

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

 **PEDREIRA**



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENGENHARIA E
CONSULTORIA
ESTRUTURAL



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

ABECE	Eduardo Barros Millen
ABNT/CB-02	Paulo E. F. de Campos
ABNT/CB-02	Rose de Lima
ABNT/CB-18	Inês L. S. Battagin
ALVEOLARES / IBPRE	José Eduardo de Souza Campos Filho
ARCELOR MITTAL	Mery Alissan da S. Correia
ANCORA	Rafael Montanher Leit
AR TREJOR	Luiz Carlos F. Oliveira
BRENAND CIMENTOS	Rafael Bittencourt
CASSOL	Wilson Braga Junior
CASSOL	José Herbet Faleiros Junior
CBCA	Rosane Bevilacqua
CMA	Carlos E. E. Melo
CONART	José Antônio Magoga
COPLAS	Rodrigo Augusto Roque
CYMACO	Elmir José Cybulski
CPI	Marcia Bari
CPI	Ricardo Margoni
CSM	Luciano Corrêa
EDUARDO PENTEADO ENGENHARIA	William dos Santos Moraes
EVOLUÇÃO ENGENHARIA	Marco Antonio Carnio
EMPÓRIO DO PRÉ-MOLDADO	Francisco Oggj
ENGMOLD	João do Couto Filho
ENG. LAJES PAULISTA	Emerson Augusto N. Dias
ENGETRIX	Rodolfo Marino
ENGETRIX	Andress G. Matthes
EPUSP	Francisco Graziano
FACENS - FAC. ENG. SOROCABA	Vitor Antonio Ducatti
FACENS - FAC. ENG. SOROCABA	Francisco Augusto de Alencar
GERDAU	Bruno B. Vaz de Mello
GERDAU	Juliano Limp
GTP	José Laginha
HARD	Rafael Montanher Leite

HARD	Germano Dias
HILTI	Bartolomeu Della Penha Novaes
HILTI	Iara Santos
IFBQ - FALÇÃO BAUER	Antonio Carlos da Costa
IGA ENGENHARIA E CONSULT	Flávio Isala
JET CASA	Marcelo Bergamaschi
JLVB A E V	José Luiz de V. Bonini
LAJEAAL	Marília Dória do Amaral
LEONARDI	Marcelo Cuadrado Marin
LEONARDI	Rodrigo Pagnussat
LEONARDI	Camilo Mizumoto
LEONARDI	Bruno P. dos Santos
LEONARDI	Mauro Cesar Silva
MC - BAUCHEMIE	José Manoel Martins Jr.
MOLD PRÉ-MOLDADOS	Cristina Mattos
NETPRÉ - UFSCAR	Marcelo Ferreira
NETPRÉ - UFSCAR	Nery Knoner
NETPRÉ - UFSCAR	Fernando Menezes de Almeida Filho
NETPRÉ - UFSCAR	Luís Augusto Bacheaga
NETPRÉ - UFSCAR	Altibano Chao Neto
NETPRÉ - UFSCAR	Bruno Pereira dos Santos
NETPRÉ - UFSCAR	Giovanna Innocenti
NETPRÉ - UFSCAR	Bruna Catóia Perlotto
PDG	Thiago Tavares Abrantes
PDG	Camilla Pereira Alexandre
PDG	Gil Martini Paula
PERNAMBUCO INDUSTRIAL	José Orlando Vieira Filho
PERNAMBUCO INDUSTRIAL	Luís Carlos P.Silva
PRECON	André Luiz Massote
PRECON	Isnar Maia de Freitas
PRECON	Maíron G. Leite
PREMO	Francisco Ceiso Silva Rocha
PRETEC	Andrey M. Maciel

PROTENSALTO	Alexandre J.M. Cordeiro
RESULT	Luiz Livi
ROTESMA PRÉ - FABRICADO	Leandro Merisio
ROTESMA PRÉ - FABRICADO	Carlos Alberto Nave
SIKA	Fernando Martins Ribeiro
SINAPROCIM	Ani Petterson Ahne
SIS ENGENHARIA	Daniel de Luccas
STAMP	Luís Philippe Santoro
STAMP	Silvio Alves de Oliveira
TEA	Fernando Falagi Geion
TEA	Ronaldo Franco
TLMIX	George Chao Neto
TQS INFORMÁTICA	Rodrigo Nunberg
UFMG	Roberto Marcio da Silva
UFRRS	Doris Zechmeister Bragança Weimann
USP - SÃO CARLOS	Libânio Miranda Pinheiro
ZAMARION E MILLEN	Mateus Fran Zoboli

agradecimentos...



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENGENHARIA E
CONSULTORIA
ESTRUTURAL



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

C3-18

Comitê Brasileiro de Cimento,
Concreto e Agregados



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
FORO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO
CERTIFICADORA DE PRODUTOS E SISTEMAS



2 EXPEDIENTE

- 2.1 Caso o(a) Coordenador(a) e/ou Secretário(a) não compareça(m) à reunião, indicar quem atuou, bem como novas nomeações por eleição
- Foi eleito como coordenador o Eng. Augusto Pedreira de Freitas e nomeada secretária a Eng.^a **Daniela Gutstein**.

2012 – início 2014



início 2014 - 2017

C3-18

Comitê Brasileiro de Cimento,
Concreto e Agregados



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
FORO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO
CERTIFICADORA DE PRODUTOS E SISTEMAS

2 EXPEDIENTE

- 2.1 Caso o(a) Coordenador(a) e/ou Secretário(a) não compareça(m) à reunião, indicar quem atuou, bem como novas nomeações por eleição
- Nada consta.
- 2.2 Leitura, correção e aprovação da ata anterior.
- A ata foi aprovada.
- 2.3 Correspondência recebida e/ou expedida.
- Texto base da norma.

3 ASSUNTOS TRATADOS

- 3.1 Identificação (Sigla, Número, Título, etc.) do(s) texto(s) em estudo e o estágio atual dos trabalhos (início, continuidade ou término de revisão ou elaboração), bem como descrição detalhada da análise de voto.

A ata da 2ª reunião de 2014 foi aprovada pela comissão sem ressalvas.

Foi realizada a votação para definição do coordenador e secretário para o ano de 2014. O eng. Augusto Pedreira de Freitas foi reeleito pela comissão para continuar os trabalhos como coordenador e o eng. **Fabrcio da Cruz Tomo** foi nomeado secretário.

Por que normalizar Painéis?

◆ Questões de 2012:

- ◆ Por que temos tão pouco uso de painel, seja estrutural seja de vedação e fachada, em obras residenciais?
- ◆ Temos cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico para normalizar sistemas com Painéis Pré-moldados de Concreto?
- ◆ **Quais os benefícios que uma normalização poderá trazer para a Engenharia Nacional, relativo a estes sistemas?**

Cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico (Estrutural)

Início dos estudos sobre sistemas pré-moldados para edifícios habitacionais na década de 70.

Início da década de 80, tropicalização das soluções e início das atividades no campo de pré-moldados.

Siled Fongaro – São Paulo



Cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico (Estrutural)

Evoluindo com o tempo...



Norcon - Aracaju



Sistema PAC – São Paulo



Rossi Residencial – Porto Alegre

Cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico (Vedação)



Sistema Precon

Cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico (Vedação de Fachada)



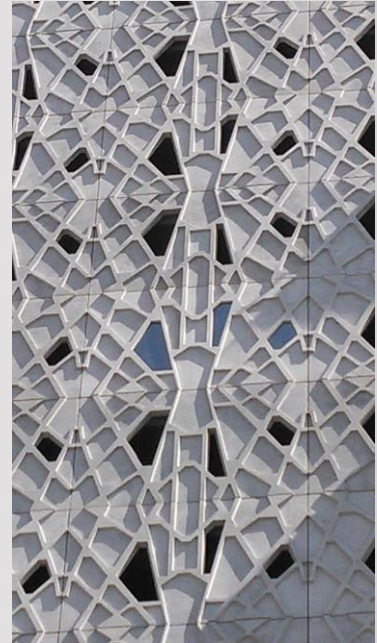
Edifício Plaza Iguatemi – Stamp – São Paulo

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

Cases no Brasil que nos permitam o conhecimento técnico (Vedação de Fachada)



Edifício Win
Work Corporate
Center – Stamp
– São Paulo



Painéis são Sistemas Inovadores?

- ◆ Sistema Nacional de Avaliação Técnica (Sinat)

O escopo do SINAT pode ser sintetizado na **harmonização de procedimentos para a avaliação de novos produtos** para a construção, **quando não existem normas técnicas prescritivas específicas aplicáveis ao produto.**

O SINAT é proposto para **suprir, provisoriamente, lacunas da normalização técnica prescritiva**, ou seja, para avaliar produtos não abrangidos por normas técnicas prescritivas.

Existe Painel desde 1945, mas não existe norma no Brasil para harmonização de conceitos.



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENGENHARIA E
CONSULTORIA
ESTRUTURAL



Associação Brasileira de Construção
Industrializada de Concreto

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

Datecs (Documento de Avaliação Técnica) de Sistemas com Painéis

 <p>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</p>	<p>Produto Sistema construtivo VIVER de paredes constituídas de painéis maciços pré-moldados de concreto armado</p> 	
<p>Emissão Dezembro de 2010</p> <p>Validade Novembro de 2012</p>	 <p>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</p>	<p>Produto Sistema Rossi de painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes</p> 
<p>Emissão Novembro de 2011</p> <p>Validade Outubro de 2013</p>	<p>IFBQ</p>  <p>Rua Aquino, 111 - Água Branca 05006-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3811-1729 www.fbauer.org.br inveicons@fbauer.org.br</p>	<p>Proponente: PRECON ENGENHARIA SA. Rua Albita 131, 1º andar - Cruzeiro 30310-160 - Belo Horizonte - MG 031-3014-3900 www.precon.com.br</p>  
<p>Emissão julho de 2012</p> <p>Validade junho de 2014</p>	<p>Emissão julho de 2012</p> <p>Validade junho de 2014</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade, IFBQ, e a decisão do Comitê Técnico, de 29/06/12, a Comissão Nacional, em sua reunião de 17/07/12, resolveu conceder ao Sistema Construtivo PRECOM em PAINÉIS DE VEDAÇÃO PRÉ-FABRICADOS o Documento de Avaliação Técnica Nº 012. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o sistema construtivo, destinado à construção de edificações habitacionais multifamiliares de até 8 pavimentos, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p> <p>DATec Nº 012</p>

“Vocês vão desenvolver a norma para acabar com a necessidade do Datec?”

O Objetivo da Norma **é analisar o conhecimento técnico disponível no Brasil, agregar conhecimento técnico de normas internacionais e normalizar os critérios que são possíveis para o estado da arte disponível no Brasil** na atualidade.

É preciso lembrar que o **Datec** não é uma **PUNIÇÃO**, mas sim uma **NECESSIDADE** em função de **falta de harmonização de conceitos**.



Premissas para a elaboração da Norma

♦ Uma Norma Nova não pode avançar sinal!

Precisamos ser conservadores para conceitos que não estejam absolutamente consolidados.



Premissas para a elaboração da Norma

◆ Não podemos desprezar o conhecimento internacional



Premissas para a elaboração da Norma

- ◆ Sempre que possível, remeter para a **Norma Mãe, ABNT NBR 9062:2017**, cuja revisão se desenvolveu no mesmo período.

7.7 Outros materiais

Quando forem utilizados outros materiais, como blocos cerâmicos, blocos de concreto e outros, utilizados para compor os painéis de parede pré-moldados, devem ser realizados ensaios de caracterização segundo normas técnicas ou procedimentos específicos aplicáveis.

Para as alças de içamento, não é permitido o uso de aço CA-25 ou CA-50 ou CA-60, devendo ser respeitadas as prescrições da **ABNT NBR 9062**.

Premissas para a elaboração da Norma



♦ A Norma permitirá que novos profissionais usem os sistemas

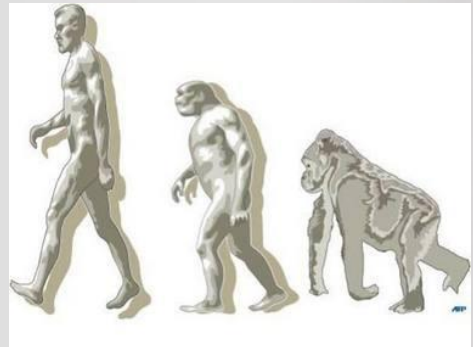
Precisa ser bem didática para garantir que não existam experiências mal sucedidas.

Premissas para a elaboração da Norma

◆ Mais profissionais usando a norma e desenvolvendo os sistemas!

Maior será a base de conhecimento, o que possibilita uma evolução rápida da própria norma.

Devemos prever uma **revisão permanente.**



“Você vão normalizar todos os tipos de painéis que existem?”



Num primeiro momento, achávamos que sim!!!

Analisando com mais calma, seguindo conselhos, vimos que seria impossível numa primeira versão da norma!



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:

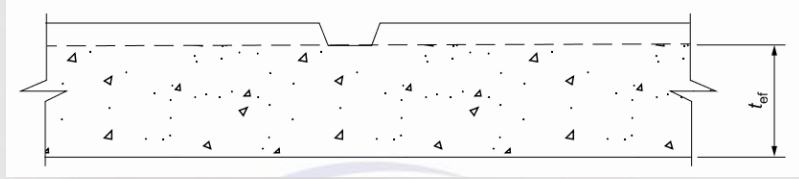
- a) painéis de parede pré-moldados estruturais cuja **dimensão horizontal seja maior que 12 m** ou que a **espessura seja maior que 25 cm**;
- b) **painéis de parede sem armaduras**;
- c) **painéis de parede curvos**;
- d) painéis de parede submetidos ao carregamento predominantemente horizontal, como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

Não podemos normalizar o que não temos domínio.

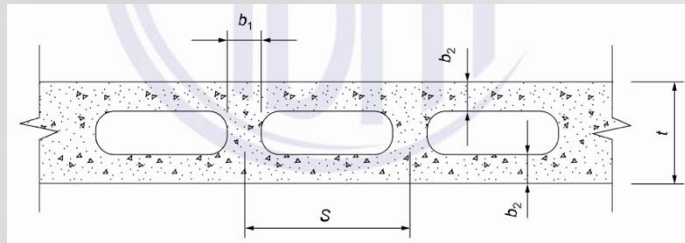
Convite a todos os envolvidos, mas nem todos se interessaram

Mas, afinal, Quais painéis estão no escopo?

- ◆ Paineis de parede maciço (Estrutural e não estrutural)

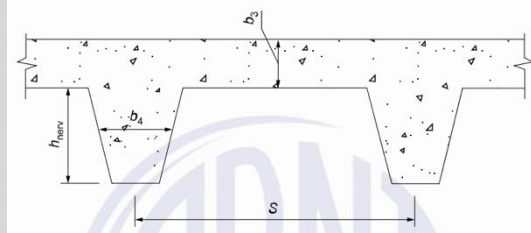


- ◆ Paineis de parede Alveolar (não estrutural)

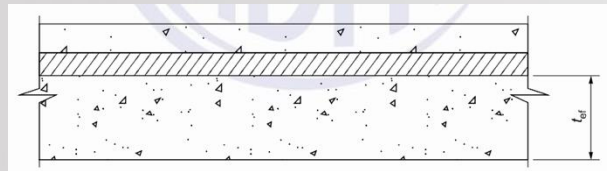


Mas, afinal, Quais painéis estão no escopo?

- ◆ Painel de parede nervurado (Estrutural e não estrutural)



- ◆ Painel de parede sanduiche sem ligação rígida (Estrutural e não estrutural)



“O PAINEL sanduiche pode ser estrutural?”

5.1.4 Painel de parede sanduiche sem ligação rígida

São painéis de parede cuja seção transversal é formada pela composição de dois elementos de concreto de seção maciça, com preenchimento de material inerte posicionado entre eles. Para o cálculo de área, inércia e cobrimento do painel de parede sanduiche sem ligação rígida, deve-se considerar apenas a seção formada pelo elemento estrutural de concreto maciço de espessura t_{ef} indicada na Figura 5 desprezando os demais materiais, que são elementos sem finalidade estrutural (de concreto para fins de vedação e de material inerte).

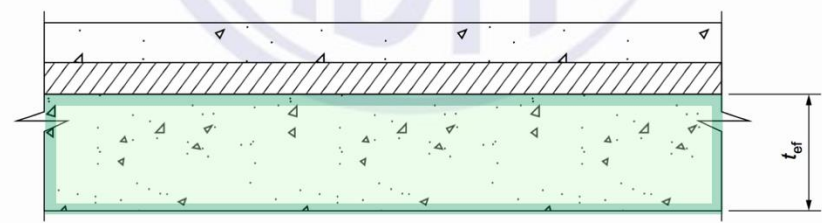
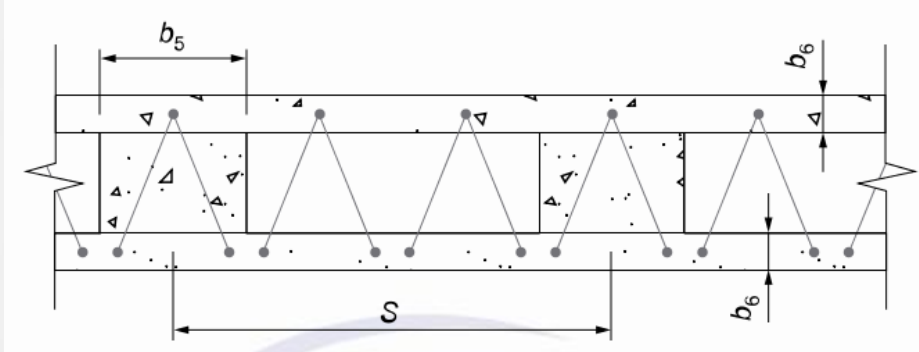


Figura 5 – Definição da espessura em painel de parede sanduiche sem ligação rígida

Mas, afinal, Quais painéis estão no escopo?

- ◆ PAINEL DE PAREDE DUPLA (Estrutural e não estrutural)



“O PAINEL de parede dupla pode ser estrutural?”

5.1.5 Painéis de parede dupla

Os painéis de parede dupla são elementos formados pela composição de painéis maciços pré-moldados conectados por nervuras e/ou por treliças (Figura 6).

Nos casos em que a parede dupla tiver o núcleo preenchido completamente com concreto estrutural, o painel apresenta um comportamento similar ao de painel maciço, devendo atender às especificações de 5.1.1.

Se o preenchimento entre as paredes for apenas parcial, restando vazios entre elas, devem ser atendidas as especificações de 5.1.2, relativas a painéis de parede alveolares não estruturais. Alternativamente, é permitido tratar os trechos maciços como painéis de parede independentes separados pelos vazios.

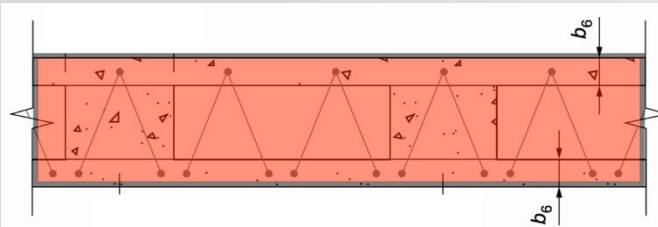


Figura 6 – Seção transversal de painel de parede dupla

“O Painel de parede dupla pode ser estrutural?”

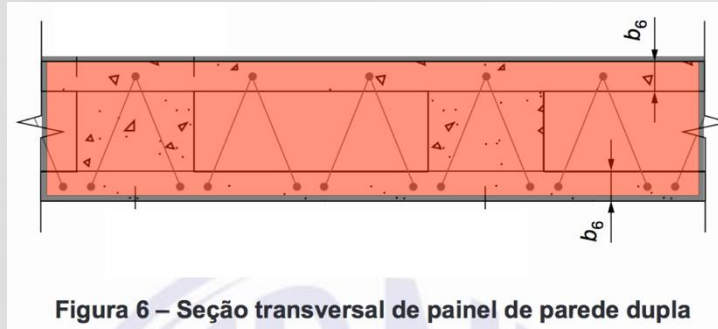


Figura 6 – Seção transversal de painel de parede dupla

Se preenchermos todos os vazios, seria como fazer um painel maciço com etapas de concretagem. Neste caso, precisamos ter cuidado com as interfaces e ligações entre etapas de concretagem, semelhante a pré-vigas, por exemplo

“Mas e ser manter os vazios, o Painel de parede dupla pode ser estrutural?”

5.1.5 Painéis de parede dupla

Os painéis de parede dupla são elementos formados pela composição de painéis maciços pré-moldados conectados por nervuras e/ou por treliças (Figura 6).

Nos casos em que a parede dupla tiver o núcleo preenchido completamente com concreto estrutural, o painel apresenta um comportamento similar ao de painel maciço, devendo atender às especificações de 5.1.1.

Se o preenchimento entre as paredes for apenas parcial, restando vazios entre elas, devem ser atendidas as especificações de 5.1.2, relativas a painéis de parede alveolares não estruturais. Alternativamente, é permitido tratar os trechos maciços como painéis de parede independentes separados pelos vazios.

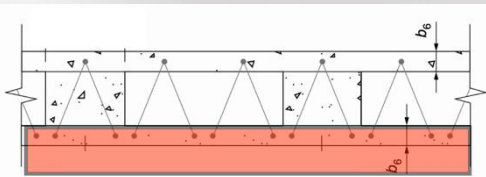


Figura 6 – Seção transversal de painel de parede dupla

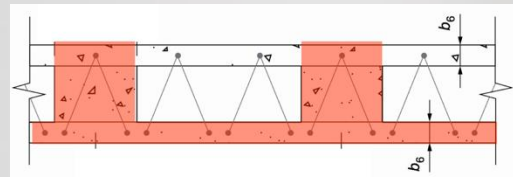
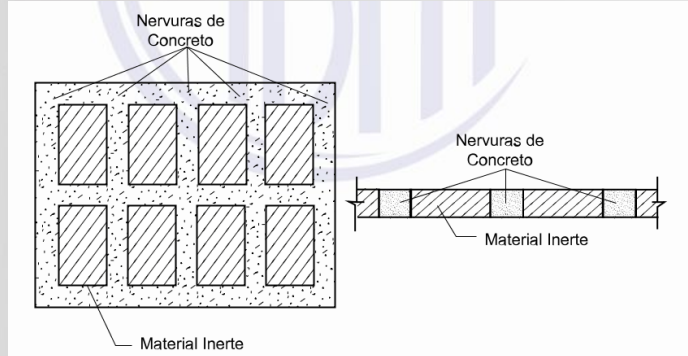


Figura 6 – Seção transversal de painel de parede dupla

Mas, afinal, Quais painéis estão no escopo?

- ◆ Painel de parede reticulado misto (não estrutural)



Esta Norma não contempla os painéis reticulados de concreto estruturais, com elementos inertes de qualquer natureza, mesmo quando usados para as edificações térreas.

Quais os Tipos de Painéis quanto ao acabamento?

5.3 Classificação de painéis de parede quanto ao acabamento

5.3.1 Painel de parede bruto

São painéis de parede que, após a montagem, necessitam de algum acabamento, seja pintura, gesso ou argamassa.

5.3.2 Painel de parede arquitetônico

São painéis de parede que, após a montagem, já se encontram acabados em pelo menos uma das faces, sem a necessidade de outro tipo de revestimento para fins de acabamento.

Os painéis de parede arquitetônicos devem respeitar os requisitos e os procedimentos de produção, manuseio e de montagem estabelecidos nas Seções 17, 18 e 19.





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.

“Desempenho é só vida útil?”



Voltaremos à famosa 15575 mais para frente...

“Posso fazer um painel só com Uso de Fibras?”

7.4 Fibras

7.4.1 As fibras para reforço estrutural (macrofibras) devem atender às especificações constantes nas ABNT NBR 15530 (fibras de aço), ABNT NBR 15305 (fibras de vidro) e EN 14889-2 (fibras sintéticas).

7.4.2 O projeto estrutural de painéis de parede em concreto reforçado com fibras (CRF) deve especificar o material, o tipo, a quantidade e as propriedades físicas das fibras introduzidas no concreto.

7.4.3 As fibras para reforço secundário (microfibras) devem ser previstas visando combater o lascamento do concreto em situações de incêndio.

Pode ser usado fibras para complemento do desempenho, mas ainda **não pode ser usado somente fibras.**

No futuro, com mais estudos, poderemos ter uma grande evolução nesta área!

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:

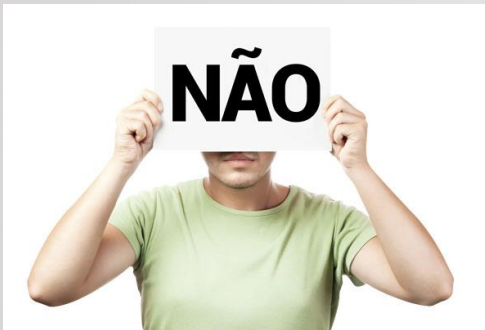
- a) quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15 °C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para no mínimo o revestimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66 % da espessura da parede e com revestimentos 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

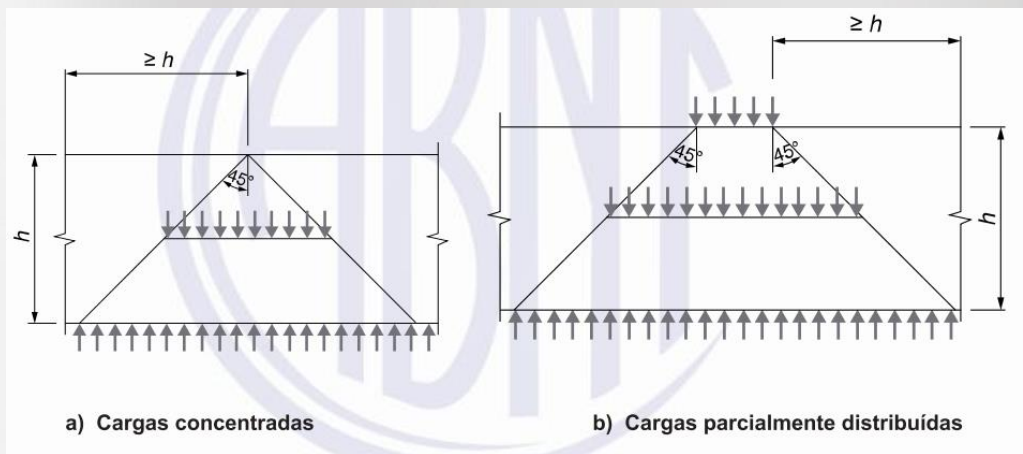
Eventuais empenamentos durante a fase de estoque devido a diferença de temperatura entre as faces do painel, diferença de retração entre os concretos que compõem a seção transversal e posicionamento do painel durante estocagem, devem ser considerados no dimensionamento do painel conforme literatura técnica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

The diagram illustrates the effects of transient actions during storage. On the left, a 3D perspective view of a rectangular precast panel is shown, supported by two blocks. The panel's width is labeled 'a', its length is 'b', and its thickness is 'A'. An angle θ is indicated between the panel's top surface and a vertical line. A coordinate system with X, Y, and Z axes is shown. A label 'Suporte lateral' points to the side support. On the right, a cross-section labeled 'Seção A' shows the panel's profile. It depicts a deflection δ from its original position. Two force components are shown: $W_d \cos \theta$ acting perpendicular to the panel's surface and $W_d \sin \theta$ acting parallel to it. A 90-degree angle is marked between these two force vectors.

Cargas Verticais

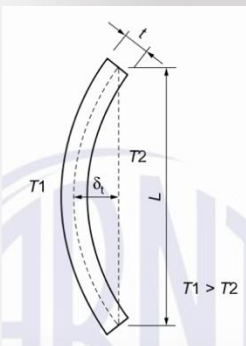
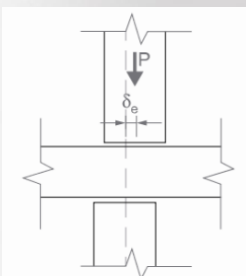
Espraiamento das cargas concentradas

O ângulo máximo de espraiamento das cargas é 45° , dependendo da rigidez das ligações

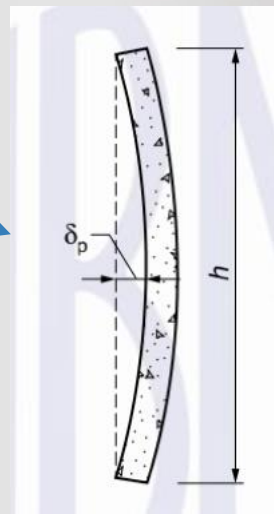


Excentricidades de Projeto

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**



Limites de Deslocamentos

10.2 Deslocamentos admissíveis normais ao plano do painel

Os deslocamentos previstos no projeto devem respeitar o limite estabelecido pela Tabela 1.

Tabela 1 – Limites para deslocamentos

Elemento	Deslocamento a ser considerado	Deslocamento limite δ_{lim}
Painéis de parede estruturais	Deslocamento imediato devido às ações permanentes	$L/240 \leq 2 \text{ cm}$
	Deslocamento imediato devido às ações variáveis	$L/360 \leq 2 \text{ cm}$
Painéis de parede não estruturais	Deslocamento total após a instalação do painel	$L/480 \leq 2 \text{ cm}$

Necessário verificar o **acumulado das deformações** pois, para situação final não existe compensação

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

Análise Estrutural: As ligações!

Hipóteses Básicas

As ligações entre painéis de parede estruturais e outros componentes da estrutura devem ser consideradas de forma a representar a transferência de esforços, sendo necessário verificar a resistência da ligação, conforme disposto na Seção 14.

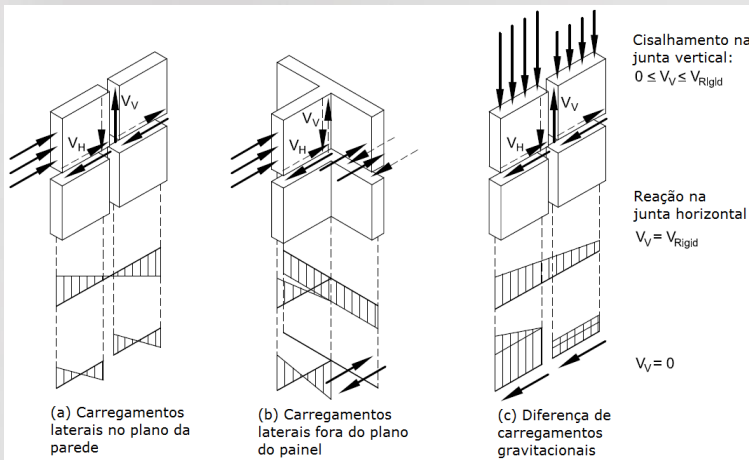
As ligações entre painéis de parede não estruturais e a estrutura da edificação devem permitir a movimentação relativa entre os componentes, causada por variação volumétrica no painel, bem como aos deslocamentos na estrutura.

Deve-se considerar a rigidez relativa dos materiais utilizados nas ligações para determinação da distribuição das forças atuantes nos painéis de parede estruturais.

Essa distribuição deverá também ser verificada considerando a continuidade efetiva e rigidez das ligações dos painéis de parede com a laje.

Seja Painel Estrutural, seja Painel não Estrutural, o cuidado com as ligações é fundamental!!!

As ligações definem o comportamento conjunto dos painéis



Caminhamento de cargas considerando o comportamento das juntas/ligações

Ligações

Um dos pontos mais importantes.

14 Ligações em estruturas de painéis de parede pré-moldados

14.1 Considerações gerais para projeto e detalhamento de ligações

14.1.1 Generalidades

14.1.1.1 As ligações em estruturas pré-moldadas devem atender aos diferentes requisitos de desempenho de projeto, tendo como função principal a transferência das forças atuantes entre as interfaces dos elementos pré-moldados, decorrentes tanto das ações diretas (ações gravitacionais e vento) quanto das ações indiretas (provenientes da retração, fluência, movimentos térmicos, fogo etc.), possibilitando a interação dos componentes pré-moldados entre si como um único sistema estrutural.

14.1.1.2 O projetista estrutural deve explicitar o modelo de cálculo adotado no projeto, **com indicação dos mecanismos resistentes e equilíbrio das forças internas na ligação**, bem como indicar os esforços transmitidos pela ligação e sua interação com a estrutura. O modelo de cálculo adotado pode se basear nas referências técnicas ou normativas consagradas na literatura internacional. Na ausência de modelos teóricos, **o projeto pode ser validado com base em ensaios experimentais parametrizados**, com a identificação dos devidos mecanismos resistentes e avaliação da segurança efetiva entre o projeto e resultados últimos experimentais.

Novas ligações precisam ser testadas e poderão ser incorporadas à norma em futuras revisões

Ligações

Coeficiente de ajustamento.

14.2.3 Coeficientes de ajustamento para as ações atuantes nas ligações

Para o caso das ligações estruturais em painéis de parede de concreto pré-moldado, os valores usuais para os coeficientes de majoração das ações γ_f deverão ser multiplicados por coeficientes de ajustamento γ_n adicionais dados por:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_n$$

sendo

$$\gamma_n = \gamma_{n1} \cdot \gamma_{n2} \cdot \gamma_{n3} \cdot \gamma_{n4} \cdot \gamma_{n5}$$

1. Modo de falha (dúctil a frágil)
2. Consequência da falha (estrutural ou vedação)
3. Incertezas (todos esforços conhecidos?)
4. Manutenção e durabilidade (acessível?)
5. Processo construtivo (carga preponderante permanente ou acidental?)

Ligações

Coeficiente de ajustamento.

O máximo esforço solicitante de projeto permitido na ligação $S_{d,max}$ deve respeitar o valor mínimo obtido entre os seus mecanismos internos resistentes, conforme ilustrado na Figura 17.

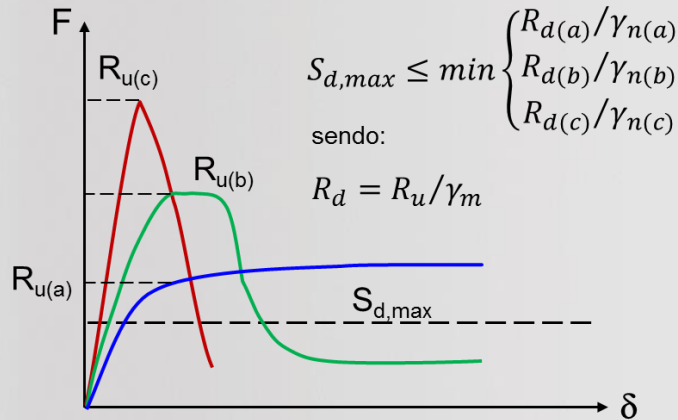


Figura 17 – Critério de segurança para diferentes mecanismos internos resistentes na ligação

Ligações

Ligação painel-laje-painel

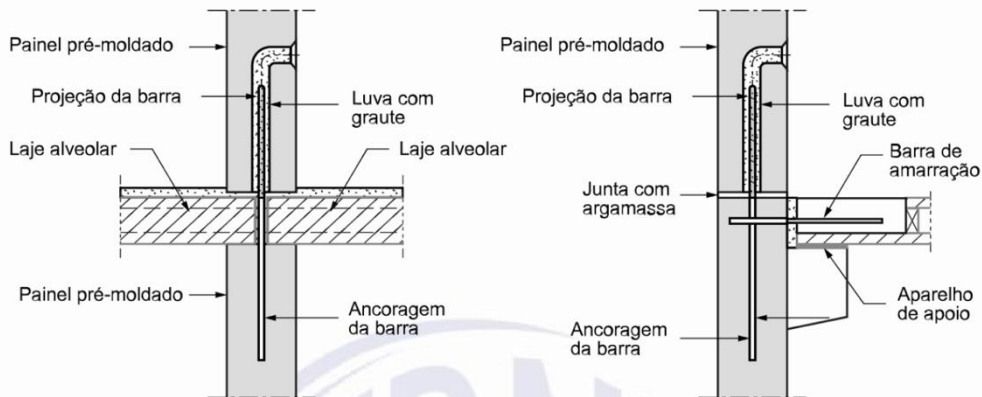
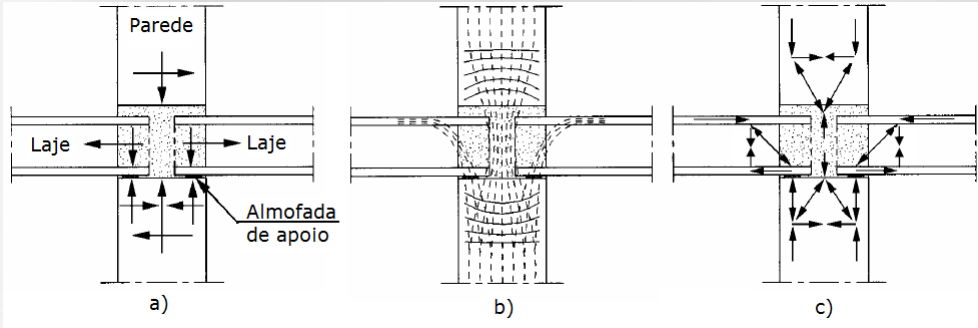


Figura 18 – Exemplo de juntas horizontais em estruturas de painéis de paredes estruturais

Necessário identificar o que se deseja transmitir para definir o tipo de ligação

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.

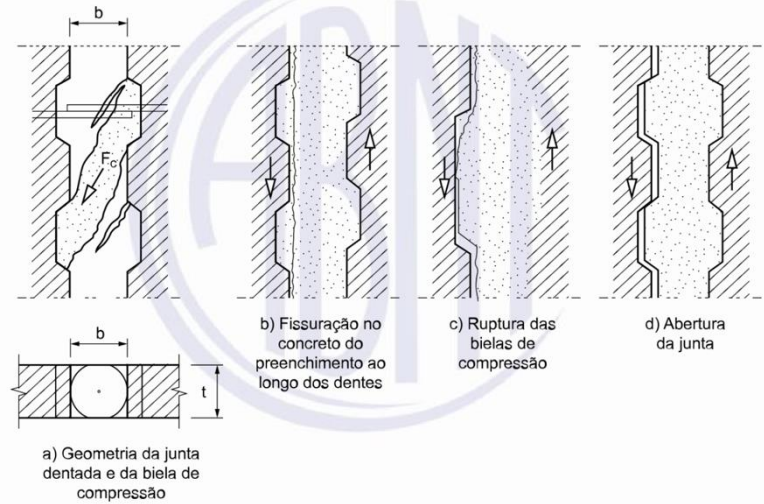
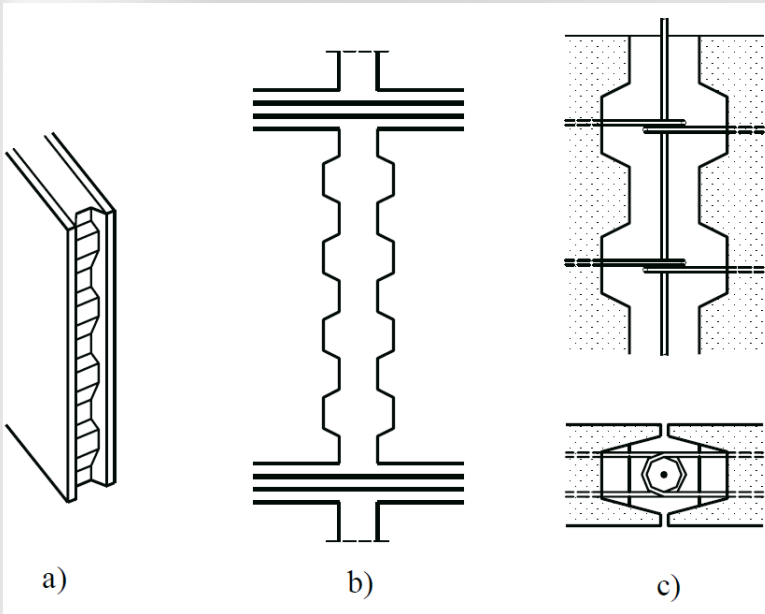


Figura 22 – Modelo de transferência de força cortante e modos de falha em junta dentada

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.

Ligações

Chave de cisalhamento



Tirantes podem ser posicionados no topo e na base da junta (b) ou ao longo do comprimento das juntas por laços transversais (c).

O que todo este alinhamento de conceitos possibilita?



Ligações Painéis de Fachada

Restrições de movimento em Painéis de fachada

14.4.2.2.2 As ligações de gravidade podem conter também dispositivos mecânicos com a função de contraventamento. Na sua ausência, deve-se prover de ligações de contraventamento adjacente a fim de resistir a esses esforços.

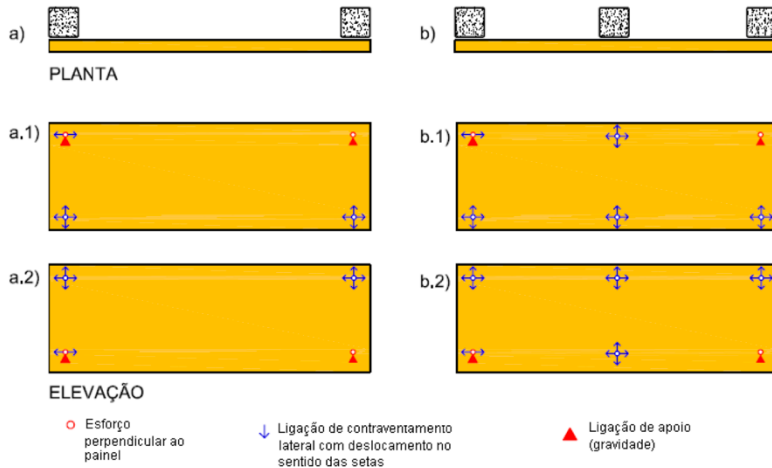
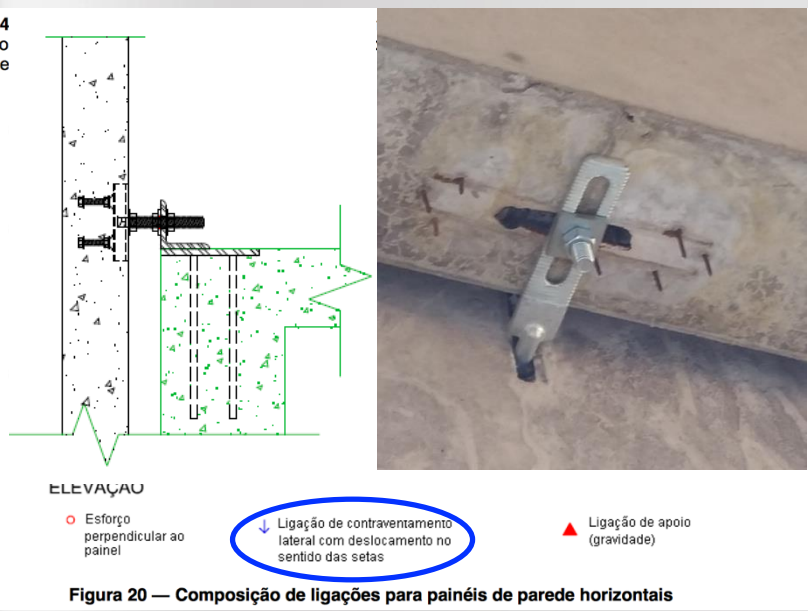


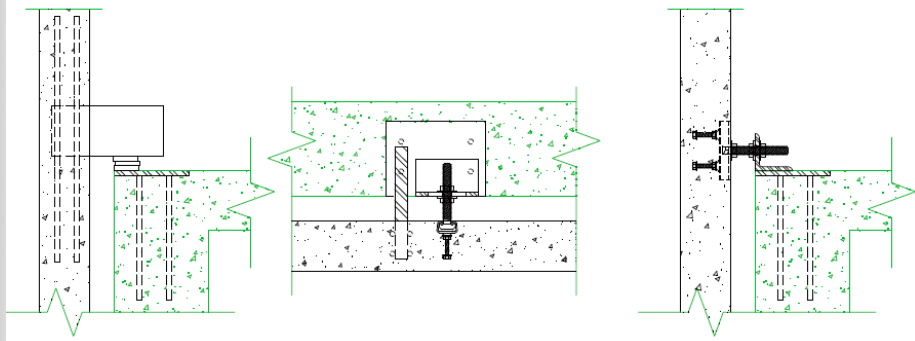
Figura 20 — Composição de ligações para painéis de parede horizontais

É preciso garantir que a **movimentação da estrutura não seja limitada pela ligação com o painel de fachada**, pois este não é dimensionado para ser um elemento de contraventamento da estrutura.

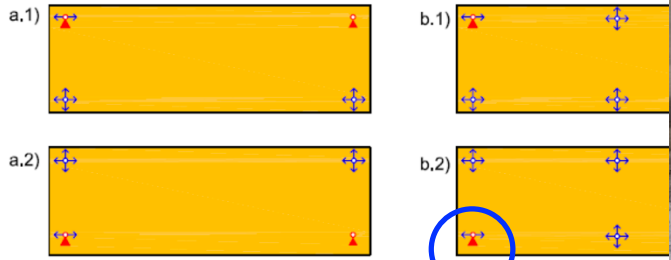
14
co
de



É preciso garantir que a **movimentação da estrutura não seja limitada pela ligação com o painel de fachada**, pois este não é dimensionado para ser um elemento de contraventamento da estrutura.



PLANTA

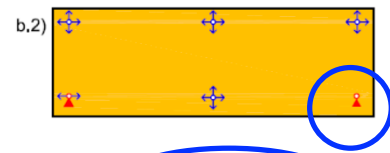
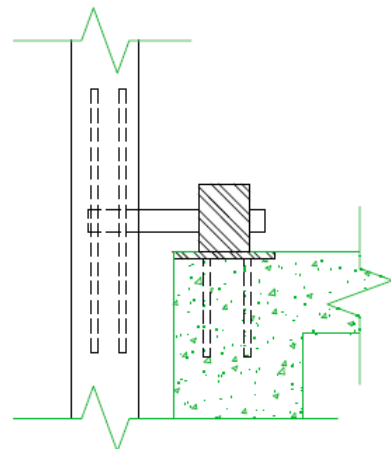


ELEVAÇÃO

- Esforço perpendicular ao painel
- ↓ Ligação de contraventamento lateral com deslocamento no sentido das setas
- ▲ Ligação de apoio (gravidade)



Figura 20 — Composição de ligações para painéis de parede horizontais



ELEVAÇÃO

○ Esforço perpendicular ao painel

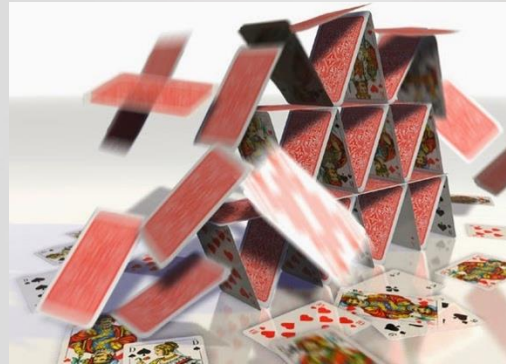
↓ Ligação de contraventamento lateral com deslocamento no sentido das setas

▲ Ligação de apoio (gravidade)

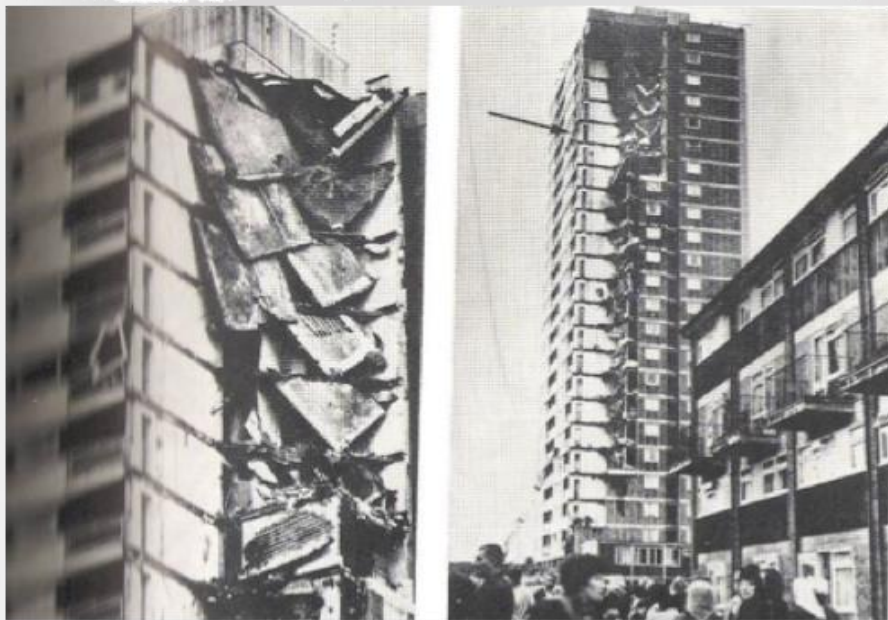
Figura 20 — Composição de ligações para painéis de parede horizontais



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



... O desconhecido pode resultar em desastre!



Ronan Point

... 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.

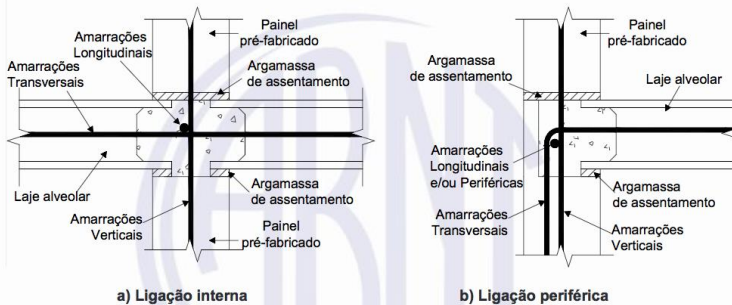


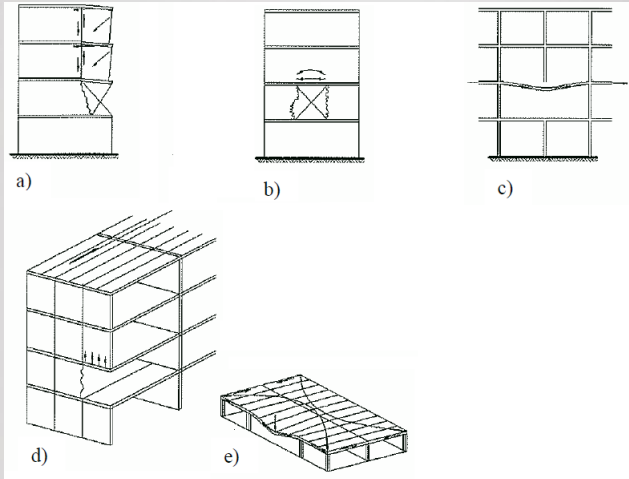
Figura 24 – Detalhes das ligações entre os painéis de parede e das amarrações (seção transversal)

... 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.



Colapso Progressivo

Um capítulo dedicado à Integridade Estrutural

Tabela 8 – Resistência nominal mínima à tração das amarrações contra o colapso progressivo

Amarrações	Valor da resistência nominal mínima à tração kN/m
Transversais	20. ℓ ^a
Longitudinais	20
Periféricas	10. $\ell \geq 70$ ^a
Verticais	44

^a Em painéis de parede periféricos, ℓ é o comprimento do vão (em metros) da laje adjacente. Em painéis de parede internos, o valor de ℓ é a média dos vãos adjacentes.

Amarrações Transversais: funcionar como *viga em balanço*;
Amarrações Longitudinais: funcionar como *membrana*;
Amarrações Transversais: funcionar como *tirantes*;
Amarrações periféricas: propiciar a *ação diafragma* no pavimento

Considerações em situação de incêndio

9.7 Considerações em situação de incêndio

A estrutura como um todo, incluindo o projeto dos seus elementos, das ligações e as especificações de cobrimentos, deve ser verificada em situação de incêndio de forma a atender os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 15200 considerando as combinações de ações conforme a ABNT NBR 8681.

É admissível alterar os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 9062 desde que comprovado o desempenho por meio de ensaios segundo o descrito na ABNT NBR 9062 para projeto acompanhado de verificação experimental. A determinação da capacidade resistente deve ainda satisfazer os requisitos apresentados na ABNT NBR 15575-2.

... Sempre que possível, remetendo à norma mãe, ABNT NBR 9062:2017!



ABNT NBR 9062:2017

Tabela de espessura em função da TRRF

5.3.1.5.10 No caso de painéis de parede, a Tabela 6 apresenta os valores de espessuras mínimas em função do tipo de agregado e tempo de resistência ao fogo para painéis maciços de concreto armado, estruturais ou não estruturais.

Tabela 6 – Espessura mínima do painel maciço em função do TRRF e tipo de agregado

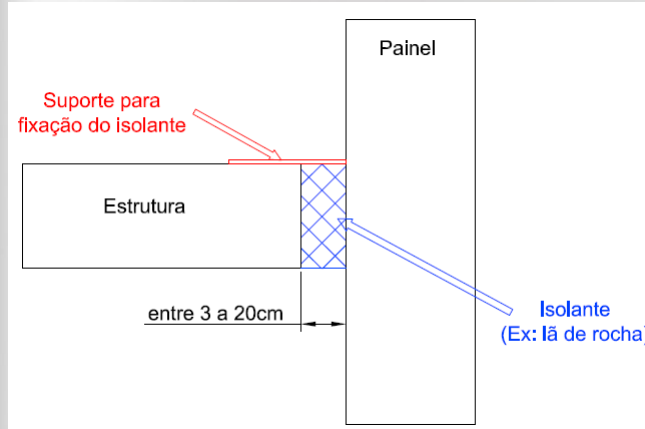
Tipo de agregado	Espessura efetiva em função da resistência ao fogo mm				
	1 h (60 min)	1,5 h (90 min)	2 h (120 min)	3 h (180 min)	4 h (240 min)
Argila expandida, vermiculita ou ardósia expandida	65	80	90	115	130
Pedras calcárias	75	90	110	135	160
Pedras silicosas (quartzos, granitos ou basaltos)	80	100	120	150	175

É permitida a utilização de espessuras menores que as apresentadas na Tabela 6, desde que o sistema de vedação empregado, composto de painel em concreto pré-moldado e outros materiais atendam ao TRRF. A contribuição deste sistema de proteção composto ao painel é válida desde que seja referenciada.

5.3.1.5.11 Os valores apresentados na Tabela 6 referem-se apenas à resistência do painel de parede. Para verificação do sistema de paredes quanto à integridade estrutural, incluindo a verificação das ligações, deve ser atendida conforme ABNT NBR 16475.



Ligações e Compartimentação



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



Norma de Desempenho

Requisitos VUP, TRRF, Acústico e Térmico



Desempenho Acústico: A norma não trata, até porque depende de vários componentes



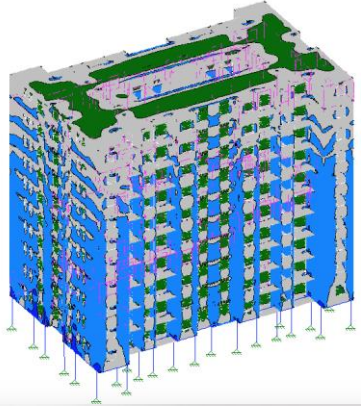
Desempenho Térmico: A norma não trata. Existem ensaios que paredes de 10cm estão ok para requisito mínimo...

“Com a NBR 16475 publicada eu não preciso fazer mais nenhum teste?”

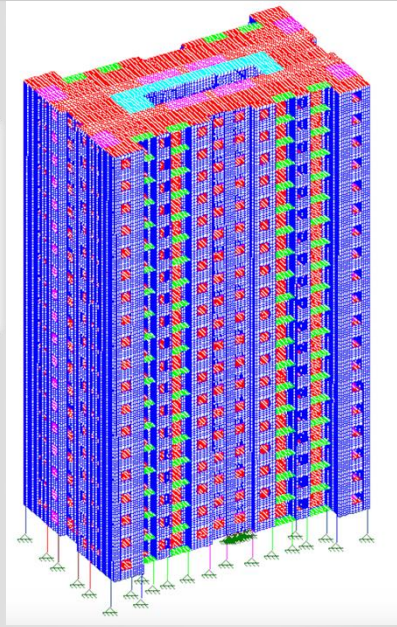


**“Com a NBR 16475 publicada eu não
preciso fazer mais nenhum teste?”**





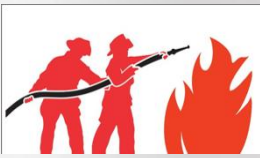
Modelo Estrutural Análise Estrutural Detalhamento...



"Com a NBR 16475 publicada eu não preciso fazer mais nenhum teste?"

Norma de Desempenho

Requisitos VUP, TRRF, Acústico e Térmico

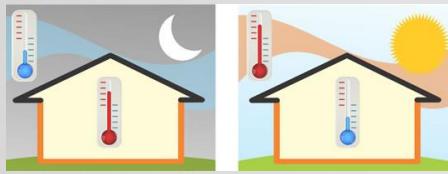


Norma de Desempenho

Requisitos *VUP, TRRF, Acústico e Térmico*



Desempenho Acústico: Preciso ter teste ou referência para garantir o desempenho acústico



Desempenho Térmico: Preciso ter teste ou referência para garantir o desempenho térmico

"Só estes?"



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.

"O que um manual de alvenaria faz numa apresentação de Painel Pré-moldado?"



Manual de desempenho

Alvenaria de Blocos de Concreto

Guia para atendimento
à Norma ABNT 15575



Tabela 13 – Determinação da Transmitância Térmica e Capacidade Térmica (ABNT NBR 15220-2)

Tipologia de Parede	Resultados		Critérios de Aprovação	
	Transmitância Térmica (U) (W/m ² ·K)	Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² ·K)	Zonas Bioclimáticas	
			1 e 2	3, 4, 5, 6, 7 e 8
 <p>Blocos de concreto: Dimensões: 14x19x29 cm Resistência: Classe A Revestimento: Interno: 15 mm argamassa; Externo: 25 mm argamassa</p>	2,64	228,6	Avaliação por meio de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$
 <p>Blocos de concreto: Dimensões: 14x19x29 cm Resistência: Classe A Revestimento: Interno: 5 mm gesso; Externo: 25 mm argamassa</p>	2,65	202,0	Avaliação por meio de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$

M = desempenho mínimo

QUALQUER SISTEMA PÓS "15575:2013" PRECISA COMPROVAR DESEMPENHO!

Seja Convencional, seja Alvenaria, seja Pré-moldado... A comprovação do DESEMPENHO será sempre necessária.

Agora, a medida que se tem comprovações de desempenho através de testes realizados por instituições de referência, esta necessidade de novos testes deixa, no nosso entender, de ser necessária.

E como produzo os painéis?

Orientações para a boa execução



17 Métodos de produção de painéis de parede pré-moldados

17.1 Generalidades

Valem as prescrições da ABNT NBR 9062 para a produção dos painéis de parede pré-moldados, levando-se em consideração os demais aspectos específicos descritos nessa Seção.



Tolerâncias

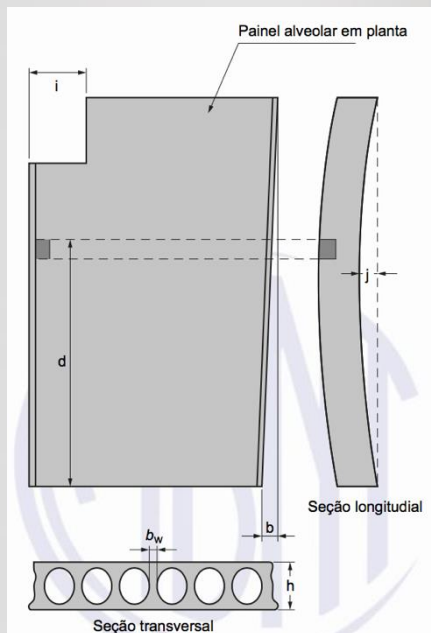
“Não existe construção civil sem tolerância...”

Tabela 10 – Tolerâncias de produção dos painéis alveolares

Dimensões (quando aplicável)		Tolerâncias mm
Comprimento (L)	$L \leq 5$ m	± 10
	$5 \text{ m} < L \leq 10$ m	± 15
	$L > 10$ m	± 20
Altura do painel (h)	$h \leq 150$ mm	$-5, +10$
	$h \geq 250$ mm	± 15
	$150 \text{ mm} < h < 250$ mm	Interpolação linear
Espessura da alma	b_w	$-10, +15$
	$\sum b_w$	-20^a
Recortes/vazios (i)		± 20
Posição de chapas metálicas ou furos para fixação (d)		± 15
Posição do cabo de protensão (vertical e horizontal) (e)		± 10
Esquadro dos cantos		± 5
Esquadro diagonal	$L \leq 10$ m	± 15
	$L > 10$ m	± 2 mm por metro
Planicidade (b no plano)	$L \leq 5$ m	± 3 mm
	$L > 5$ m	$\pm L/1\,000$
Distorção	Largura ≤ 1 m	± 3 mm a cada 30 cm
	Largura > 1 m	± 10 mm
Linearidade (b)		$\pm L/1\,000$
Alinhamento transversal (j)		$\pm L/500$

NOTA L é o comprimento do elemento pré-moldado e as demais dimensões são representadas na Figura 26.

^a Convém atender à limitação da tolerância para a soma das larguras das almas entre alvéolos (tolerância de $\sum b_w < 20$ mm).



18 Manuseio, armazenamento e transporte

As operações de manuseio, armazenamento e transporte devem ser realizadas atendendo ao seguinte:

- especificações de projeto e procedimentos internos do fabricante;
- prescrições da ABNT NBR 9062 para manuseio, armazenamento e transporte dos painéis pré-moldados;
- no caso de painéis com moldagem na vertical, estes devem ser posicionados e fixados em dispositivos específicos (como cavaletes de fixação ou por meio de insertos de fixação em pentes) de forma a minimizar o empenamento durante o transporte e o armazenamento;
- após curados, os painéis de parede devem ser transportados seguindo planejamento estudado em projeto.



19 Montagem dos painéis de parede pré-moldados

Valem as prescrições da ABNT NBR 9062 para montagem de elementos pré-moldados, levando-se em consideração o estabelecido em 19.1 a 19.4.

19.1 Planejamento

19.2 Segurança

19.3 Requisitos da superfície
de apoio



19.4 Tolerâncias e
Folgas de montagem
para painéis de
fechamento

Finalmente... Controle de Execução e Inspeção... e Documentação Técnica (capítulos 20 e 21!)

Tabela 14 – Controle de aceitação de materiais e componentes de painéis de parede pré-moldados

Material ou componente	Requisito	Forma de avaliação
Concreto fresco convencional (CC)	Verificação da trabalhabilidade	Conforme 7.2.3
Concreto autoadensável (CAA)	Ensaio de espalhamento e habilidade passante	Conforme projeto e controle tecnológico segundo 7.2.2 e 7.2.3
	Dosagem e controle tecnológico	
Agregado (areia / brita)	Tipo, diâmetros, análise petrográfica e reatividade álcali/agregado	Controle e recebimento conforme 7.2.2
Cimento	Tipo e quantidade	Verificação visual, controle e recebimento conforme 7.2.3
Aditivos e adições	Tipo e quantidade	Verificar características específicas de cada aditivo e quantidade empregada atendendo 7.2.2
Concreto endurecido	Resistência à compressão	Verificar segundo 7.2.1
	Massa específica (para concreto leve)	Ensaio conforme a ABNT NBR 9778 (7.2.2.1)
Armadura	Tipo, comprimento e diâmetro	Controle e recebimento conforme 7.3
Outros	Tipo, dimensões, quantidades e propriedades	Conforme normas técnicas específicas e requisitos da Seção 7
Pigmentos	Tipo e quantidade	ABNT NBR 12655

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

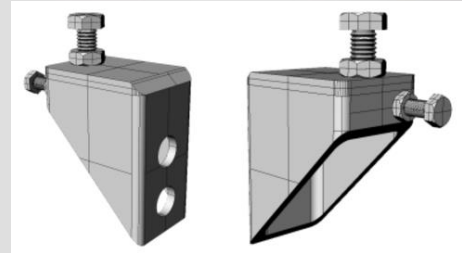
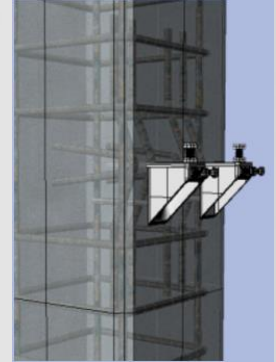
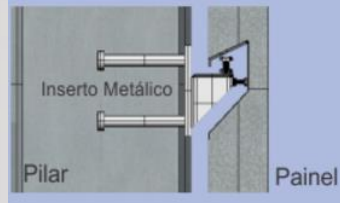
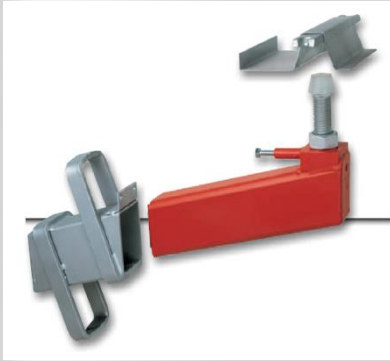
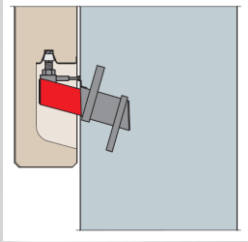
Mais profissionais com conhecimento dos sistemas com painéis estruturais e não estruturais.



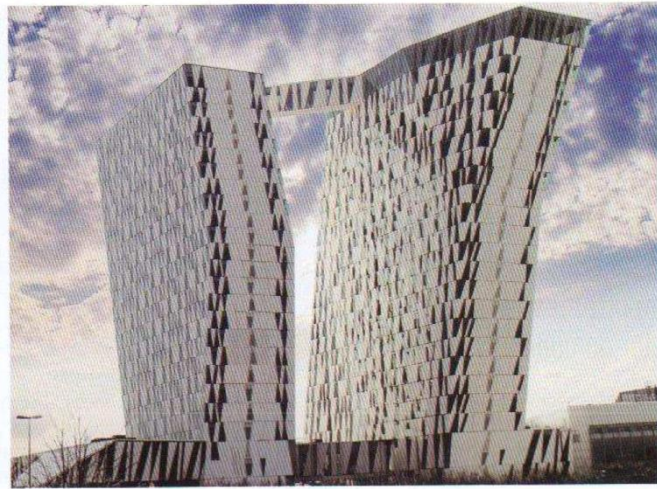
Maior consumo e produção de painéis, ou seria, maior produção e consumo...



Maior disponibilidade de conexões, com reduções de custos

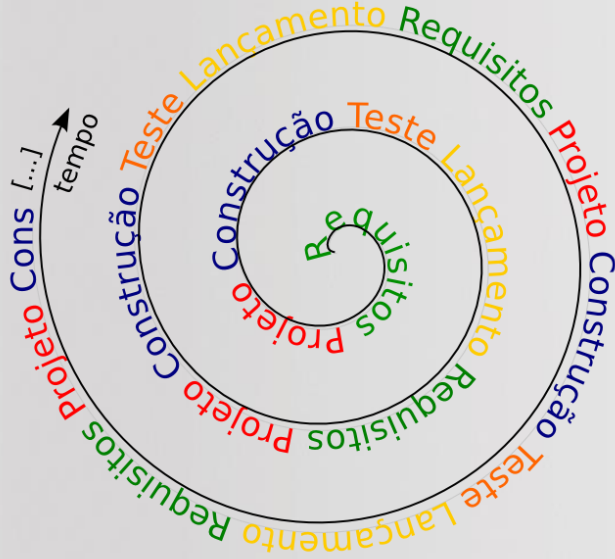


Desenvolvimento de Projetos mais complexos



BELLA SKY HOTEL

Evolução Tecnológica com revisão e Evolução da norma NBR 16475



Obrigado!

Augusto Guimarães Pedreira de Freitas

11-98596-8701

21-98693 0823

augusto@pedreira.eng.br

skype: augusto.g.p.f

