



Edifícios Altos em Concreto Pré-fabricado

Marcelo Cuadrado Marin



O que é um edifício alto?

De forma geral, um edifício é considerado alto quando a sua altura impacta significativamente a **operação**, o **projeto** e a **percepção** urbana ao seu redor.

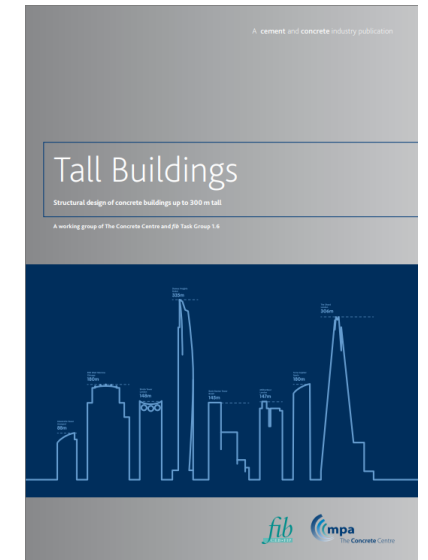
CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat):

Contexto Urbano: Altura relativa



Proporção: Esbeltez

(altura/menor dimensão em planta)

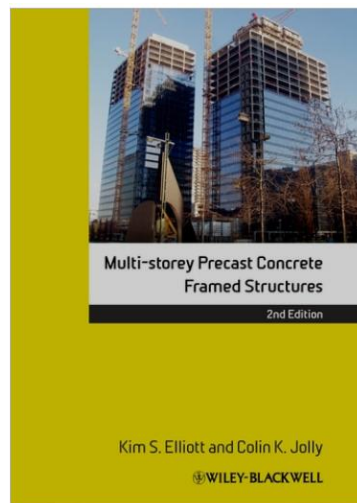


fib Bulletin 73 (2014)

Tecnologia de Edifícios Altos: elevadores de alta velocidade

 sistemas complexos de amortecimento de vento

Referências



NORMA BRASILEIRA **ABNT NBR 9062**

Terceira edição
15.03.2017

Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
Design and execution of precast concrete structures

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

NORMA BRASILEIRA **ABNT NBR 14861**

Terceira edição
31.03.2022

Versão corrigida
24.05.2022

Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos

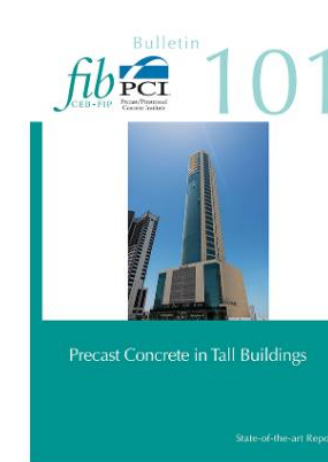
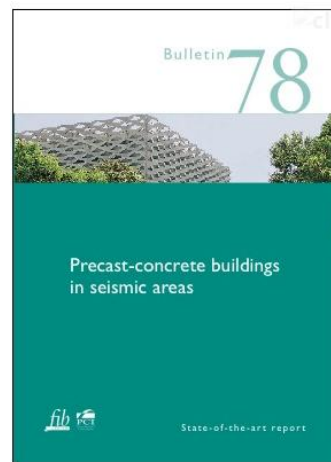
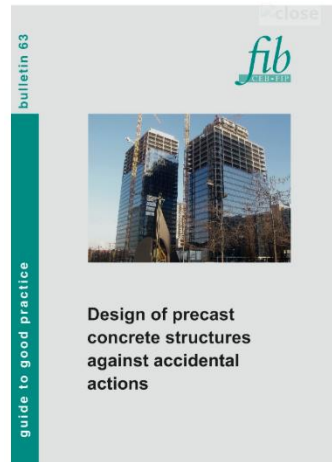
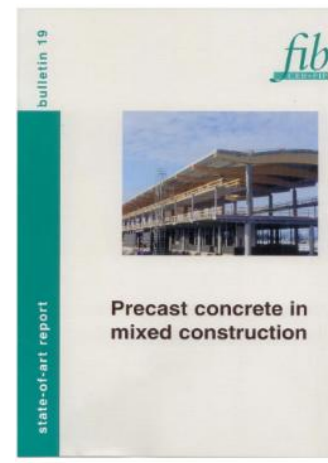
NORMA BRASILEIRA **ABNT NBR 16258**

Primeira edição
17.01.2014

Válida a partir de
17.02.2014

Estacas pré-fabricadas de concreto — Requisitos
Prefabricated concrete piles — Requirements

Referências





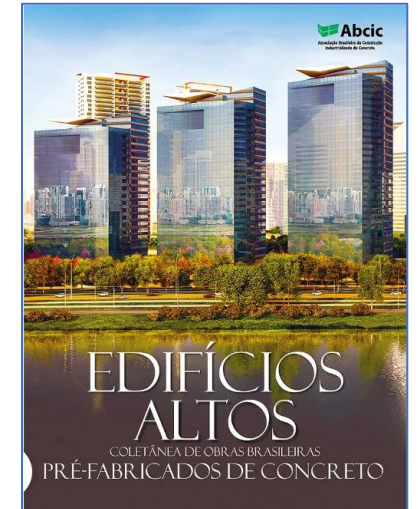
Americana – SP



São Paulo – SP



Londrina – PR



Recife – PE



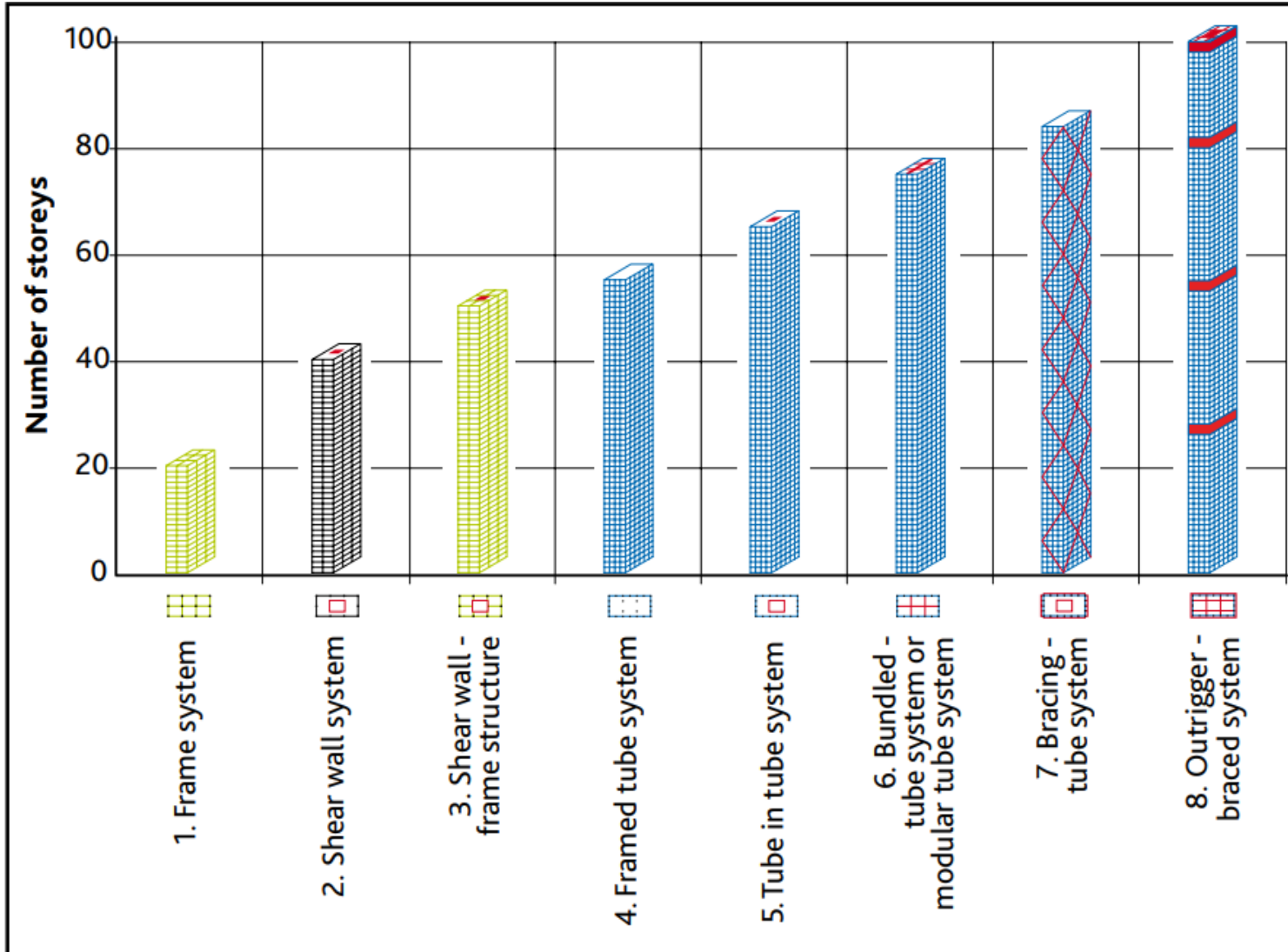
Indaiatuba – SP



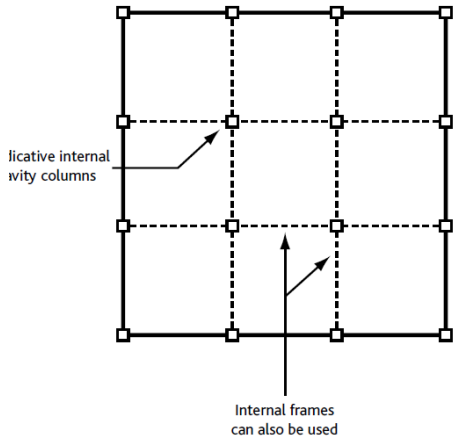
São José – SC

Temas importantes (Concreto pré-fabricado)

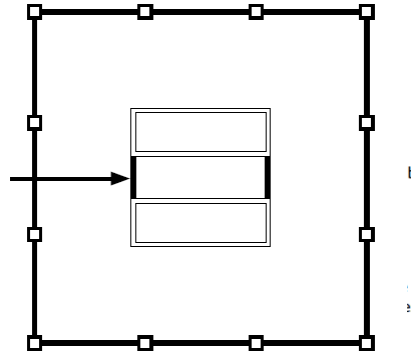
- Concepção (modularidade/padronização/previsibilidade)
- Situações transitórias
- Estabilidade global
- Ligações
- Logística
- Protensão
- Concretos de elevada resistência



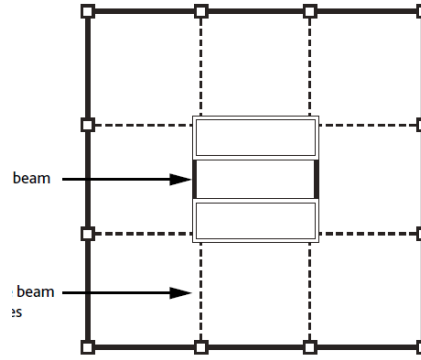
Fazlur Rahman Khan
 1929-1982



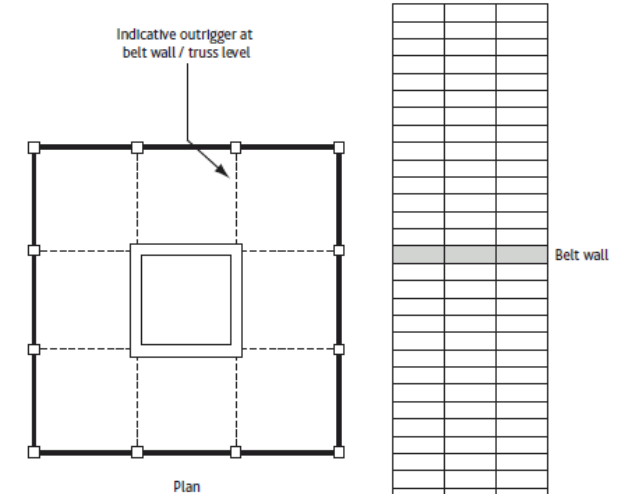
Pórticos



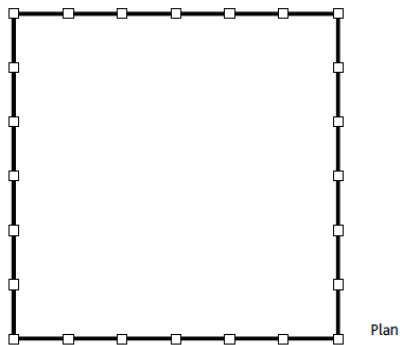
Paredes de concreto de contraventamento



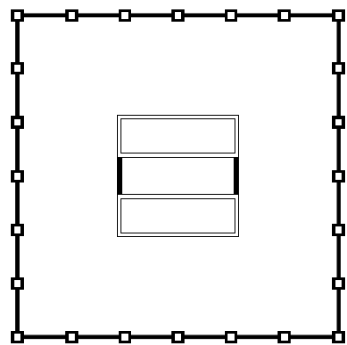
Paredes de concreto e Pórticos de contraventamento



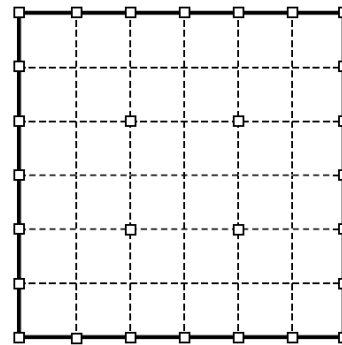
Outrigger



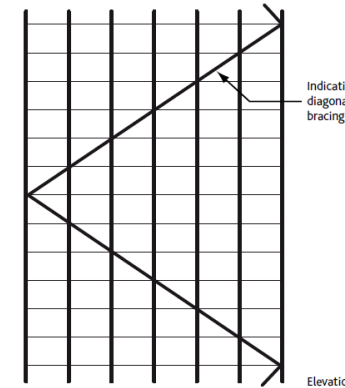
Tubo



Tubo em Tubo



Sistema modular em tubo – Tubos agrupados



Tubo com contraventamento diagonal



Tube in tube
One Shell Plaza
 218m -1972
 Houston



Trussed tube and X-bracing
John Hancock Center
 343,7m – 1969
 Chicago



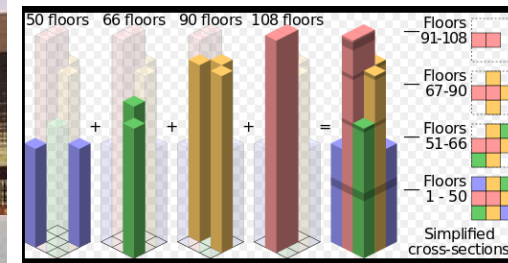
Outrigger and belt truss
U.S. Bank Center
 183 m -1973
 Milwaukee



Bundle tube
Willis Tower
Sears Tower
 442,1m – 1973
 Chicago



Fazlur Rahman Khan
 1929-1982



Sistemas Estruturais (Concreto pré-fabricado)

- Esqueletos (Pórticos)
- Em Painéis Portantes
- Com paredes de contraventamento (Shear Walls)
- Com núcleo de rigidez em concreto pré-fabricado
- Com núcleo de rigidez convencional in loco
- Combinação entre sistemas

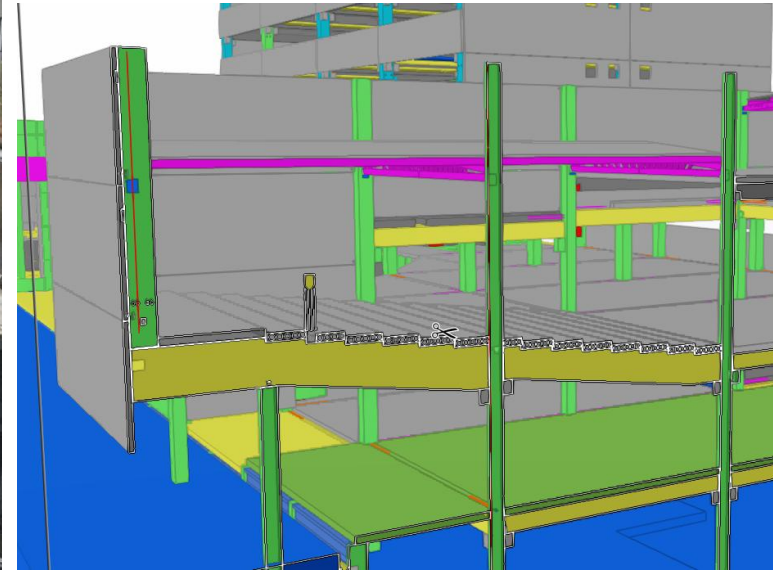
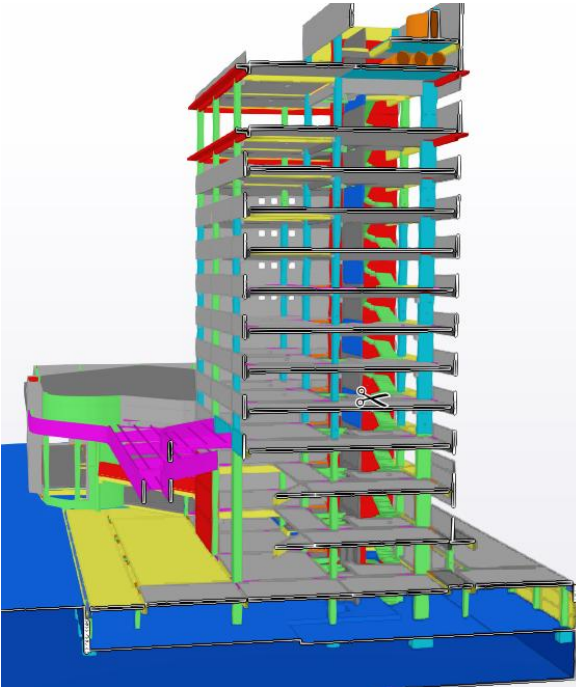
- Diafragma da laje
(Ligação com os elementos de contraventamento)

Hotel Terroa

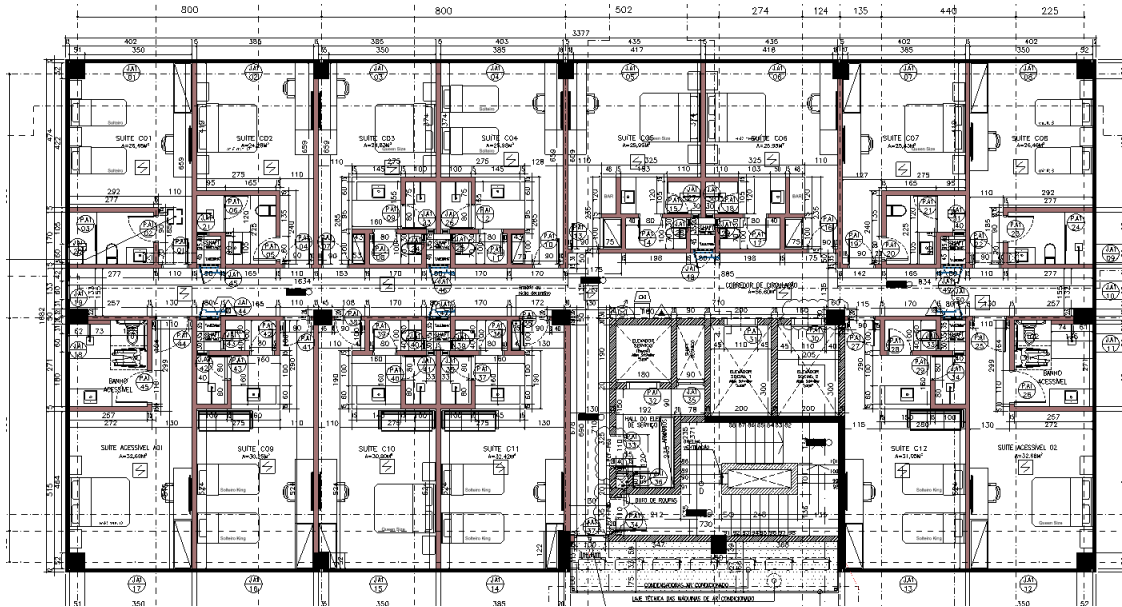
- ❑ **Altura:** 50 m
- ❑ **Pavimentos:** 13
- ❑ **Área:** 15.429 m²
- ❑ **Ocupação:** Hotel
- ❑ **Localização:** Americana, São Paulo.
- ❑ **Conclusão:** 2025
- ❑ **Estrutura e vedação:**
 - 100% Pré-fabricado
 - Shear walls (paredes de contraventamento)
 - Pórticos (vigas e pilares/fck 100 MPa)
 - Lajes alveolares; painéis de vedação
- ❑ **Montagem:** Guindaste



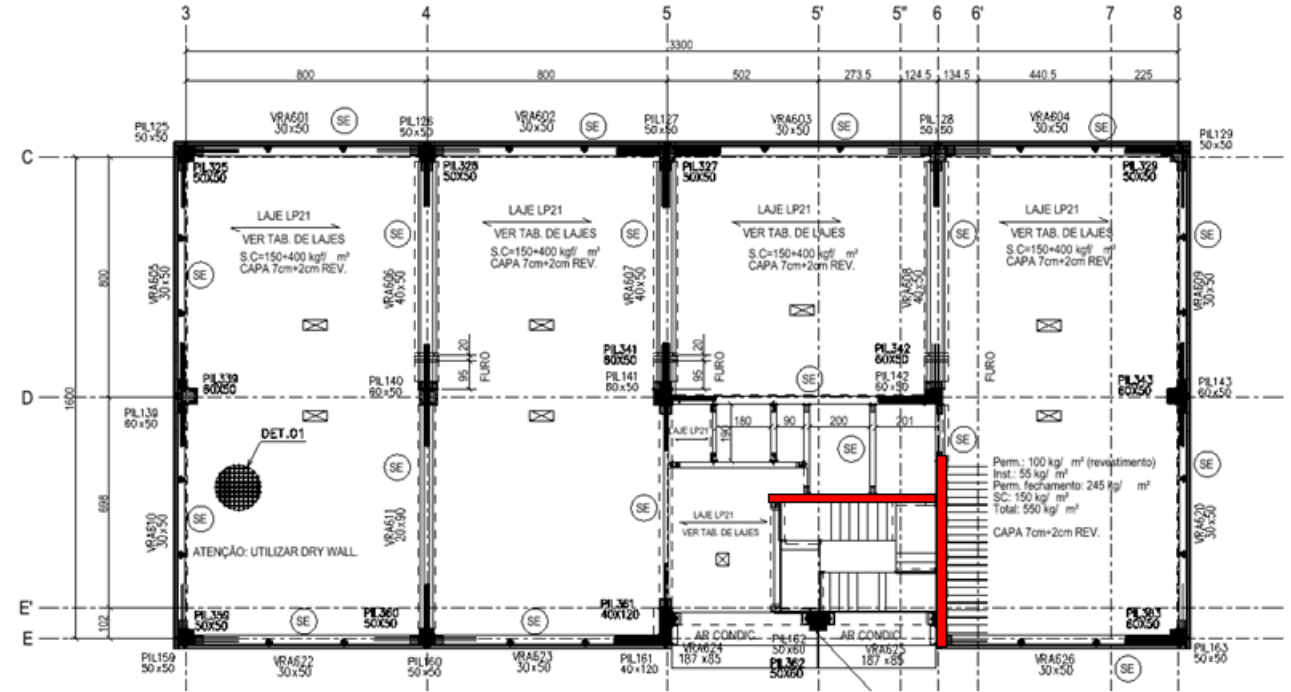
Hotel Terroa



Hotel Terroa

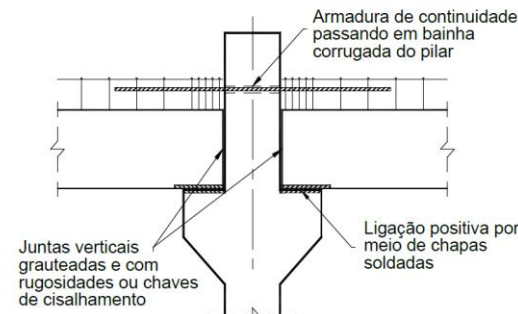


Planta arquitetura pavimento tipo

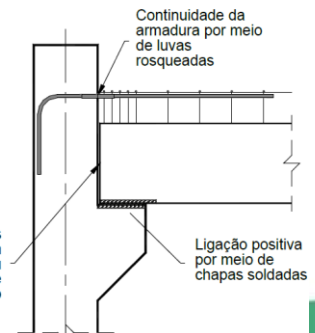


Shear walls e Pórticos

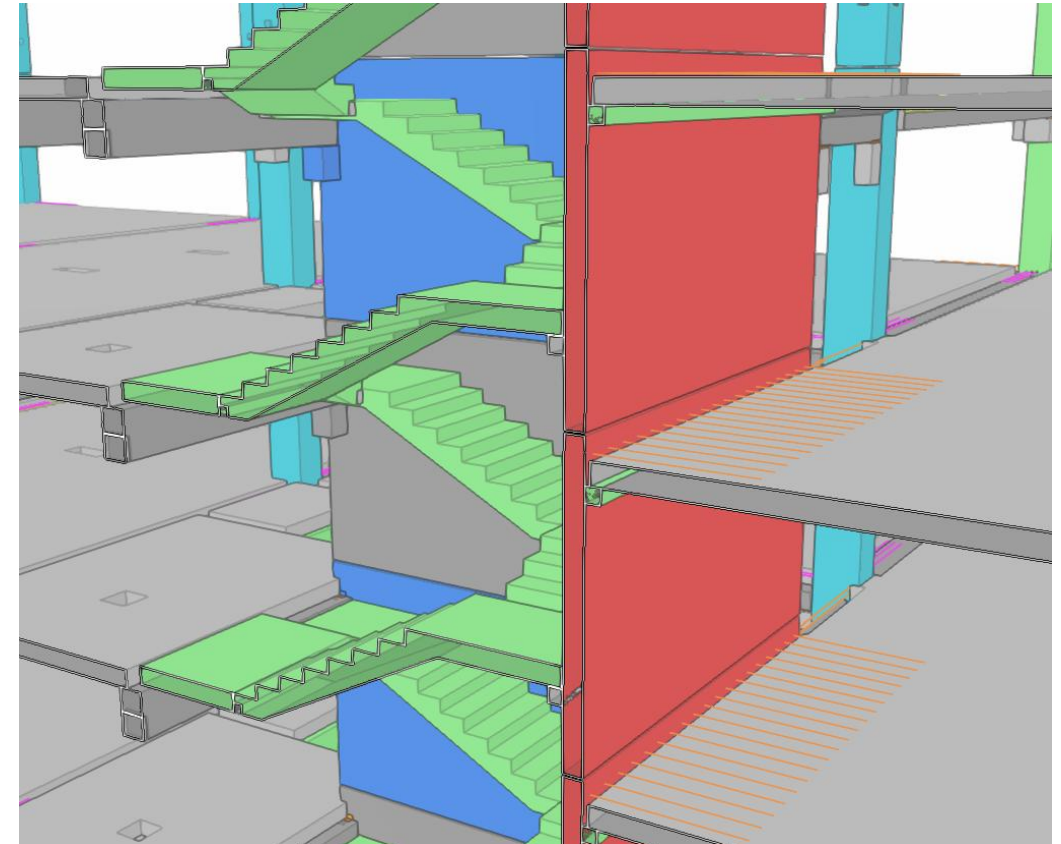
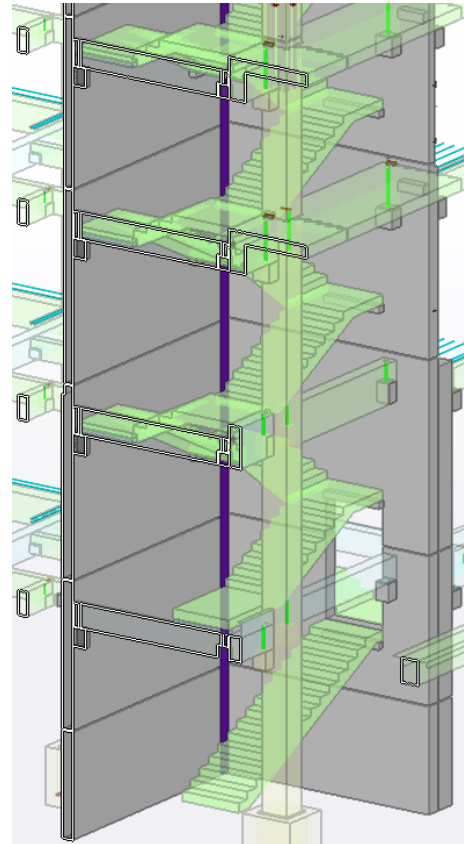
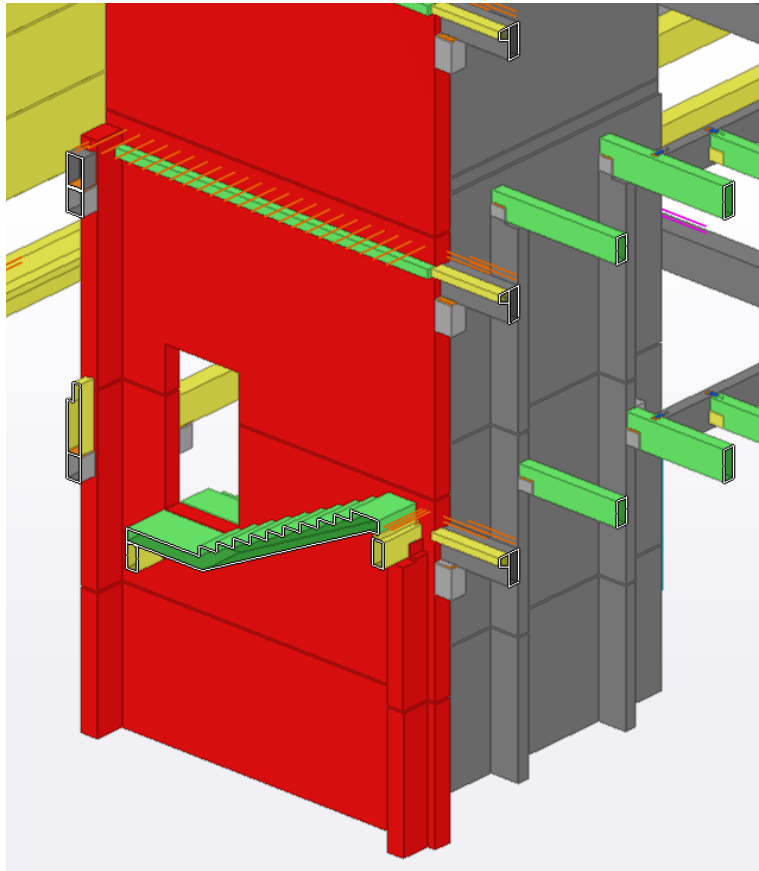
Tipologia 2



Tipologia 4



Hotel Terroa



Shear walls

Hotel Terroa



Shear walls

The Zalmhaven Tower

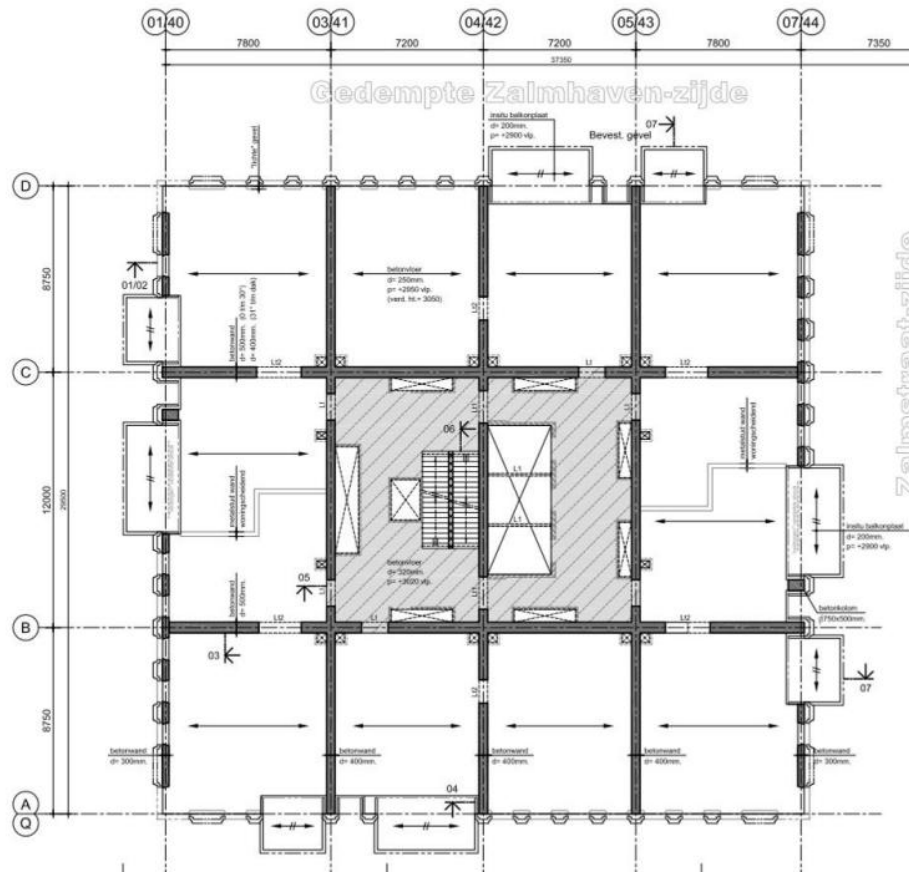
Edifício mais alto da Holanda!

100% em concreto pré-fabricado!

- ❑ **Altura:** 215 m. Altura da cobertura(203 metros); Mastro (12 m)
- ❑ **Pavimentos:** 65
- ❑ **Ocupação:** Residencial
- ❑ **Localização:** Rotterdam, Holanda.
- ❑ **Conclusão:** 2022
- ❑ **Sistema estrutural de contraventamento (concreto pré-fabricado)**
Shear walls :interno
- ❑ **Montagem:** Galpão elevado (“sistema voador”)

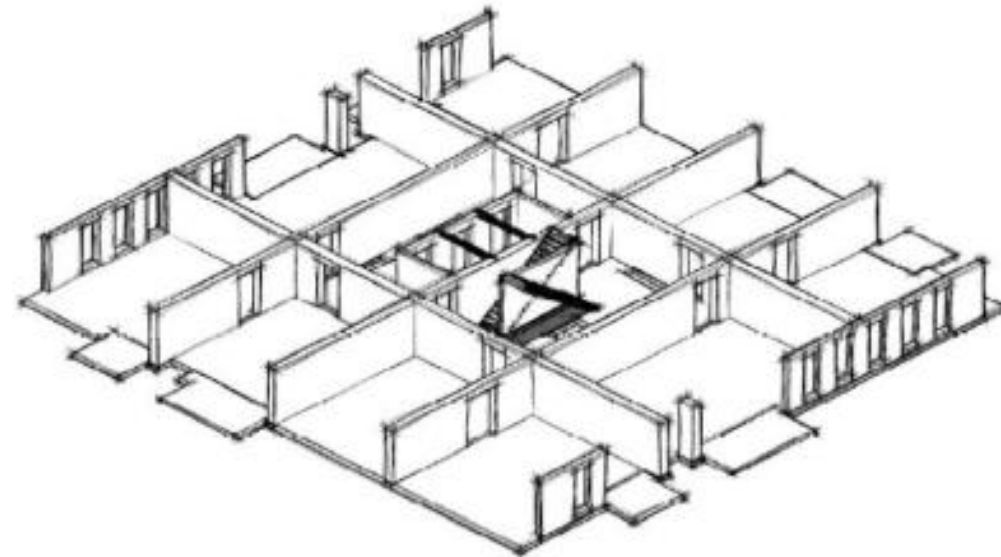


The Zalmhaven Tower

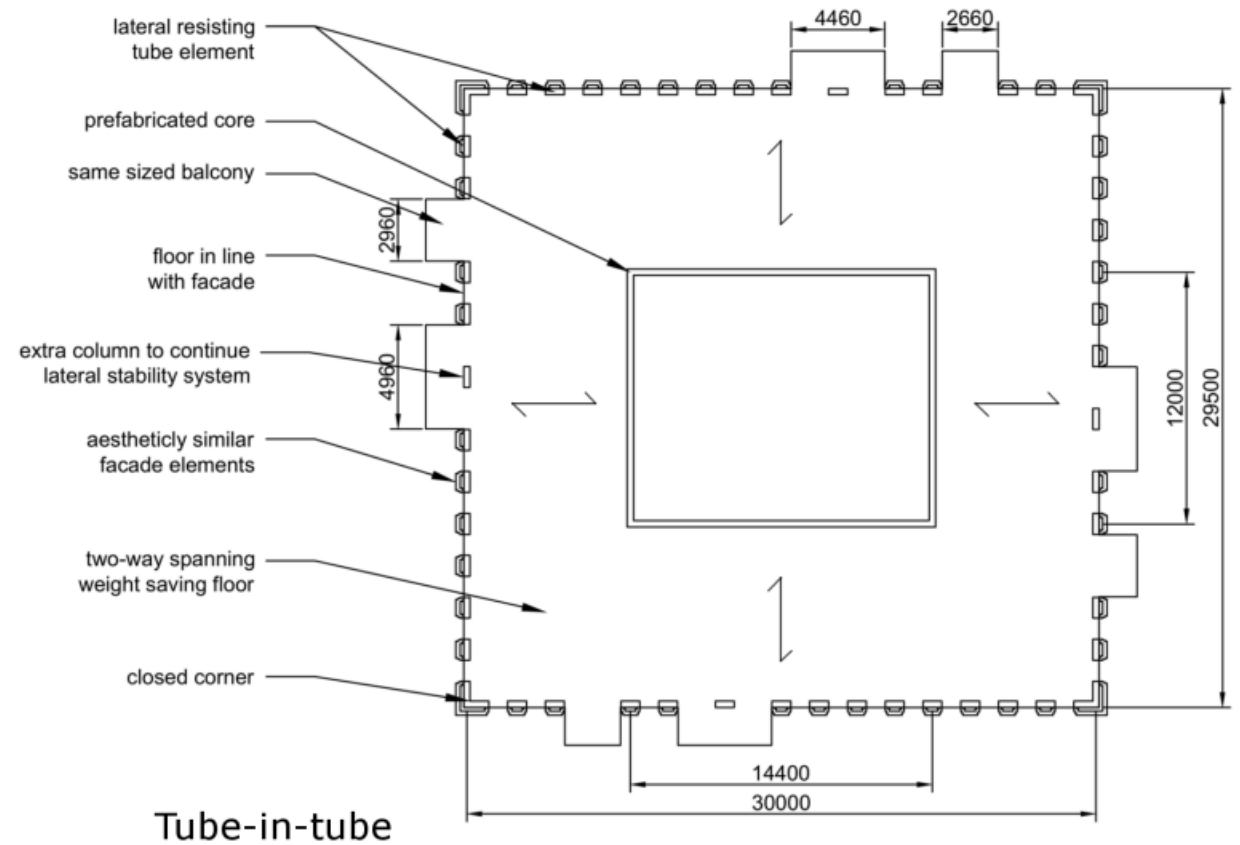
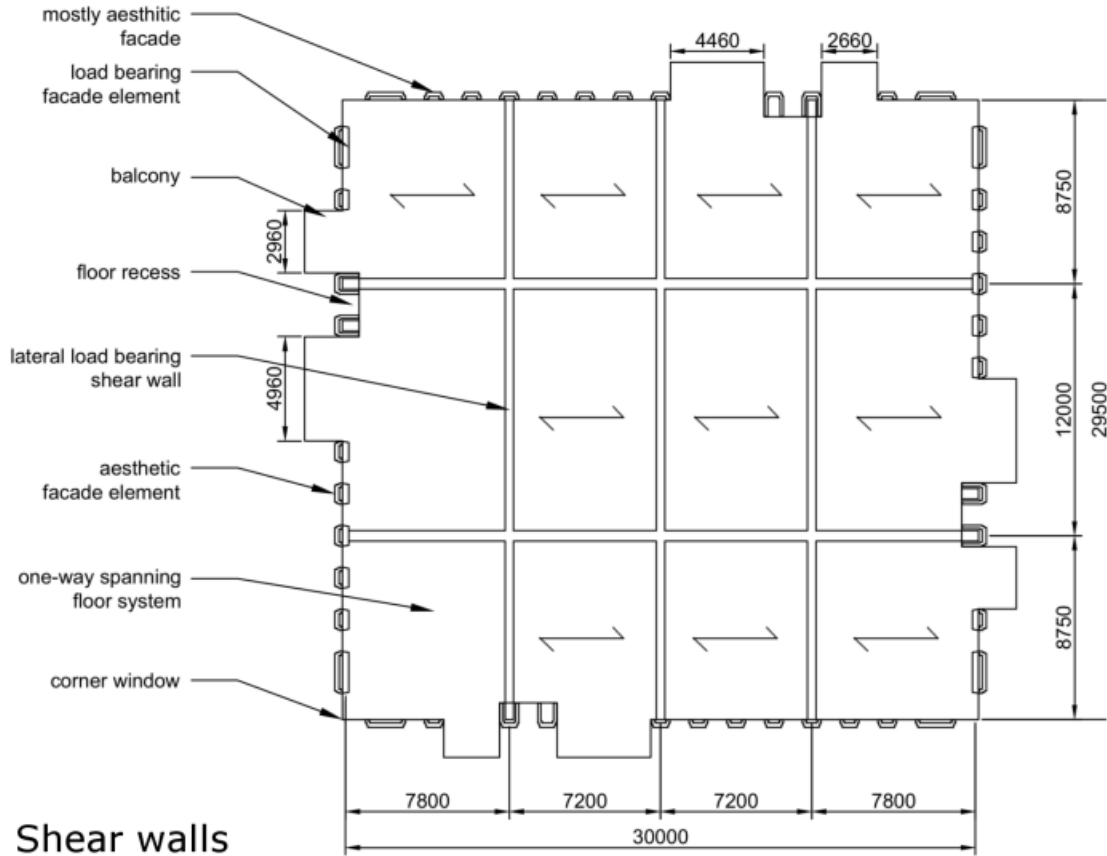


Modulação:

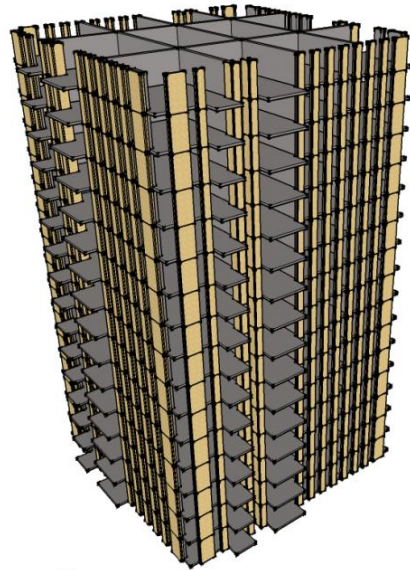
- ❑ Planta 30m x 29,5 m
- ❑ Vão máximo de laje 7,8m
- ❑ Distância entre as lajes 3,05 m



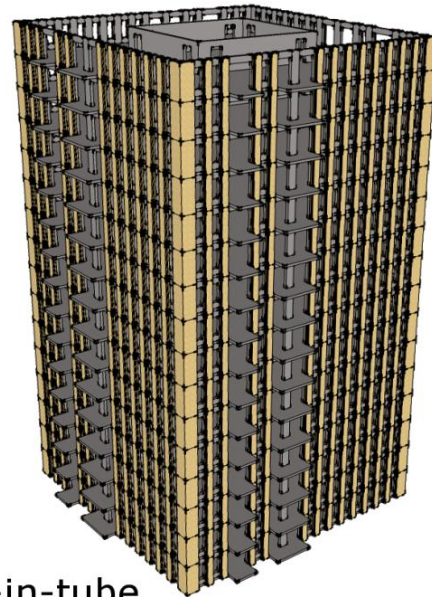
The Zalmhaven Tower



The Zalmhaven Tower

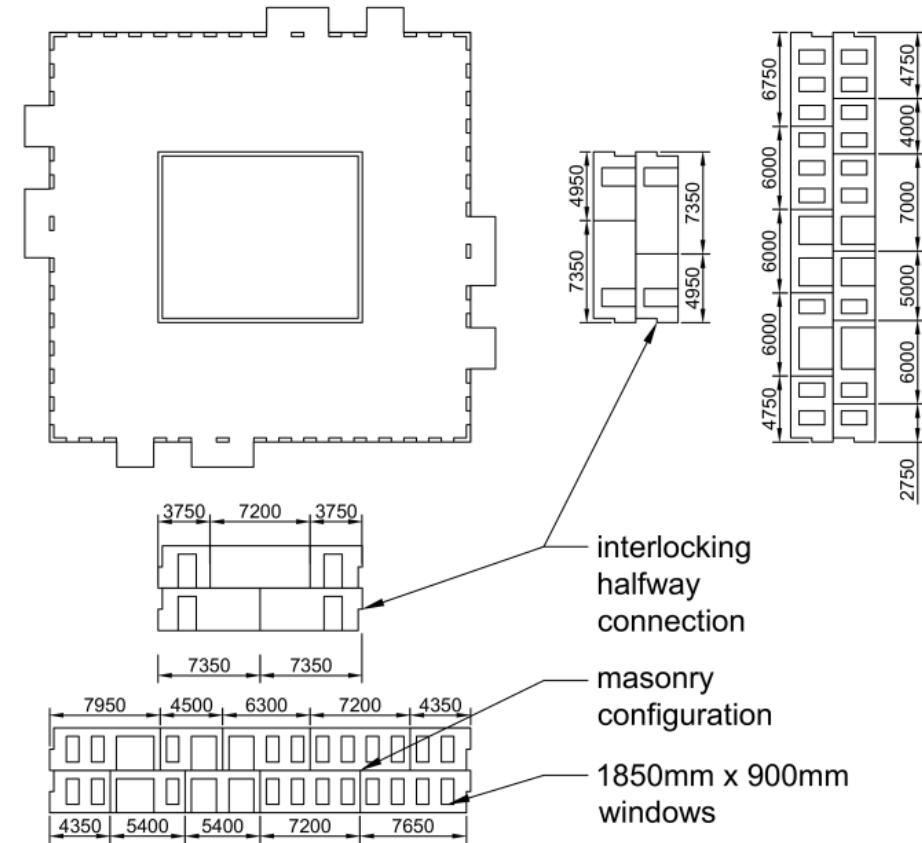


Shear walls

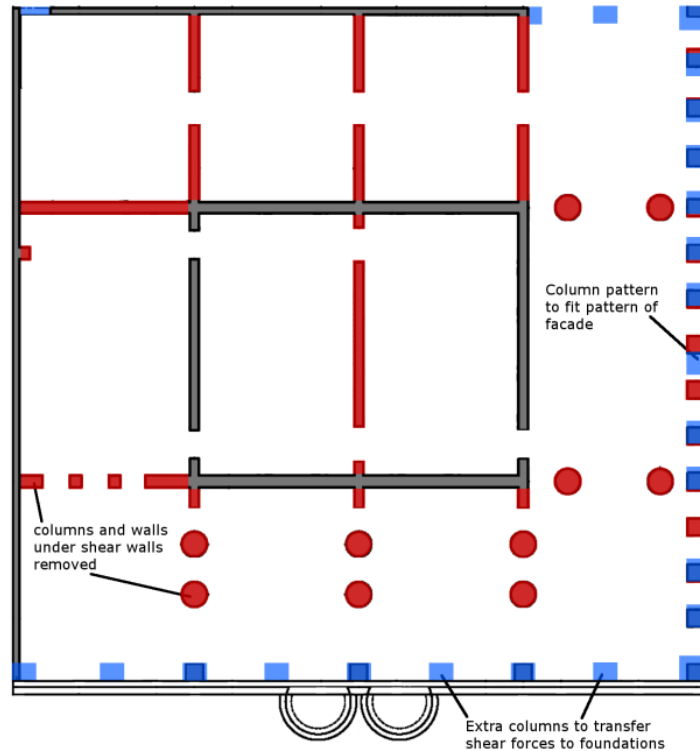


Tube-in-tube

Wind load direction	Shear wall model	Tube-in-tube model
<i>x</i> -direction	323mm	282mm
<i>y</i> -direction	292mm	305mm

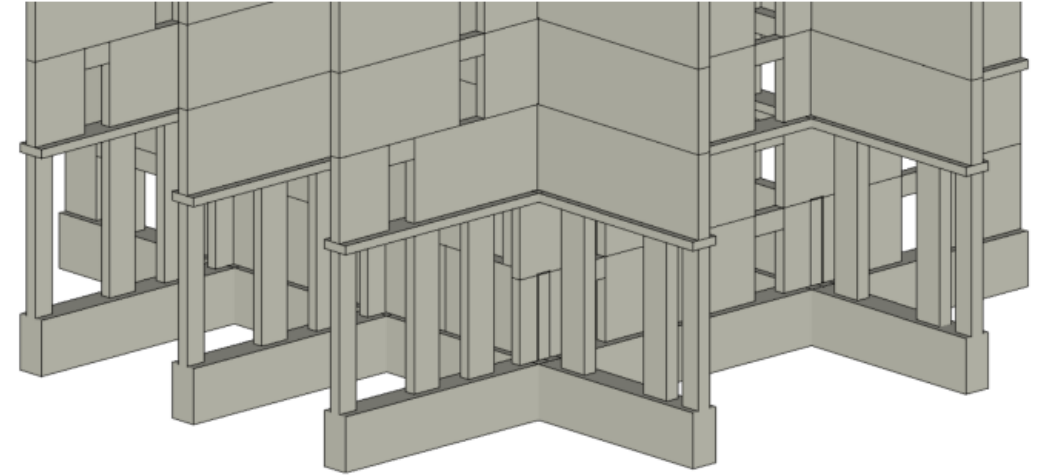


The Zalmhaven Tower

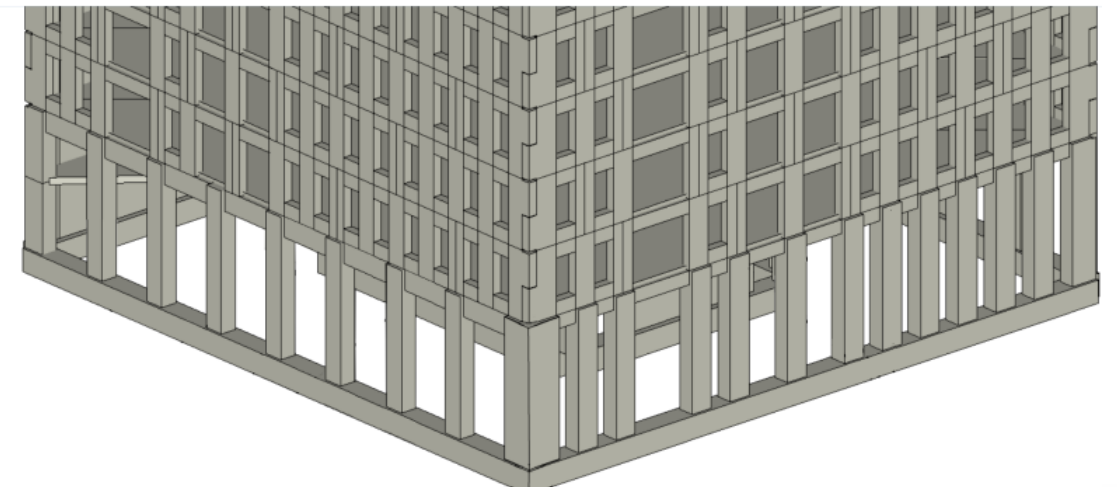


removed elements
added elements

Lobby da Torre



Lobby da Torre – Shear Walls

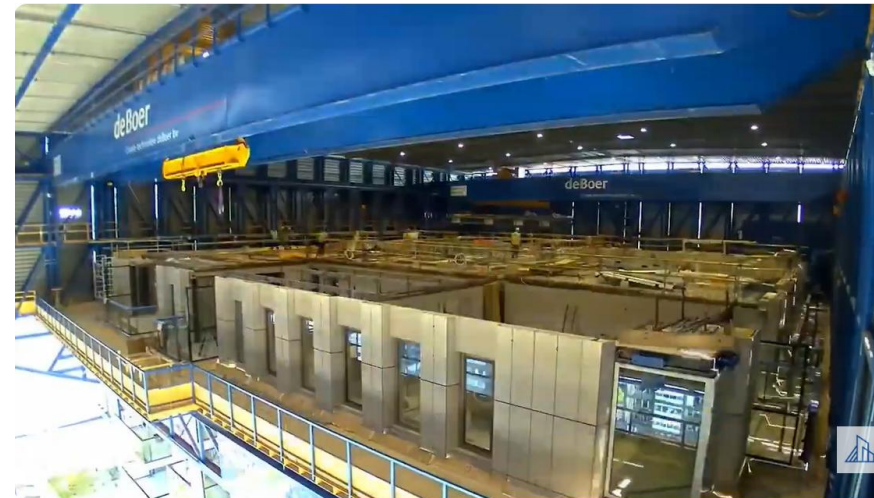
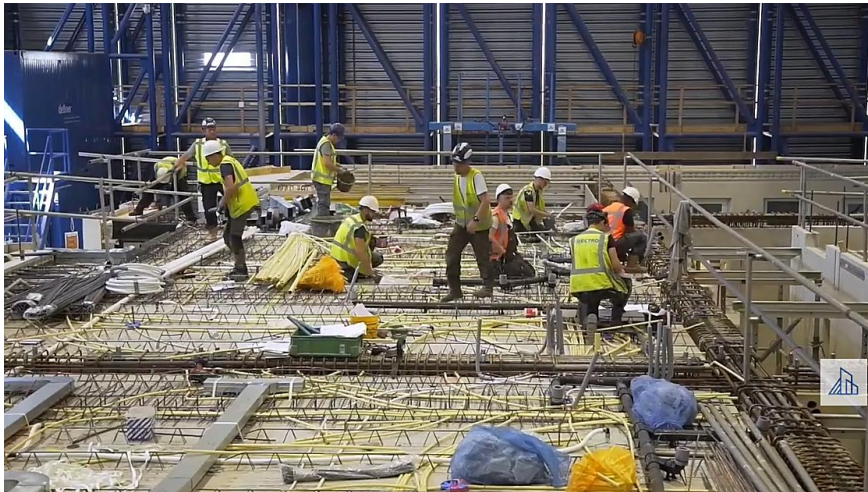


Lobby da Torre – Tube-in-Tube

The Zalmhaven Tower



The Zalmhaven Tower



Avenue South Residence

- ❑ **Altura:** 192,3 metros
- ❑ **Pavimentos:** 56
- ❑ **Ocupação:** Residencial
- ❑ **Localização:** Bukit Merah, Singapura
- ❑ **Produção:** Módulos(Malásia, e acabados em Singapura)
- ❑ **Número de Módulos:** 3034 módulos PPVC. 988 apartamentos
- ❑ **Conclusão:** 2023

Primeiro módulo 02/2020 último módulo 01/2022

Torre 1: 18 meses de montagem

Torre 2: 15 meses de montagem

- ❑ **Sistema estrutural de contraventamento:**

Núcleo de rigidez in loco e

shear walls compostos pelas paredes dos módulos pré-fabricados

- ❑ **Montagem:** Gruas



Avenue South Residence

□PPVC (Prefabricated Prefinished Volumetric Construction)

Método de construção com módulos com acabamento interno completo e prontos para montagem e conexão entre ambos. Os módulos são em concreto pré-fabricado

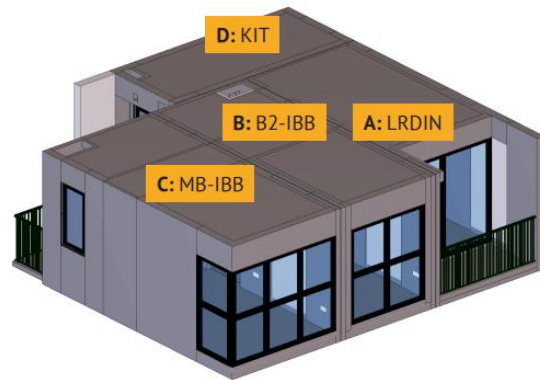
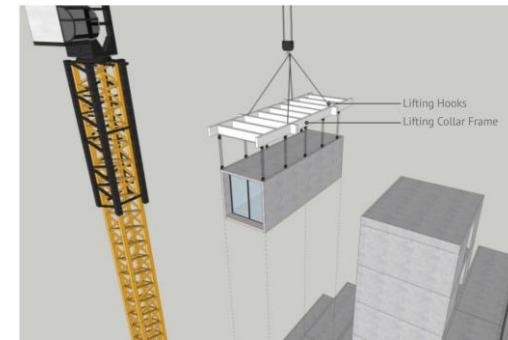
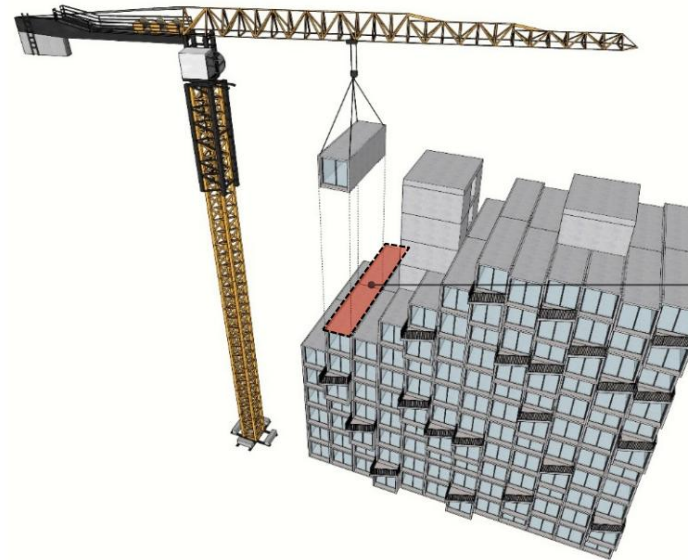
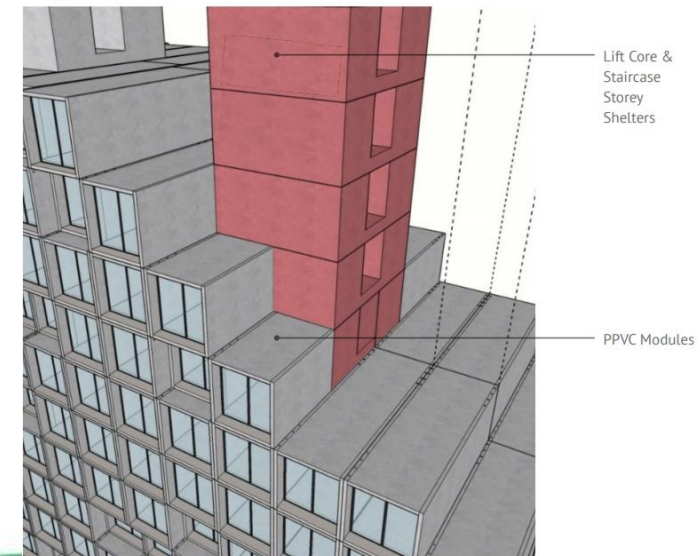


Figure : Example of A Typical 2-Bedroom Unit Modules (3D View)



Compartment floor segregating the dwelling



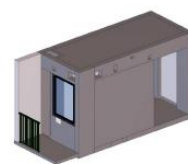
MODULE A:
LRDIN
Living and Dining Room



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



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



MODULE D:
KIT
Kitchen



Avenue South Residence

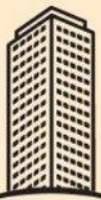
DID YOU KNOW

Avenue South Residence's

two towers are set to be the world's tallest PPVC buildings when completed

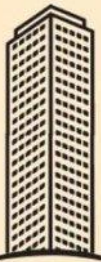
High-rise buildings using the modular construction method

109m



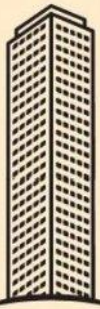
461 Dean Street,
New York

135m



101 George Street,
London

140m



The Clement Canopy,
Singapore (2019)

~200m



Avenue South Residence,
Singapore (2023)

Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) is a construction method whereby free-standing 3-dimensional modules are completed in an off-site fabrication facility, before being delivered and installed on-site

Avenue South Residence

- 56-storeys, almost 200m high
- Uses robots for lift installation
- Uses CarbonCure, a type of green concrete that reduces carbon emissions compared to conventional concrete



- World's tallest PPVC residential building
- Concreto pré-fabricado e modular é incentivado pelo governo de Singapura há muitos anos
- (BCA - Building and Construction Authority)
- Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)
- Construção "off-site": Meta de 70% de adoção até 2025

Avenue South Residence

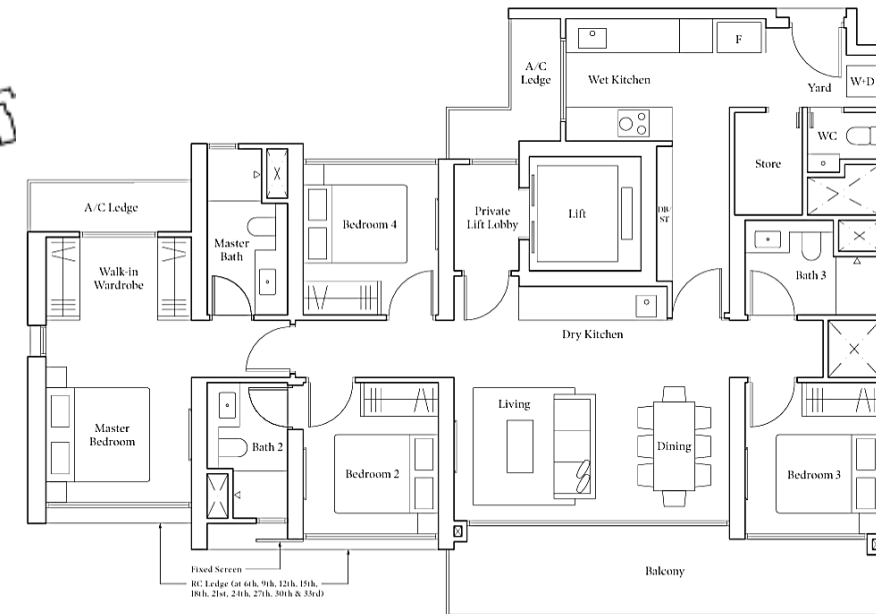
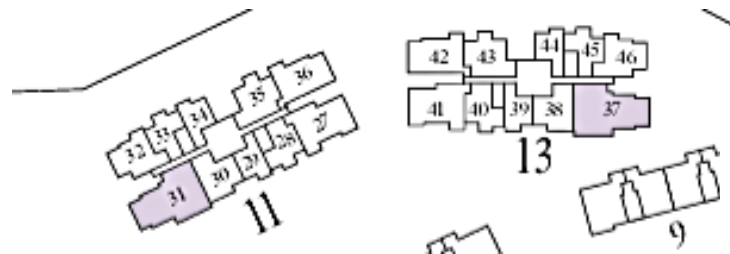
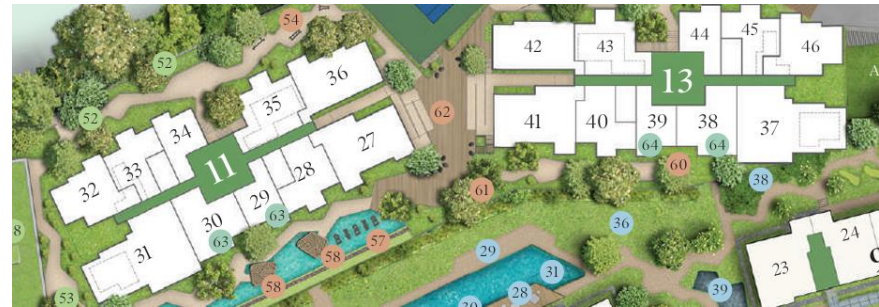
Vantagens do PPVC (Singapura)

- Menor dependência de trabalhadores estrangeiros da construção civil
- Aumento da produtividade e conclusão antecipada
- Aumento nas condições de segurança e saúde no campo
- Aumento da qualidade do produto final pelo ambiente controlado de fábrica
- Redução da poluição sonora e de resíduos em campo

Vantagens da construção modular(off-site) em concreto em relação a outros sistemas (Singapura)

- Maior conforto térmico e acústico
- Maior resistência ao fogo
- Maior durabilidade (contra corrosão)
- Menor manutenção
- Menor custo

Avenue South Residence

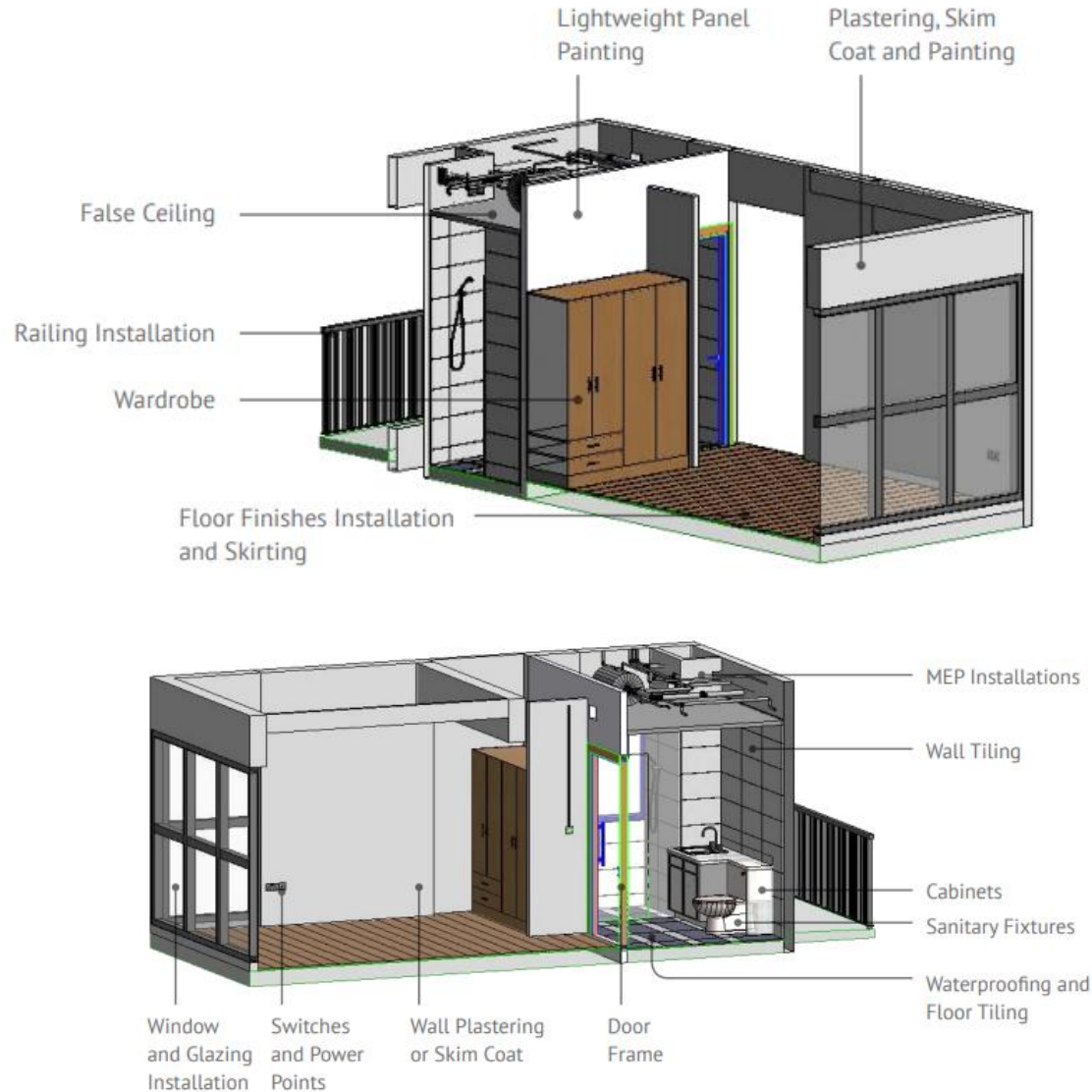


- ❑ Cada apartamento apresentava em média 4 módulos
- ❑ O empreendimento apresentava 24 módulos diferentes
- ❑ Apartamentos de 44 m² a 155 m²

Avenue South Residence

- O embasamento é in loco até o 2º pavimento
- O 3º pavimento é in loco (Laje de transferência) para receber os módulos
- Sky Garden é in loco (19º e 36º pavimento)
- O restante dos pavimento até o 56º são em módulos pré-fabricados (PPVC)
- Pavimento tipo: 69% da área é em módulos pré-fabricados (PPVC) e 31% concreto convencional (áreas de circulação/corredores/caixas de escada e elevadores)

Avenue South Residence



10.2 Minimum Level of Off-Site Works for PPVC

Elements	Minimum level of completion off-site
Floor finishes	80%
Wall finishes	100%
Painting	100% base coat, only final coat is allowed on-site
Windows frames and glazing	100%
Doors	100%, only door leaves allowed for on-site installation
Wardrobes	100%, only doors are allowed for on-site installation
Cabinets	100%, only doors are allowed for on-site installation
MEP including water and sanitary pipes, electrical conduits and ducting	100%, only equipment to allowed for on-site installation
Electrical sockets and light switches	100%, only light fittings allowed for on-site installation

Avenue South Residence

Transporte e Montagem

❑ Dimensões do módulo:

Maior: 3,1 m (largura) x 8,35 m (comprimento) x 3,15 m (altura)

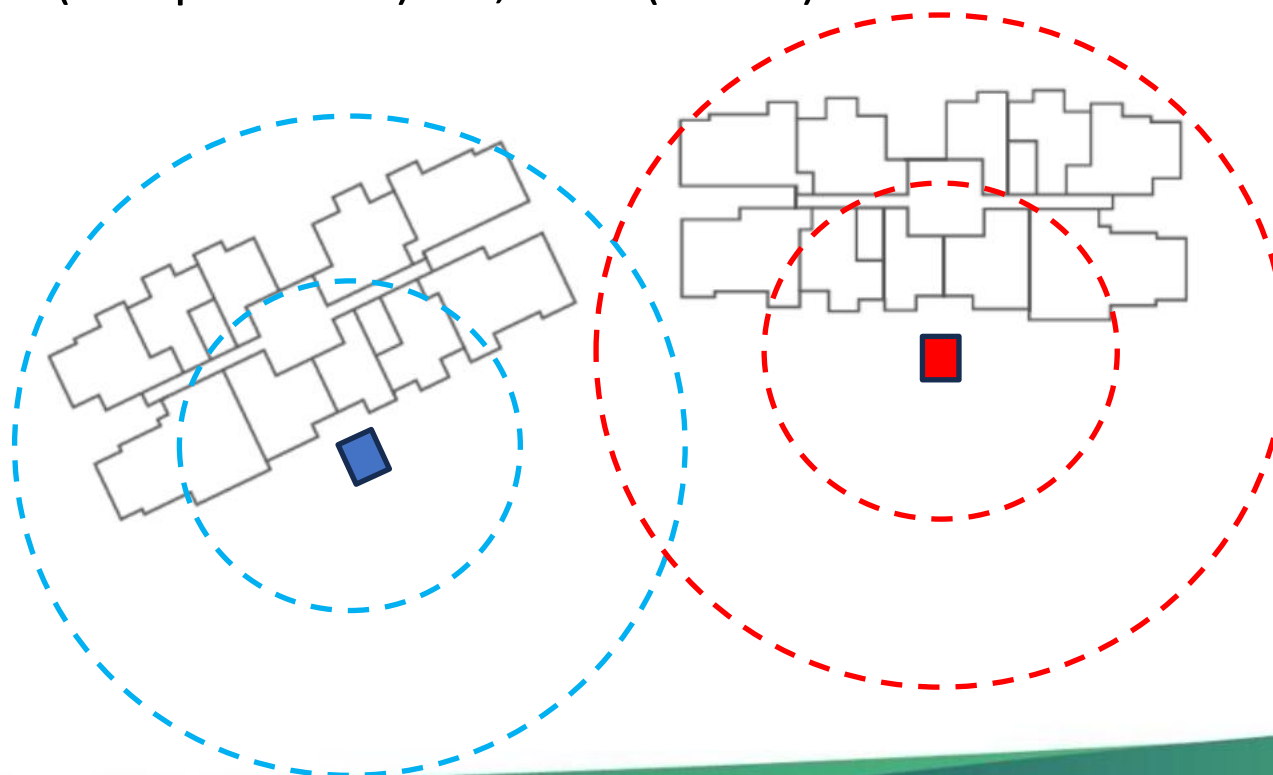
Menor: 3 m (largura) x 5,75 m (comprimento) x 3,15 m (altura)

❑ Peso do módulo:

30 a 35 t

❑ Grua:

35 tf em um raio de 40m



Avenue South Residence



Avenue South Residence



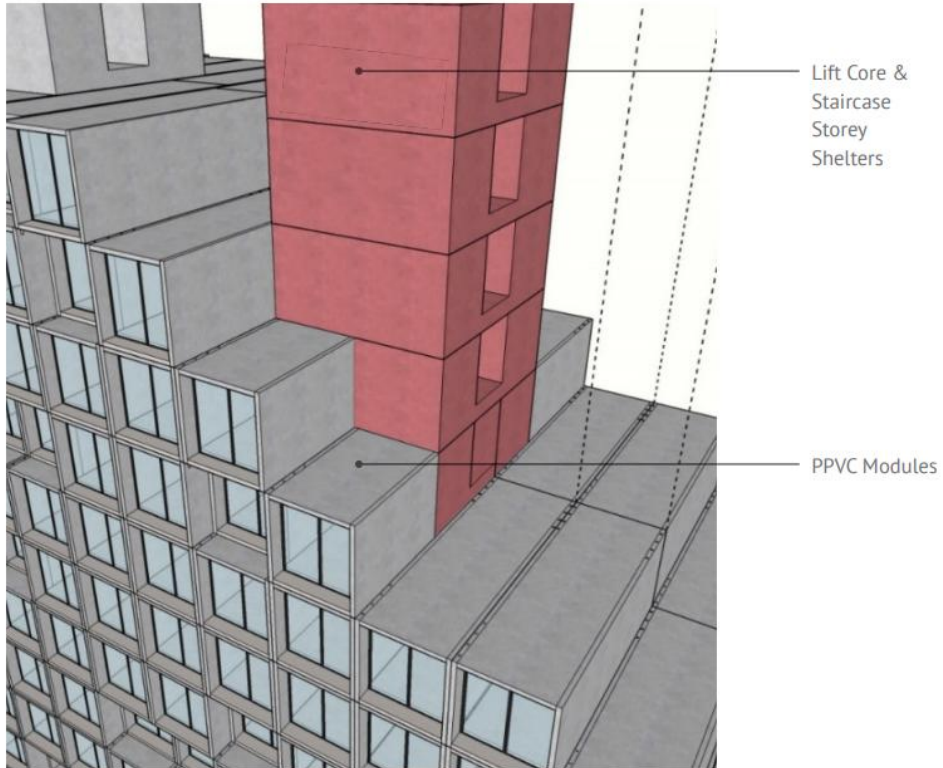
Avenue South Residence



Avenue South Residence



Avenue South Residence



Avenue South Residence

Paredes de contraventamento (shear walls): seção composta pelas paredes de dois módulos adjacentes solidarizados

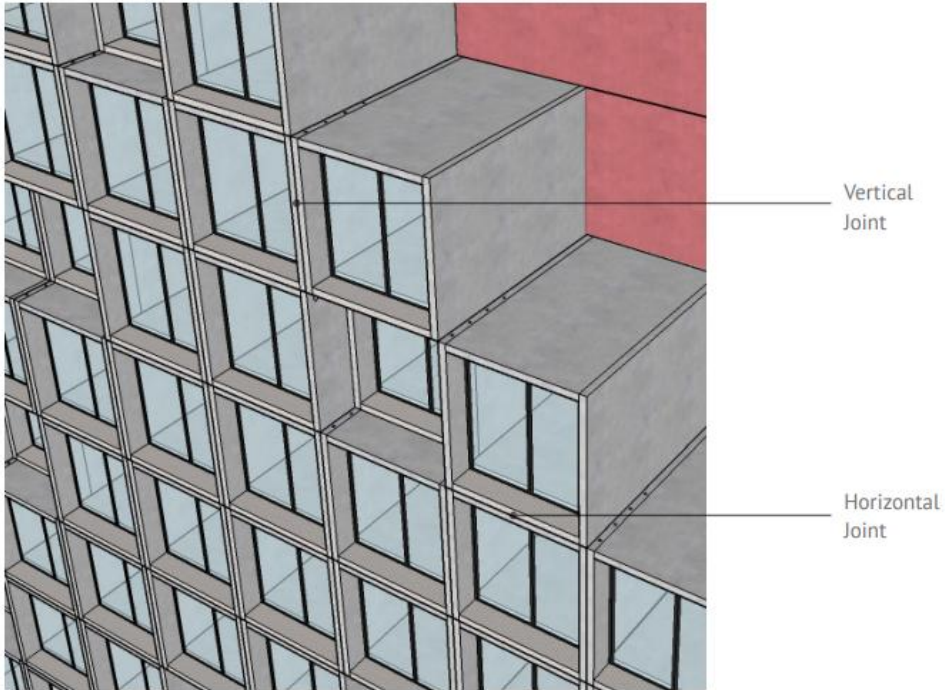


Figure: Vertical and Horizontal Joint



Avenue South Residence



Avenue South Residence

Módulo com parede em seção composta:

Características do módulo:

Parede 10 cm; Laje de topo 7 cm; Laje de fundo 13 cm

Vantagens da seção composta:

Espessura da parede menor, reduzindo peso e preservando área útil;

Robustez estrutural adequada inclusive para edifícios altos, pois a parede em seção composta contribui para o contraventamento;

Vantagens do módulo em relação ao sistema convencional:

Pé direito mais alto, pois não existem vigas

Não existem reentrâncias pela ausência de pilares

PPVC de seis lados garante o controle de qualidade durante a produção e entrega



Marcelo Cuadrado Marin

