

Construção Modular em Concreto Pré-Moldado

A Reinvenção de um Conceito

Eduardo Júlio & André Furtado
CERIS, IST-UL, Lisboa, Portugal

Índice

1. Enquadramento
2. A evolução da construção modular
3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems
4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12
5. Networking

Índice

1. Enquadramento

- 2. A evolução da construção modular
- 3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems
- 4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12
- 5. Networking

Enquadramento – a motivação

Atualmente, a oferta habitacional a preços acessíveis é escassa, principalmente nas grandes cidades turísticas. É urgente dar uma resposta atempada e com escala para influenciar o mercado.



Enquadramento – a **motivação**

Os desastres naturais, agravados pelas alterações climáticas, levam à necessidade de construção rápida de abrigos temporários e hospitais de campanha.



Enquadramento – a motivação

Os desastres naturais, agravados pelas alterações climáticas, levam à necessidade de construção rápida de abrigos temporários e hospitais de campanha.



Enquadramento – a motivação

Conflitos armados, de ocorrência crescente em todo o mundo, conduzem à necessidade de reconstrução em larga escala.



Enquadramento – a motivação

Responder a estes desafios tão diversos de **forma rápida, com qualidade e a custos reduzidos** requer um esforço focado para

modernizar e adaptar o setor da construção, nomeadamente através de uma ênfase renovada

na prefabricação em concreto e na modularização

Enquadramento – a análise económica

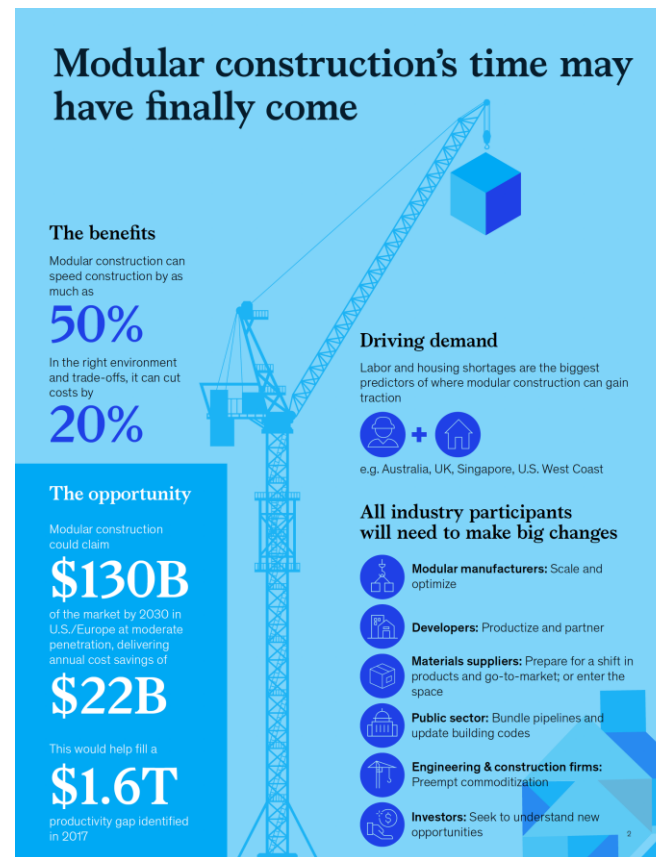
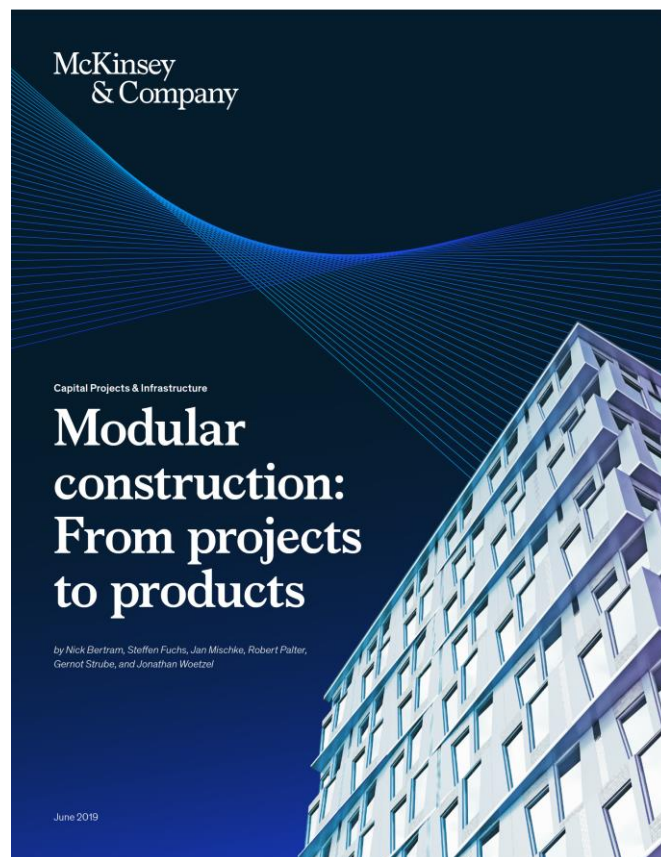
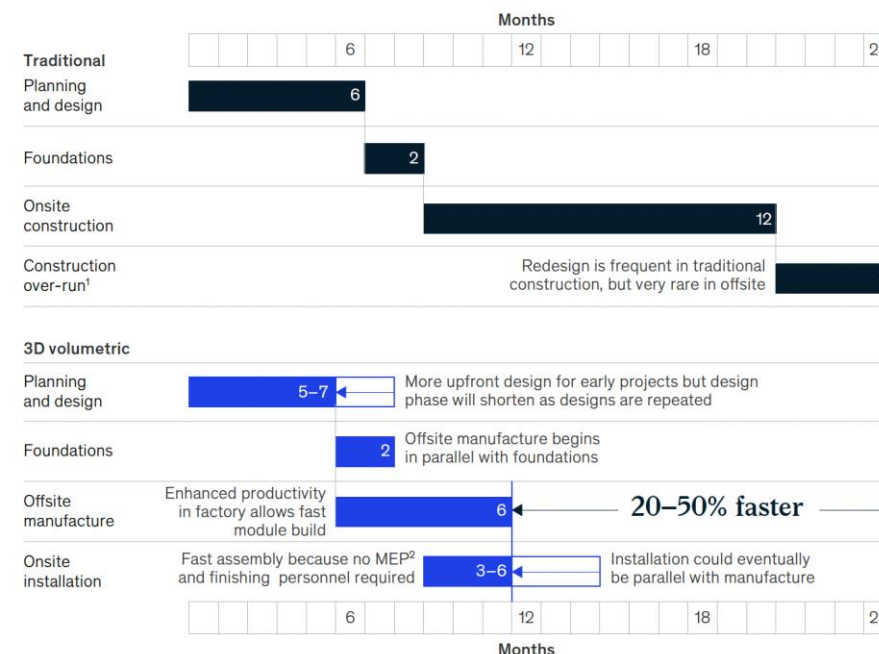


Exhibit 4

Using 3D volumetric modules can deliver 20–50 percent schedule compression.

Example apartment project construction duration, traditional vs offsite 3D volumetric, months



¹Over-runs of 25–50% of projected construction duration are common.

²Mechanical, electrical, plumbing.

Source: Case studies; interviews; McKinsey Capital Projects & Infrastructure

ORGANIZAÇÃO

Enquadramento – a análise económica

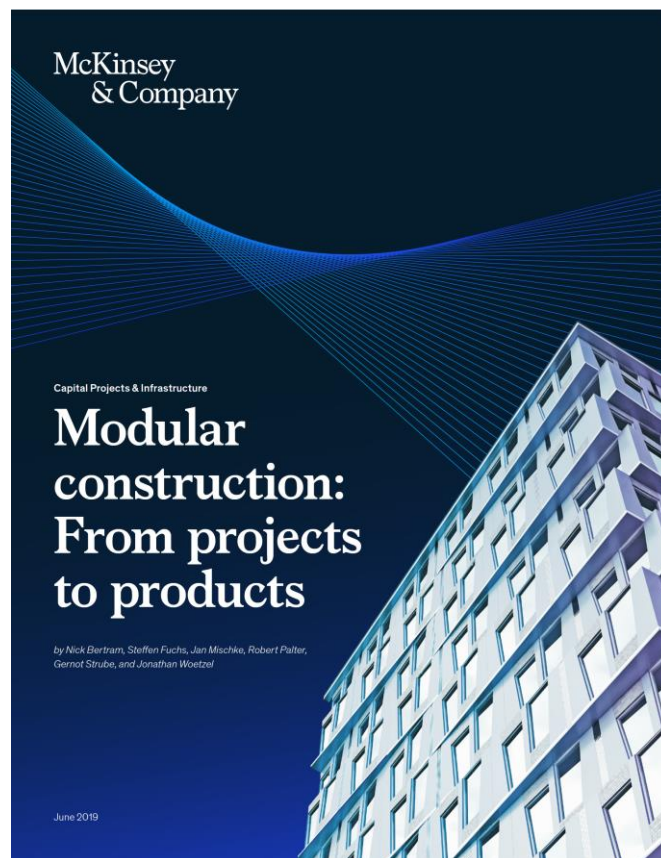
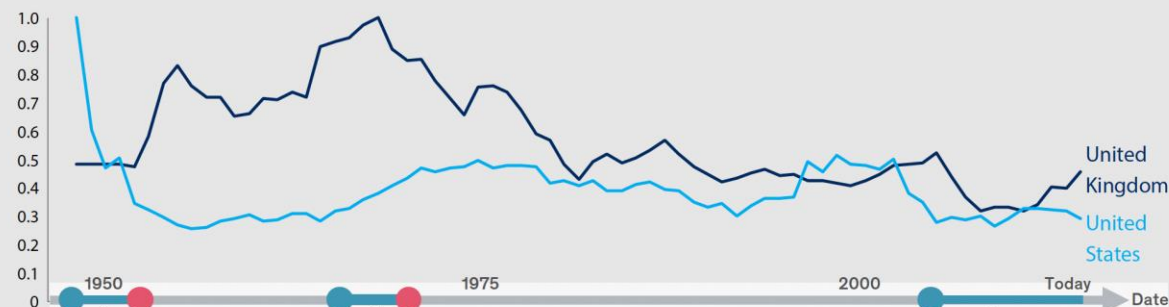


Exhibit 6

UK and US housing demand combined with labor dynamics have made offsite construction a cost-efficient option at certain historical intervals—but its popularity in the market has proved short-lived.

Normalized rate of dwelling construction¹



1945–55:
 US post-war boom
 Start: Post-war housing boom
 End: Fall in housing demand in the 1950s

1960s:
 UK "pre-fab"
 Start: Demand to replace war damage and financial austerity
 End: Ronan Point Disaster in 1968 and the associated quality concerns

1997:
 UK & US labor crunch
 Growth in UK & US real construction wages

¹Series is normalized to the maximum value in the period: e.g., US normalized to 1947 and the UK to 1968. Annual US construction figures are smoothed using a 5-year rolling average.

SOURCE: Farmer Report; McKinsey Capital Projects & Infrastructure analysis

ORGANIZAÇÃO

Enquadramento – a análise económica

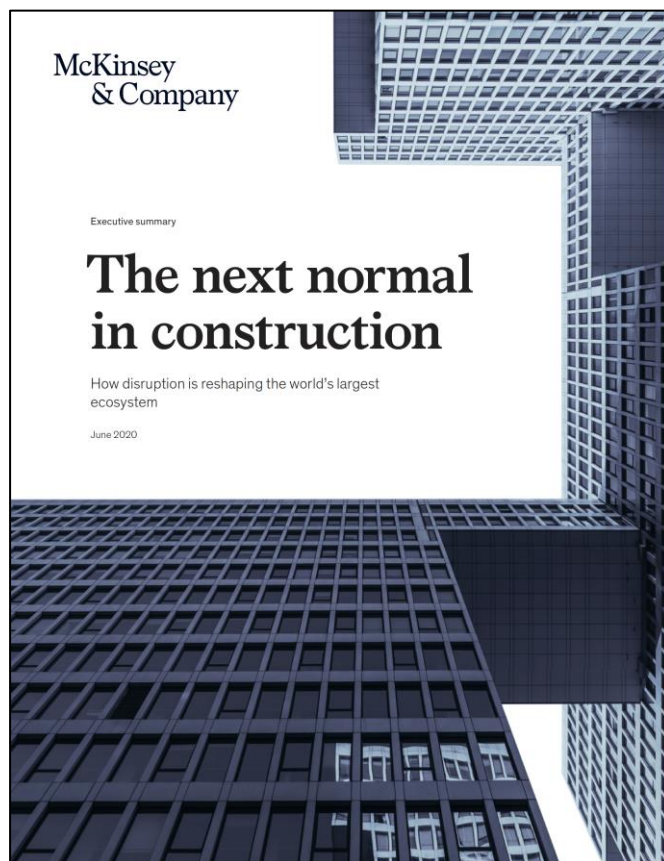
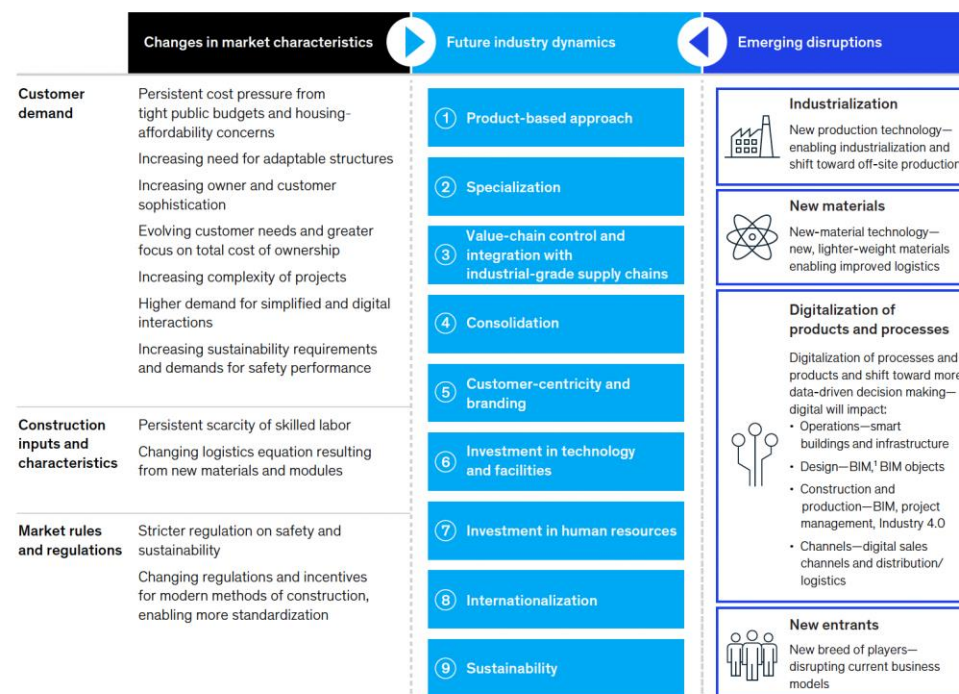


Exhibit A

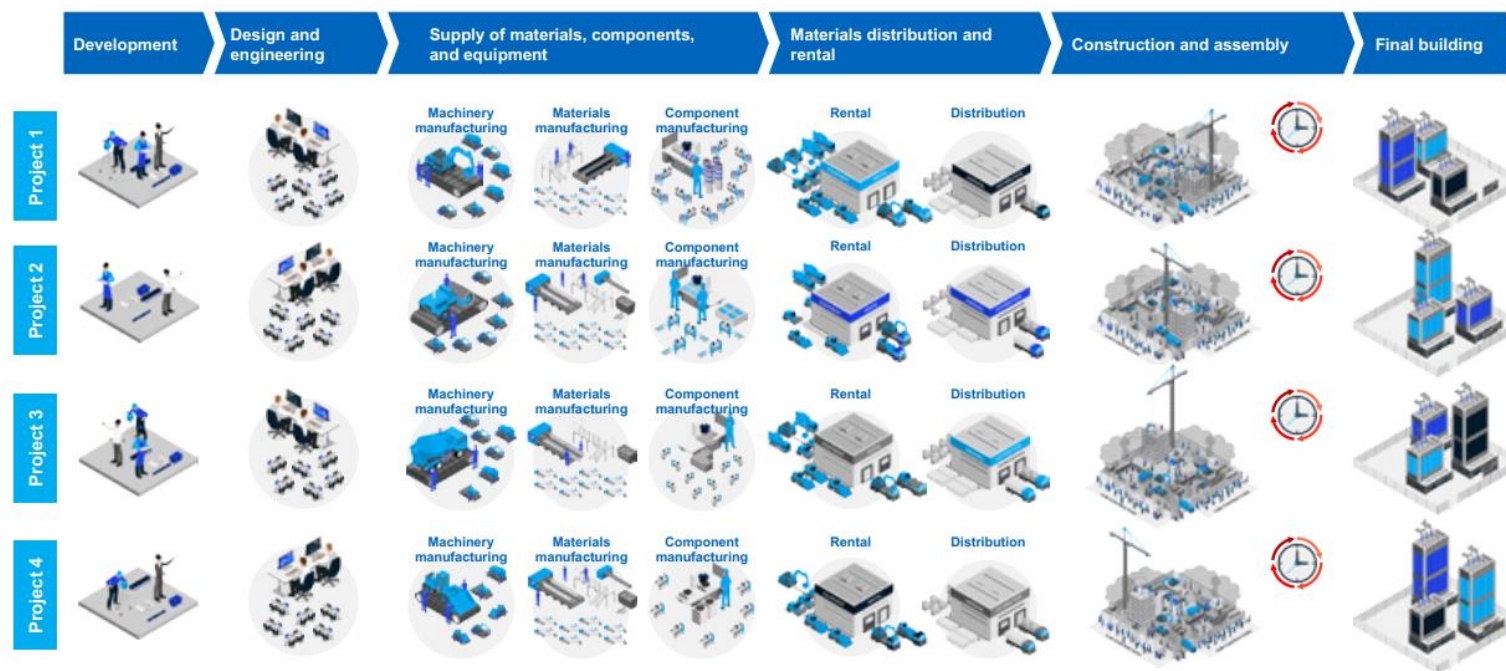
Changing characteristics and emerging disruptions will drive change in the industry and transform ways of working.



¹ Building-information modeling.

Enquadramento – a análise económica

O ecossistema da construção do futuro terá de ser radicalmente diferente.

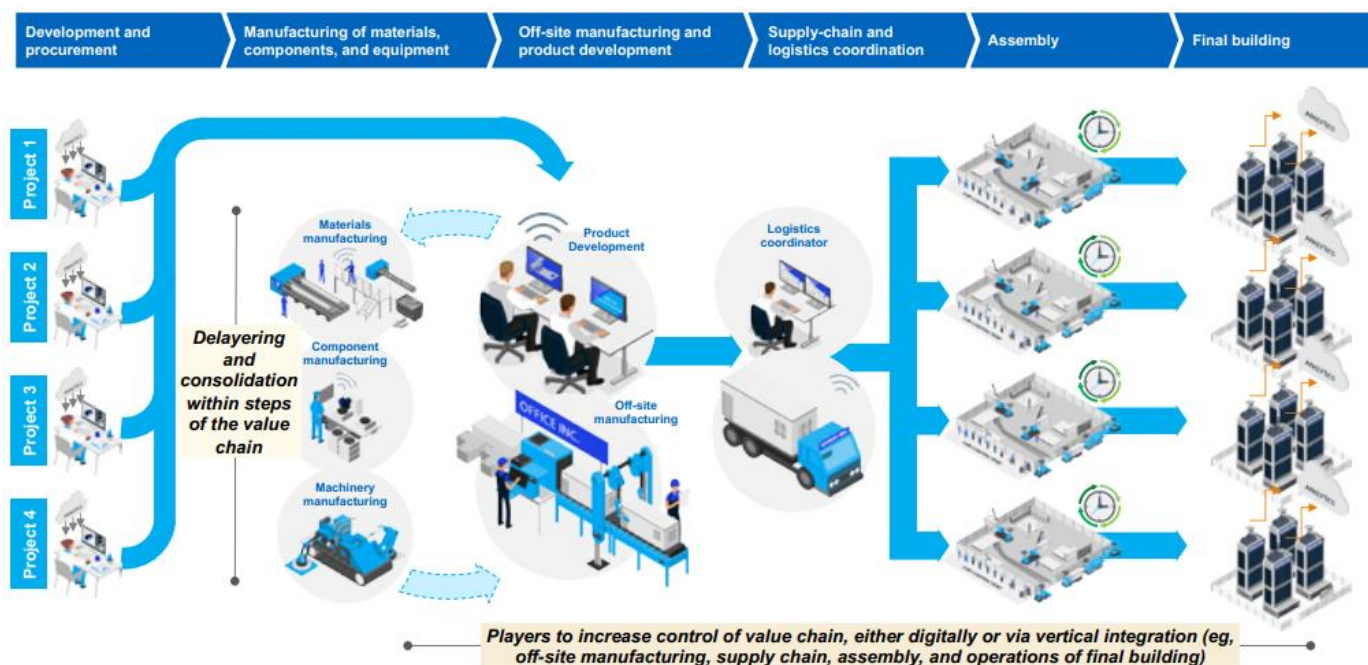


McKinsey & Company (2020)

O ecossistema da construção atual... um processo de construção altamente complexo, fragmentado e baseado em projetos...

Enquadramento – a análise económica

O ecossistema da construção do futuro terá de ser radicalmente diferente.



McKinsey & Company (2020)

O ecossistema da construção do futuro... Um processo de construção mais padronizado, consolidado e integrado...

Índice

1. Enquadramento
- 2. A evolução da construção modular**
3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems
4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12
5. Networking

A evolução da construção modular

A origem

O primeiro exemplo de ‘casas modulares’ (pré-fabricadas) data da década de 1830. Tratava-se de edifícios agrícolas, pré-fabricados em madeira, que se tornaram muito populares, a ponto de serem exportados.

O **primeiro edifício de habitação, produzido com painéis de concreto pré-moldado**, foi erigido em 1903, por J. A. Brodie, em Liverpool.

A crise de 1929, nos EUA, assim como o pós I Guerra Mundial, na Europa, corresponderam a períodos de grande disseminação de casas pré-fabricadas.



Construção de Eldon street em Liverpool



J. A. Brodie

ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

Tipologias

Sistema com núcleo estrutural:

Sistema de megaestrutura com inserção ("plug-in")

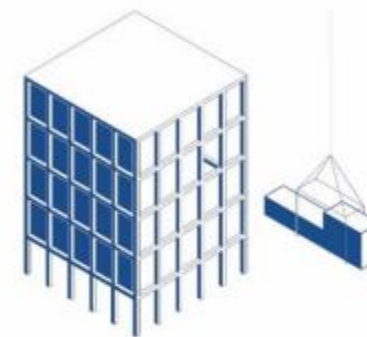
Sistema de estrutura e painéis

Sistema de módulos agregados

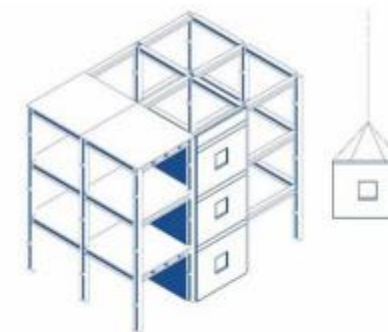
Sistema de unidades volumétricas



structural core system



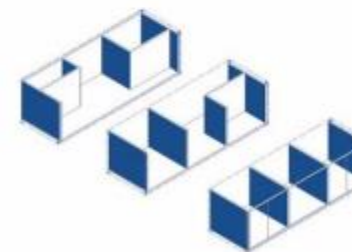
plug-in mega frame system



frame and panel system



aggregated module system



volumetric unit system



Wallance (2016)

ORGANIZAÇÃO

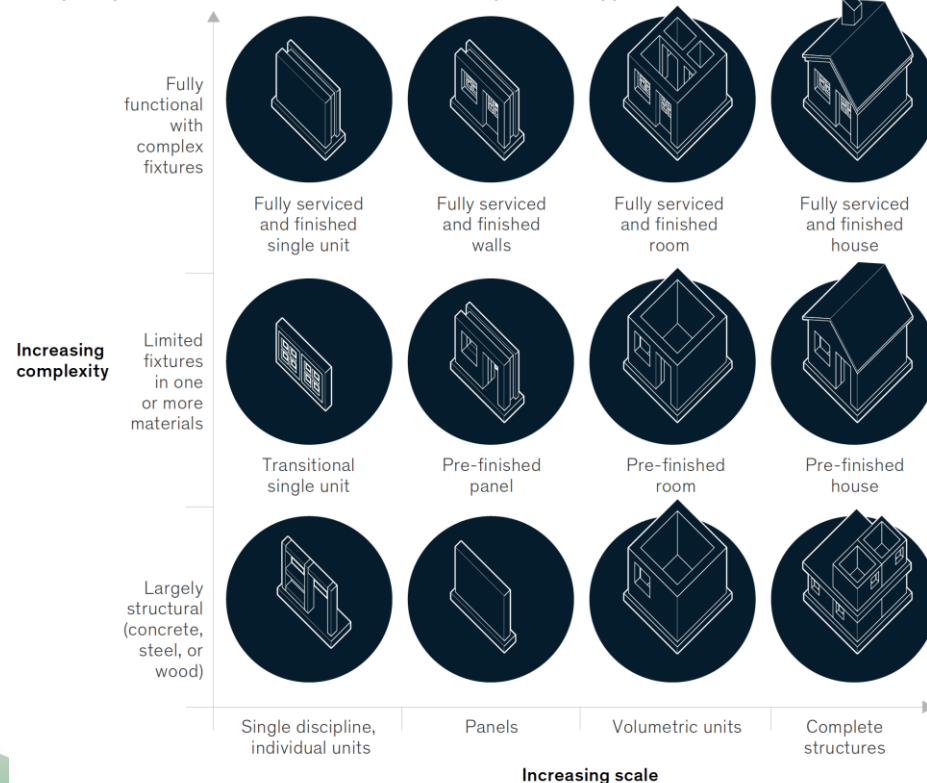
A evolução da construção modular

Complexidade e Escala

Exhibit 2

Modular construction covers a broad set of approaches.

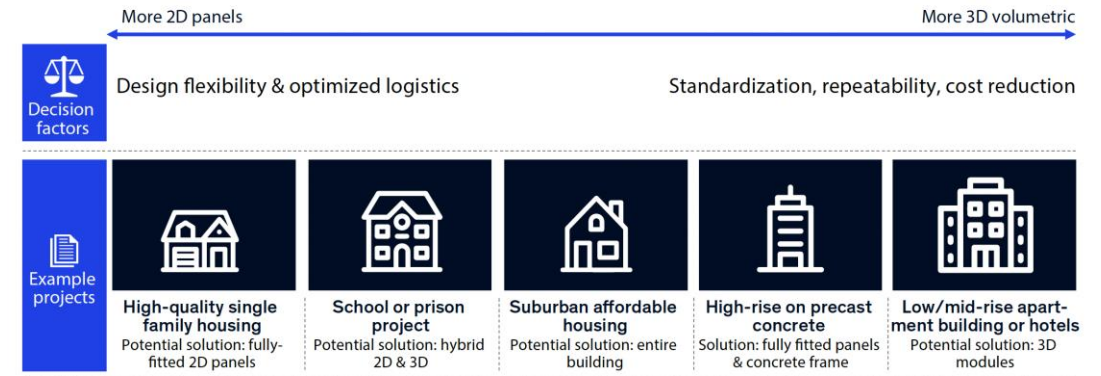
Complexity and scale of modular construction—comparison of approaches



Source: Case studies; interviews; McKinsey Capital Projects & Infrastructure

Exhibit 3

A project's specific requirements will determine the choice of modular system.



McKinsey & Company (2020)

ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

Categorias de Sistemas de Construção

Kit de componentes montado no local

O local da obra torna-se a linha final de montagem (e.g., pórtico, painéis, lajes e pilares)

Módulo 3D fabricado em fábrica

O edifício é composto por módulos tridimensionais totalmente finalizados na fábrica (e.g., módulos, caixas)

Sistema híbrido

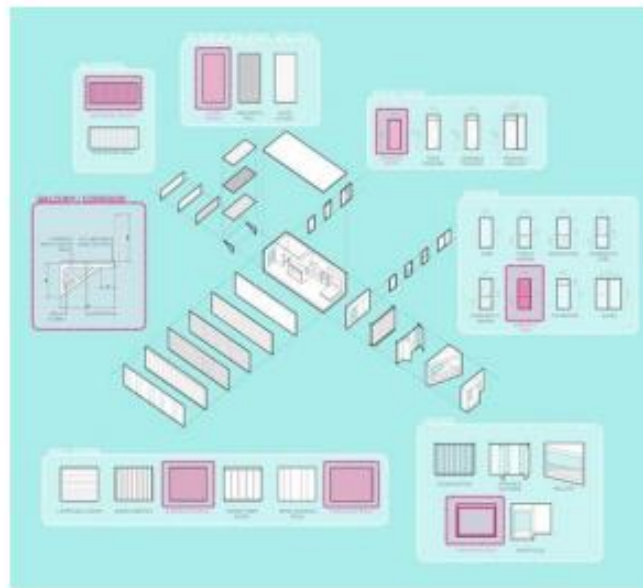
Repartição otimizada do trabalho entre a fábrica e o estaleiro (e.g., núcleo resistente, painéis, módulos)



Portugal

A evolução da construção modular

Exemplos - Kit de componentes montado no local



NEST Living Home Toolkit, Brooks & Scarpa
 Los Angeles (2019)

Número de pisos: 5

Solução Estrutural: Wall/Slab

Fachadas: Painéis de betão e envidraçados

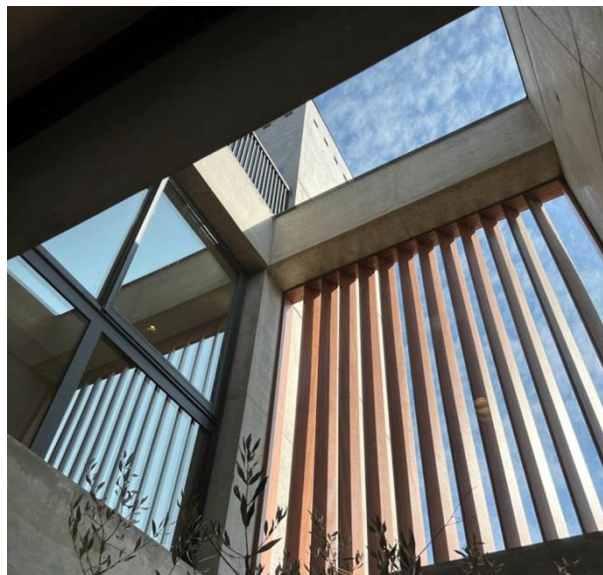
ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

Exemplos - Kit de componentes montado no local



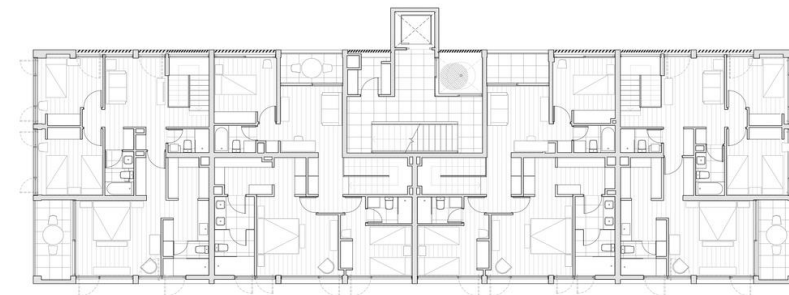
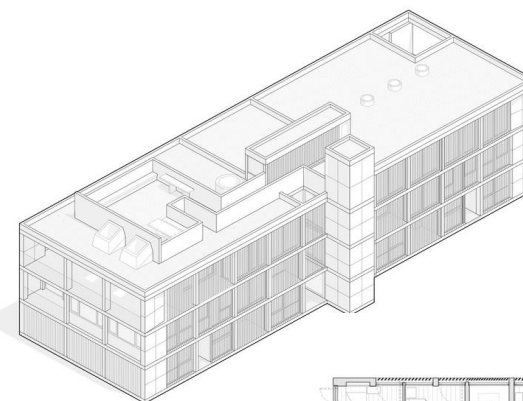
Vitacura, Chile (2022)



Número de pisos: 3

Solução Estrutural: Wall/Slab

Fachadas: Painéis de betão e envidraçados



A evolução da construção modular

Exemplos - Kit de componentes montado no local



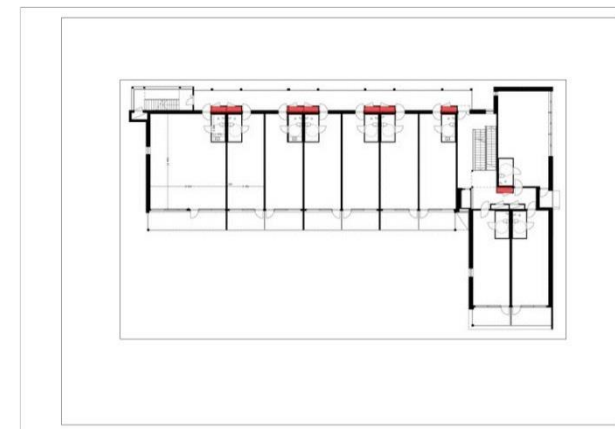
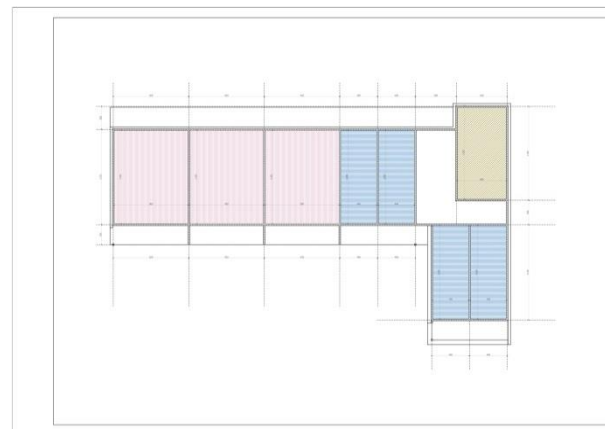
Helsinki, Finland (2011)



Número de pisos:6

Solução Estrutural: Column/Beam + Wall/Slab

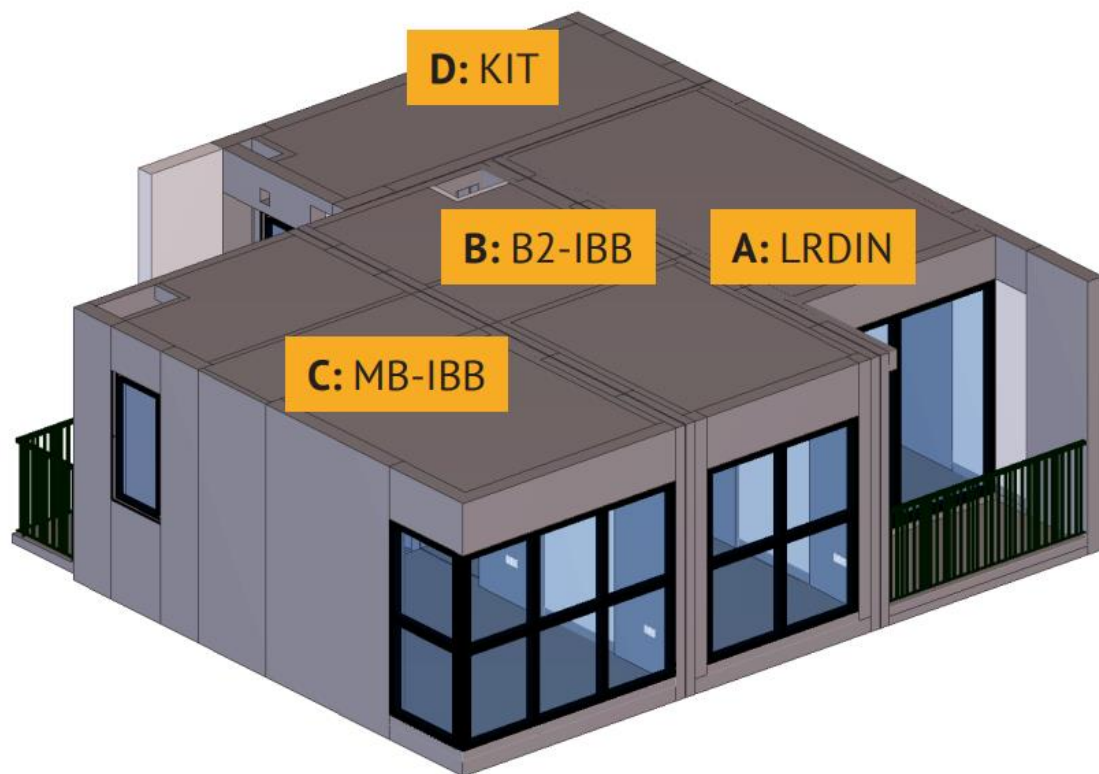
Fachadas: Tijolos cerâmicos e envidraçados



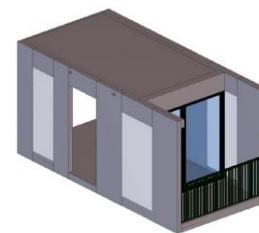
ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

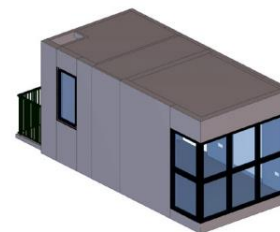
Exemplos - Módulo 3D produzido em fábrica



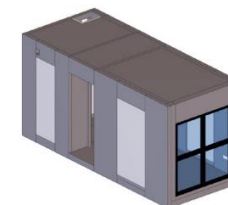
Exemplo de um módulo com 2 quartos (vista 3D)



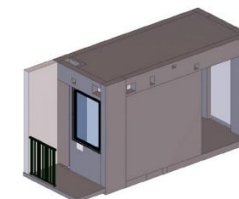
MODULE A:
LRDIN
 Living and
 Dining Room



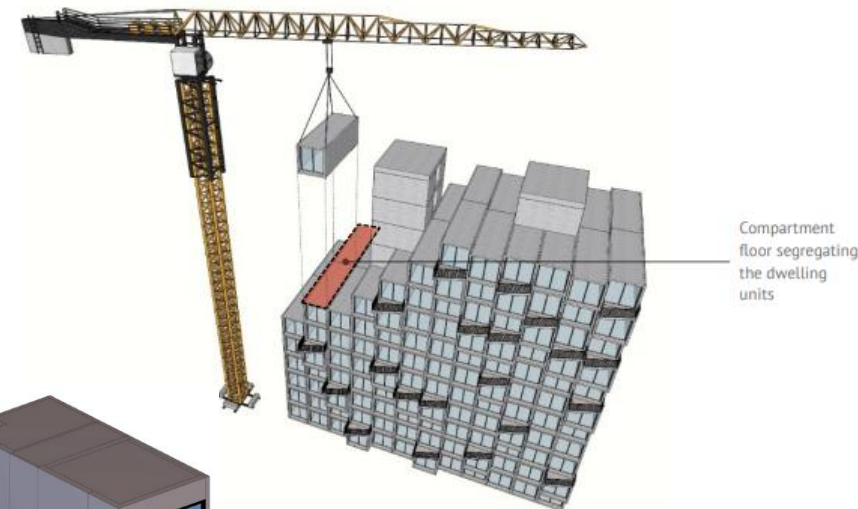
MODULE B:
B2-IBB
 Bedroom 2
 with In-built
 Bathroom



MODULE C:
MB-IBB
 Master
 Bedroom
 with In-built
 Bathroom



MODULE D:
KIT
 Kitchen



A evolução da construção modular

Exemplos - Módulo 3D produzido em fábrica



The Clement Canopy (Singapura)



Tower Crane Hoisting of PPVC module



Grouting in between PPVC Modules



Fit-out Yard Operations



Completed Residential Units

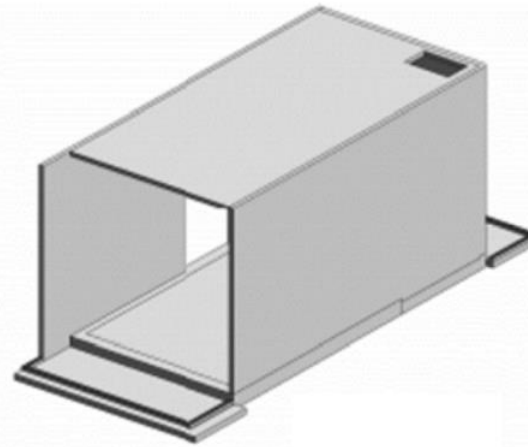
- 505 apartamentos em dois blocos de 40 andares
- Área Bruta de Construção: 50.200 m²
- Do piso 2 ao 40 construído com PPVC
(Prefabricated Prefinished Volumetric Construction)
- Pisos inferiores construídos de forma convencional
- 1866 módulos PPVC de betão, com 6 faces
- Peso dos módulos: 26 a 31 toneladas
- Instalação com guias torre de 48 toneladas
- Ritmo de instalação: 10–12 módulos/dia
- Edifício PPVC em betão mais alto do mundo

A evolução da construção modular

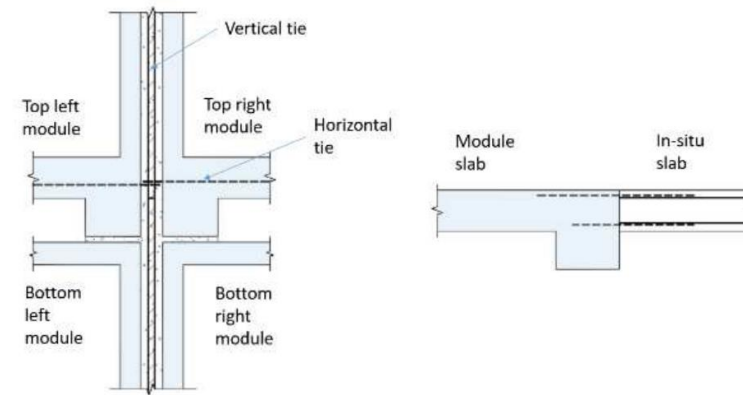
Exemplos - Módulo 3D produzido em fábrica



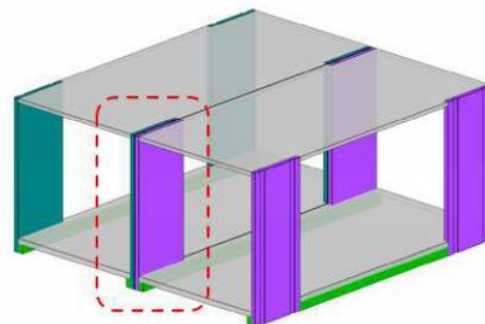
The Clement Canopy (Singapura)



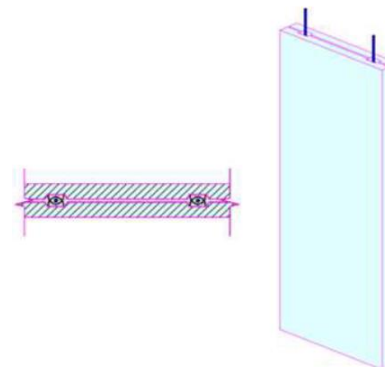
Typical PPVC concrete box



Typical module connections



Composite wall system



Abril (2017)

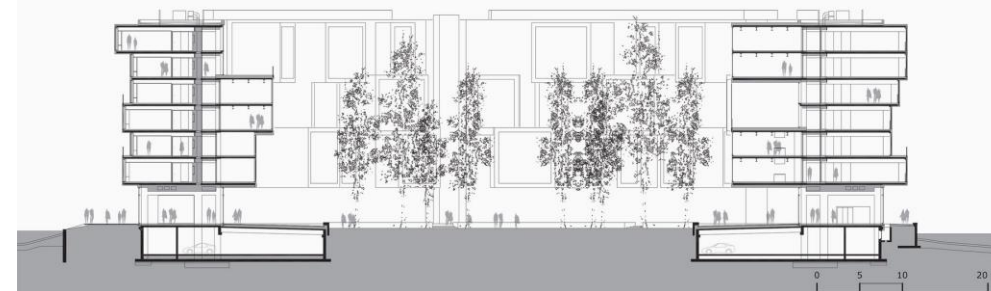
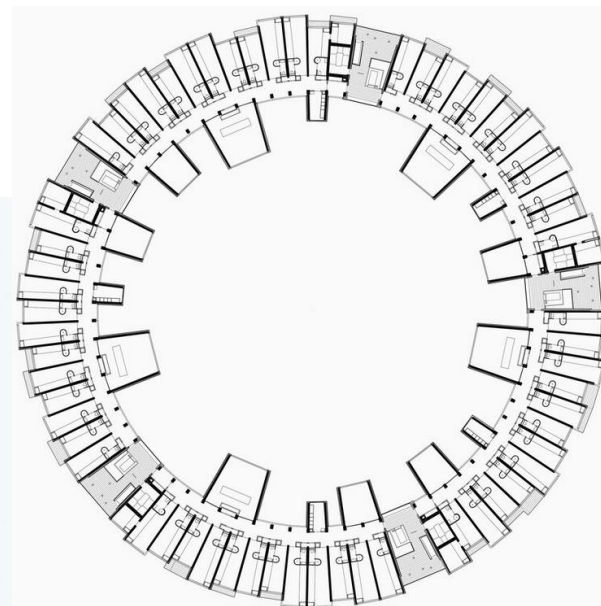


Abril (2018)

ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

Exemplos - Sistema híbrido



Tietgen Dormitory, Denmark (2005)

Número de pisos: 7

Solução Estrutural: Column/Beam + Wall/Slab + módulos 3D

ORGANIZAÇÃO

A evolução da construção modular

Exemplos - Sistema híbrido



Residência Universitária de Beja, Portugal (2025)



Número de pisos: 4

Solução Estrutural: Column/Beam + Wall/Slab (solução mista madeira-betão)



Sistema CREE, Casais

ORGANIZAÇÃO

Índice

1. Enquadramento
2. A evolução da construção modular
- 3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems**
4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12
5. Networking

O projeto R2UTechnologies | Modular Systems

Visão geral

R2UTechnologies | Modular Systems é o **maior projeto de investigação em sistemas modulares** (betão, madeira e aço) alguma vez desenvolvido em Portugal, envolvendo 24 empresas e 21 centros de investigação / universidades, com um financiamento total de 94,9 M€.

Integrado no R2UTechnologies | Modular Systems, o Instituto Superior Técnico coordena o subprojeto '**Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão**', com um financiamento de 2,9 M€.

Tem como objetivo principal:

Desenvolvimento e industrialização de um novo **Conceito Multidisciplinar de Edifícios Modulares em Concreto Pré-Moldado**, com especial enfoque em:

- i) Habitações multifamiliares e unifamiliares
- ii) Residências para estudantes e seniores



Parceiros de consórcio:



VIGOBLOCO



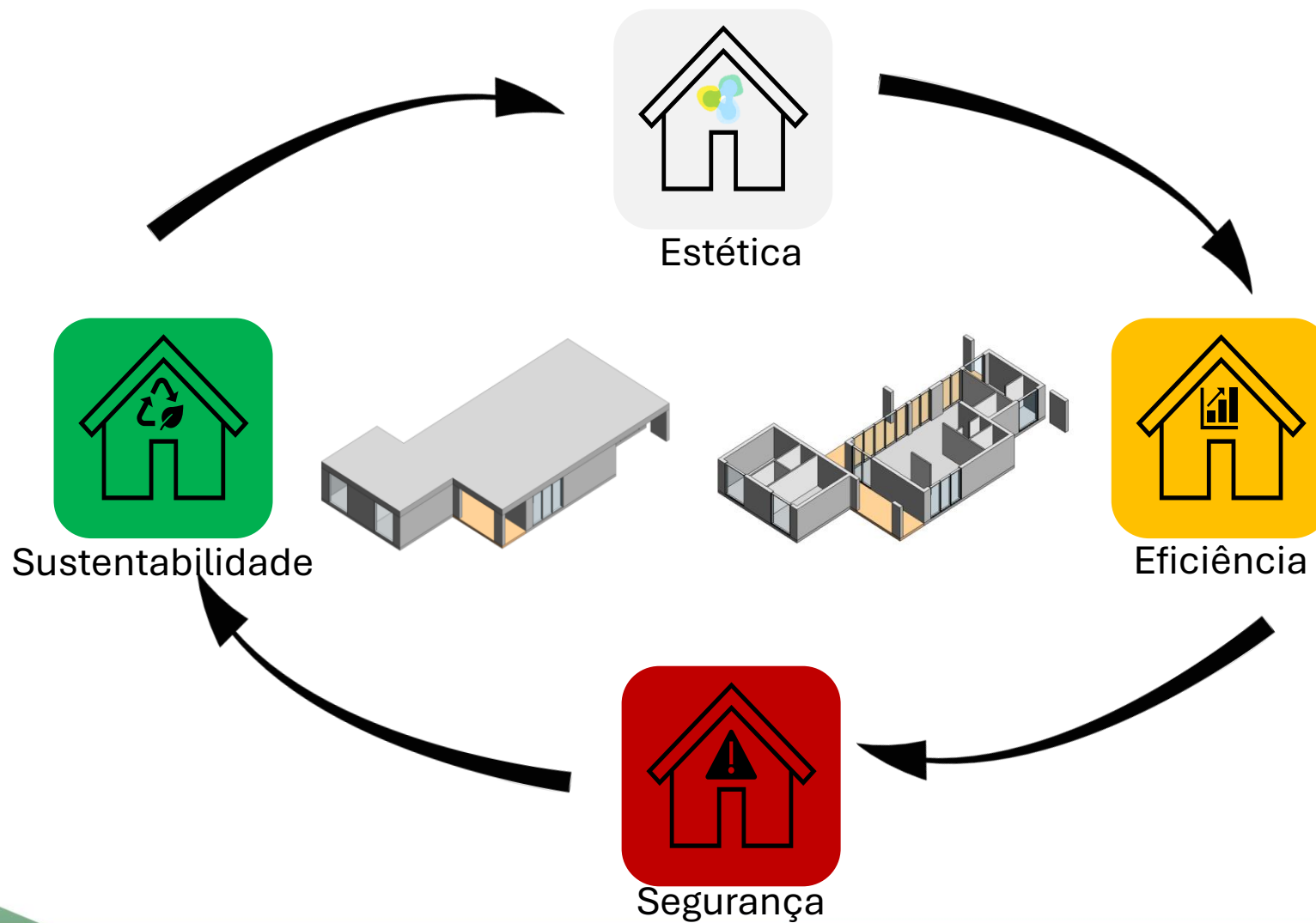
ORGANIZAÇÃO



Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Visão geral



O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Pilares



Estética

Edifícios com arquitetura moderna focada em espaços versáteis.

Flexibilidade para ser adaptado e ajustado aos utilizadores



Sustentabilidade

Materiais reciclados

Betões eco-eficientes (RAC & LBC)

LCA-based design

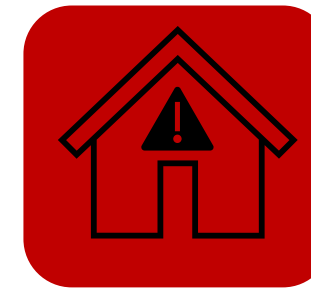


Eficiência

Paredes estruturais com isolamento térmico

Otimização do material de isolamento térmico e acústico

Controlo de qualidade do ar interior



Segurança

Novas ligações secas

Design para diferentes níveis de resistência sísmica

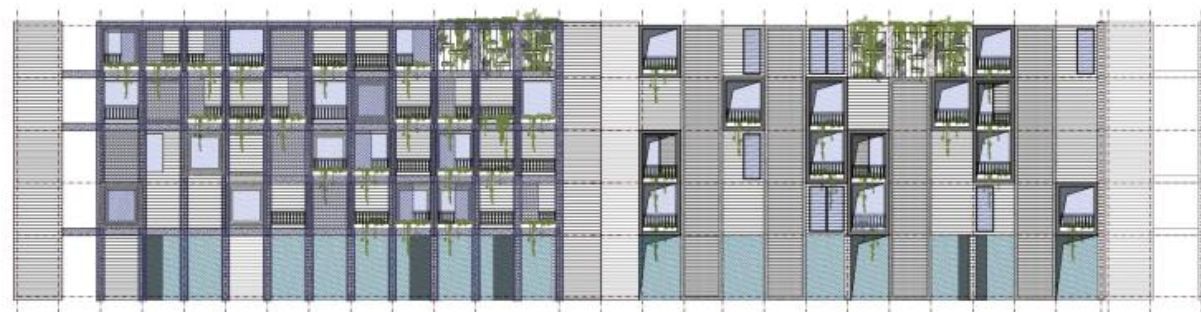
Resistência ao fogo

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Atividades

- 1) Arquitetura
- 2) Prefabricação e Sistema estrutural
- 3) Novos tipos de betão
- 4) Ligações
- 5) Comportamento sísmico
- 6) Resistência ao fogo
- 7) Instalações (hidráulicas, elétricas, etc.)
- 8) BIM
- 9) Digitalização
- 10) Conforto térmico
- 11) Isolamento acústico
- 12) Qualidade do ar interior
- 13) Sustentabilidade



ORGANIZAÇÃO

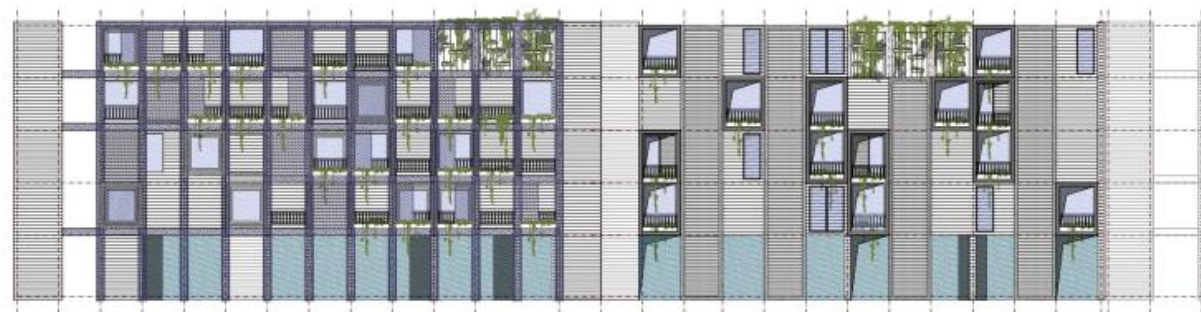
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Atividades vs pilares

- 1) Arquitetura
- 2) Prefabricação e Sistema estrutural
- 3) Novos tipos de betão
- 4) Ligações
- 5) Comportamento sísmico
- 6) Resistência ao fogo
- 7) Instalações (hidráulicas, elétricas, etc.)
- 8) BIM
- 9) Digitalização
- 10) Conforto térmico
- 11) Isolamento acústico
- 12) Qualidade do ar interior
- 13) Sustentabilidade



Estética



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Atividades vs pilares

- 1) Arquitetura
- 2) Prefabricação e Sistema estrutural
- 3) Novos tipos de betão
- 4) Ligações
- 5) Comportamento sísmico
- 6) Resistência ao fogo
- 7) Instalações (hidráulicas, elétricas, etc.)
- 8) BIM
- 9) Digitalização
- 10) Conforto térmico
- 11) Isolamento acústico
- 12) Qualidade do ar interior
- 13) Sustentabilidade



Sustentabilidade

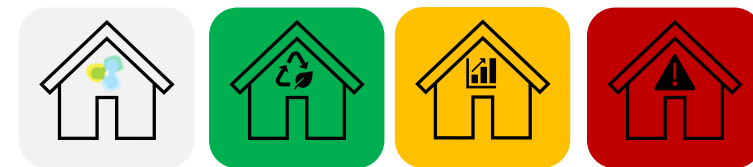


ORGANIZAÇÃO

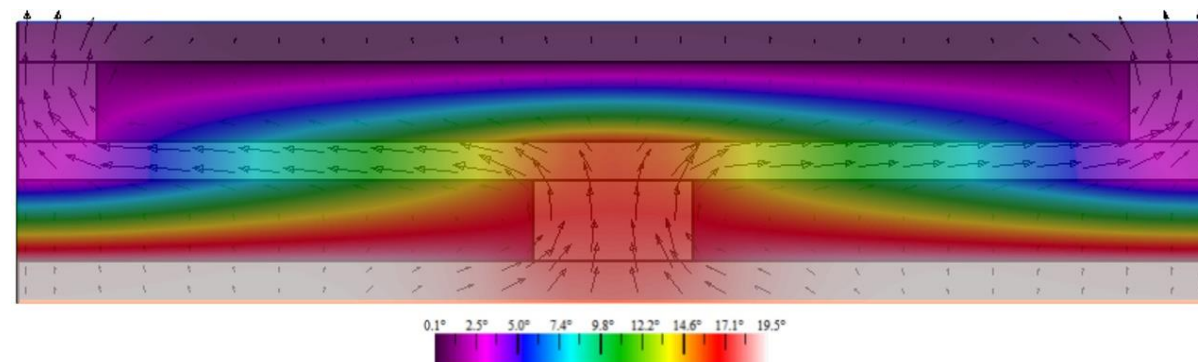
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Atividades vs pilares

- 1) Arquitetura
- 2) Prefabricação e Sistema estrutural
- 3) Novos tipos de betão
- 4) Ligações
- 5) Comportamento sísmico
- 6) Resistência ao fogo
- 7) Instalações (hidráulicas, elétricas, etc.)
- 8) BIM
- 9) Digitalização
- 10) Conforto térmico
- 11) Isolamento acústico
- 12) Qualidade do ar interior
- 13) Sustentabilidade



Eficiência

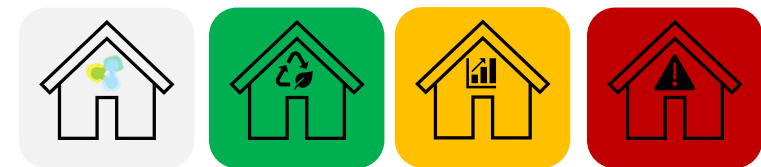


ORGANIZAÇÃO

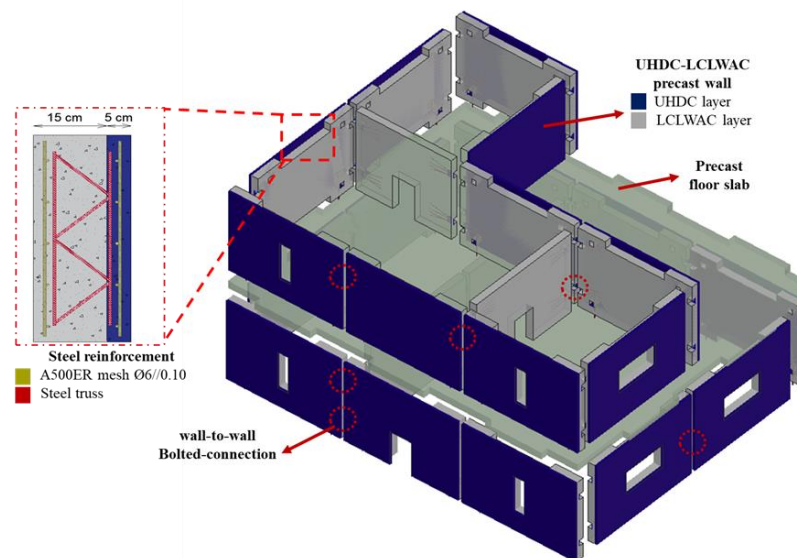
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Atividades vs pilares

- 1) Arquitetura
- 2) Prefabricação e Sistema estrutural
- 3) Novos tipos de betão
- 4) Ligações
- 5) Comportamento sísmico
- 6) Resistência ao fogo
- 7) Instalações (hidráulicas, elétricas, etc.)
- 8) BIM
- 9) Digitalização
- 10) Conforto térmico
- 11) Isolamento acústico
- 12) Qualidade do ar interior
- 13) Sustentabilidade



Segurança



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

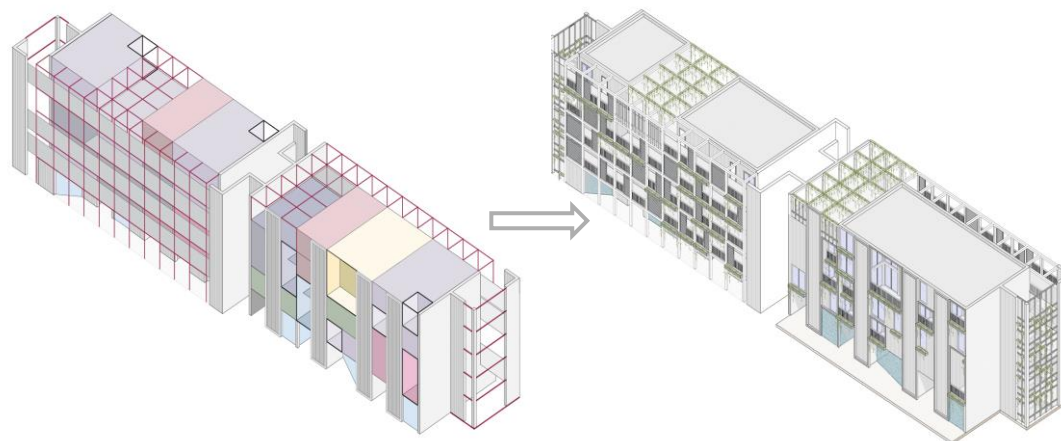
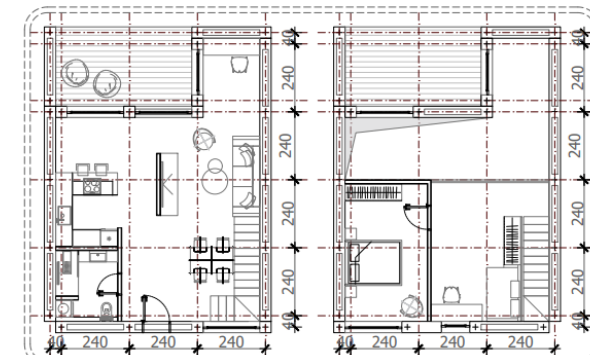
Resultados preliminares: Arquitetura

Foram definidos **edifícios de habitação multifamiliares** (até 6 pisos), que respeitem:

- **Modularidade** (configurações intercambiáveis de módulos)
- **Flexibilidade** e **adaptabilidade** dos fogos
- Incorporação de **terraços interiores** como espaços funcionais
- Sistemas estruturais mistos de parede-pórtico



	regular apartments		duplex apartments		
3 grid spans					
2 grid spans					

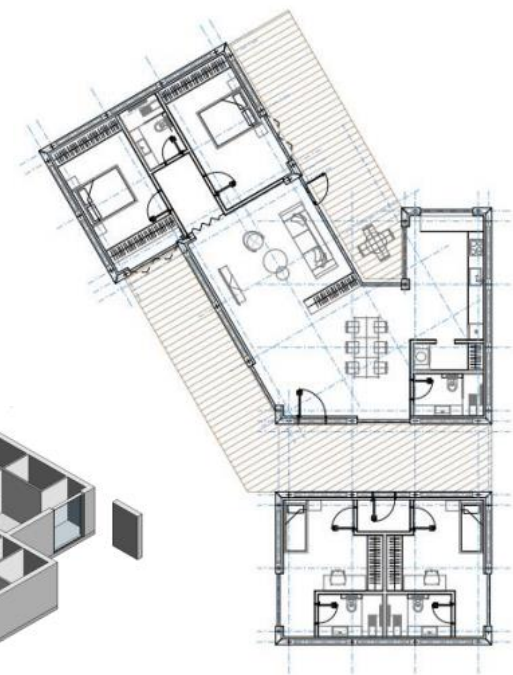
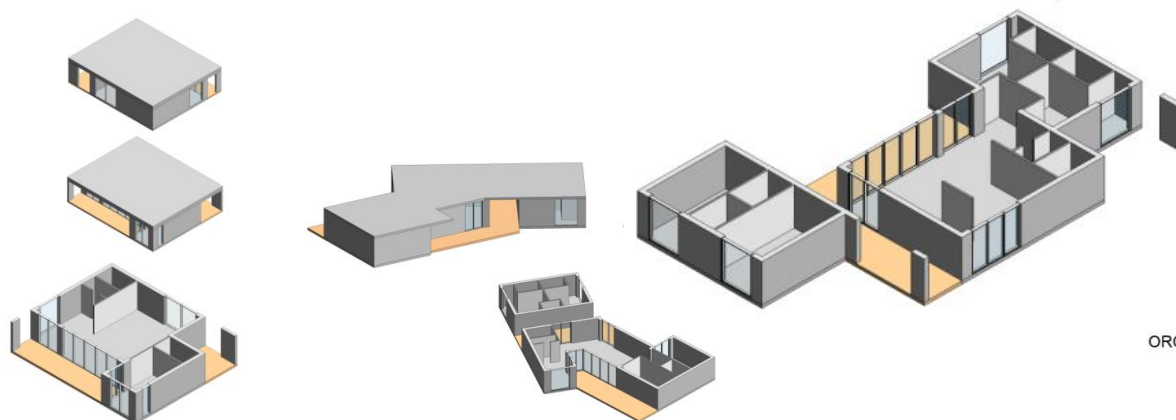


O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Arquitetura

Foram definidos **edifícios de habitação unifamiliares** regulares e irregulares que respeitem:

- **Modularidade** (cada função representada por um módulo distinto)
- **Flexibilidade e adaptabilidade** das habitações (os compradores podem personalizar a sua casa combinando diferentes módulos de acordo com as suas necessidades, com possibilidade de expansão futura através da adição de novos módulos)
- **Potencial para incorporar espaços multifuncionais entre módulos**, que podem incluir áreas interiores e exteriores

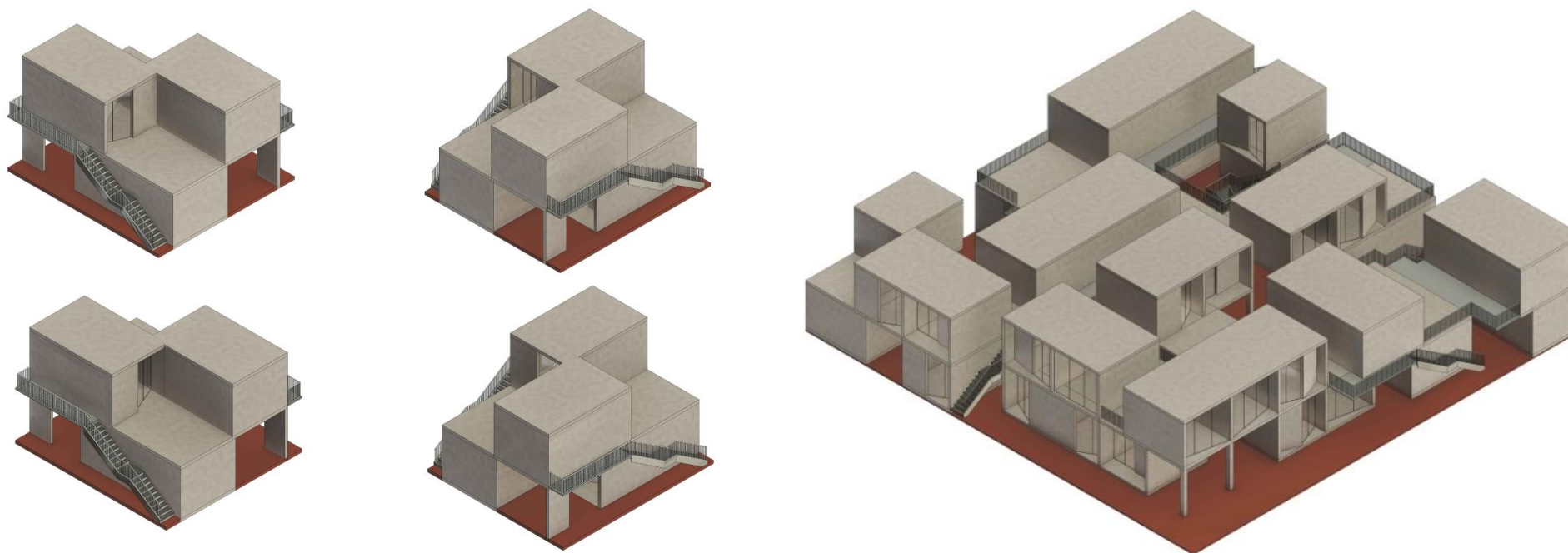


ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Arquitetura

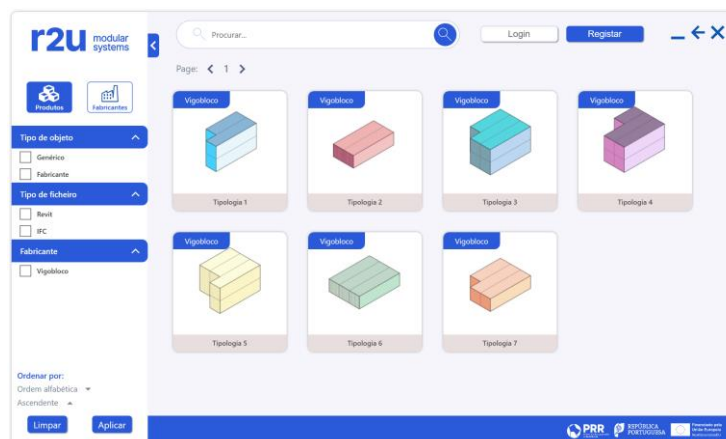
Estão a ser finalizadas as primeiras propostas para **residências de estudantes**.



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: BIM

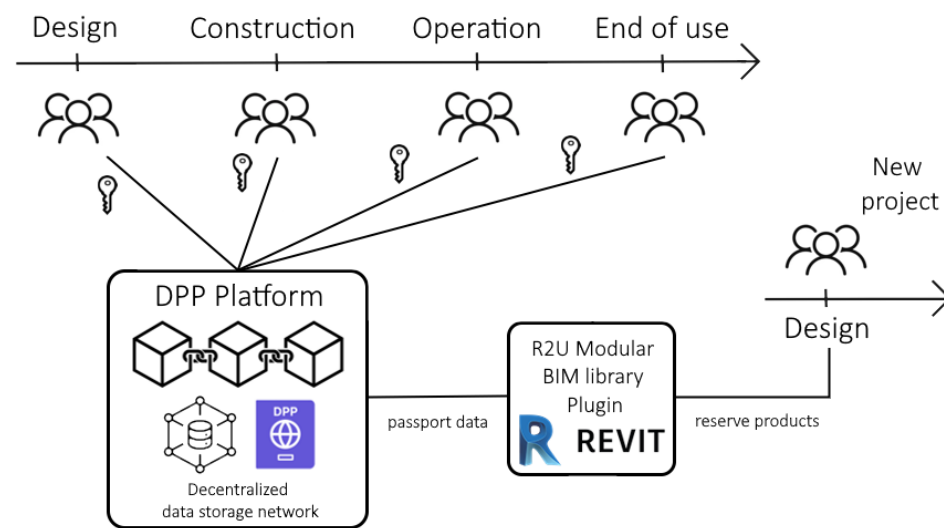
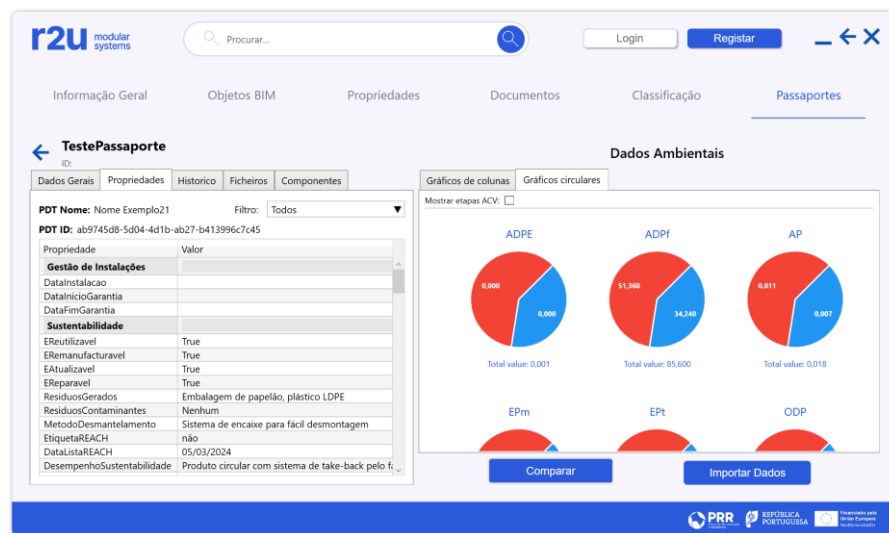


BIM plugin

- Apresentação de informação relacionada com produtos (unidades e componentes modulares), incluindo **objetos BIM, propriedades, documentação e classificação**
- Objetos BIM parametricamente definidos de acordo com as normas europeias.
- Os utilizadores podem importar objetos BIM e dados para o modelo 3D, com seleção personalizada de grupos de propriedades e variantes.

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: BIM



BIM plugin

- Apresentação de informação relacionada com fabricantes, incluindo **estudos de caso, literatura técnica e certificação**.
- Ferramenta de ACV (**Análise do Ciclo de Vida**) para cálculo automático de vários indicadores ambientais (GWP, ODP, AP, EP, etc.), incluindo ferramentas de visualização dos resultados.

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Novos tipos de betão



- **Matrizes cimentícias com reduzido teor de clínquer.** Desenvolvimento de soluções estruturais com menos de 40% de clínquer. Incorporação de argila calcinada (CC), cimento reciclado (CR), fíler calcário (FC) e cinza de fundo (CF).
- Betão estrutural produzido com apenas 0–20% de cimento, visando a **substituição total de cimento**.
- Betão fluido com mais de 60% de substituição de clínquer, **sem comprometer significativamente o desempenho mecânico** – utilizando CC e CR.
- **Resistência inicial compatível com os requisitos da construção prefabricada** (c/ CC e CR).



Figure 1 - Mechanical resistance



Figure 2 - Shrinkage

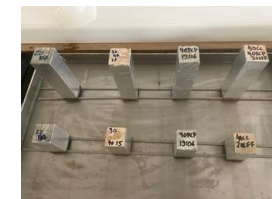


Figure 3 - Capillary Absorption Test



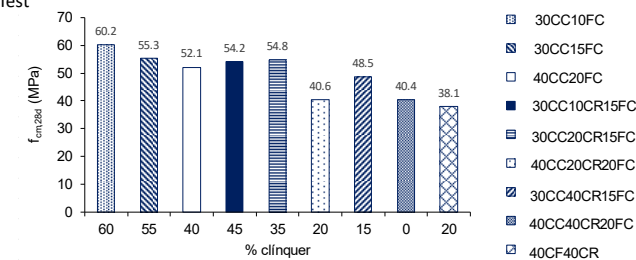
Figure 4 - Electrical Resistivity Test



Figure 5 - Carbonation Test



Figure 6 - Chloride Penetration Test



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Sustentabilidade

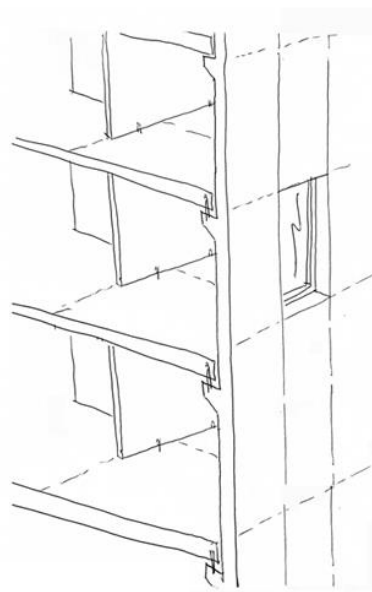
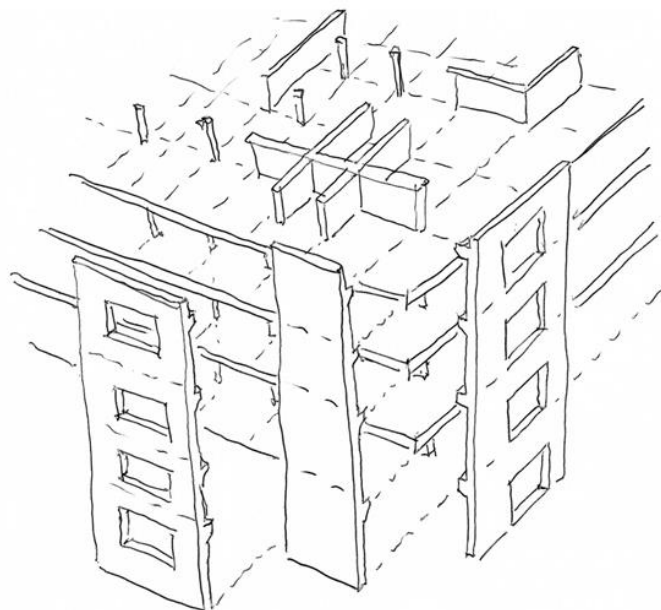
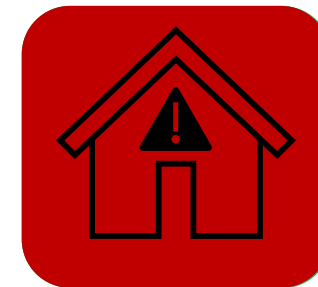


Tabela comparativa de diferentes soluções construtivas para edifícios modulares por tipo de material.

Criteria	Modular Concrete Construction	Modular Timber Construction	Modular Steel Construction	Traditional Construction
Sustainability	- Reduces on-site waste - Design for disassembly - Heavier, higher transport impact - Good thermal performance - Challenging material recycling	- Use of renewable material - Excellent carbon performance - Potential for negative carbon footprint - Risk of degradation if not properly treated	- High recyclability of steel - Lighter weight, reduces transport impact - Energy-intensive production process - Durable and strong	- Lower resource efficiency - Higher waste generation - Dependent on local resources - Potentially less energy efficient
Circular Economy	- Potential for the use of recycled materials - Challenges in material separation and recycling	- High potential for reuse and recycling - Degradation risks may limit reuse	- Ease of disassembly and reuse - High recyclability	- Difficulties in disassembly - Lower potential for material reuse and recycling
Digitalization	- Benefits from BIM for planning and design - Can integrate smart monitoring technologies	- Compatible with BIM and digital design - Can integrate sensor and IoT technologies	- High compatibility with BIM and digital fabrication - Potential for integration of advanced automation	- Lower integration with BIM and digital technologies - Dependent on traditional construction methods
Innovation	- Innovations in sustainable concrete - Development of rapid assembly techniques	- Innovations in wood treatment and durability - Developments in timber-concrete hybrid constructions	- Innovation in lightweight and durable manufacturing techniques - Advances in assembly automation	- Less opportunity for modular innovation - Dependent on innovation in materials and construction methods

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas



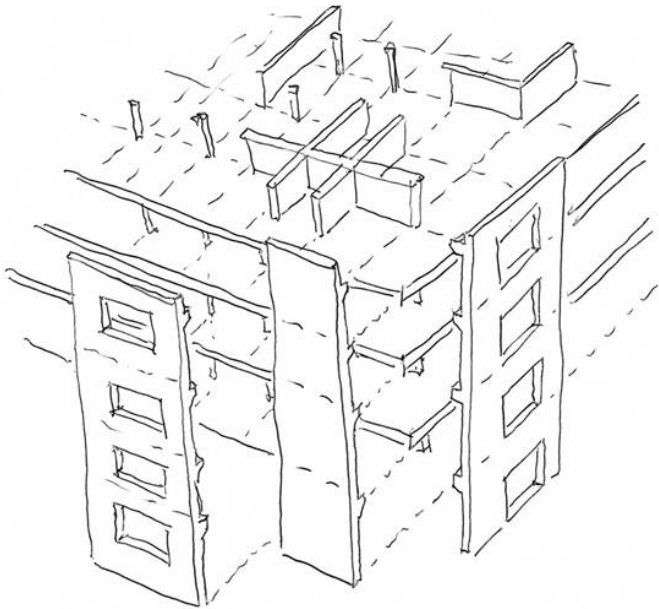
Conceito Inicial

Pressupostos

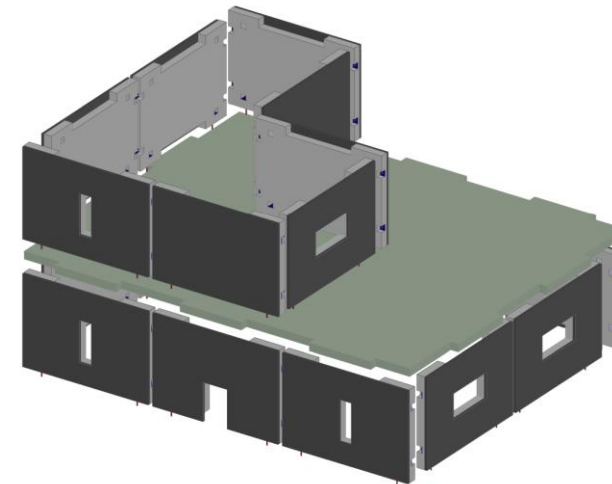
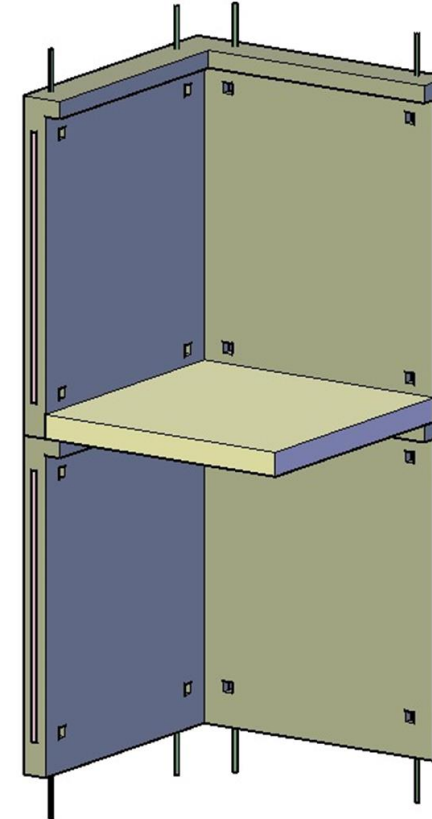
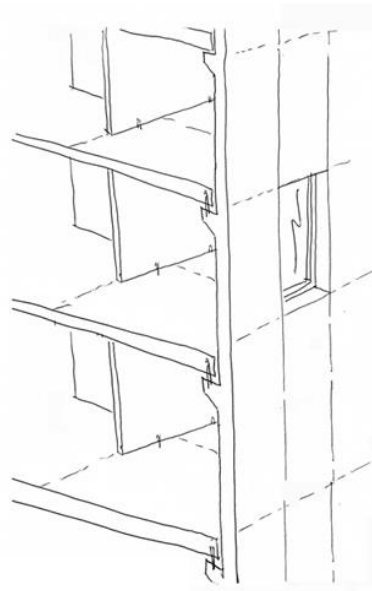
- Paredes autoportantes com isolamento térmico
- Lajes duplo T
- Ligações aparafusadas (juntas verticais e horizontais)
- Bom comportamento em zonas de sismicidade moderada a elevada (c/ dimensionamento sísmico)
- Resistência ao fogo

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas



Conceito Inicial

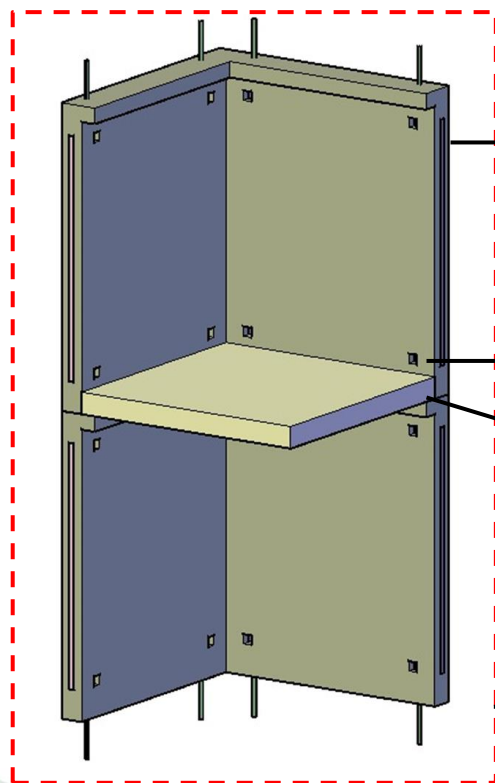
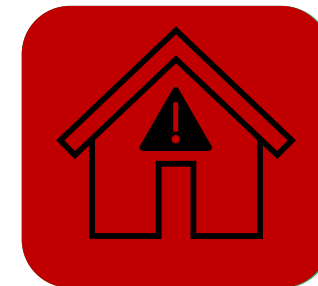


From a simple sketch... to reality...

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas



Estudos em curso:

Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico
(tipo de conector entre panos de betão, panos mais esbeltos, zonas maciças na extremidade para inclusão de ligações aparafusadas)

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede)
(otimização da pormenorização da armadura na parede para melhorar desempenho da ligação, bom comportamento sob ações cíclicas)

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (laje-parede)
(proposta de uma nova ligação, sem betonagem *in-situ*, bom comportamento sob ações cíclicas)

Validação global do sistema
(ensaios cíclicos quase-estáticos à escala real , ensaios em mesa sísmica)

ORGANIZAÇÃO

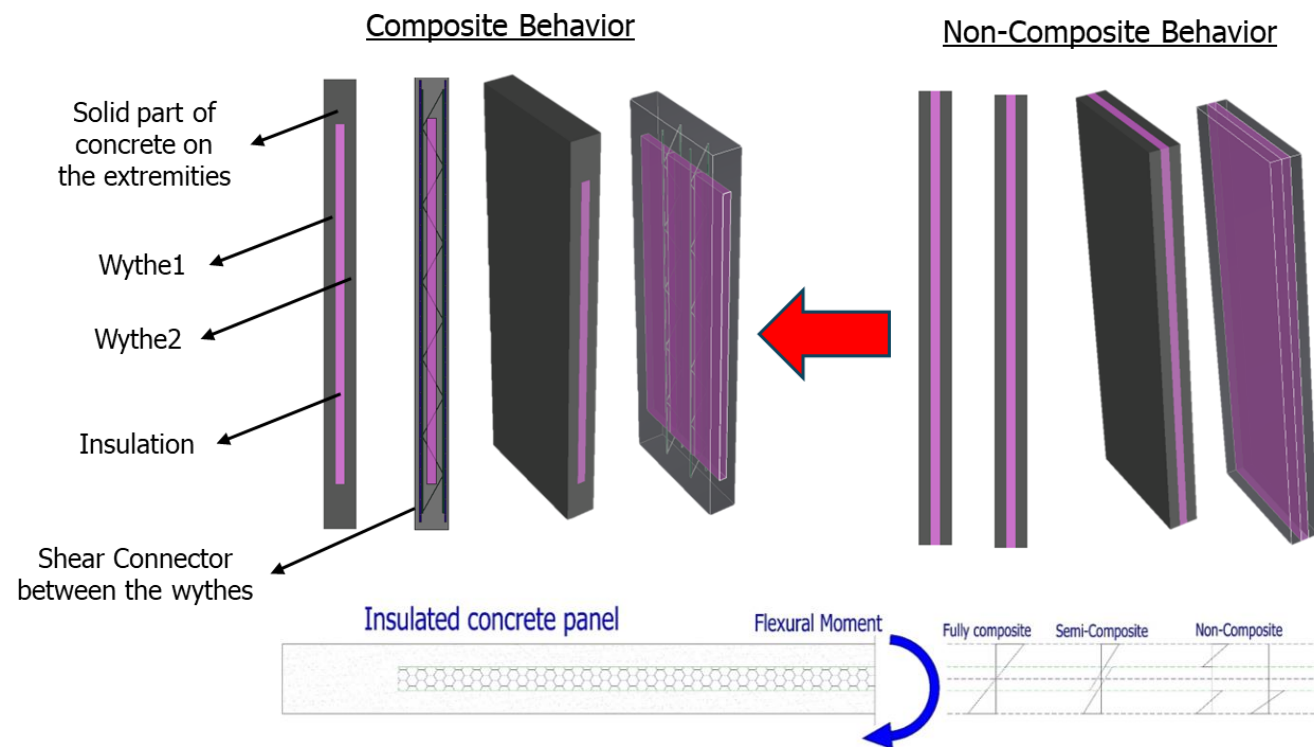
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico

Questões a dar resposta:

- Será possível utilizar estas paredes como paredes estruturais?
- Como garantir o comportamento conjunto dos dois panos de betão (espessura reduzida)?
- Qual o comportamento sob ações perpendiculares ao plano da parede (vento, sismo, etc.)?
- Rotura frágil (por corte) ou controlada (por flexão)?
- Qual a influência do tipo de ligação entre panos?
- Qual a influência da zona maciça nas extremidades?

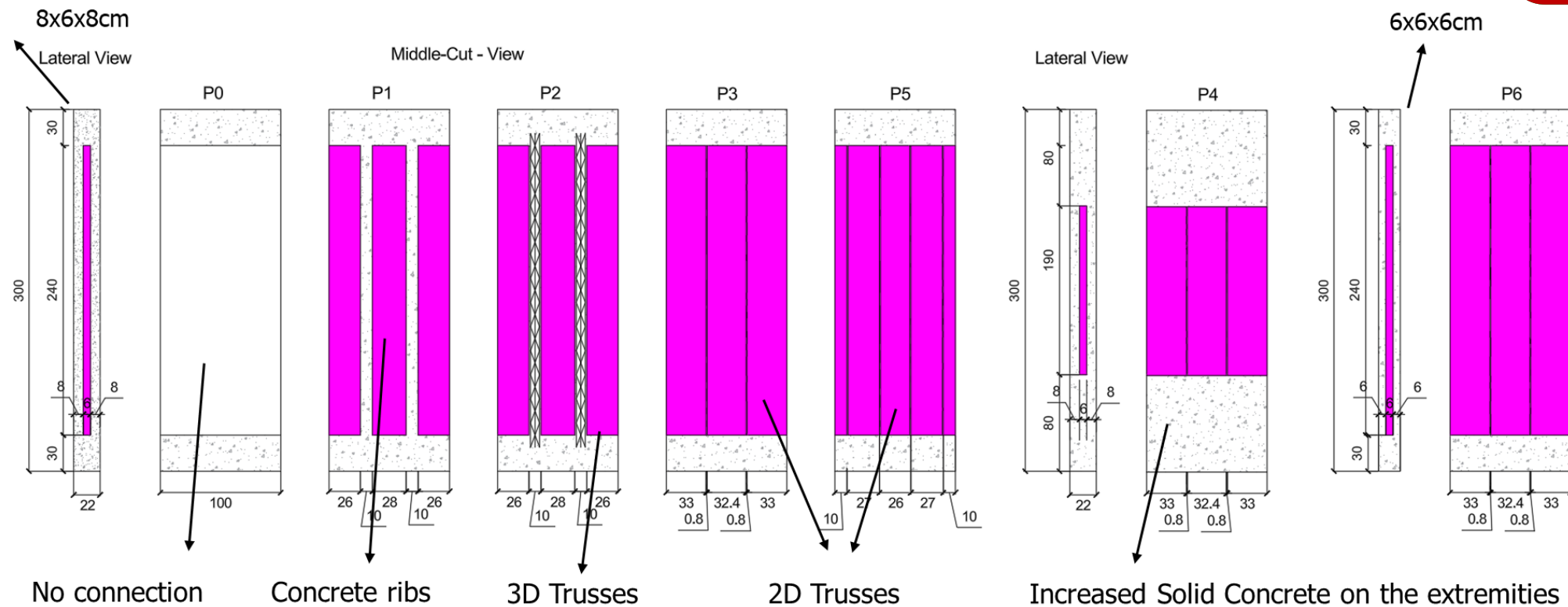
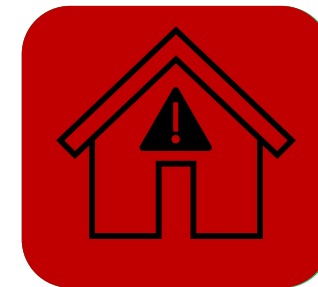


ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico



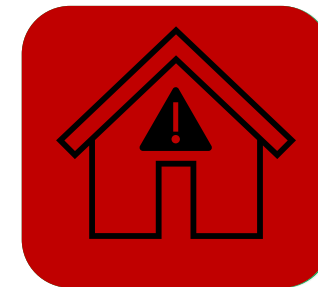
ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico

Ensaio de flexão – Caracterizar o comportamento e o tipo de rotura



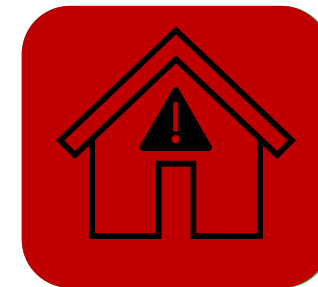
Carga centrada (bending failure oriented)



Carga excêntrica (shear failure oriented)

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas



Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico

Ensaio de flexão – Caracterizar o comportamento e o tipo de rotura



Bending failure oriented test – P4,P5



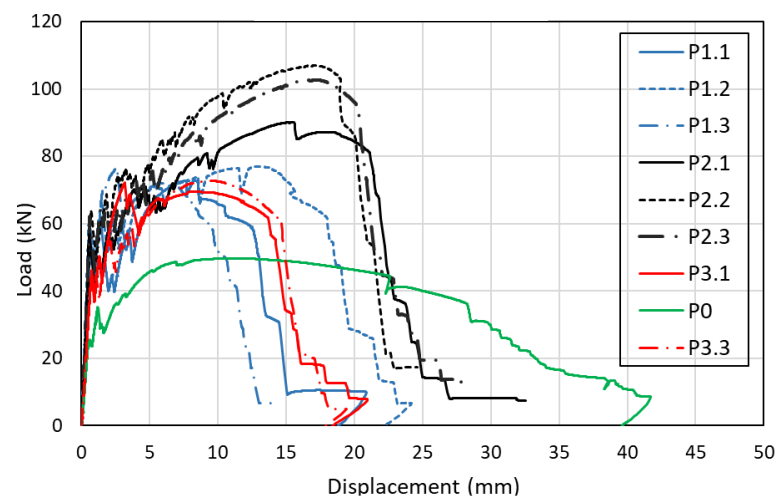
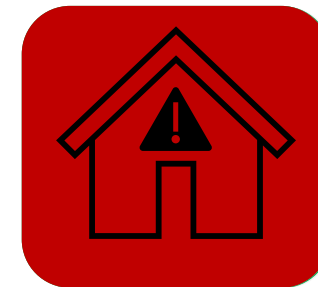
Shear failure oriented test – P1,P2,P3

ORGANIZAÇÃO

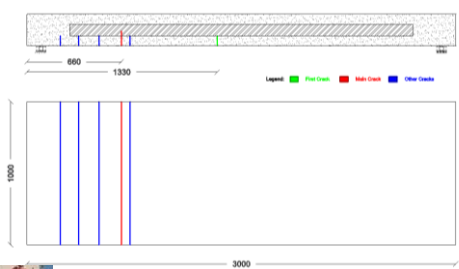
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

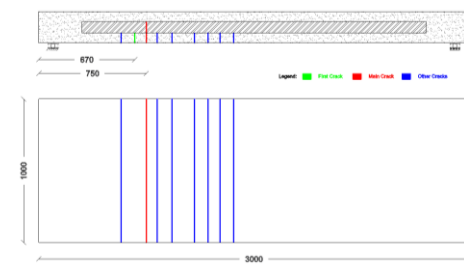
Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico



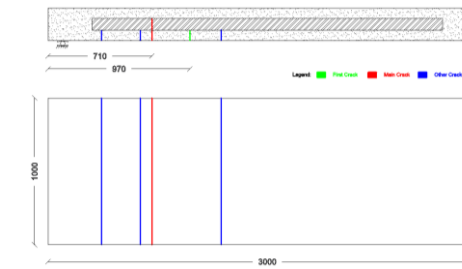
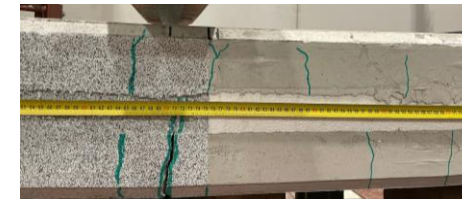
P1 - Nervuras de betão



P2 – Trelças metálicas 3D



P3 – Trelças metálicas 2D



Shear failure oriented test

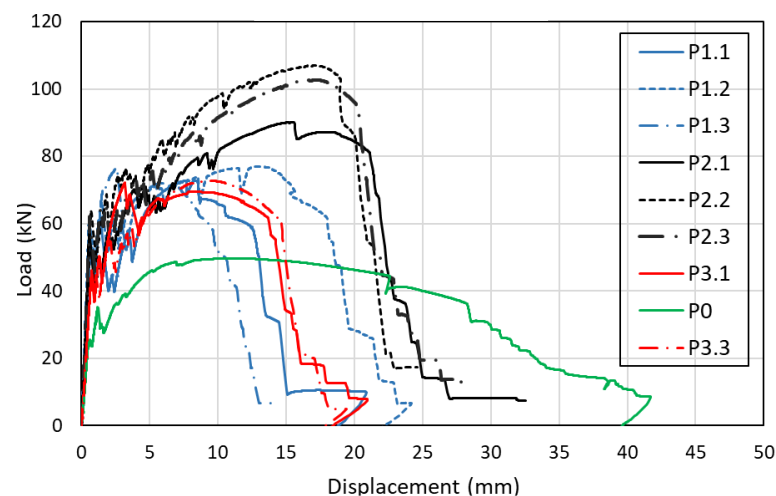
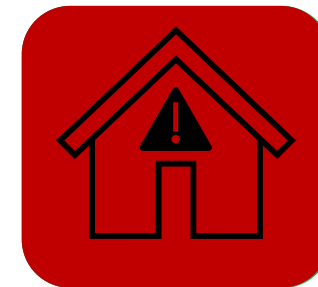


P0 – Sem ligação entre panos

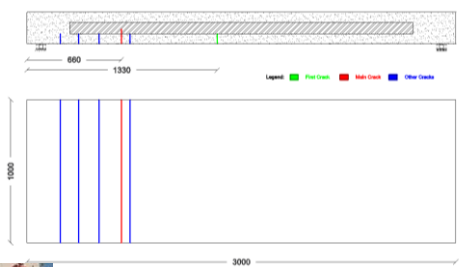
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

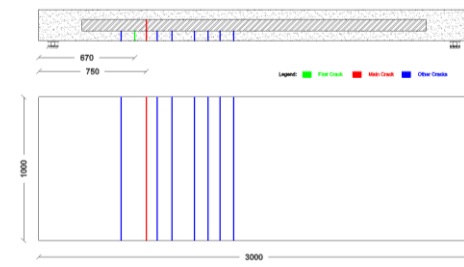
Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico



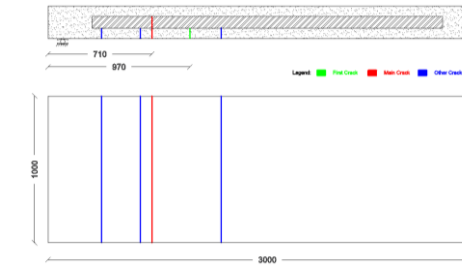
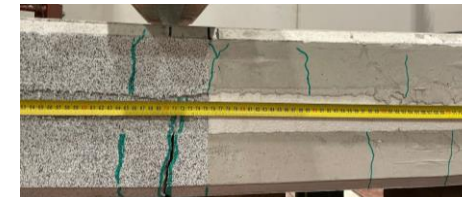
P1 - Nervuras de betão



P2 – Treliças metálicas 3D



P2 – Treliças metálicas 2D



Shear failure oriented test

Sem roturas por corte. Comportamento conjunto, mesmo com treliças planas 2D e utilizando panos de 6cm de betão. A zona maciça nas extremidades **controla a rigidez** da parede.

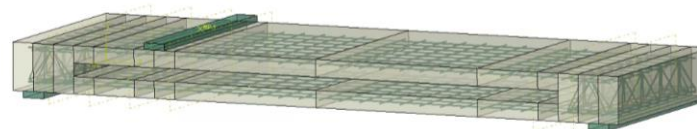
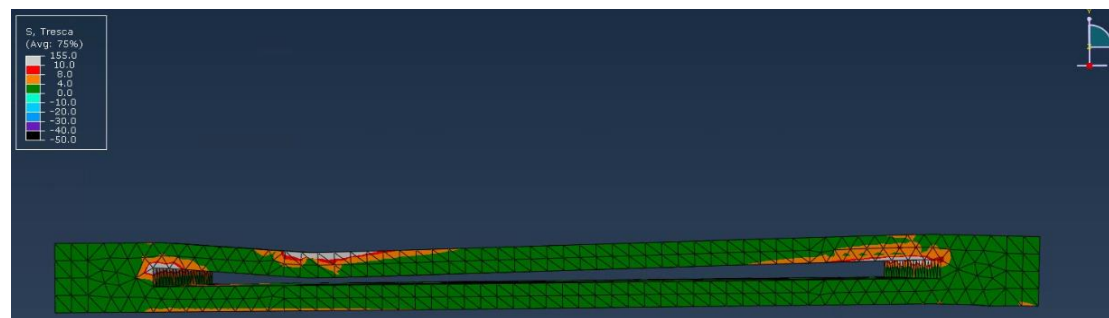
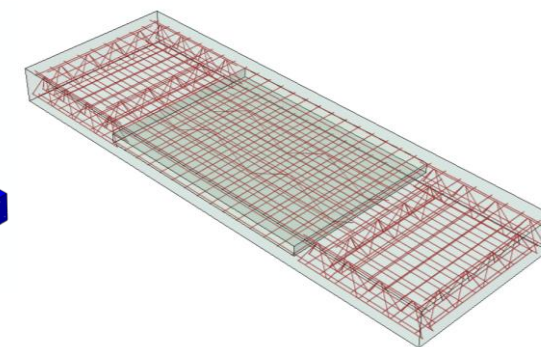
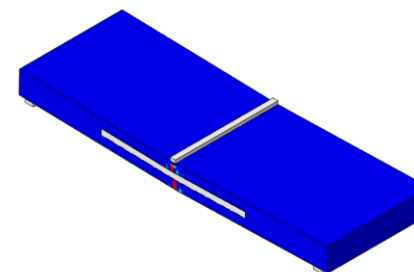
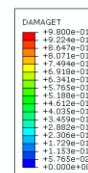
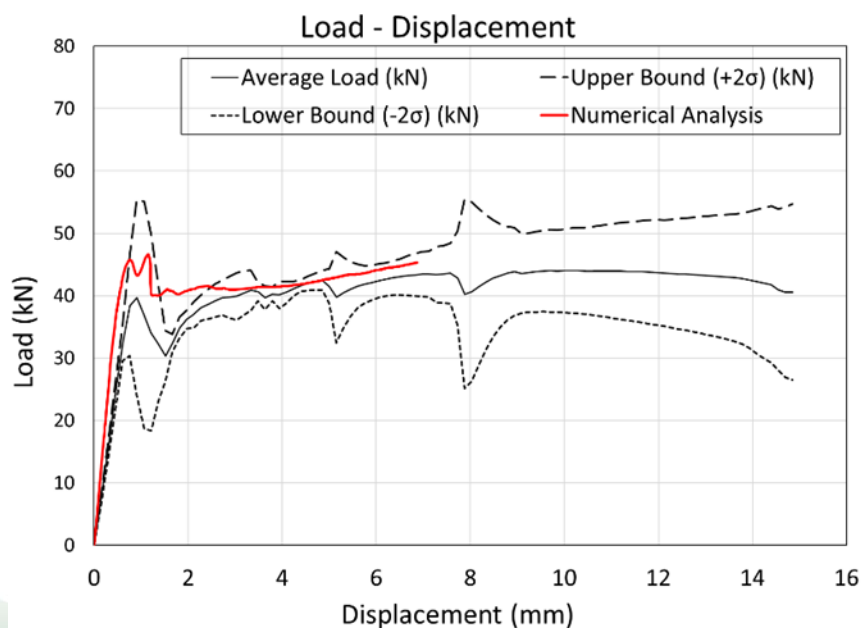
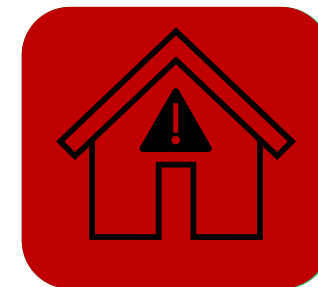
ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Otimização da utilização de paredes autoportantes com isolamento térmico

Estudos paramétricos complementares: número de treliças 2D, tipo de conectores (GFRP, CFRP), outros.



SIMULIA
ABAQUS

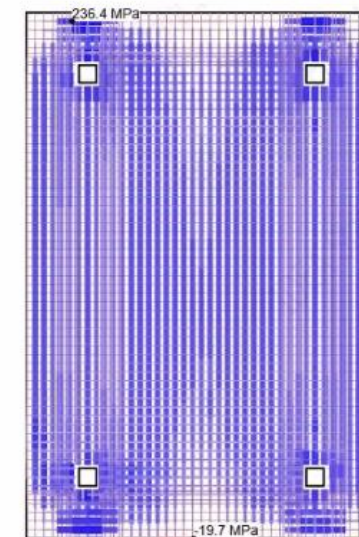
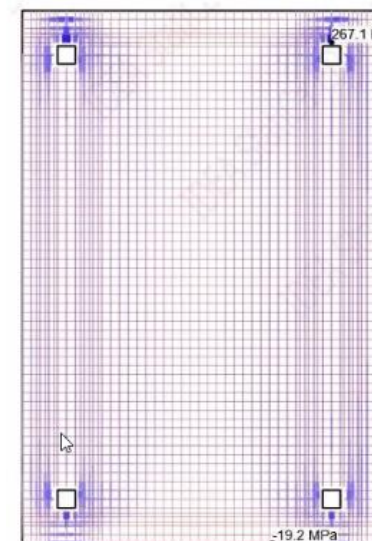
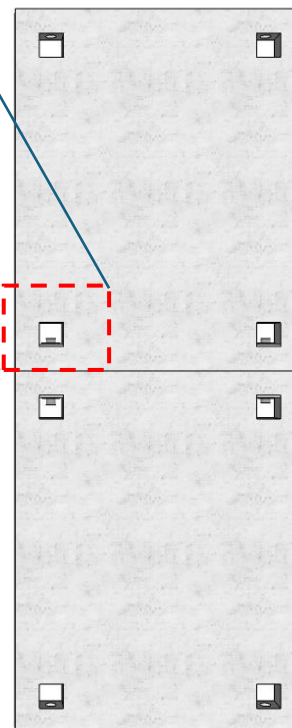
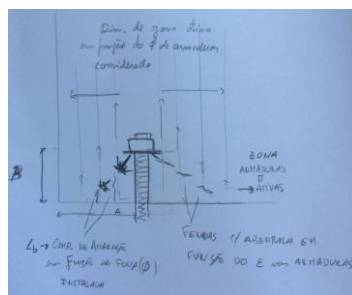
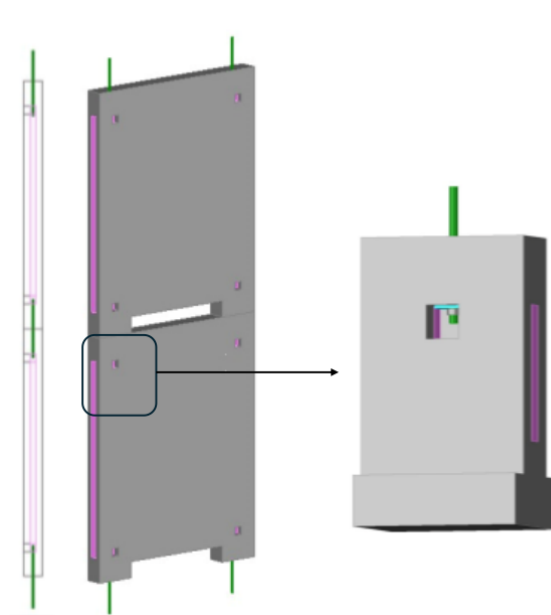
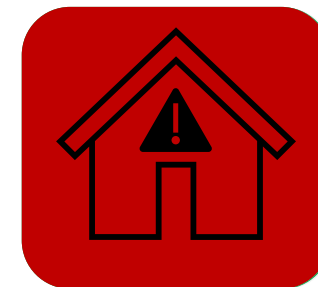
ORGANIZAÇÃO

Abcic
 Associação Brasileira da Construção
 Industrializada de Concreto

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais



IDEA StatiCa®

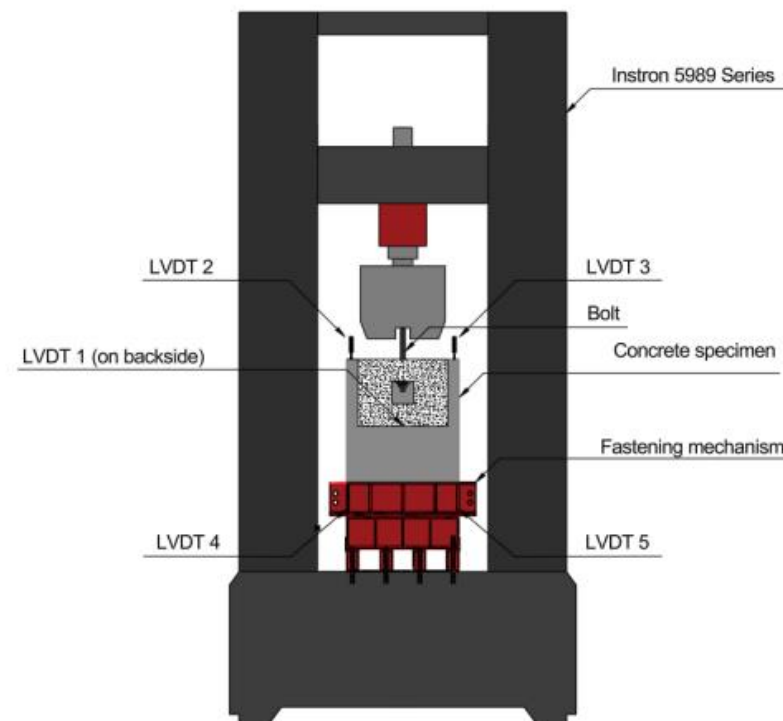
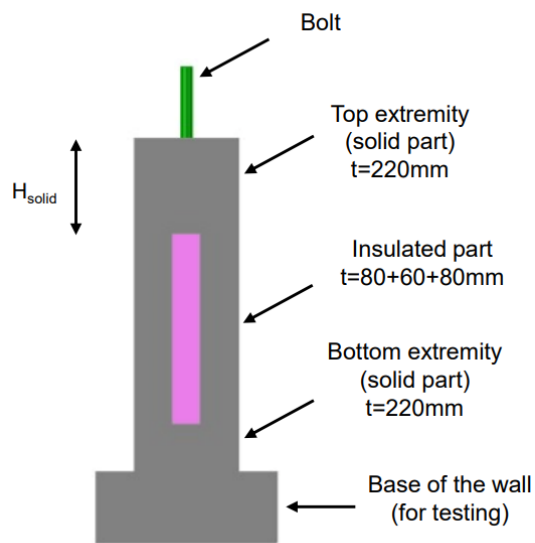
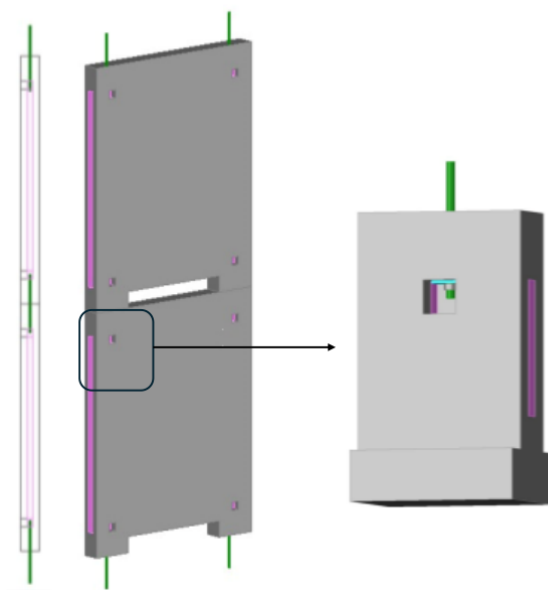
Ligação simples, fácil de montar e desmontar

Será possível otimizar a capacidade da ligação aparafusada através da pormenorização da armadura da parede?

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais



Campanha experimental de ensaios de tração (monotónicos e cíclicos):

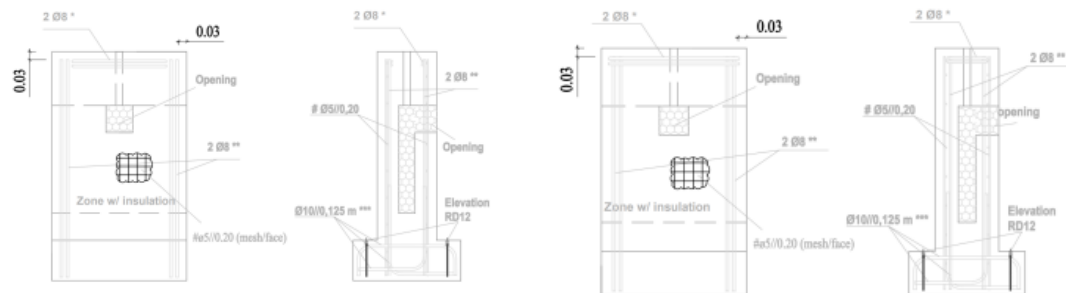
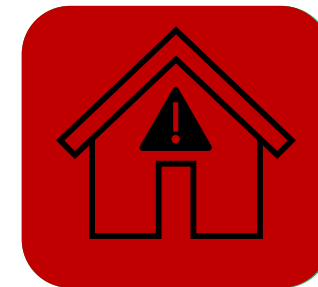
- Estudo de diferentes tipos de pormenorização das armaduras
- Estudo do efeito da zona maciça na extremidade

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

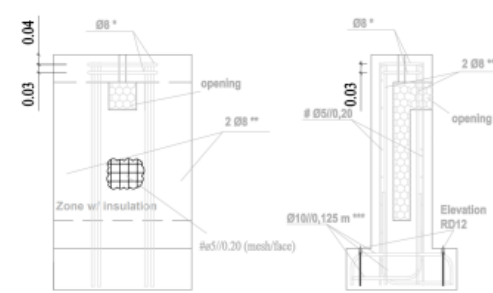
Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais

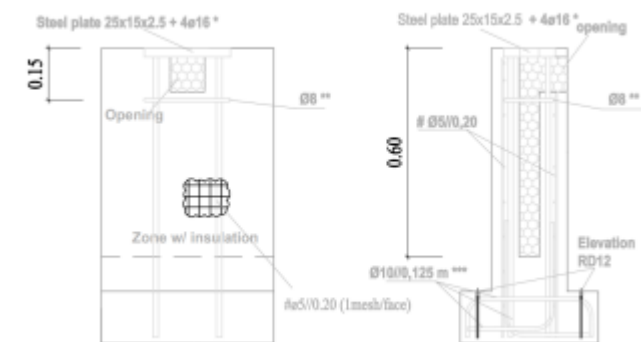


Grupo 1

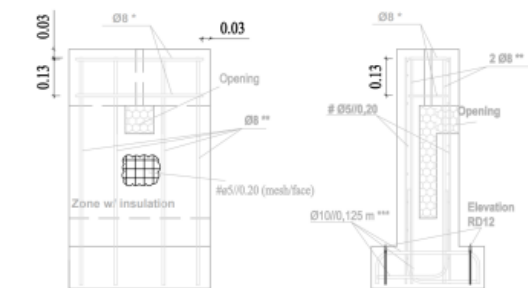
Grupo 2



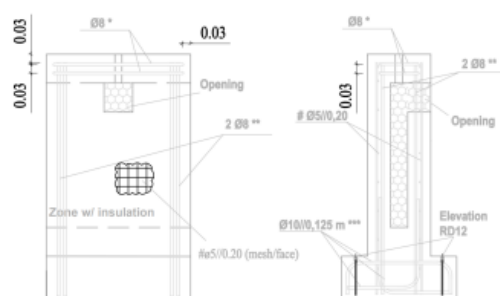
Grupo 5



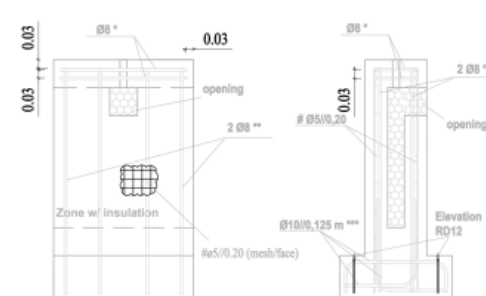
Grupo 7



Grupo 3



Grupo 4



Grupo 6

Mesmo varão de ligação vertical

7 grupos configurações; 3 ensaios por grupo (1 cíclico e 2 monotónicos)

Grupo 7 visou testar uma ligação de extremidade com chapa metálica (sem betão)

ORGANIZAÇÃO

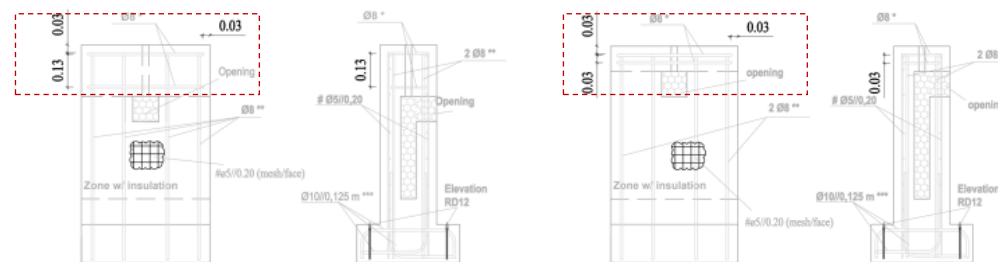
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

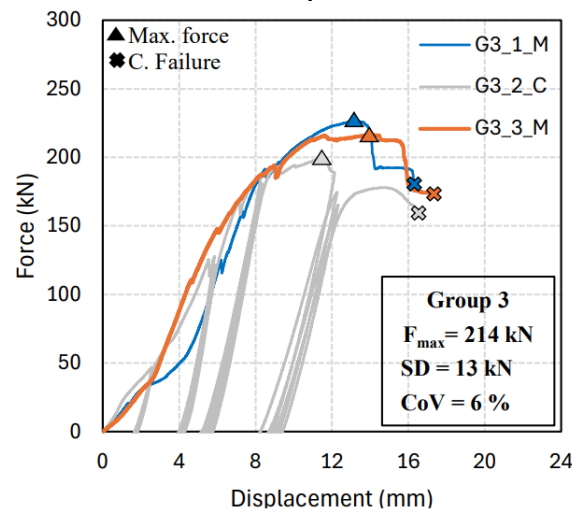
Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais

Impacto do comprimento da extremidade maciça em betão

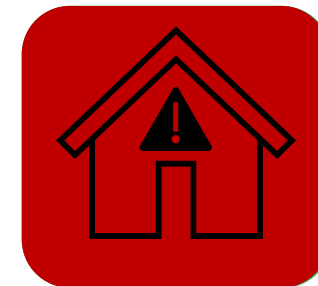
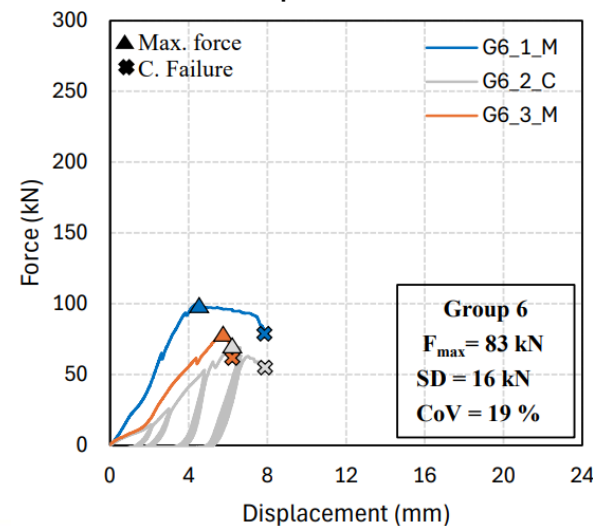
- > Capacidade resistência
- > Capacidade de deformação
- > Capacidade de dissipação de energia



Grupo 3

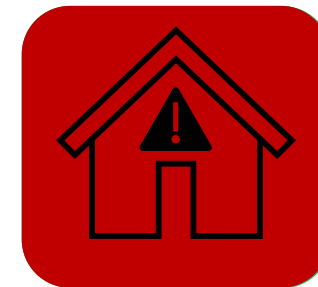


Grupo 6

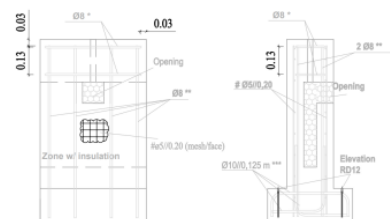


O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

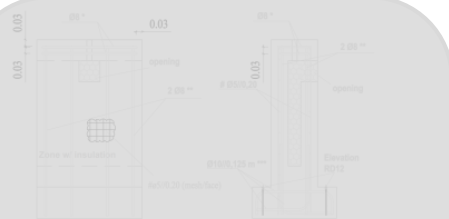
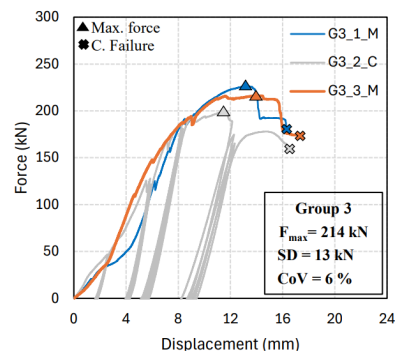
Resultados preliminares: Estruturas



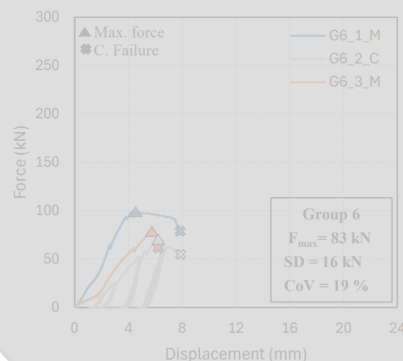
Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais



Grupo 3



Grupo 6

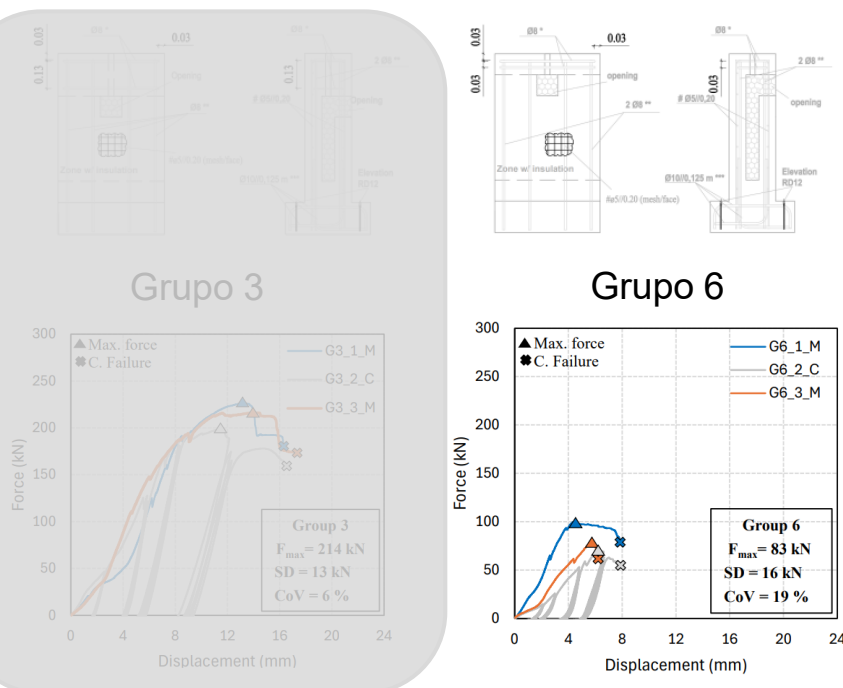
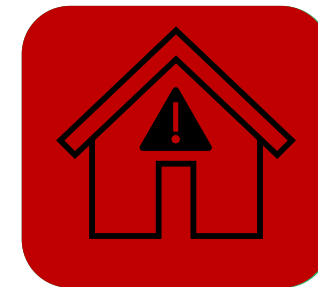


Maior fendilhação em ambas as faces | Fendas principais diagonais e vertical

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de uma nova ligação aparafusada (parede-parede) - Juntas horizontais

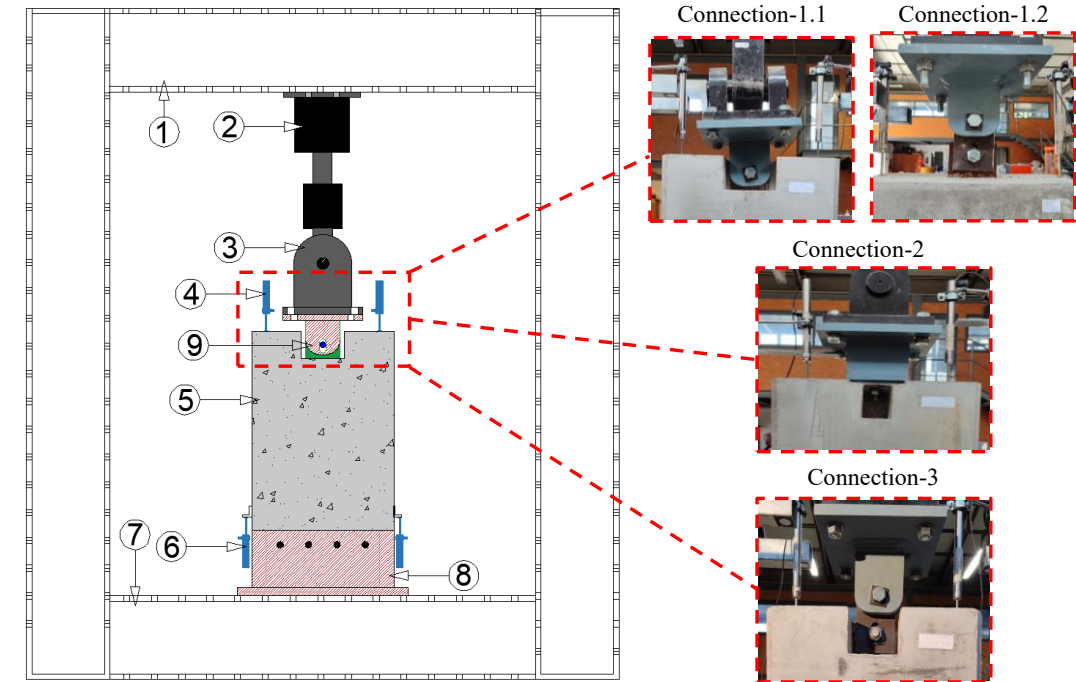
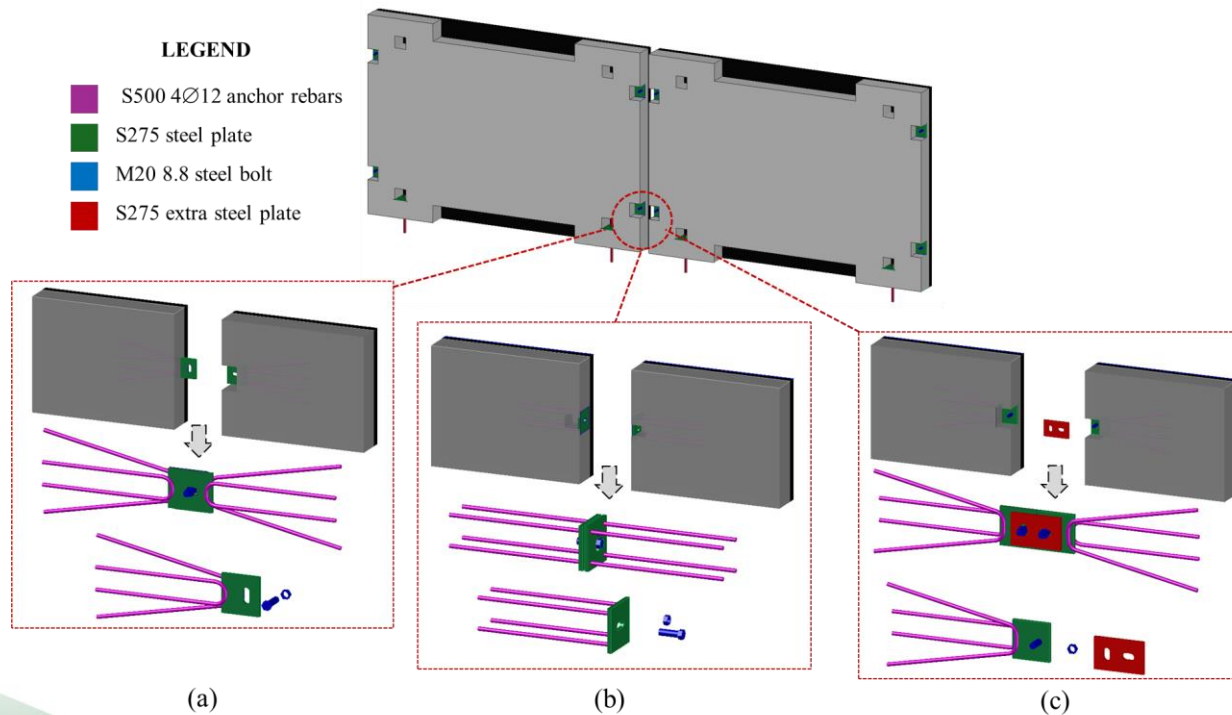


Menor fendilhação em ambas as faces | Modo de rotura menos dúctil | Destacamento do betão de recobrimento no topo

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de ligações aparafusadas (parede-parede) - Juntas Verticais

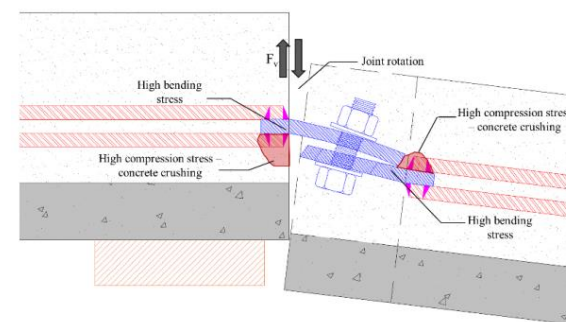
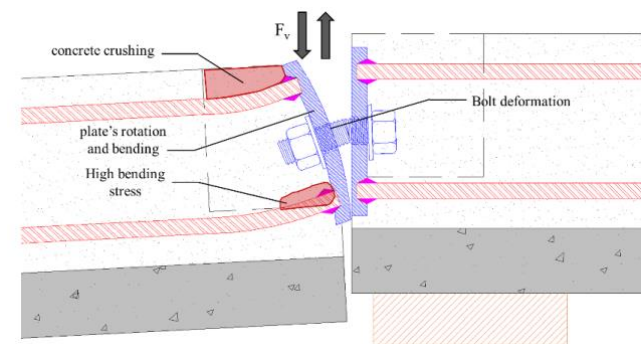
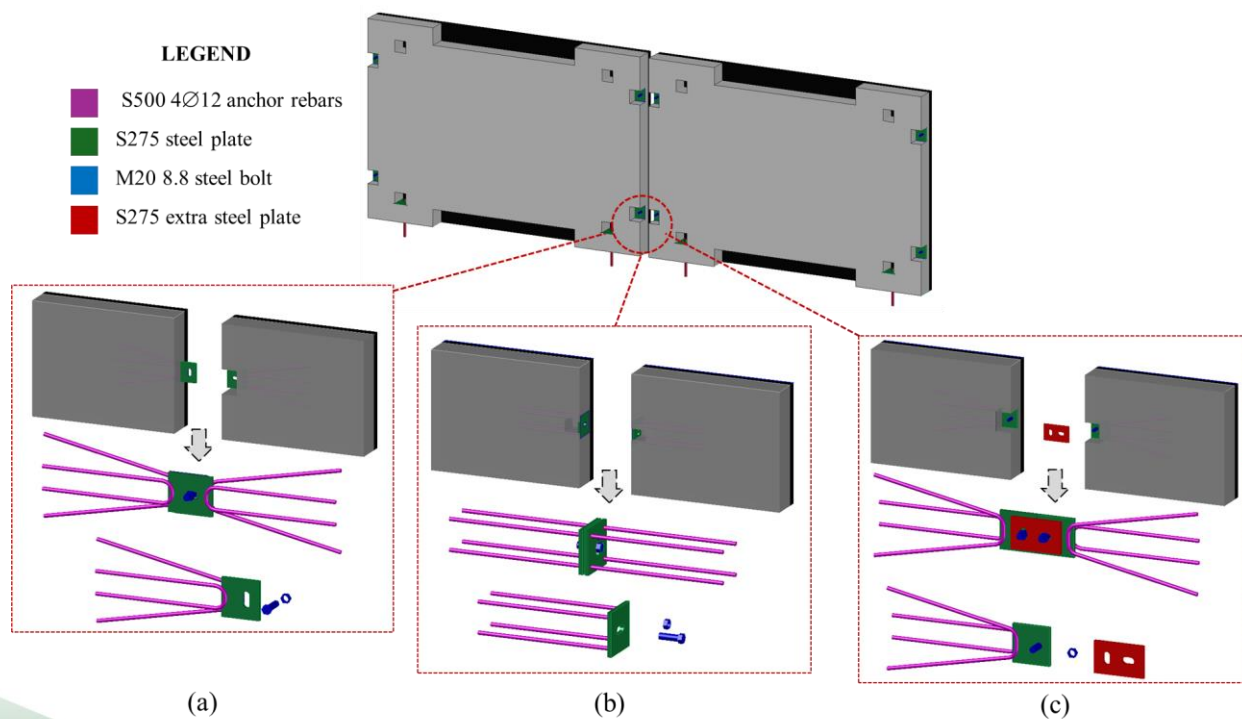
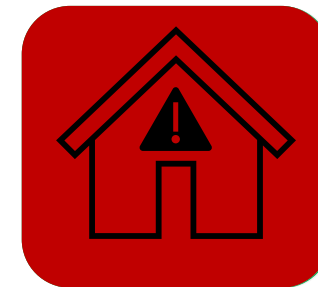


Caracterização do comportamento monotónico e cíclico – **Tração** e Corte

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Desenvolvimento e validação de ligações aparafusadas (parede-parede) - Juntas Verticais



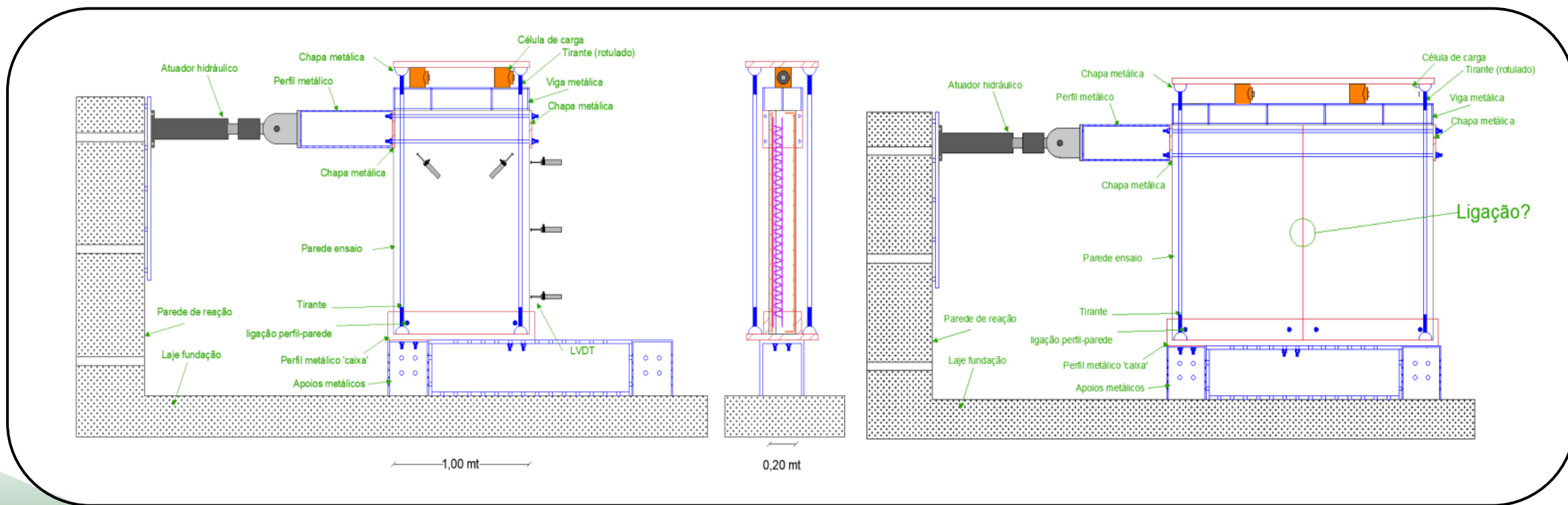
Caracterização do comportamento monotónico e cíclico – Tração e **Corte**

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Caracterização do comportamento sísmico – Fase 1 (ensaios quase-estáticos)



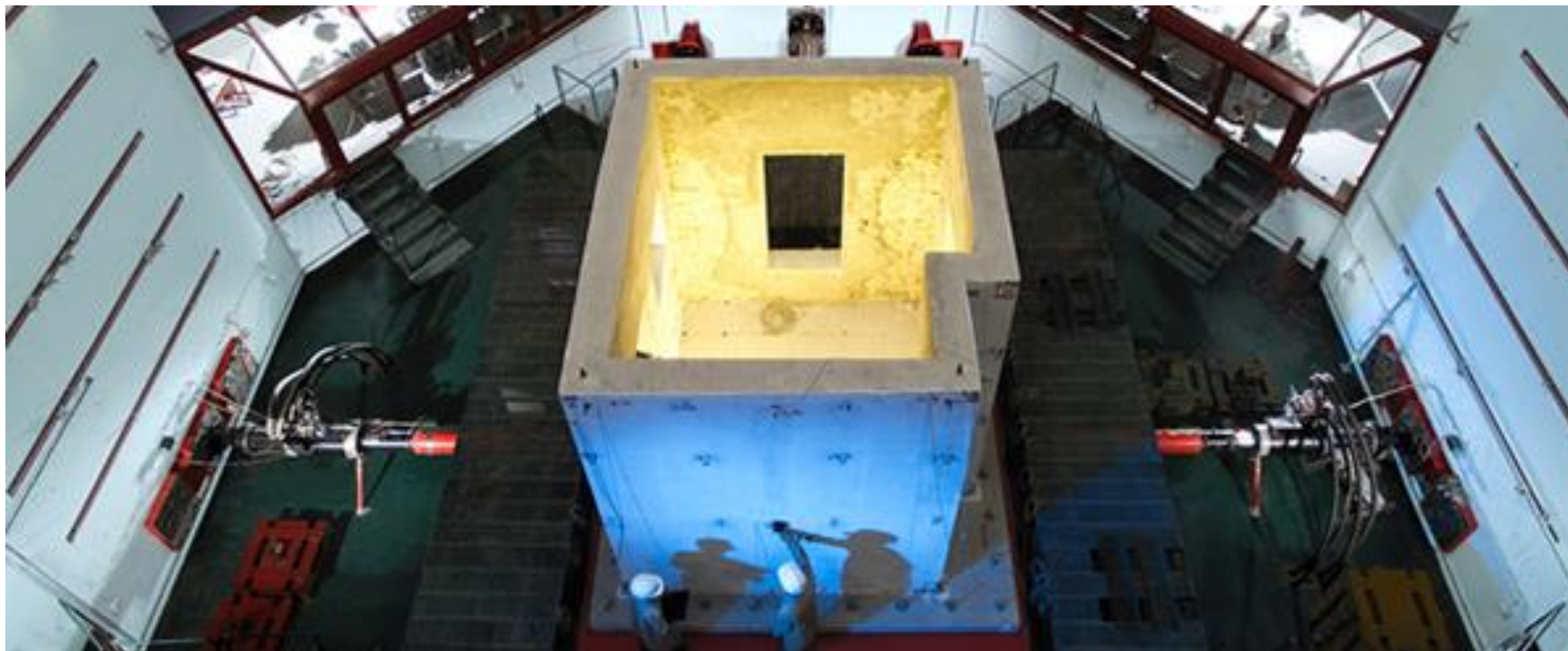
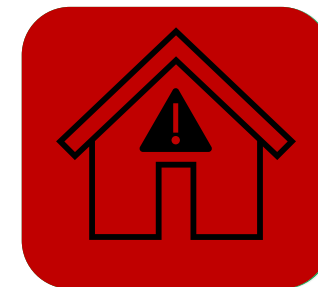
Ensaios de corte no plano e fora-do-plano (escala real) – em curso

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Caracterização do comportamento sísmico – Fase 2 (ensaios dinâmicos)



Ensaios na mesa sísmica do LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil – previsto p/ Setembro 2025

ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Caracterização da resistência ao fogo das paredes com isolamento térmico

Estruturas compósitas/multicamadas:

- Continuidade entre camadas externas → treliça

Risco de incêndio → treliça de aço

Alternativas: armaduras de FRP têm baixa condutividade térmica
mas os polímeros são combustíveis



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Estruturas

Caracterização da resistência ao fogo das paredes com isolamento térmico

Continuidade estrutural das camadas exteriores

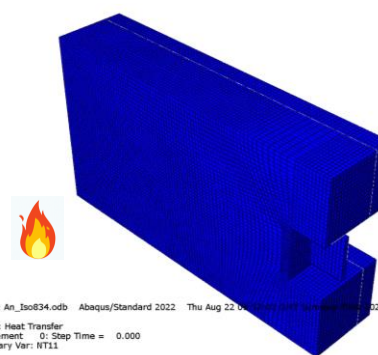
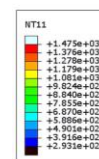
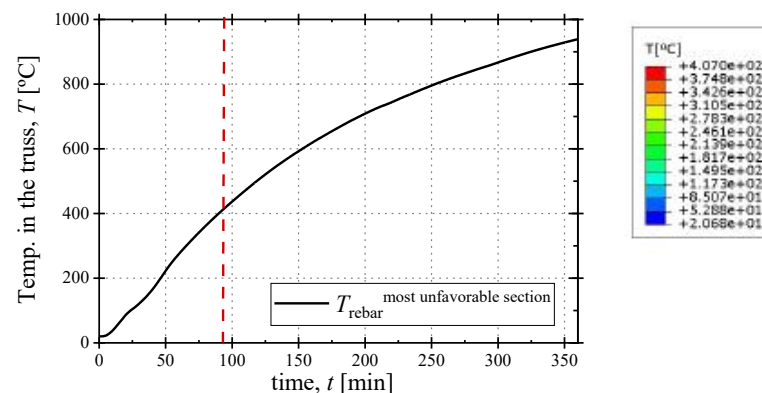
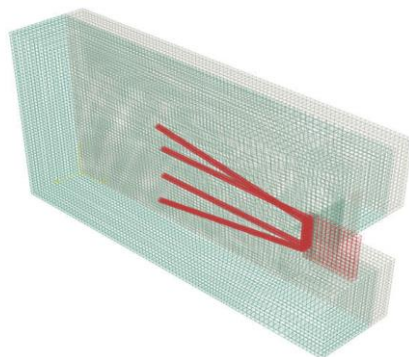
Análise térmica 3D (verificar a integridade das treliças)

$\sim T(90 \text{ minutos}) \leq 400 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow$ propriedades do aço não afetadas

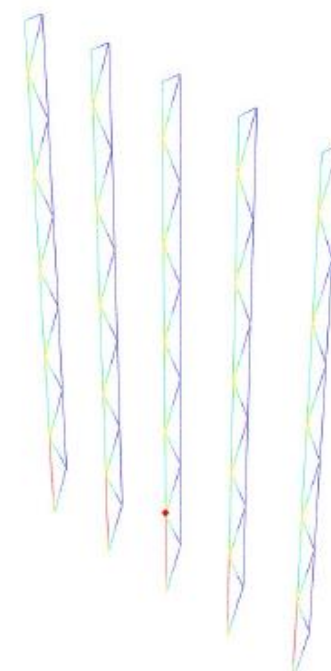
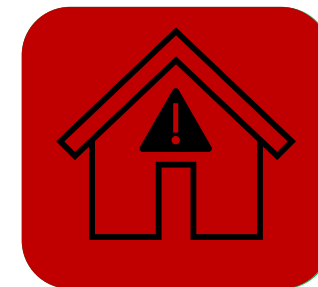
Tensão de tração devido à ação térmica em curso

Verificação do comportamento das ligações das juntas verticais

(em curso)



ODB: An_Isol34.odb Abaqus/Standard 2022 Thu Aug 22 09:00:00 2024
Step: Heat Transfer
Increment: 0: Step Time = 0.000
Primary Var: NT11



ORGANIZAÇÃO

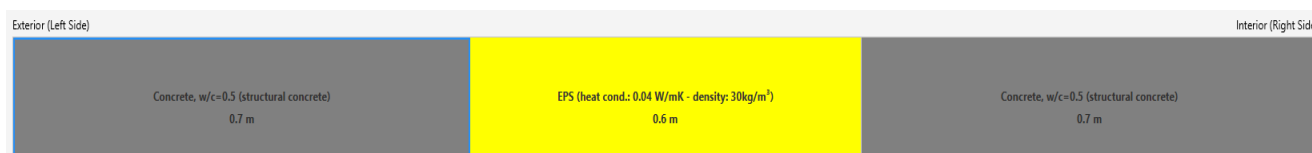
O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Conforto térmico

Análise numérica do comportamento térmico para avaliar os efeitos de ponte térmica



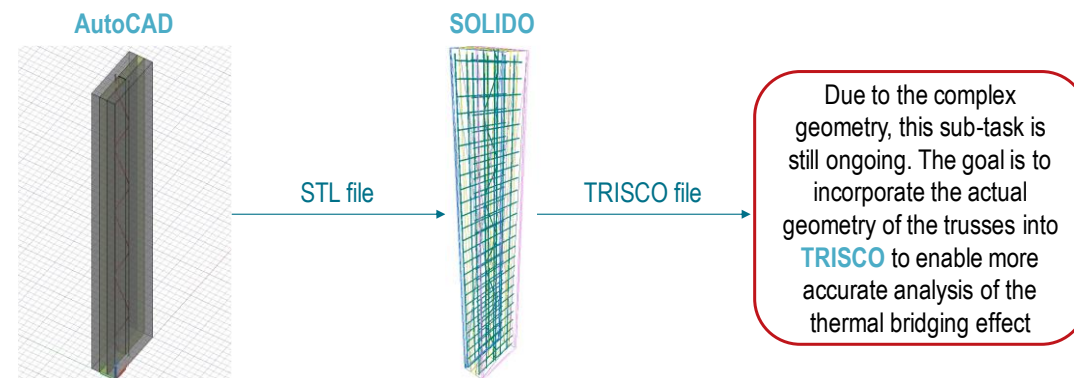
Simulação numérica com WUFI



As simulações WUFI estão atualmente em curso para **diferentes contextos climáticos**, com o objetivo de melhorar a interpretação dos resultados preliminares.

As simulações realizadas até ao momento referem-se apenas a Lisboa, cobrindo um período de 5 anos.

Simulação numérica com SOLIDO

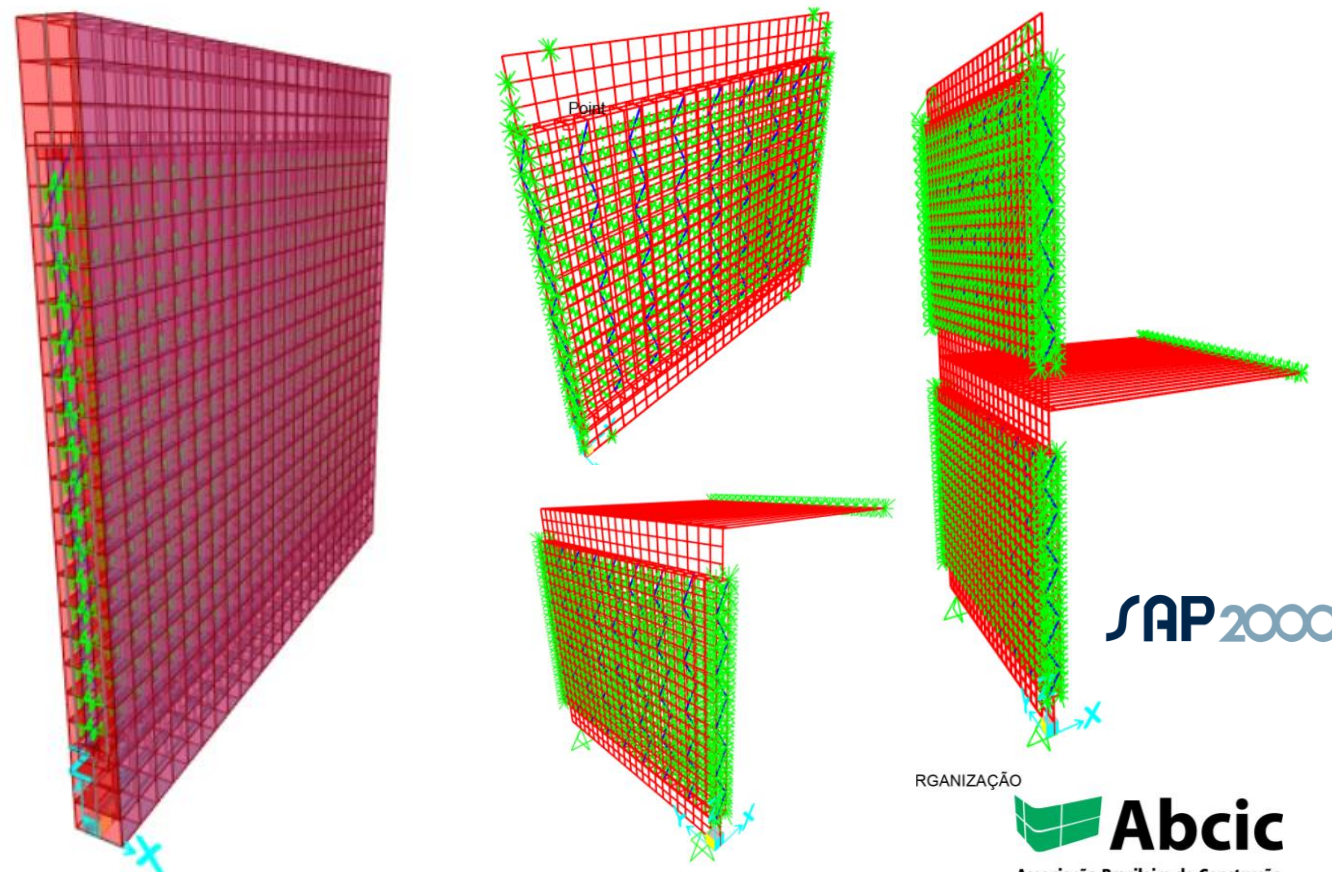
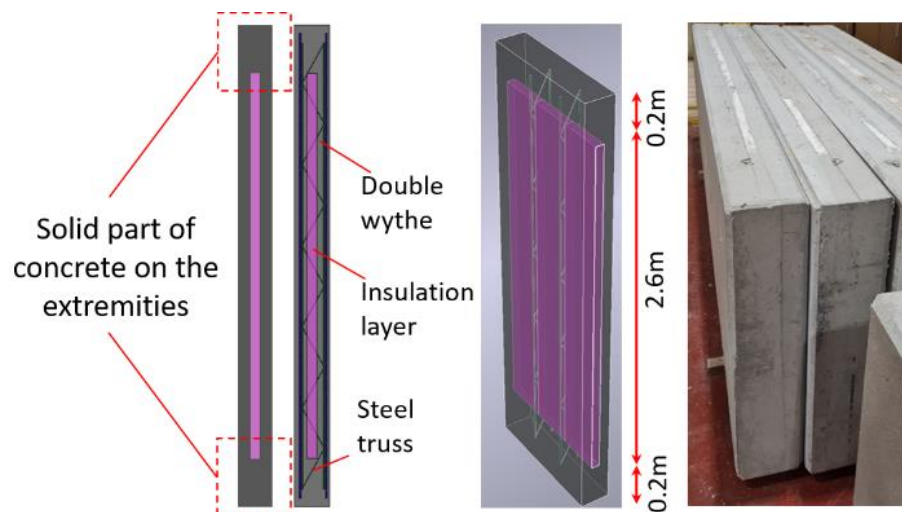


As simulações no SOLIDO permitem avaliar com mais precisão o **impacto das treliças de aço** nas pontes térmicas.

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Conforto acústico

Análise dos painéis de parede e das ligações para identificação de funções de transferência



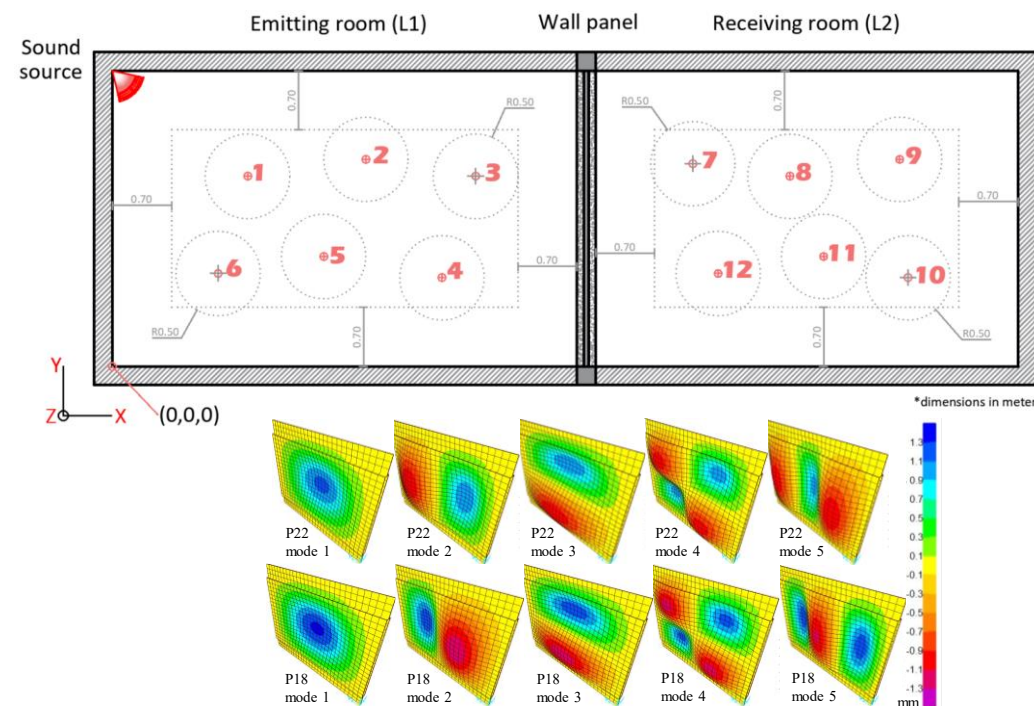
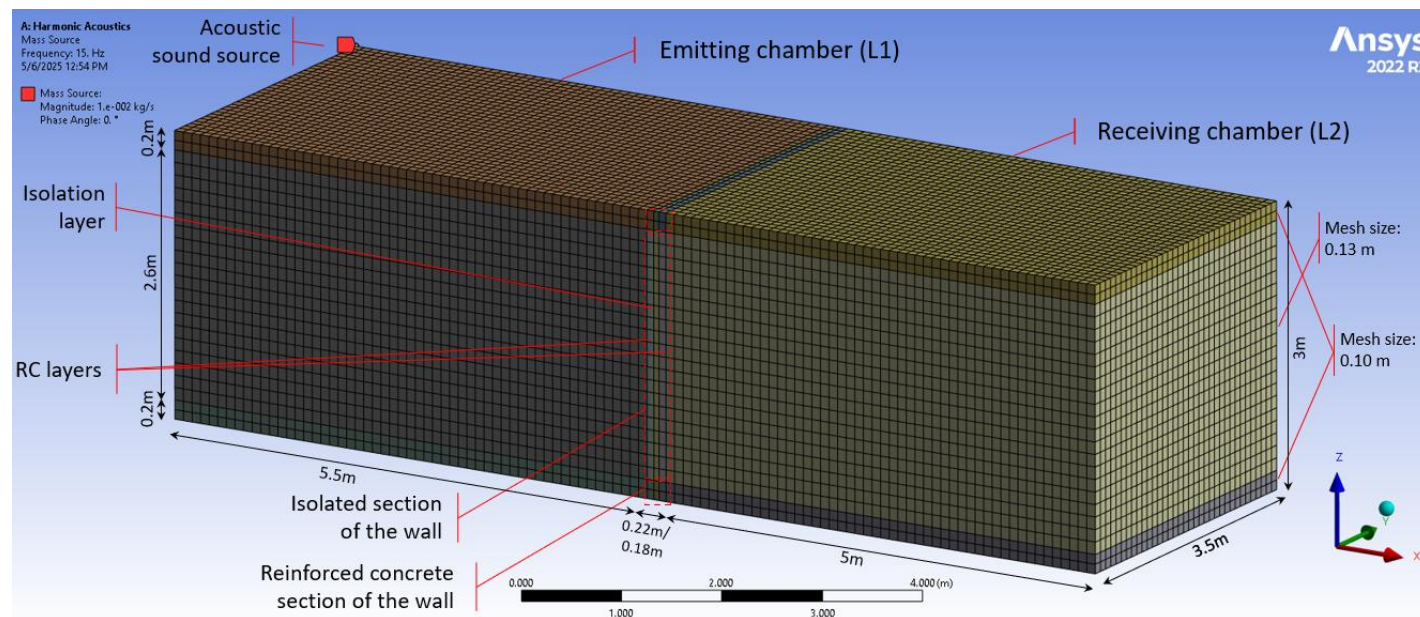
ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Resultados preliminares: Conforto acústico

Modelo harmónico acústico por elementos finitos utilizando o ANSYS

Simulando uma configuração convencional de duas salas.



ORGANIZAÇÃO

O projeto Edifícios Modulares Pré-fabricados em Betão

Conclusões preliminares e desenvolvimentos futuros

- Tudo indica que os edifícios modulares em concreto pré-moldado permitem dar resposta ao problema da habitação, em geral, de forma mais simples, mais rápida, mais sustentável, mais eficiente, mais económica e com maior qualidade.
- O projeto “Edifícios Modulares em Concreto Pré-moldado”, integrado no ‘projeto chapéu’ “R2UTechnologies | Modular Systems”, poderá dar um contributo importante para a reinvenção deste Conceito, baseado numa abordagem multidisciplinar, alicerçada nos quatro pilares – **Segurança, Sustentabilidade, Estética e Eficiência** – eliminando deste modo as razões que levaram ao seu declínio em ciclos passados.
- A *fib* – International Federation for Structural Concrete, através da Comissão 6 – Prefabrication, e do recém-criado Task Group 6.12, ao integrar especialistas de diferentes áreas (academia, projeto, indústria, outras) e de várias partes do mundo, poderá produzir um “**Guia de boas práticas**”, que permita a implementação deste Conceito a nível internacional, i.e., em diferentes países e contextos.

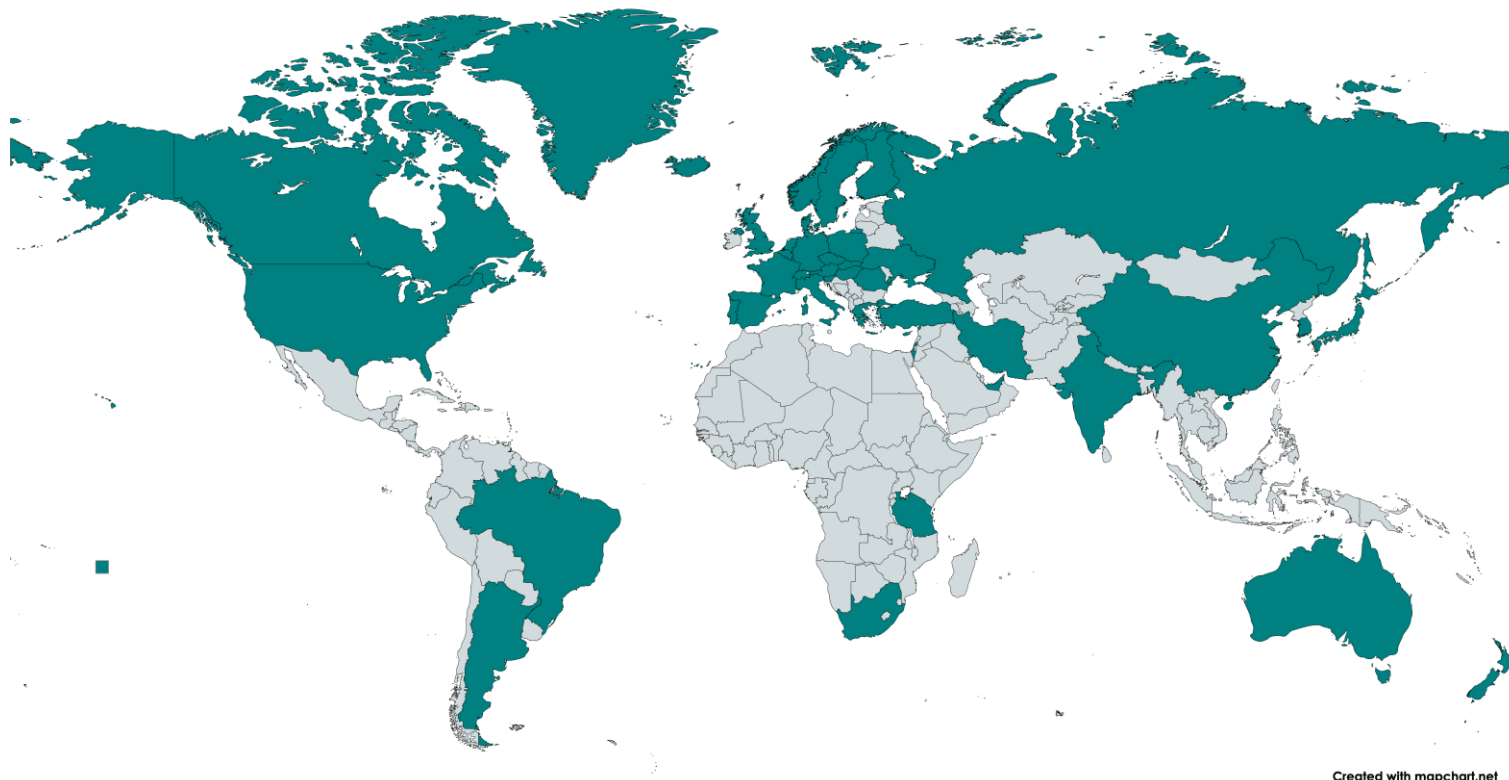
Índice

1. Enquadramento
2. A evolução da construção modular
3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems
- 4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12**
5. Networking

fib Comissão 6 – TG 6.12

A fib – International Federation for Structural Concrete

Argentina – Australia
– Austria – Belgium –
Brazil – Canada –
China – Cyprus –
Czech Republic –
Denmark – Finland –
France – Germany –
Greece – Hungary –
Iceland – India – Iran –
Israel – Italy – Japan –
Luxembourg –
Netherlands – New
Zealand – Norway –
Poland – Portugal –
Romania – Russia –
Slovakia – Slovenia –
South Africa – South
Korea – Spain –
Sweden – Switzerland
– Tanzania – Turkey –
UAE – Ukraine –
United Kingdom –
United States



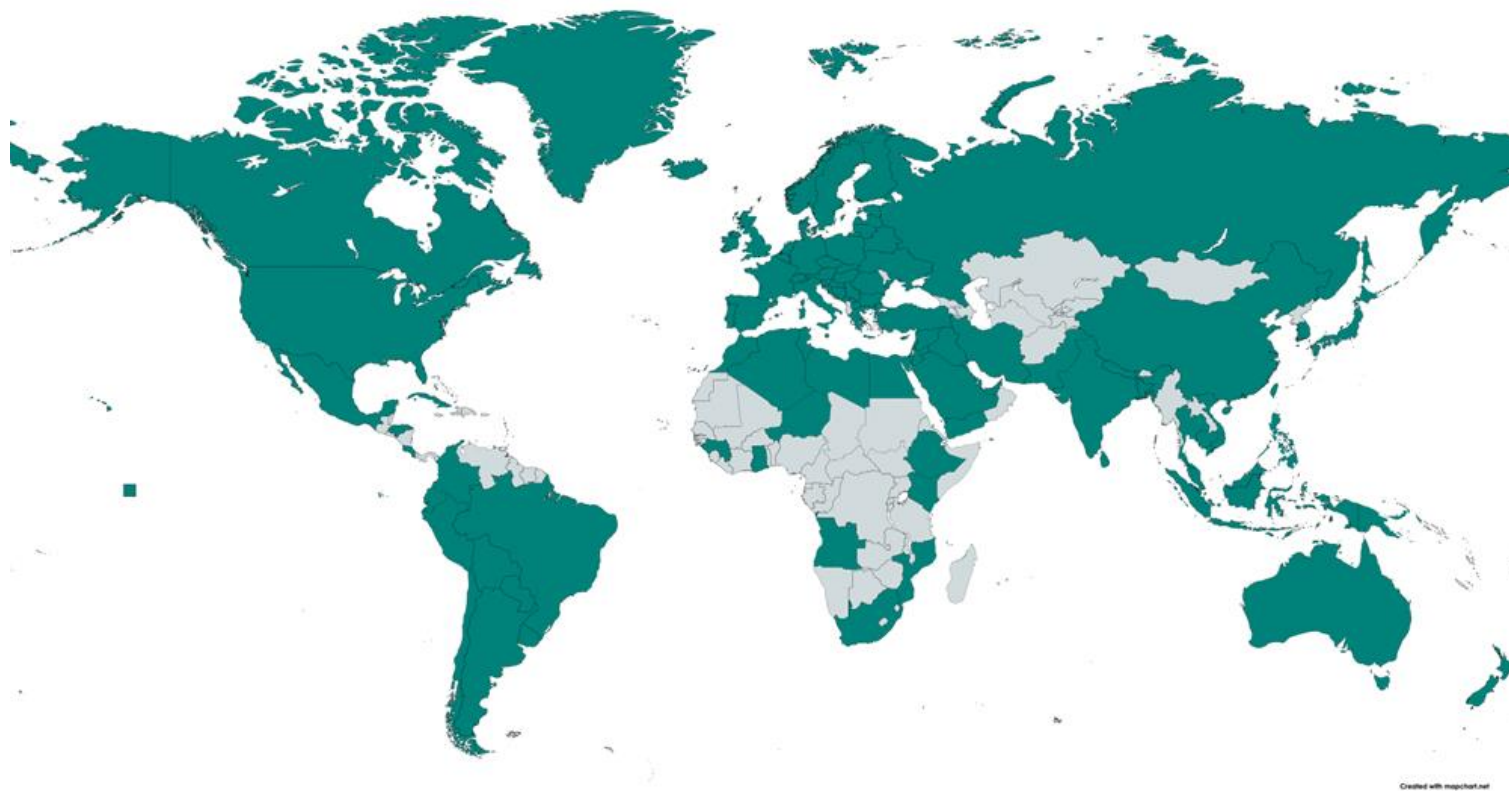
Created with mapchart.net

42 **fib** statutory member-countries

ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

A fib – International Federation for Structural Concrete



fib members from 104 countries

ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

2025-26 *fib* Presidium members

Iria Doniak
Brazil
President



Agnieszka Bigaj
Netherlands
Deputy President



Stephen Foster
Australia
Past President



Marco di Prisco
Italy



Larbi Sennour
USA



Jean Michel
Torrenti
France



Sylvia Keßler
Germany



Alberto Meda
Italy



Alfred Strauss
Austria



Steve Denton
UK



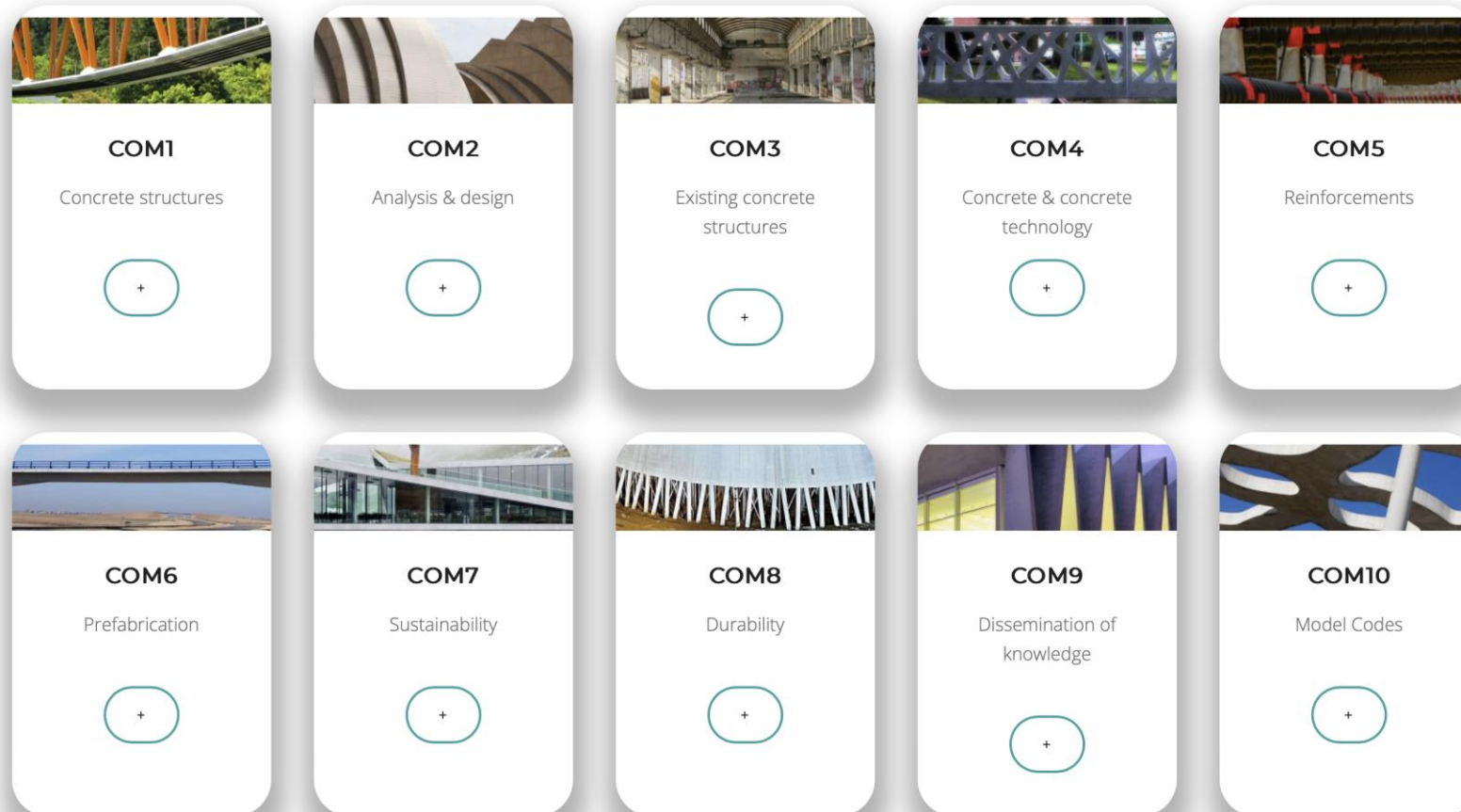
David Fernández-
Ordóñez
Secretary General



ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

As comissões da *fib*



ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

A Comissão 6 – Pré-fabricação

COM6 TASK GROUPS



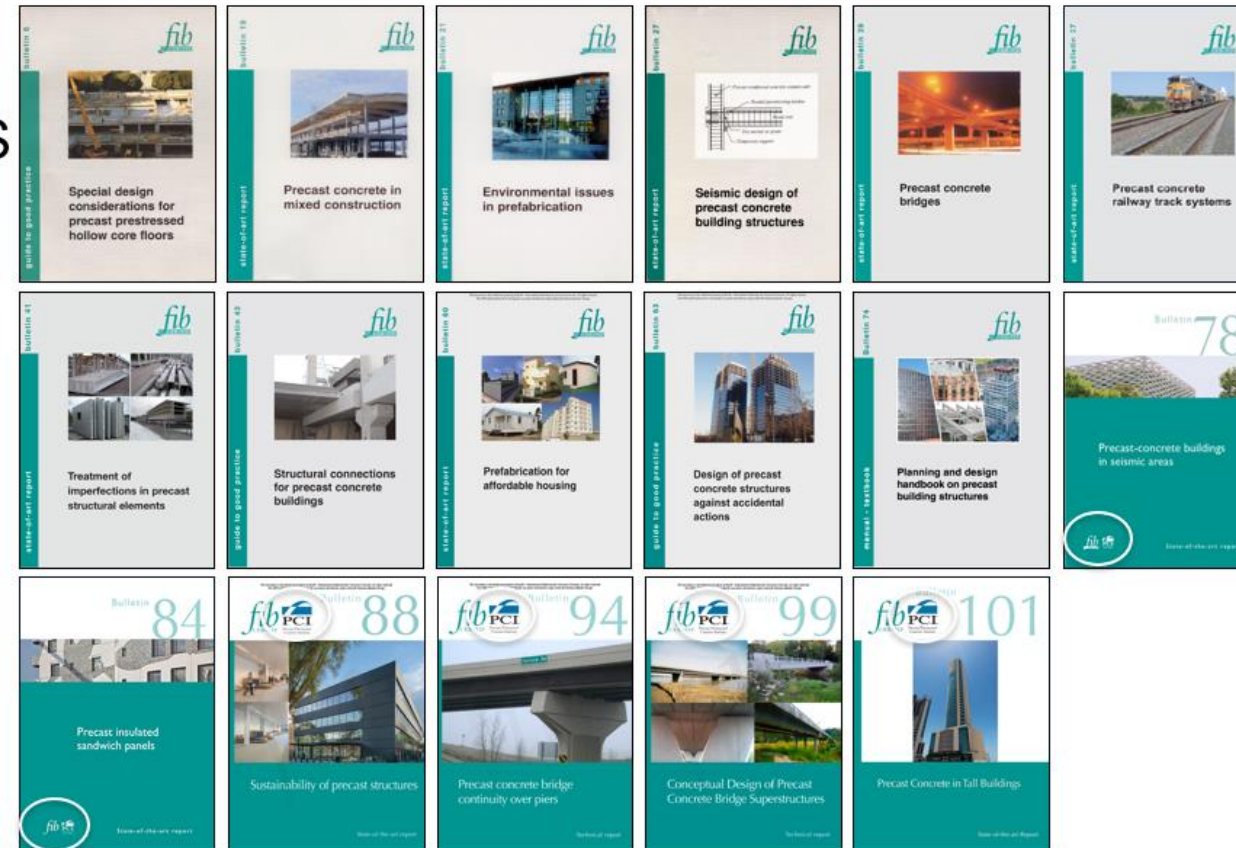
TG6.1	Precast floors & floors for precast structures <i>Klein-Holte – The Netherlands, Maas – Belgium</i>
TG6.2	Quality control for precast concrete <i>Karutz - Germany</i>
TG6.3	Sustainability of structures with precast elements <i>de la Fuente – Spain, Josa - UK</i>
TG6.4	Precast concrete towers for wind power generators <i>Lancha – Spain</i>
TG6.5	Precast concrete bridges <i>Waimberg- Brazil</i>
TG6.6	Seismic assessment and retrofit of precast concrete buildings <i>Pampanin – Italy</i>
TG6.7	Precast concrete in tall buildings <i>Jones - Ireland</i>
TG6.8	Terminology for precast concrete <i>Krohn - USA</i>
TG6.9	Precast parking structures <i>van der zee - Belgium</i>
TG6.11	Precast concrete and social challenges <i>Falger – The Netherlands</i>
TG6.12	Precast concrete modular buildings <i>Julio - Portugal</i>

ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

fib COM6 bulletins

COM6 BULLETINS



ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

bulletin 60 – Prefabrication for affordable housing

Temas abordados:

- Revisão histórica
- Tipos de materiais em edifícios modulares
- Tipos sistemas estruturais em construções modulares
- Processos de produção, transporte a montagem
- Produção, transporte e elevação
- Exemplos reais

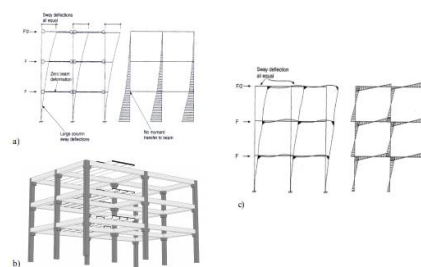
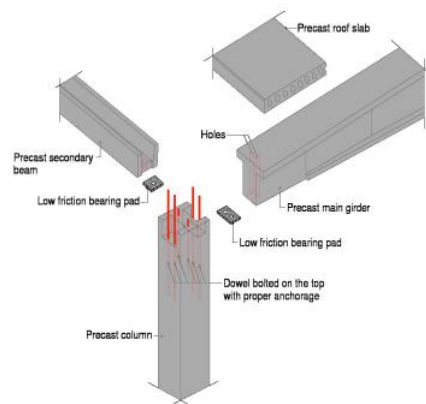


Fig. 4.3-1: Hinged frame system: a) structural scheme, and (b) sketch of the arrangement of the members [41a]
 c) Structural scheme of a moment resisting frame system [37]

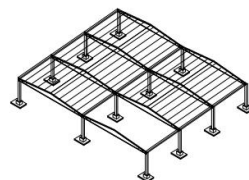


Fig. 4.3-2: Typical single storey industrial building

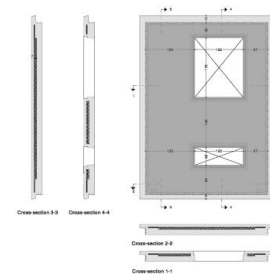


Fig. 4.3-24: Bearing wall of sandwich type with openings

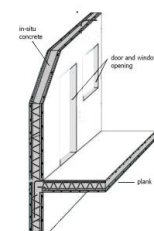
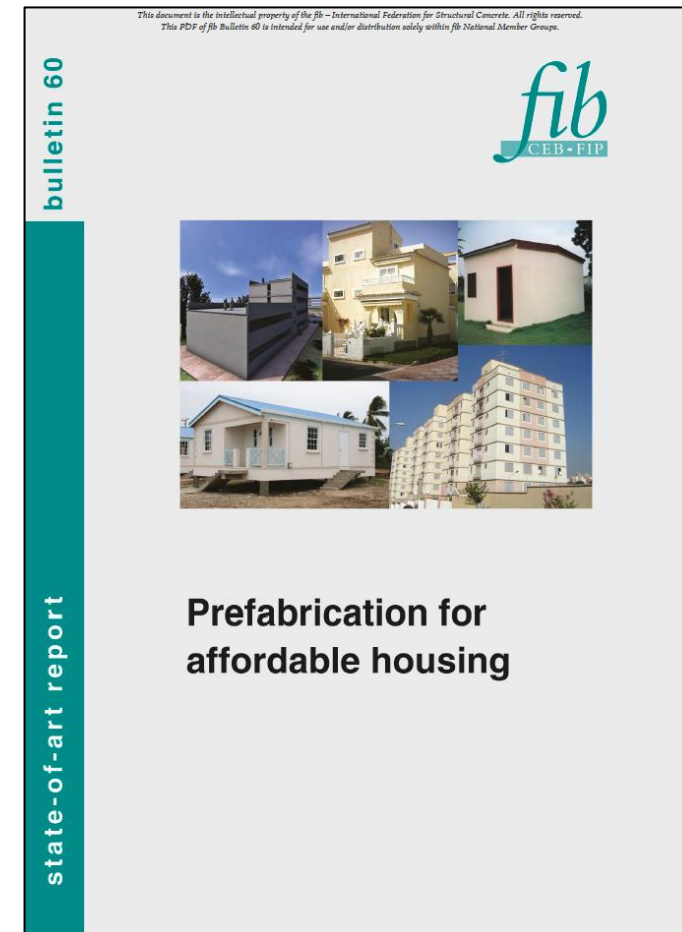


Fig. 4.3-25: Typical double wall system [38]



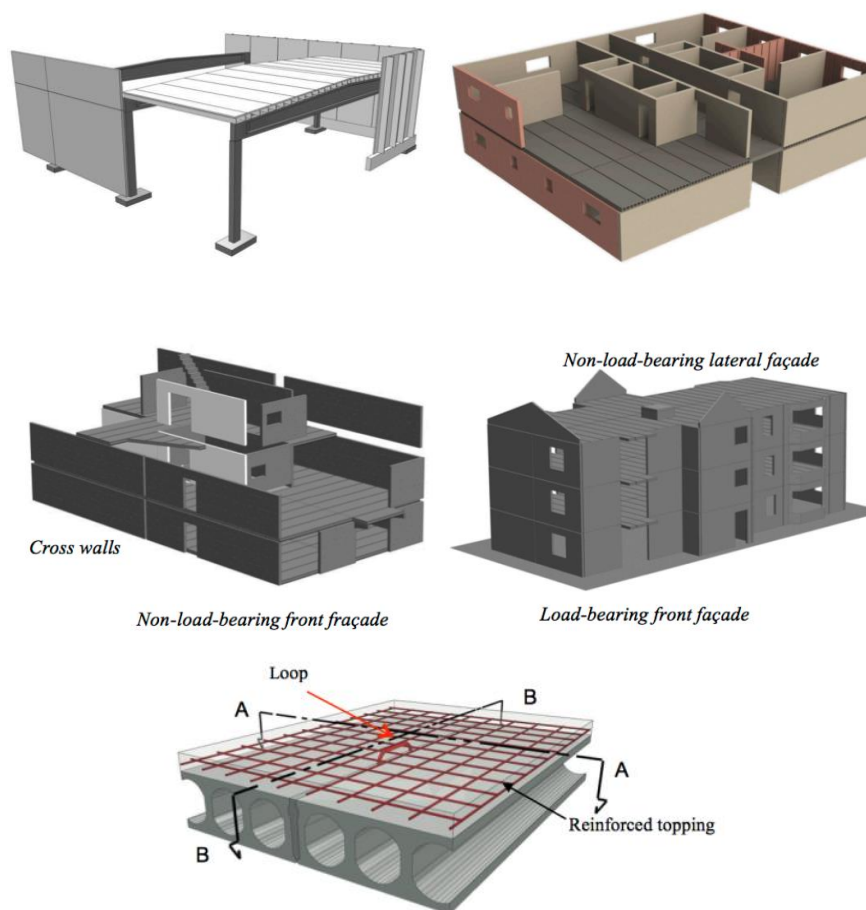
ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

bulletin 74 – Planning and design handbook on precast building structures

Temas abordados:

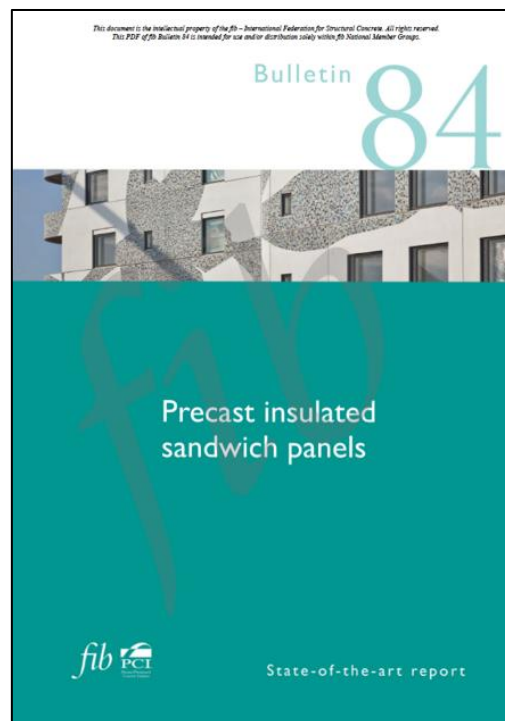
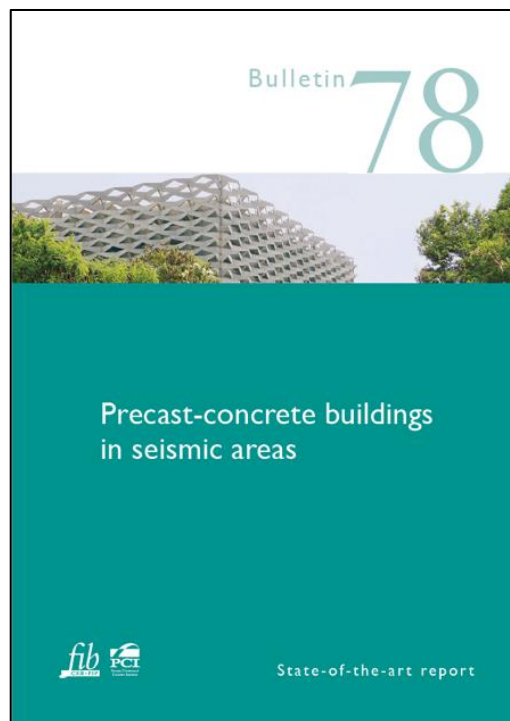
- Viabilidade da construção pré-fabricada em betão
- Considerações iniciais de conceção
- Sistemas de edifícios pré-fabricados
- Estabilidade estrutural
- Ligações estruturais
- Edifícios com estrutura em pórtico e portal-frame
- Edifícios com estrutura parede-pórtico
- Pisos e coberturas
- Fachadas em betão
- Tolerâncias
- Resistência ao fogo



ORGANIZAÇÃO

fib Comissão 6 – TG 6.12

bulletins 78, 84 e 88



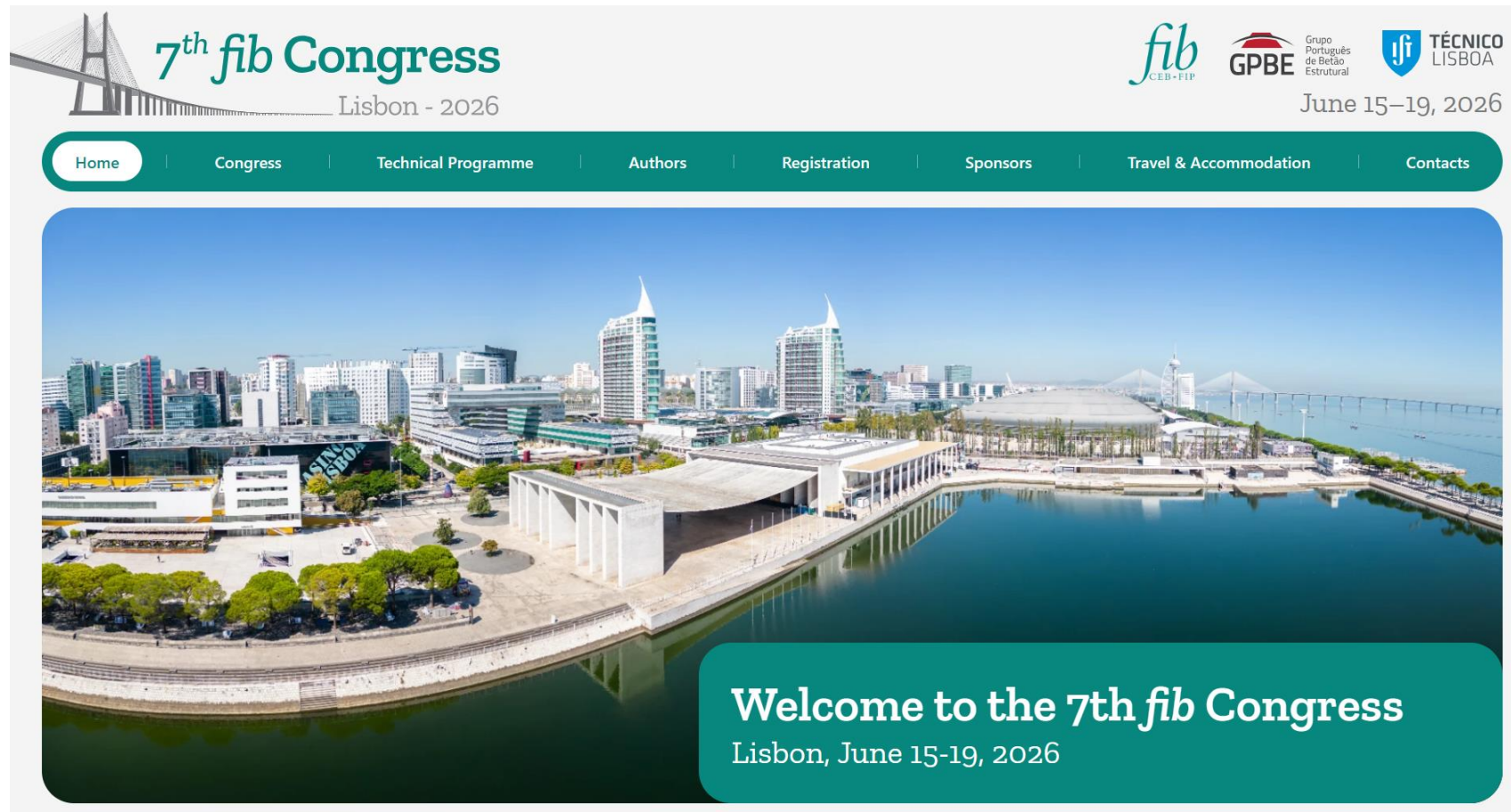
bulletins que podem ser aplicados aos edifícios modulares de betão pré-fabricado (mas não estão inter-relacionados).

ORGANIZAÇÃO

Índice

1. Enquadramento
2. A evolução da construção modular
3. O projeto R2UTechnologies | Modular Systems
4. A *fib* COM 6 e o TG 6.12
- 5. Networking**

7th fib Congress, Lisbon 2026 (<https://fiblisbon2026.pt>)



ORGANIZAÇÃO

7th fib Congress, Lisbon 2026 (<https://fiblisbon2026.pt>)



The banner features a wide aerial view of the Lisbon skyline, including the Vasco da Gama Bridge and modern buildings along the waterfront. The text '7th fib Congress' is prominently displayed in a large, teal font, with 'Lisbon - 2026' underneath it. To the right, logos for 'fib CEB-FIP', 'GPBE Grupo Português de Betão Estrutural', and 'IFT TÉCNICO LISBOA' are shown, along with the dates 'June 15-19, 2026'. A teal navigation bar contains links: Home, Congress, Technical Programme, Authors, Registration, Sponsors, Travel & Accommodation, and Contacts. At the bottom, a teal box contains the text 'Welcome to the 7th fib Congress' and 'Lisbon, June 15-19, 2026'.

7th fib Congress
Lisbon - 2026

fib CEB-FIP GPBE Grupo Português de Betão Estrutural IFT TÉCNICO LISBOA
June 15-19, 2026

Home Congress Technical Programme Authors Registration Sponsors Travel & Accommodation Contacts

Welcome to the 7th fib Congress
Lisbon, June 15-19, 2026

Keynote Speakers



Jose M. Adam
Universitat Politècnica de València

Towards robust prefabricated building structures

Jose M. Adam is a Full Professor at the Universitat Politècnica de València (UPV). He and his team perform research in the field of structural engineering, always aiming to improve the resilience of buildings and bridges. He is an experimental researcher, and his research has always been associated with ambitious experimental campaigns, including many on full-scale structures. Prof. Adam is a founding partner of the spin-off company Calsens, Editor-in-Chief of Construction and Building Materials, and holder of two ERC Grants for the amount of €2.6 million. One of his research works was featured on the cover of Nature magazine.

Links: [Personal/Institutional Webpage](#) | [Scopus Profile](#)

ORGANIZAÇÃO

7th fib Congress, Lisbon 2026 (<https://fiblisbon2026.pt>)

[Home](#) | [Congress](#) | [Technical Programme](#) | [Authors](#) | [Registration](#) | [Sponsors](#) | [Travel & Accommodation](#) | [Contacts](#)

Call for Special Sessions

The organization of special sessions addressing relevant topics in the scope of Structural Concrete are most welcome. The total duration of each Special Session must not exceed 90 minutes. Special Sessions can be organized in two alternative formats:

1. Six regular presentations of 12 minutes (+ 3 minutes Q&A)
2. Any other format, that must be pre-approved by the Organizing Committee, with a total duration not exceeding 90 minutes.

If you are interested in organizing a Special Session as part of the 7th fib Congress, Lisbon 2026, please complete the form below and submit your proposal via e-mail to info@fiblisbon2026.pt by **30th June 2025**. Proposals will be evaluated based on relevance, originality, and alignment with the congress theme and topics. Please note that the list of authors and the corresponding titles of the presentations must be included in each Special Session proposal.

The Special Session Proposal form can be downloaded [here](#).

If you need any assistance, please feel free to contact the Organizing Committee.



7th fib Congress, Lisbon 2026 (<https://fiblisbon2026.pt>)



Contamos com a vossa presença em 2026!!

Agradecimentos



The work presented herein was developed by Técnico, in collaboration with VIGOBLOCO, LNEC and CIMPOR, in the scope of the 'Prefabricated concrete modular buildings' project, integrated in the 'R2UTechnologies | Modular Systems' Innovation Pact (C64487810-00000019), co-funded by the Next Generation EU, through the 'Agendas for Business Innovation' Incentive System of the European Recovery and Resilience Plan attributed to Portugal (PRR).