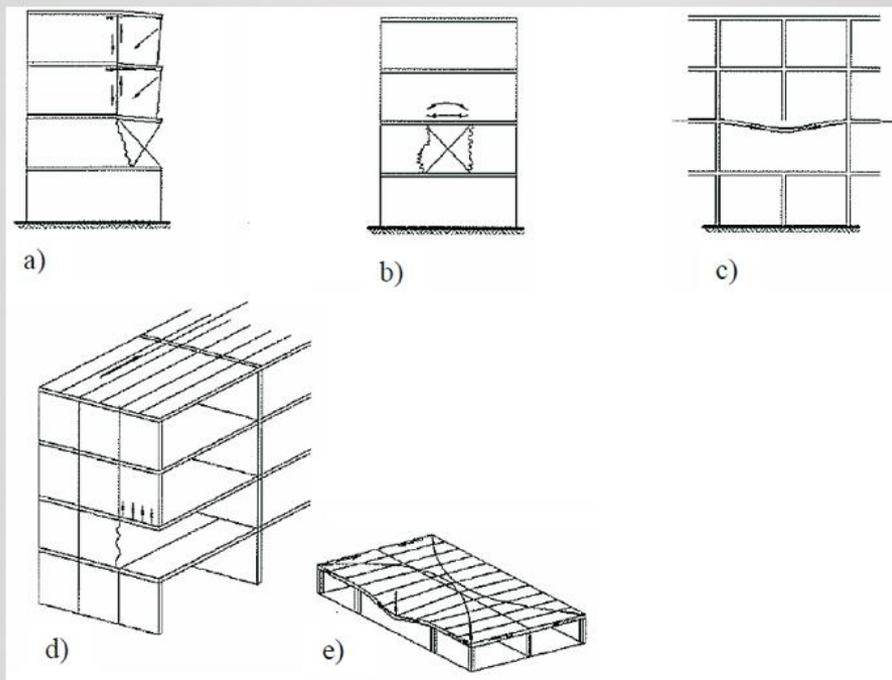
Figura 24 – Detalhes das ligações entre os painéis de parede e das amarrações (seção transversal)

... é necessário incorporar ao projeto o detalhamento de **amarrações, de forma a aumentar a redundância da estrutura** por meio de ligações dúcteis...

Colapso Progressivo

Um capítulo dedicado à Integridade Estrutural

- Ação de painel em balanço;
- Ação de viga-parede e efeito arco em painéis;
- Ação de membrana e catenária parcial de vãos sucessivos de lajes de piso;
- Suspensão vertical de painéis;
- Ação diafragma das lajes.



ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Isso foi até 2013/2014...

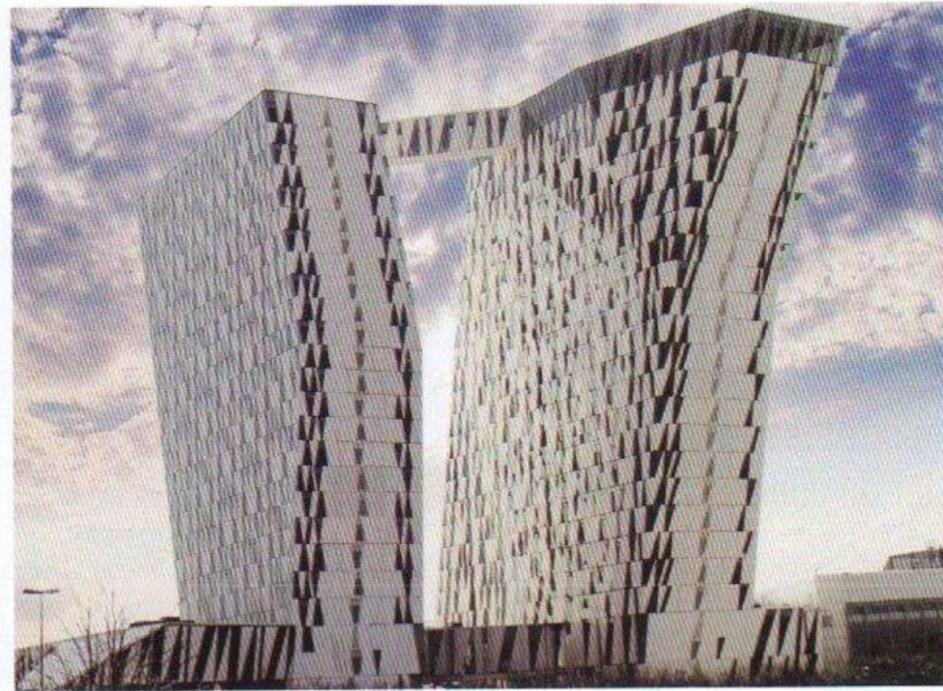
E agora, em 2017/2018???

E o futuro? O que esperar da evolução do Sistema e desta norma?

Mais profissionais com conhecimento dos sistemas com painéis estruturais e não estruturais.



Desenvolvimento de Projetos mais complexos



BELLA SKY HOTEL

Augusto G Pedreira de Freitas

tel: (11) 98596-8701/ e-mail: augusto@pedreira.eng.br

