



academia
urbanismo lx

Lisboa
Urbanismo



AÇÃO DE FORMAÇÃO

Da Arquitetura à Engenharia – Desafios e boas práticas
para a coordenação e integração de projetos | 2ª edição

Reabilitação estrutural do hotel Cidadela

Eduardo Cansado Carvalho – GAPRES
Ricardo Rufino - GAPRES

27 MAIO 2025

ReSist
RESILIÊNCIA SÍSMICA

ORDEM DOS
ARQUITECTOS



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS



ORDEM DOS
ENGENHEIROS
TÉCNICOS

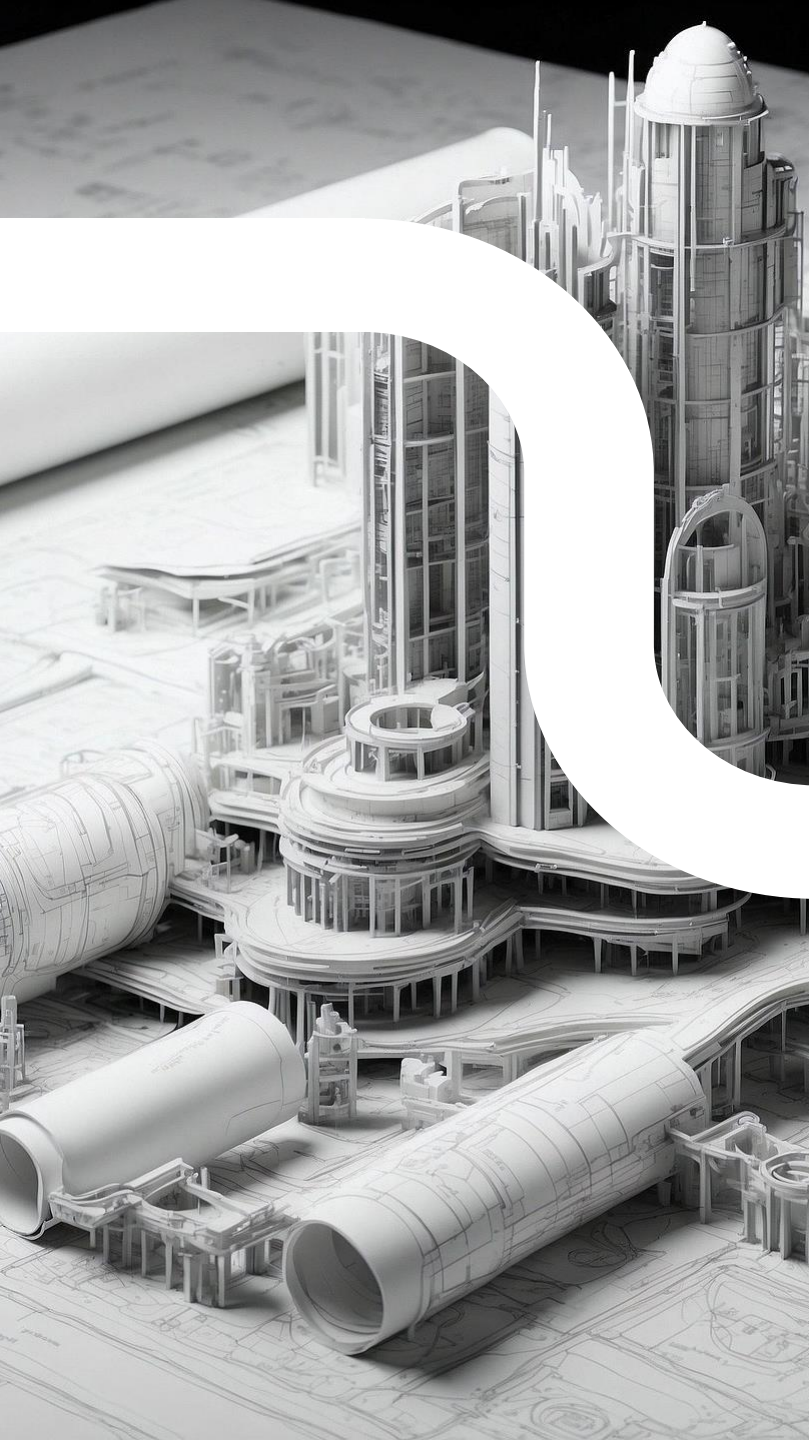


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

GAPRES
engenharia e serviços

Índice

- 01 O EDIFÍCIO
- 02 INTERVENÇÃO ESTRUTURAL
- 03 MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL
- 04 O PROJETO
- 05 A OBRA



01

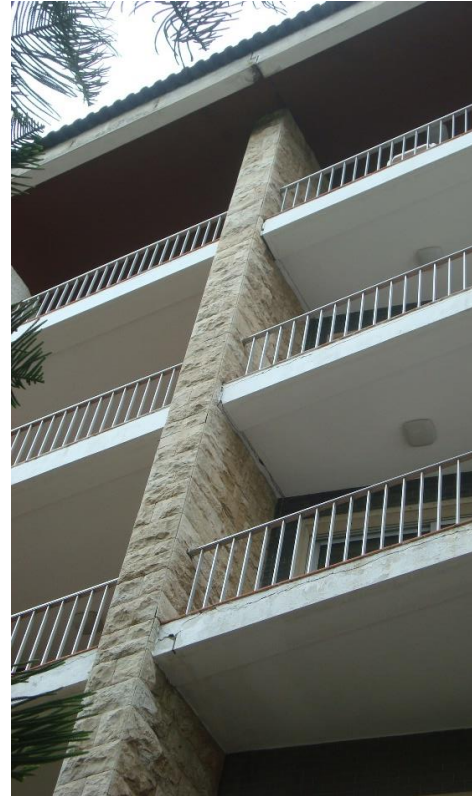
O EDIFÍCIO

O EDIFÍCIO A REMODELAR

- Antigo hotel Cidadela
- Comprimento: **110m**
- Largura: **14m** (Este) e **10m** (oeste)
- 1 cave parcial nos extremos
- **6 pisos** em elevação
- Construção em **duas fases**:
- **1964**: Corpo nascente com 6 pisos e Corpo poente com 3 pisos (já prevendo uma futura ampliação)
- **1971**: Ampliação do corpo poente para 6 pisos
- Genericamente em **bom estado estrutural**



O EDIFÍCIO A REMODELAR



ESTRUTURA DO EDIFÍCIO

- **Projeto com qualidade** para a época (1964 e 1971)
- Estrutura em **betão armado**
- Fundações diretas
- Modulação longitudinal da estrutura: **7m**
- Alguma diferença entre pisos decorrente das duas fases da construção
- Pilares e vigas formando **pórticos transversais**
- **Lajes:**
 - 1ª fase: com **nervuras em Betão Armado** (af. 0,22m) com blocos de aligeiramento cerâmicos ($e = 0,16\text{m}$ ou $e = 0,25\text{m}$)
 - 2ª fase: com **vigotas pré-esforçadas** Novobra e abobadilhas cerâmicas

ESTRUTURA DO EDIFÍCIO

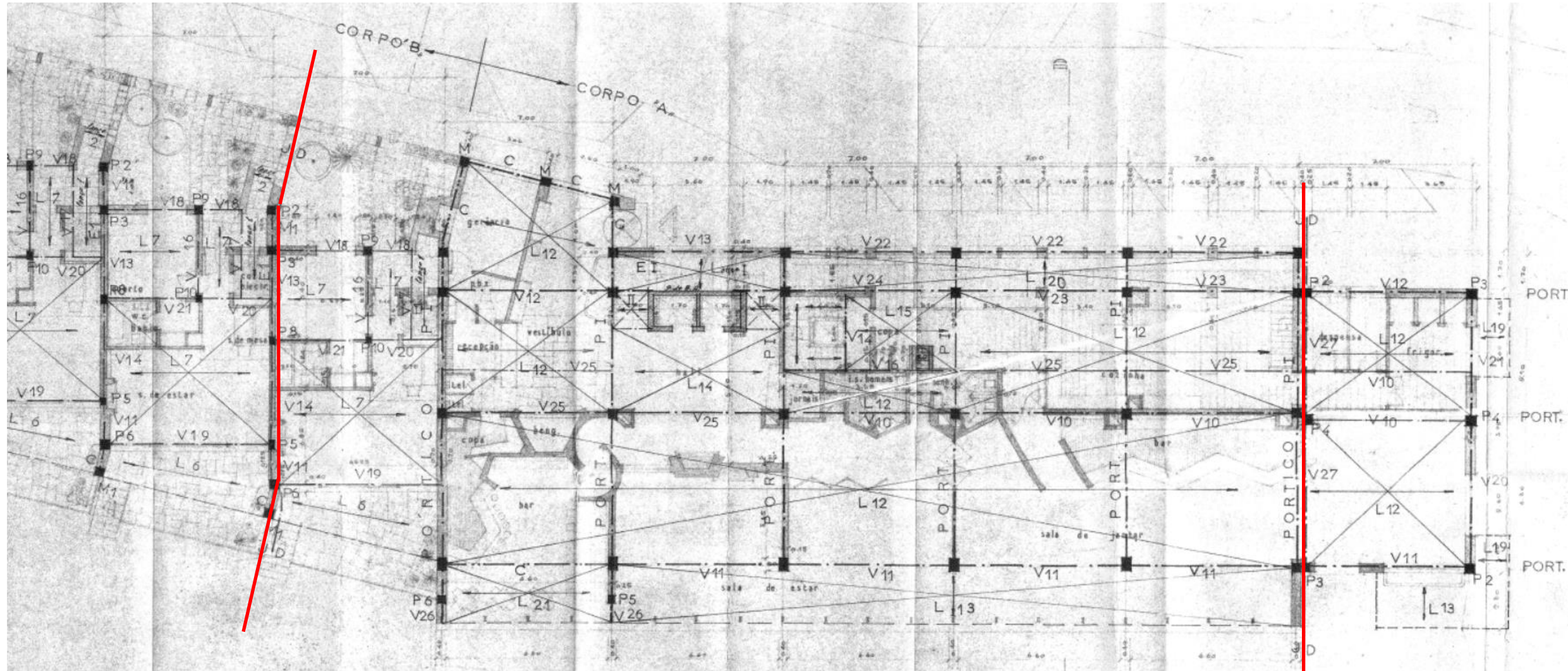
- 3 juntas de dilatação nos pisos da 1ª fase
- 2 juntas de dilatação nos pisos com ampliação
- Juntas de dilatação **em cachorro** sem duplicação dos pilares



ESTRUTURA DO EDIFÍCIO

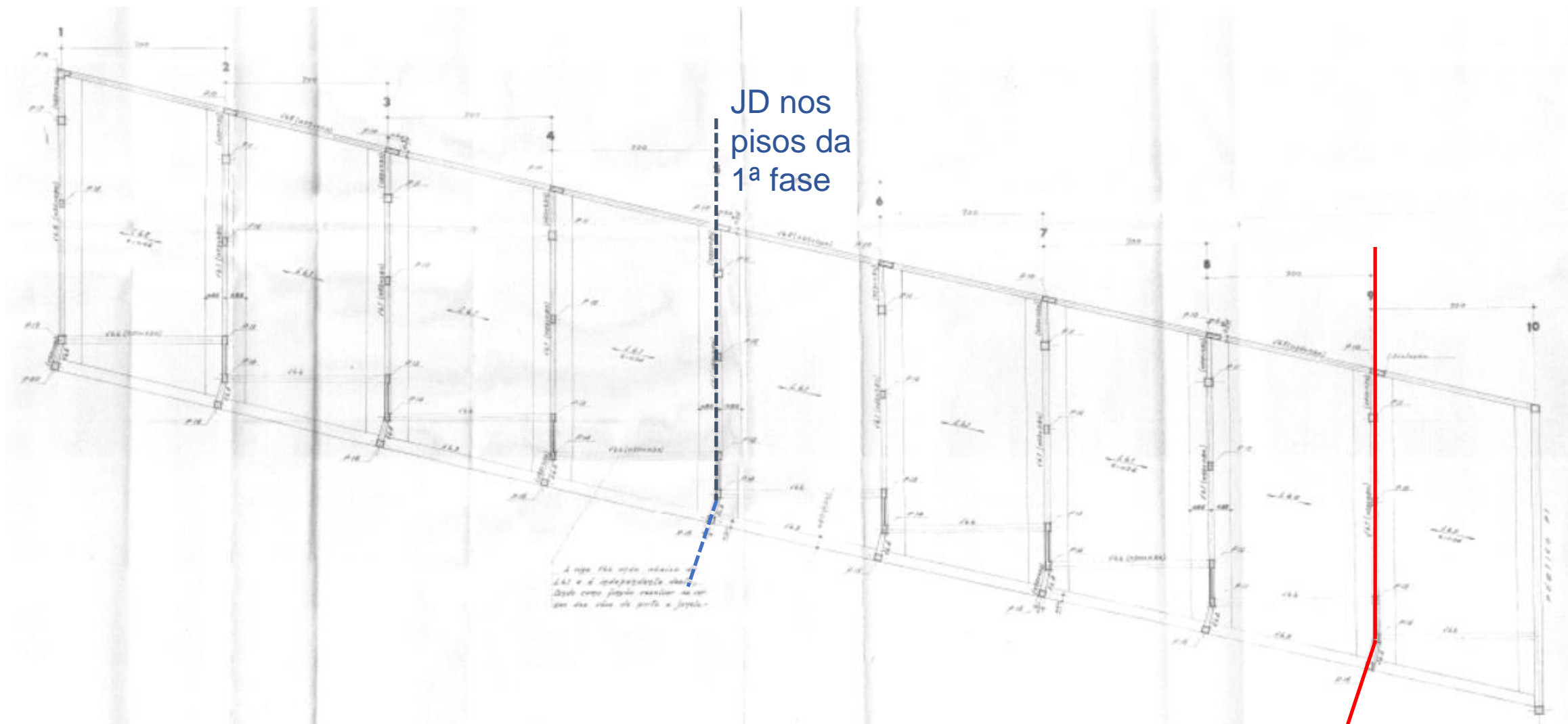
- Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes (**RSEP**)
- Regulamento de Estruturas de Betão Aramado (**REBA**)
- Cargas nos pisos:
 - Sobrecarga: **380kg/m²** (3,8kN/m²) incluindo “uma parcela devida à existência de paredes sobre as lajes”.
 - Revestimentos: 225kg/m² (2,25kN/m²) incluindo “*125kg/m² para uma laje flutuante*”.
- Coeficiente sísmico: **c = 0,10**
- Materiais: **B300; A40**

PROJETOS ORIGINAIS



- 1ª Fase

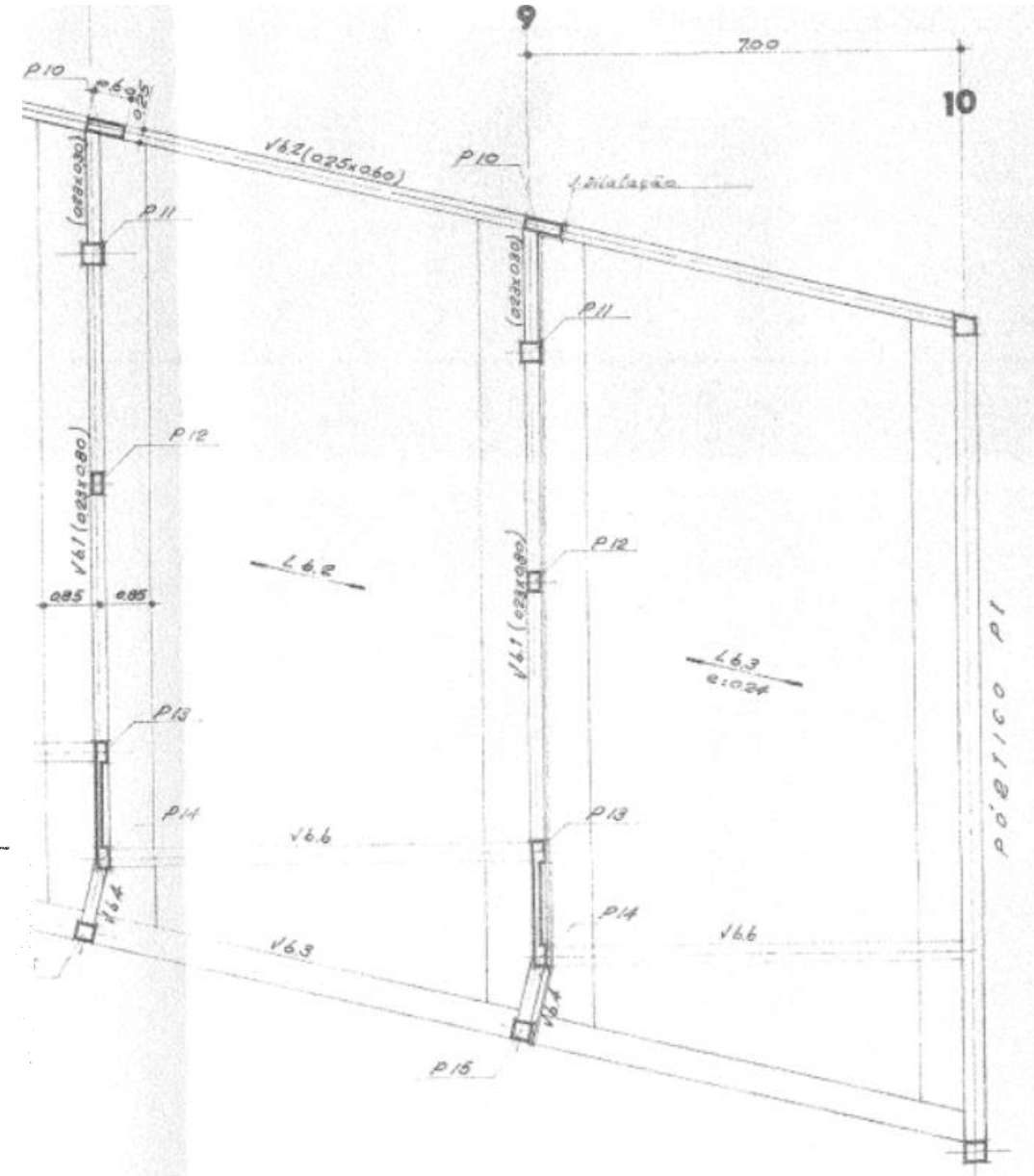
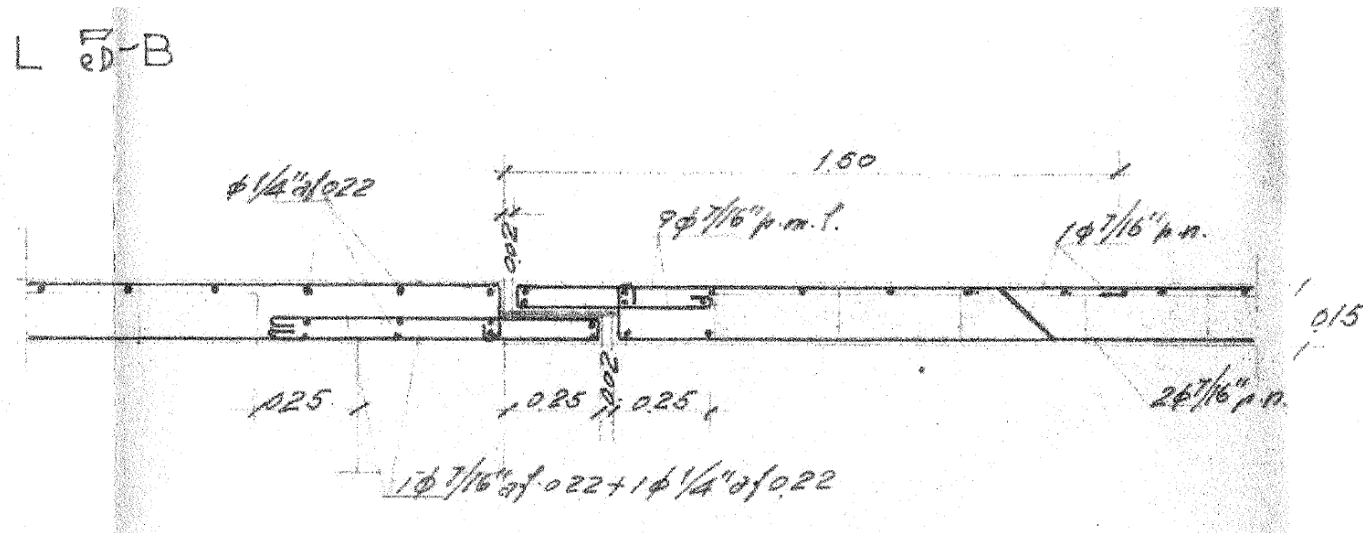
PROJETOS ORIGINAIS



- 2ª Fase

PROJETOS ORIGINAIS

- Pórticos transversais
- Lajes unidireccionais
- Junta de dilatação



PROJETOS ORIGINAIS

- Pórticos transversais

GEOTECNIA E FUNDAÇÕES

- Horizonte superior com **1,5m com aterros** e solos de cobertura
- Horizonte subjacente alterado **até 3 a 8m** de profundidade, com comportamento terroso e **maciço calcário muito fraturado** e muito alterado. Evidência de carsificação.
- Maciço carbonatado do Cretácico com comportamento **predominantemente rochoso**, medianamente a muito alterado.
- **Não detetada água** no solo até 15m de profundidade.



ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

- Realização de poços de **reconhecimento das fundações**
- Caracterização estrutural dos pavimentos
- Determinação de **espessuras de enchimentos e revestimentos**
- Caracterização das **juntas de dilatação**
- Identificação da **geometria e armaduras dos pilares**
- Determinação de profundidades de **carbonatação** e de teores de **cloretos** no betão



ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - DURABILIDADE

- Profundidade de **carbonatação** do betão entre **0 e 33mm**.
- Nas 18 medições realizadas, **apenas em 3 a frente de carbonatação atingia as armaduras**.
- Para o teor de **cloretos** registraram-se genericamente valores **bastante baixos**.
- Nos locais analisados no **topo do edifício** obteve-se um valor ligeiramente **superior ao limite crítico de 0,2%** da massa de cimento.
- No entanto **previa-se demolir estas zonas** da estrutura na reconstrução.



02

INTERVENÇÃO ESTRUTURAL

CONCEÇÃO ESTRUTURAL

- Objetivos do Dono de Obra
 - Hotel de **4 ou 5 estrelas**
 - Criação de **estacionamento coberto**
 - **Modernização das instalações**
 - Subdivisão em:
 - Hotel clássico
 - Aparthotel
 - **Melhoria da resistência sísmica**

CONCEÇÃO ESTRUTURAL

- **Enquadramento regulamentar de projeto estrutural em 2017:**
 - **RSA**
 - **REBAP**
- **Enquadramento regulamentar em intervenções de reabilitação em 2017**
 - **Regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios (Decreto-Lei 53/2014):**

Artigo 9º - Salvaguarda estrutural

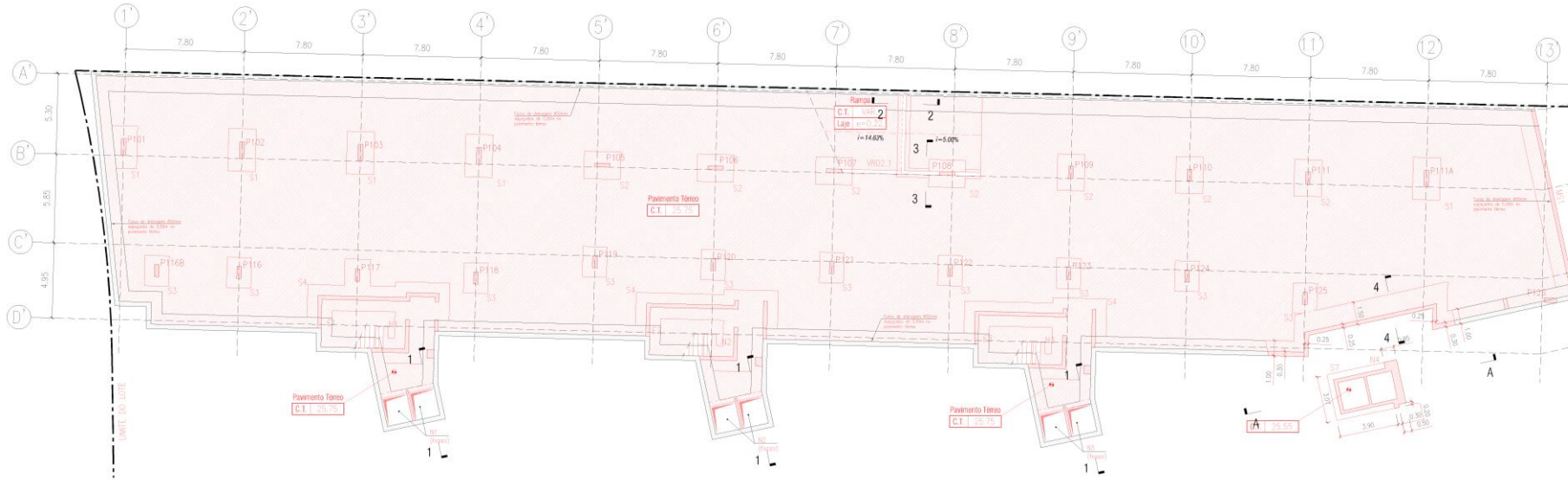
As intervenções em edifícios existentes não podem diminuir as condições de segurança e de salubridade da edificação nem a segurança estrutural e sísmica do edifício.

CONCEÇÃO ESTRUTURAL

- **Rigidificação da estrutura** nas duas direções com construção de **novas paredes e núcleos estruturais** (importante interação com a arquitetura)
- **Eliminação das Juntas de Dilatação** (para eliminar o seu comportamento sísmico pouco fiável)
- Integração/solidarização das novas caves com a estrutura existente (**encastramento eficaz dos novos núcleos**)
- Demolições localizadas dos pisos para reconstrução em conjunto com os novos Núcleos (assegurando a sua **efetiva incorporação na estrutura global**)
- Reparação das anomalias existentes

SOLUÇÃO ESTRUTURAL - Fundações

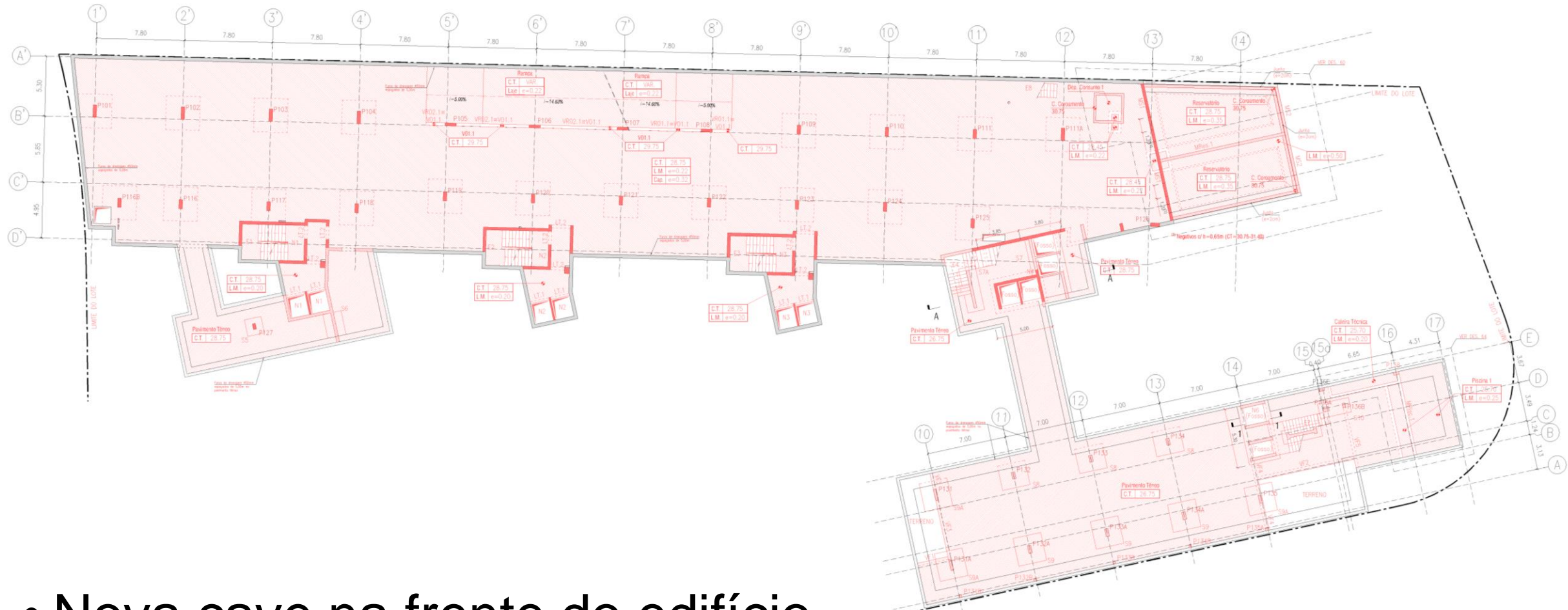
PLANTA DO PISO -2 / FUNDAÇÕES
esc. 1:200



- Nova cave para estacionamento
- Fundações diretas
- Fundações dos novos núcleos sob o edifício existente
- Pavimento térreo

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso -1

PLANTA DO PISO -1
esc. 1:200



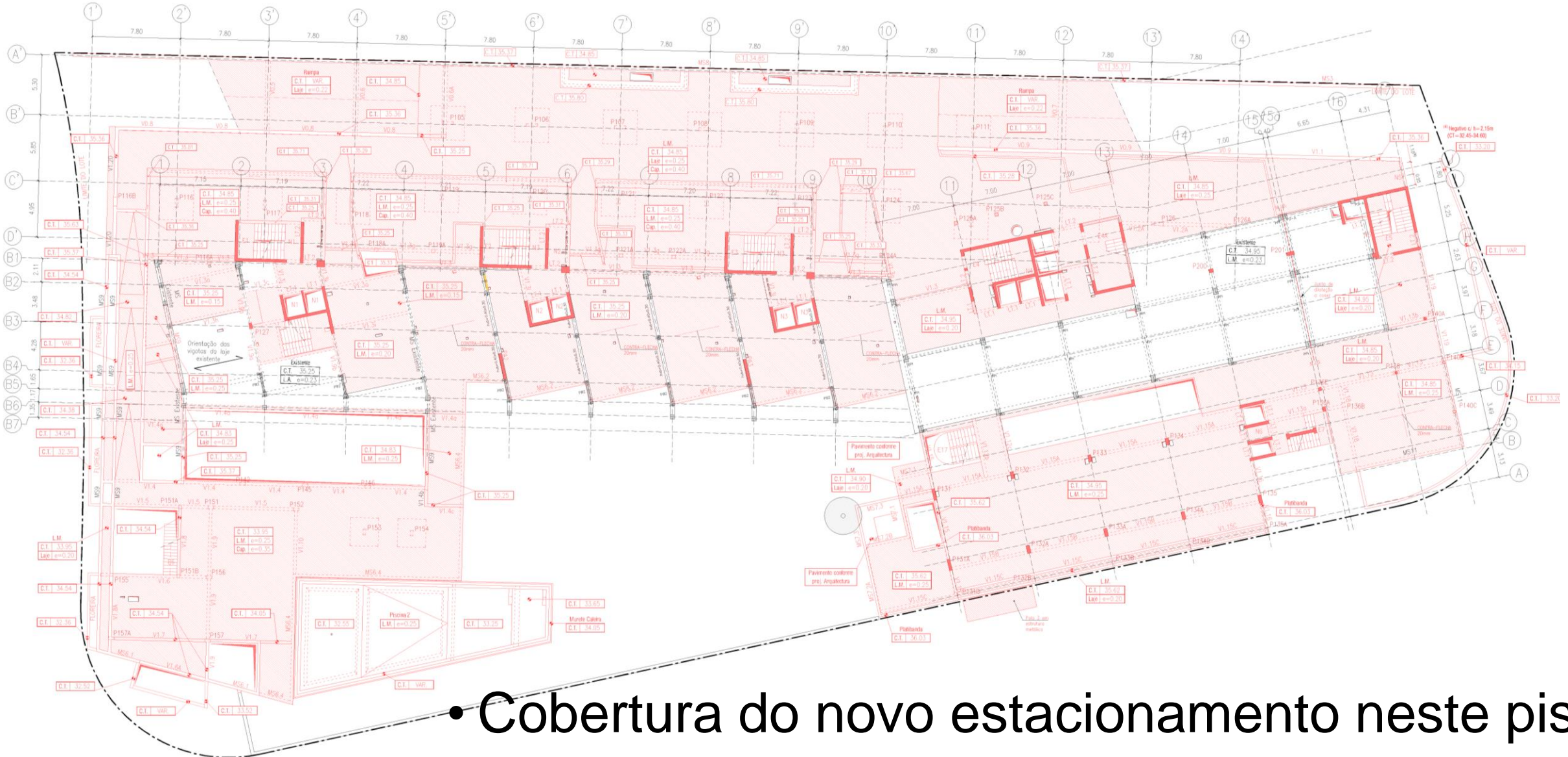
- Nova cave na frente do edifício
- Pavimento térreo

PLANTA DO PISO 0
esc. 1:200

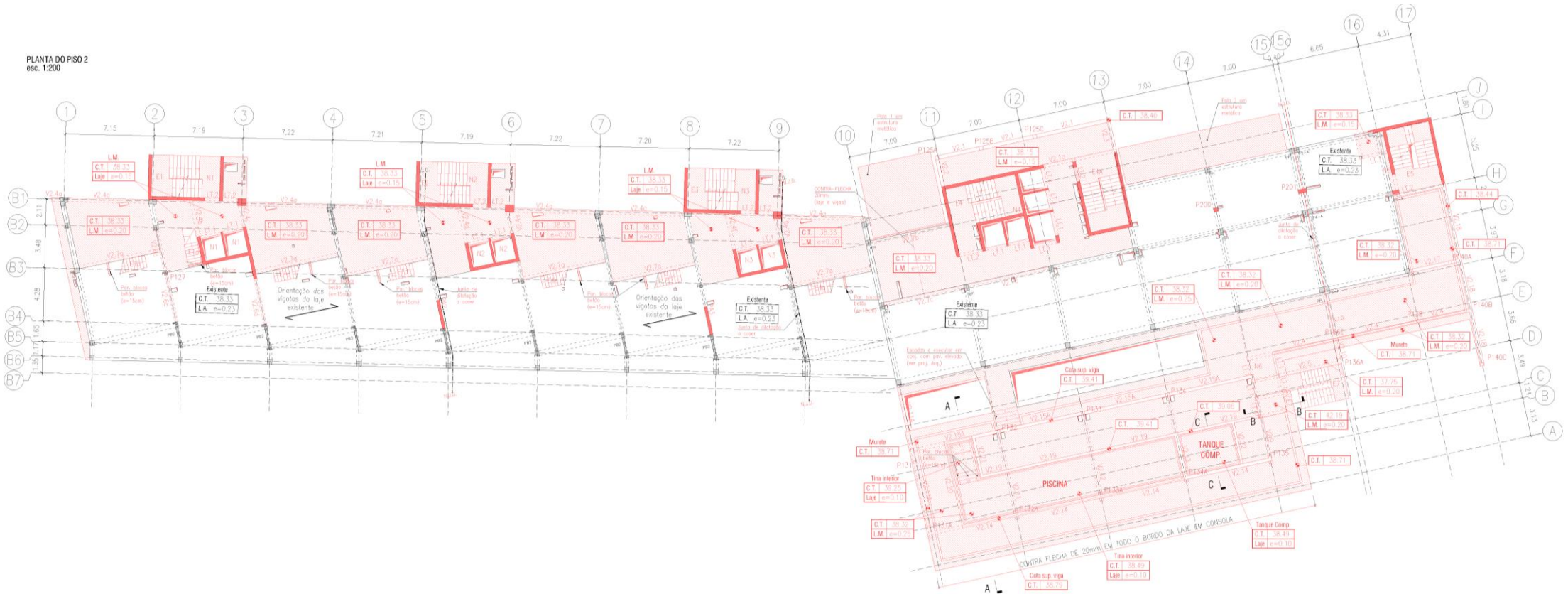


SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 1

PLANTA DO PISO 1
esc. 1:200

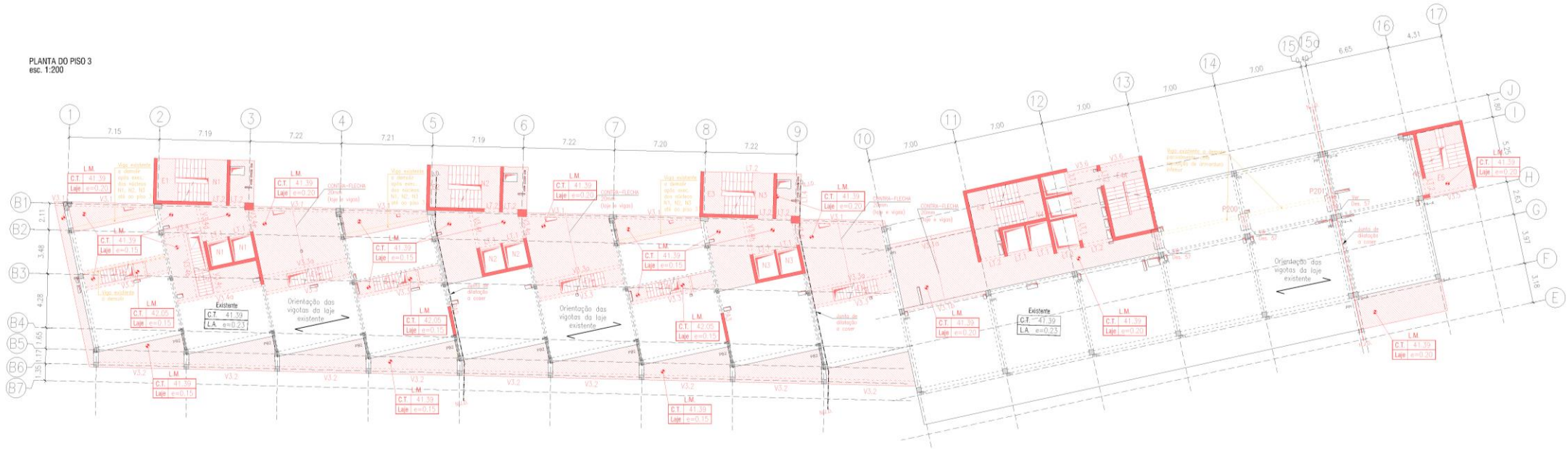


SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 2



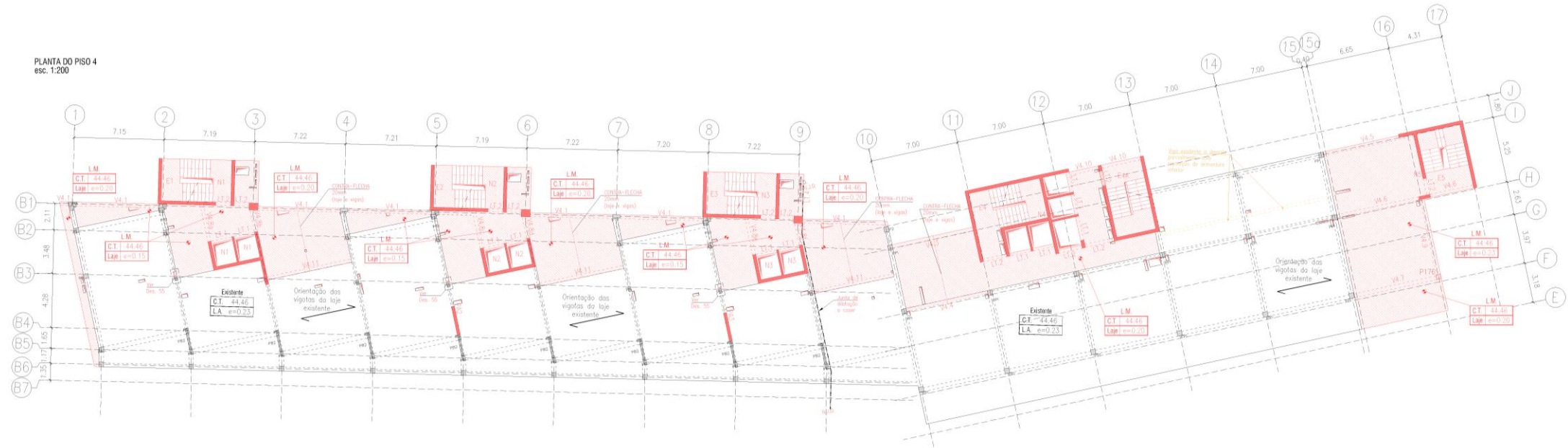
- Ligação dos novos núcleos à estrutura manter

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 3



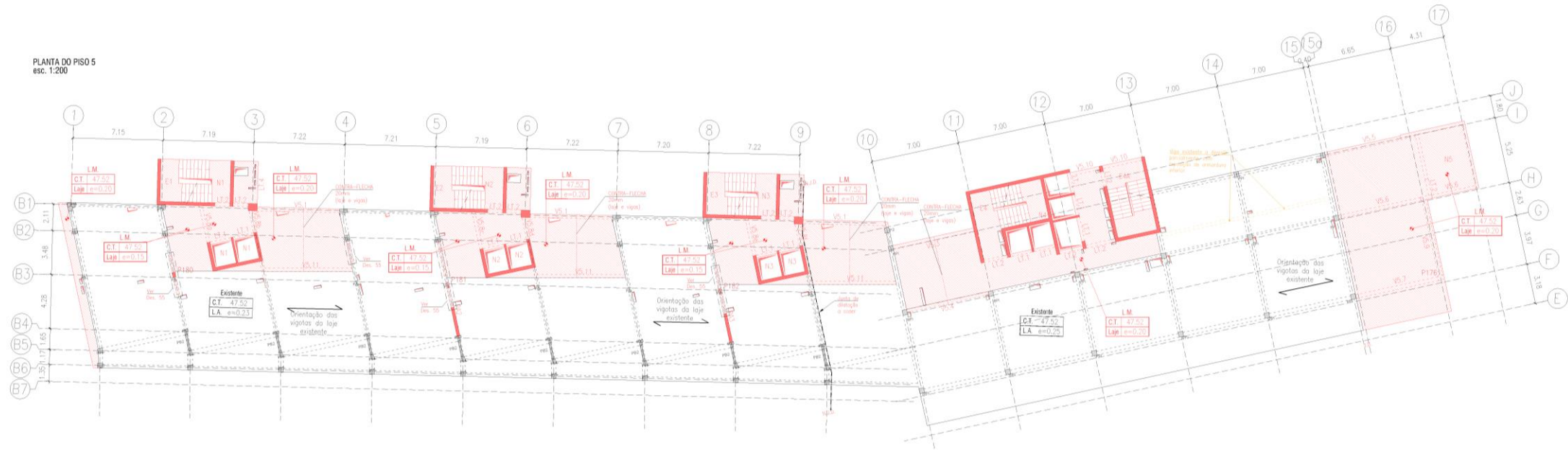
- Ligação dos novos núcleos à estrutura manter
- Reconstrução das varandas frontais

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 4



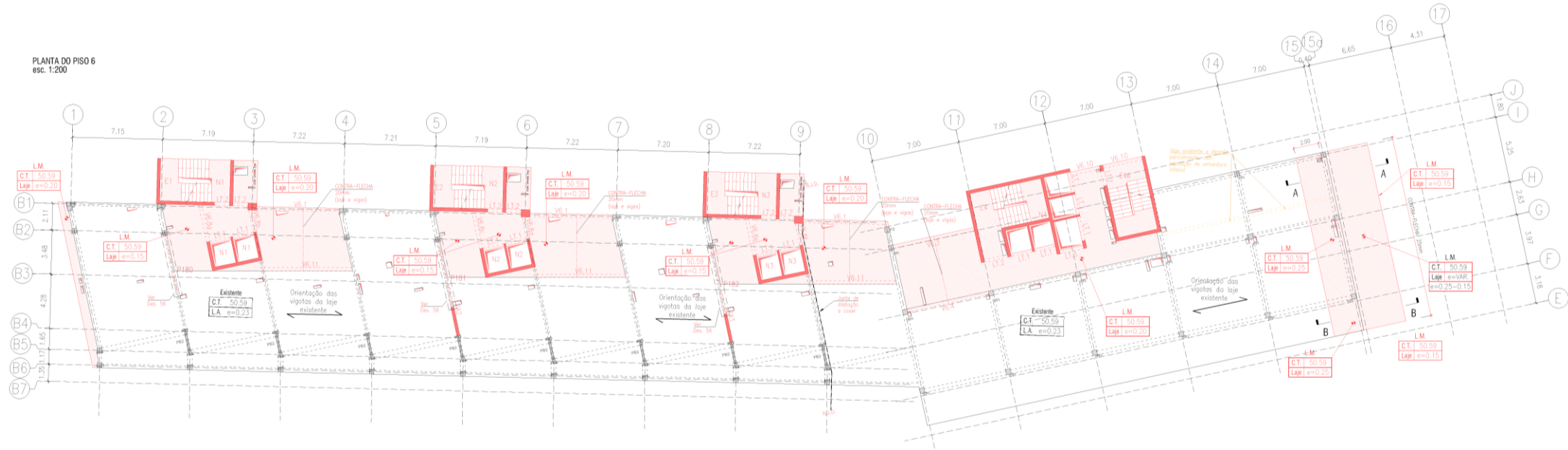
- Ligação dos novos núcleos à estrutura manter
- Reconstrução do piso a nascente

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 5



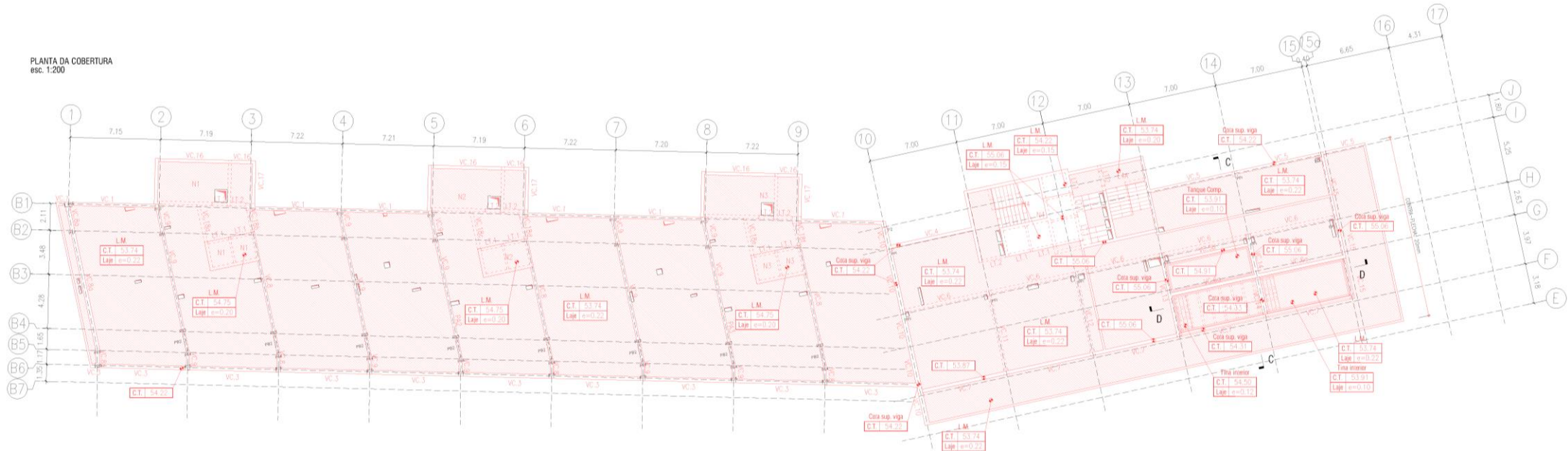
- Ligação dos novos núcleos à estrutura manter
- Reconstrução do piso a nascente

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Piso 6



- Ligação dos novos núcleos à estrutura manter
- Construção de varanda em consola a nascente

SOLUÇÃO ESTRUTURAL – Cobertura



- Reconstrução integral da cobertura

ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

- Condições **difíceis de escavação e fáceis de contenção**
- **9,5m de profundidade**
- Parede Berlim (**$e = 0,3m$**) por troços
- 1 nível superior de **ancoragens**
- 2 níveis inferiores de **pregagens**
- **Sem perfis de suporte provisório** (com faseamento específico para a execução dos painéis)

ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

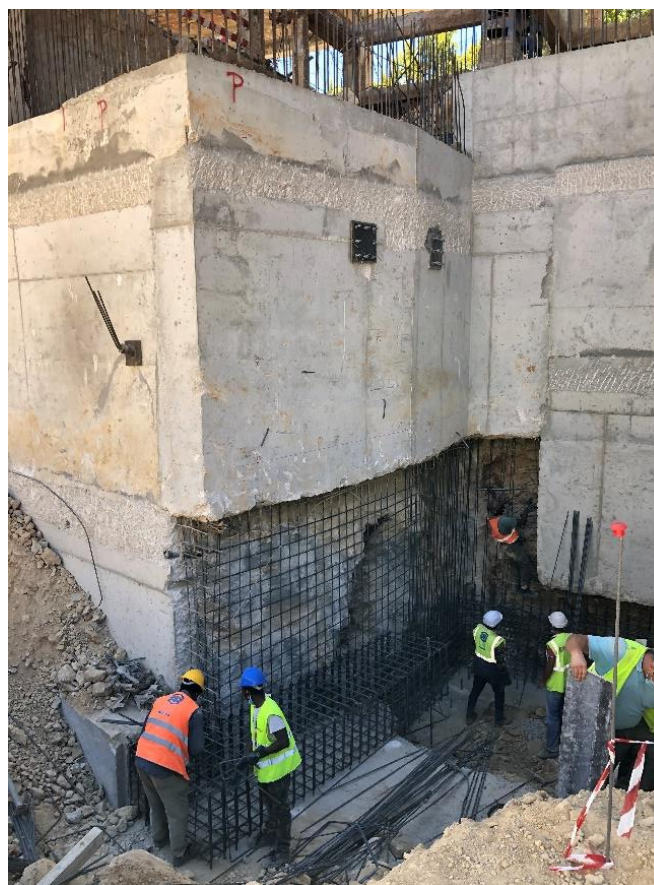
- Faseamento construtivo

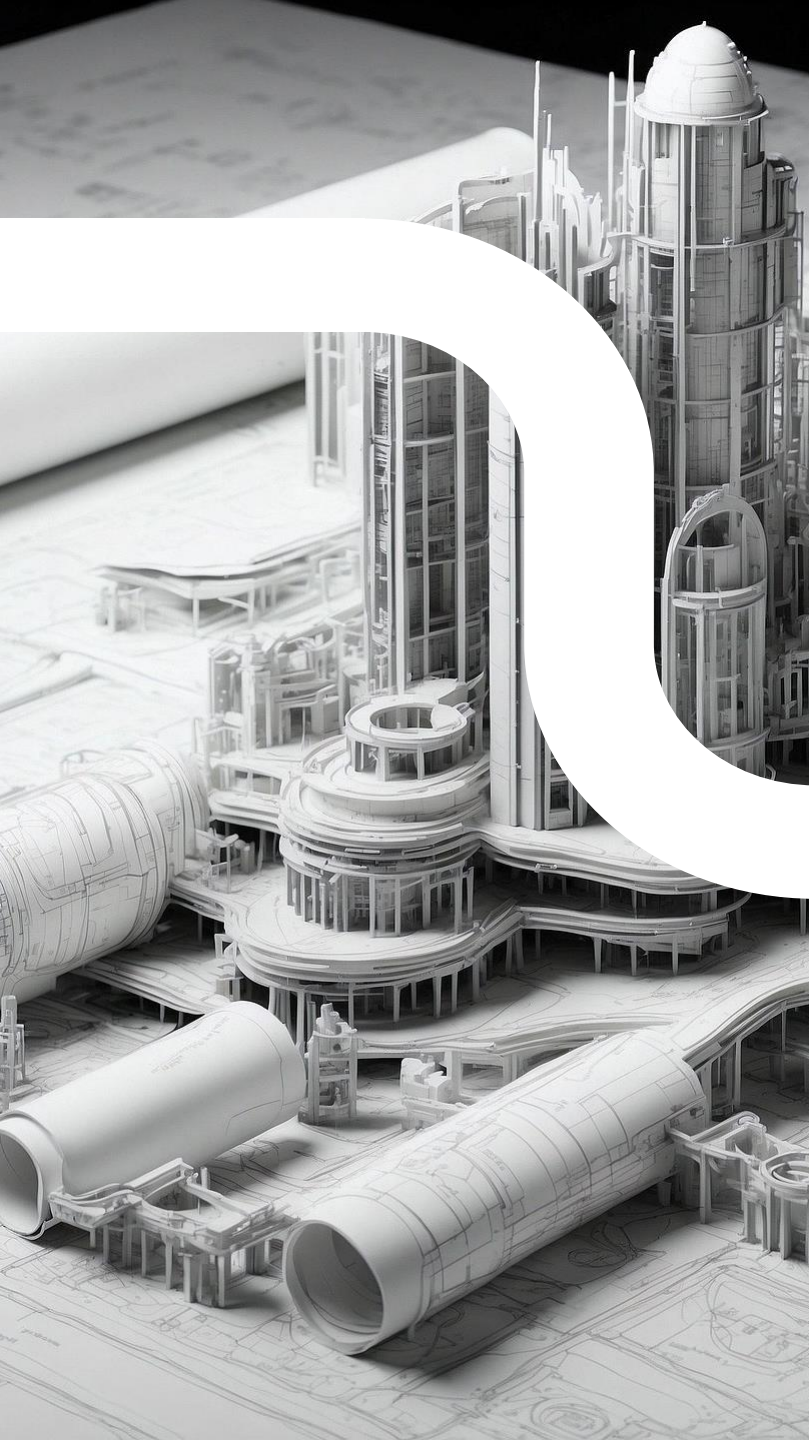
ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA



ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

- CONTENÇÃO no limite do edifício existente
- ESCAVAÇÃO sob o edifício existente





03

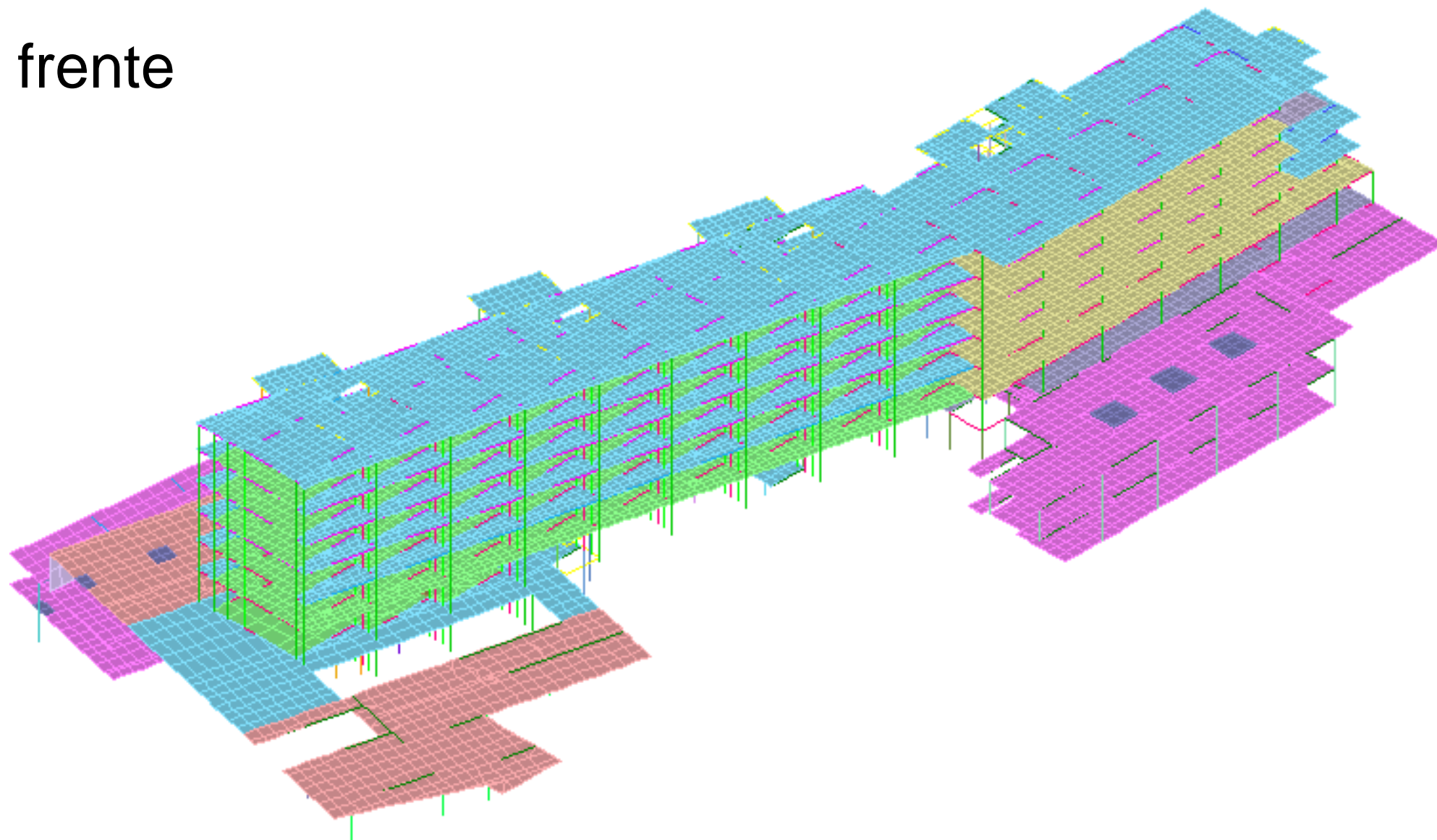
MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL

MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL

- Modelo **SAP2000**
- Paredes como **peças lineares com troços rígidos**
- Apoio horizontal no **piso -2**
- **Rigidez dos elementos verticais** em relação à inércia bruta:
 - Elementos existentes: **30%**
 - Elementos novos: **50%**

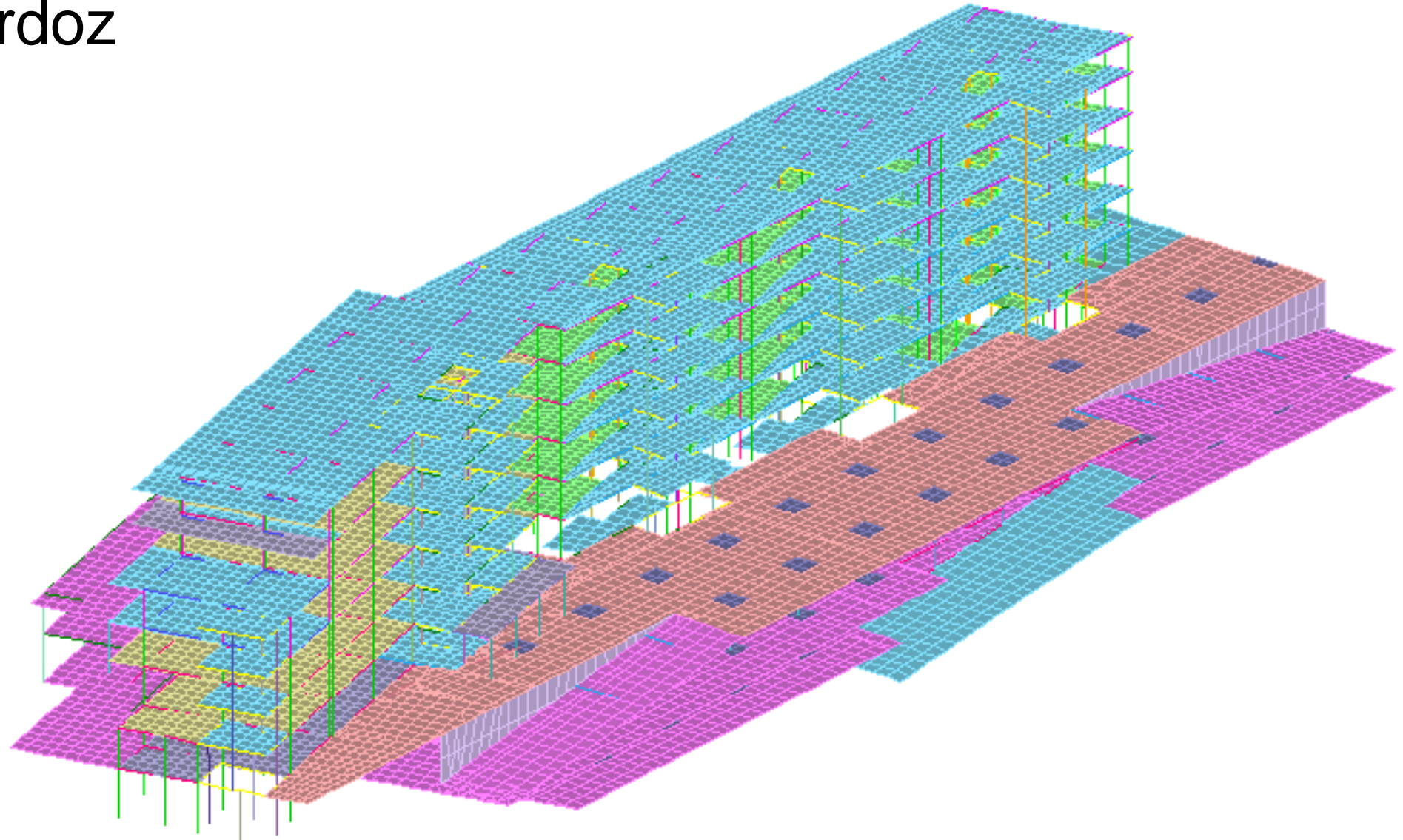
MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL

- Vista de frente



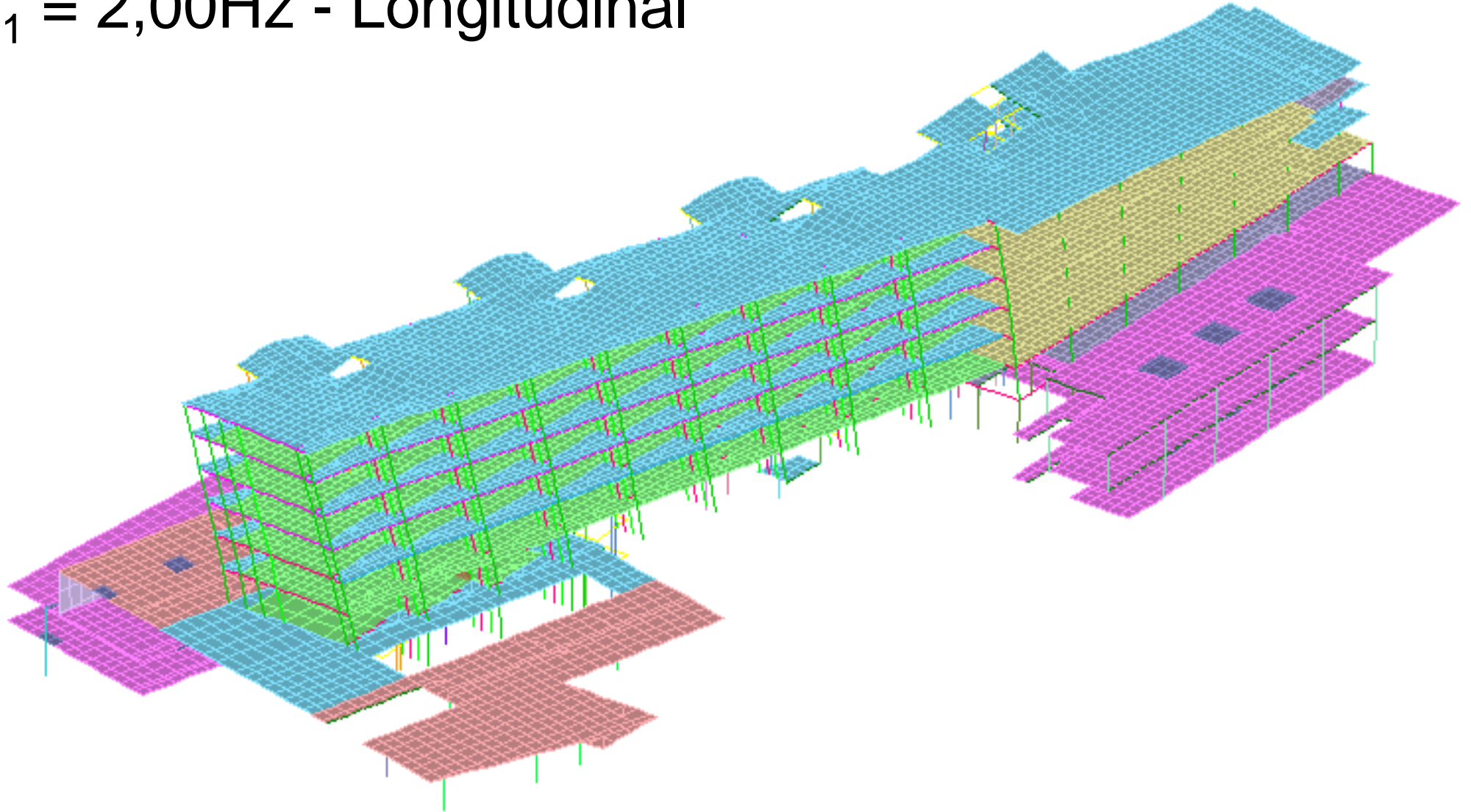
MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL

- Vista do tardo



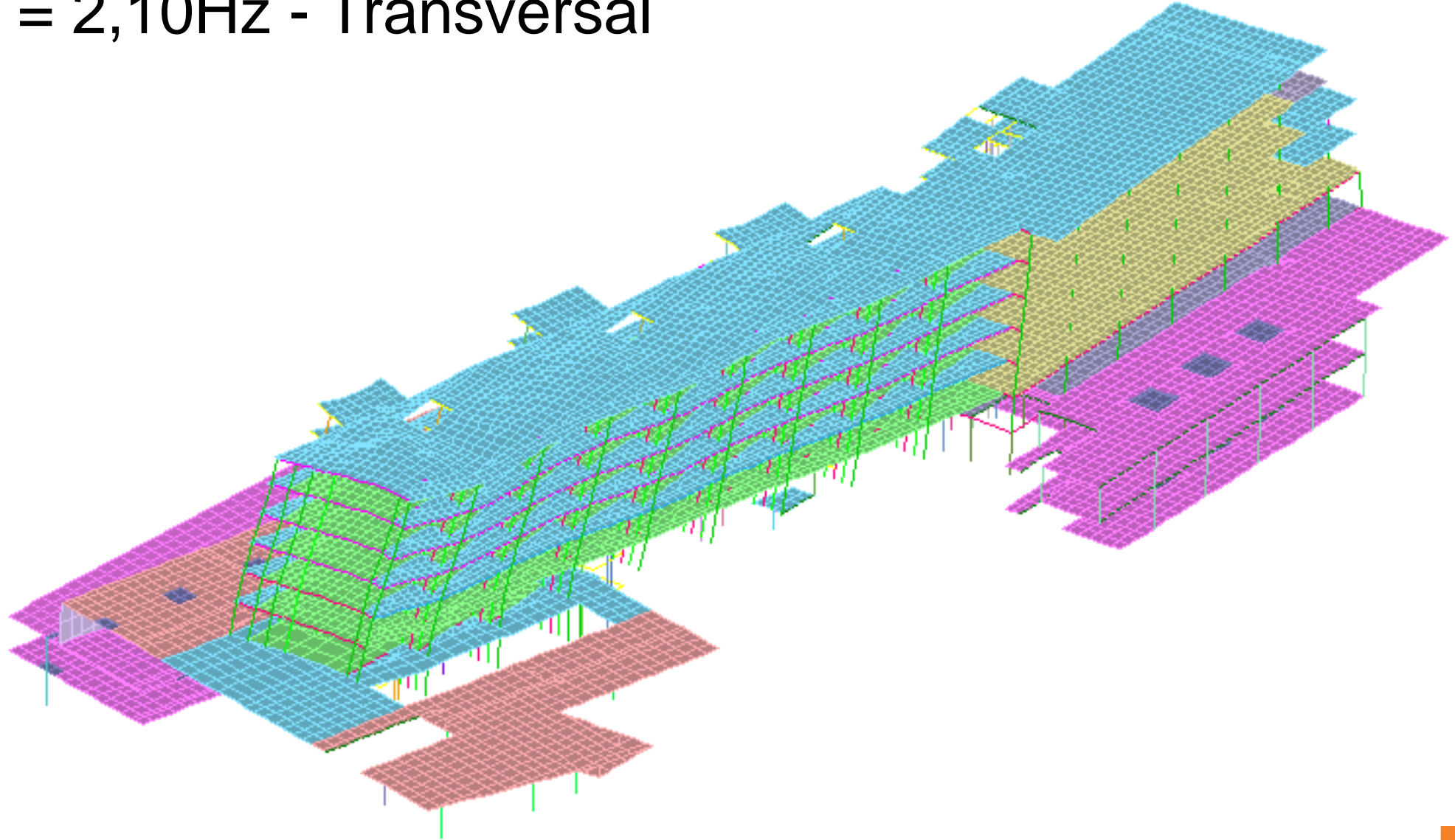
MODOS DE VIBRAÇÃO

- 1º modo: $f_1 = 2,00\text{Hz}$ - Longitudinal



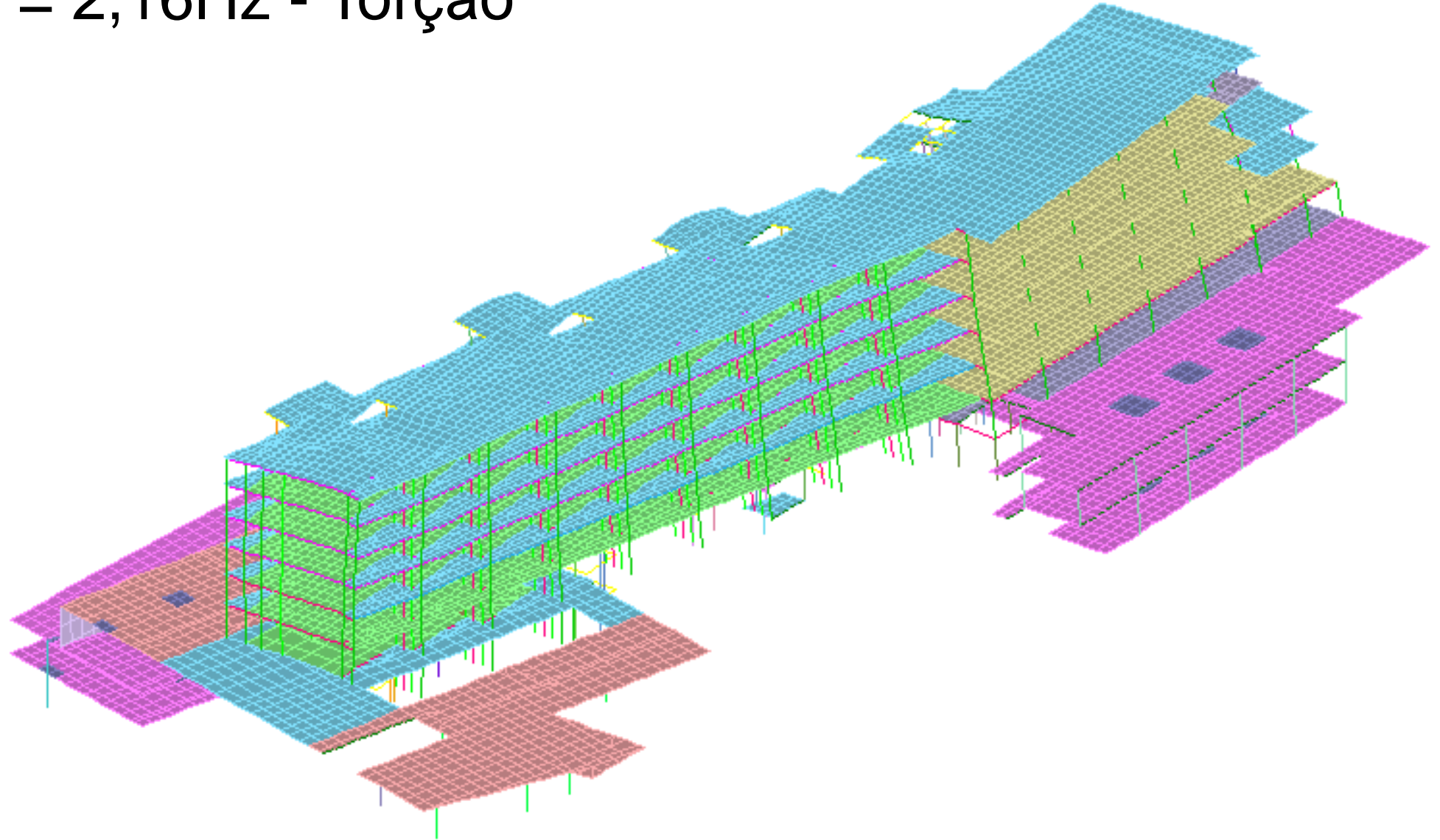
MODOS DE VIBRAÇÃO

- 2º modo: $f_2 = 2,10\text{Hz}$ - Transversal



MODOS DE VIBRAÇÃO

- 3º modo: $f_3 = 2,16\text{Hz}$ - Torção



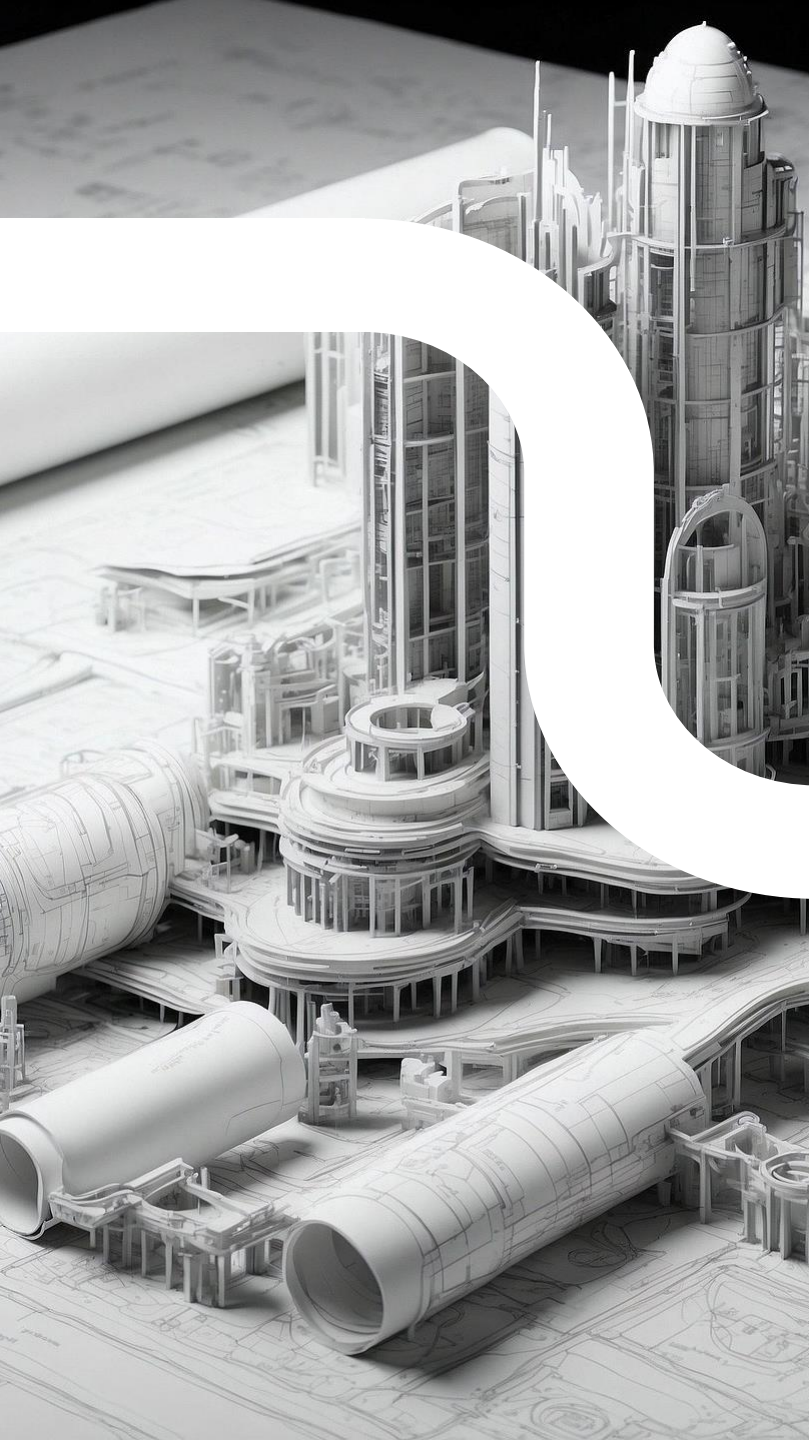
AÇÃO SÍSMICA

- Espectros do **RSA**
 - Zona **A**
 - Terreno do **Tipo I**
 - Ação sísmica do **Tipo 1 e do Tipo 2**
 - Coeficiente de comportamento: **2**
 - Coeficiente de amortecimento: **5%**
 - **Ordenadas espectrais** de cálculo (com majoração de 1,5):
 - Dir. longitudinal: $S_a(2,0\text{Hz}) = 200\text{cm/s}^2$ (AS1); 185cm/s^2 (AS2)
 - Dir. transversal: $S_a(2,1\text{Hz}) = 208\text{cm/s}^2$ (AS1); 190cm/s^2 (AS2)
- Muito superiores ao coeficiente sísmico do projeto original**

RESPOSTA SÍSMICA

- **Deslocamentos horizontais** na cobertura
 - Dir. longitudinal:
 - AS1: $d_h = 2,3\text{cm}$; $d_h/H = 0,13\%$ ($H = 18\text{m}$ – Piso 1 à cobertura)
 - AS2: $d_h = 2,0\text{cm}$; $d_h/H = 0,11\%$
 - Dir. transversal:
 - AS1: $d_h = 2,5\text{cm}$; $d_h/H = 0,14\%$
 - AS2: $d_h = 2,2\text{cm}$; $d_h/H = 0,12\%$

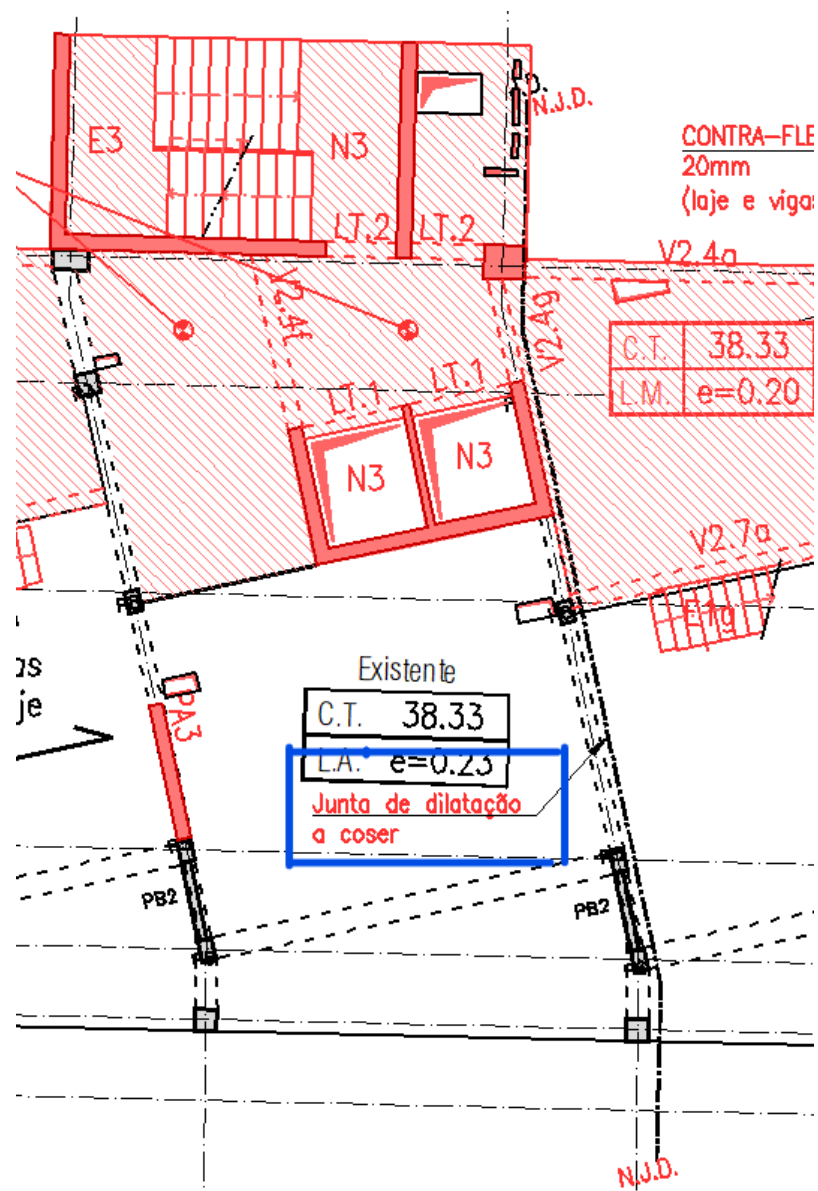
Valores de drift reduzidos



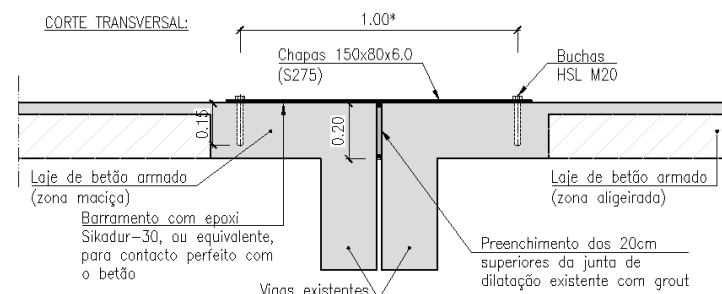
04

O PROJETO

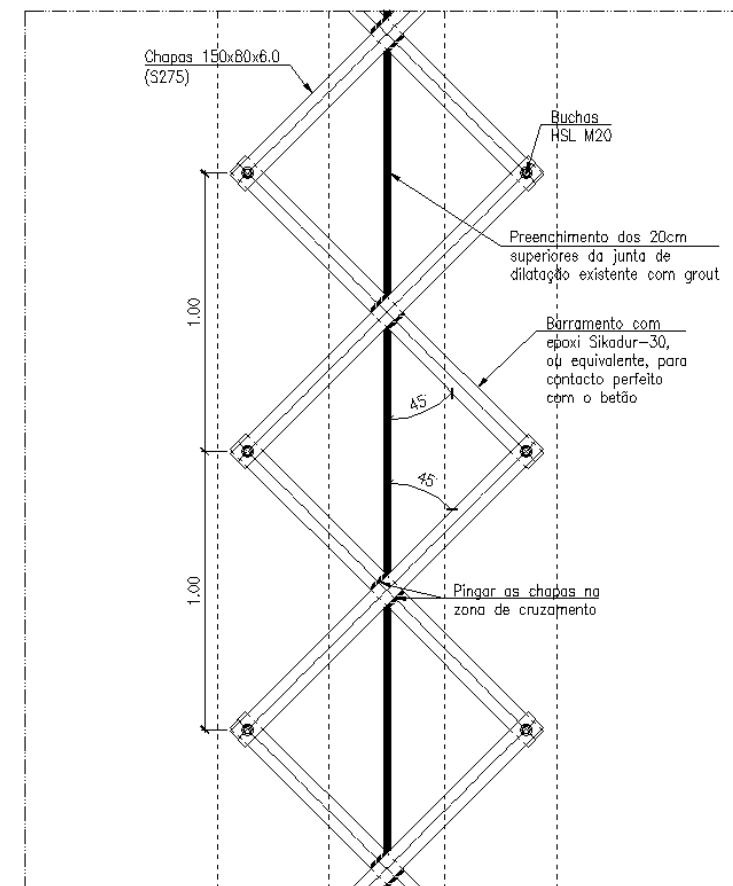
ELIMINAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO



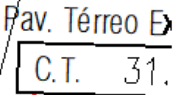
PORMENOR TIPO
COSEDURA DA JUNTA DE DILATAÇÃO
LIGAÇÃO ENTRE LAJES
esc. 1:20



* dimensão a verificar em função da largura da zona maciça das lajes existentes

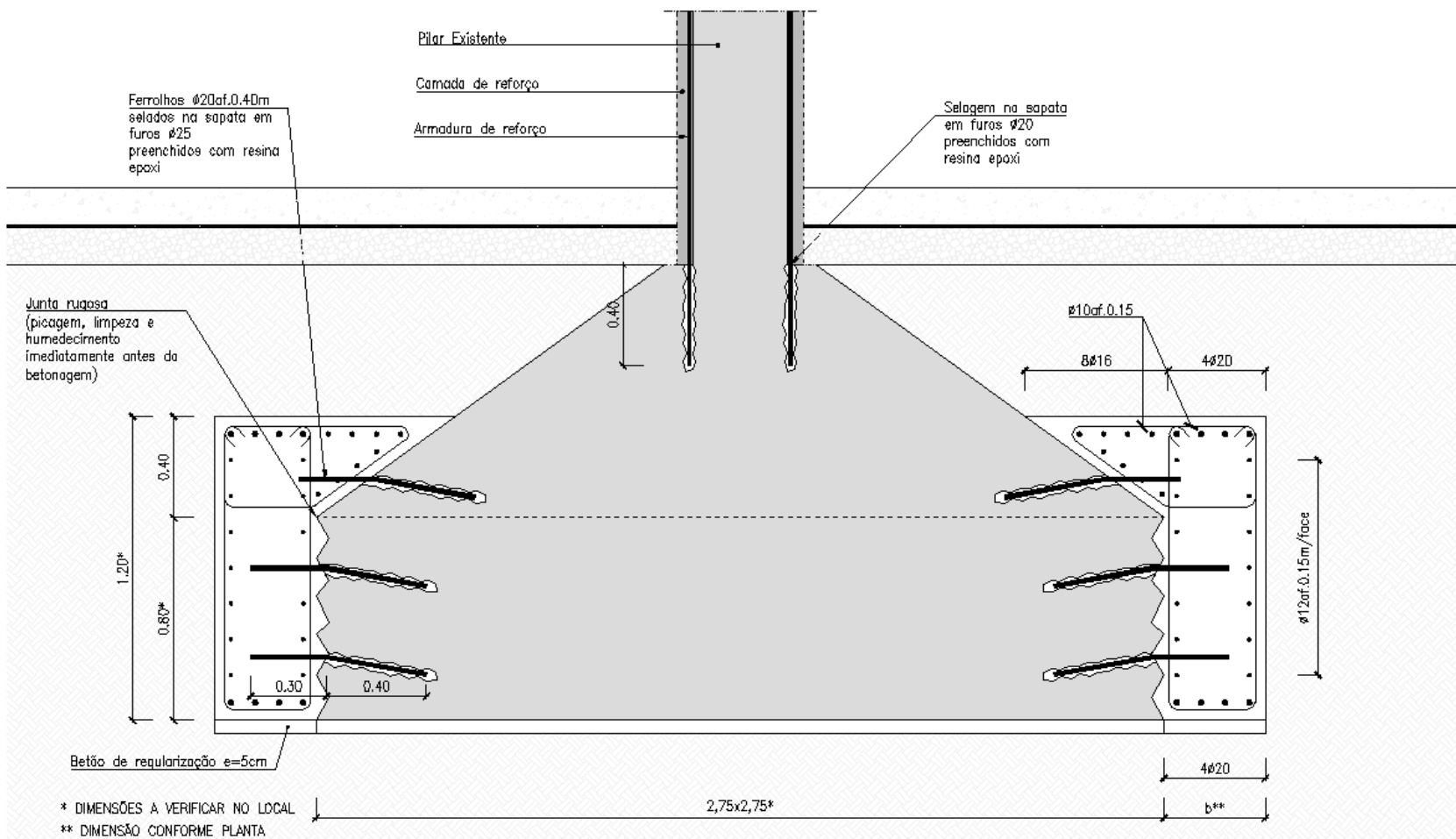


REFORÇO DE ESTRUTURAS EXISTENTES
PLANTA DO PISO 0
esc. 1:100

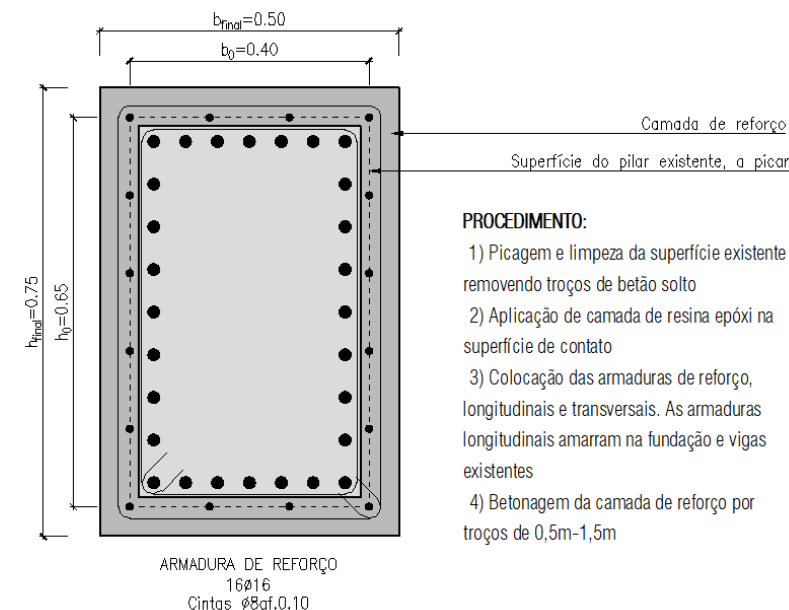


REFORÇO DE FUNDAÇÕES E PILARES

REFORÇO DE SAPATAS EXISTENTES PORMENOR TIPO esc. 1:20



REFORÇO DE PILARES EXISTENTES PORMENOR TIPO esc. 1:10



EXISTENTES

2.70*

1.91*

2.50

0.37*

1.33*

0.37*

0.45*

0.25*

0.08*

Pilar existente

Parede PA2/PA3

Cintas #8af.0.10

Cintas #10af.0.20

Junta rugosa (picagem, limpeza e humedecimento imediatamente antes da betonagem)

0.40

12#16

Com continuidade através das lajes

Ganchos #8af.0.20

0.50

12#16

Com continuidade através das lajes

Ferrilhas #20af.0.40 selados em furos #25, preenchidos com resina epoxy

Parede existente

* DIMENSÕES A VERIFICAR NO LOCAL

SEÇÃO B-B
esc. 1:20

Pilar existente

#12af.0.15

0.80*

0.40*

Beto de regularização e=5cm

12#16

#12af.0.15

12#16

Parede existente

32.85

0.70*

1.10*

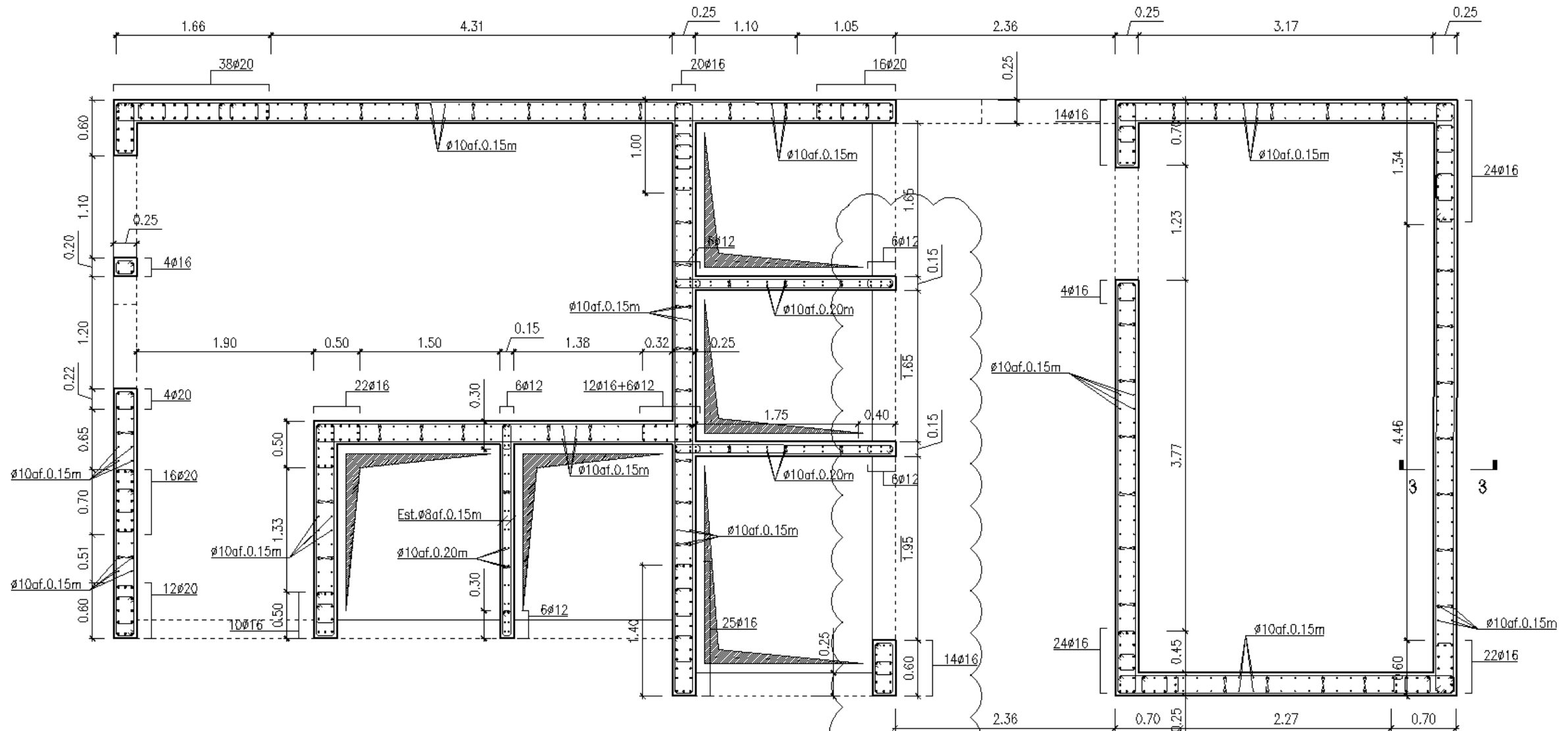
0.40*

Ferrilhas #20 em malha 0.3x0.3 selados na sapata em furos #25 preenchidos com resina epoxy

Demolição localizada na espessura da parede a construir, para betonagem em conjunto com a fundação

#12af.0.15

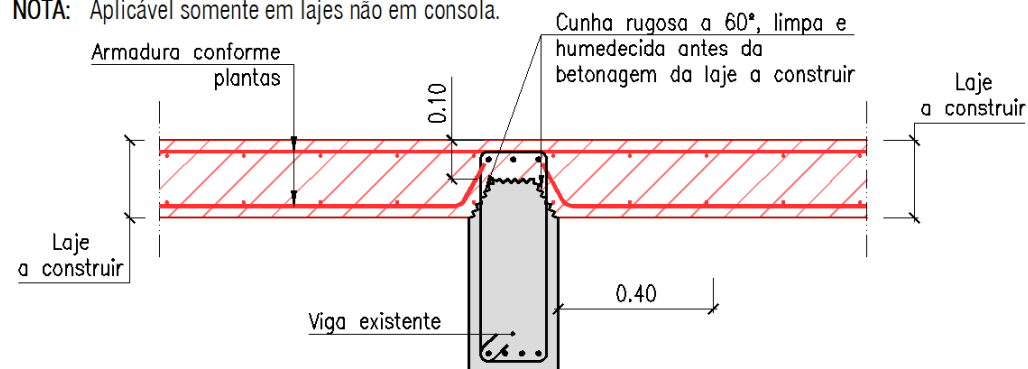
ARMADURAS DOS NOVOS NÚCLEOS



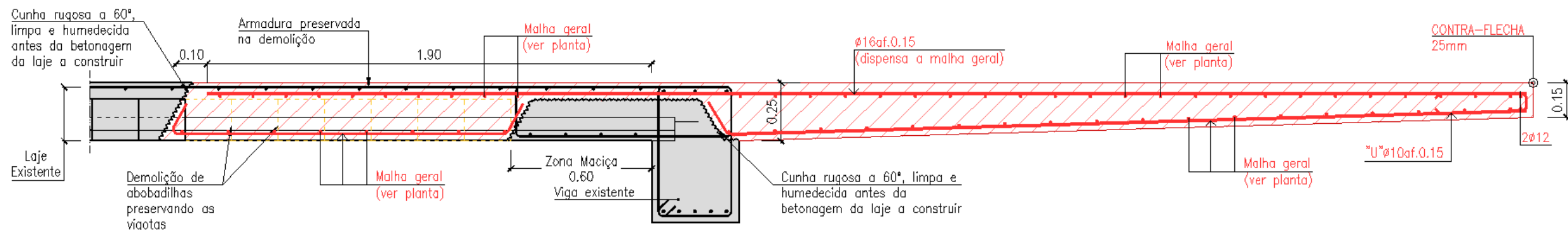
RECONSTRUÇÃO DE LAJES

PORMENOR TIPO
APOIO DE LAJE A CONSTRUIR
LIGAÇÃO DE 2 PAINÉIS
esc. 1:20

NOTA: Aplicável somente em lajes não em consola.

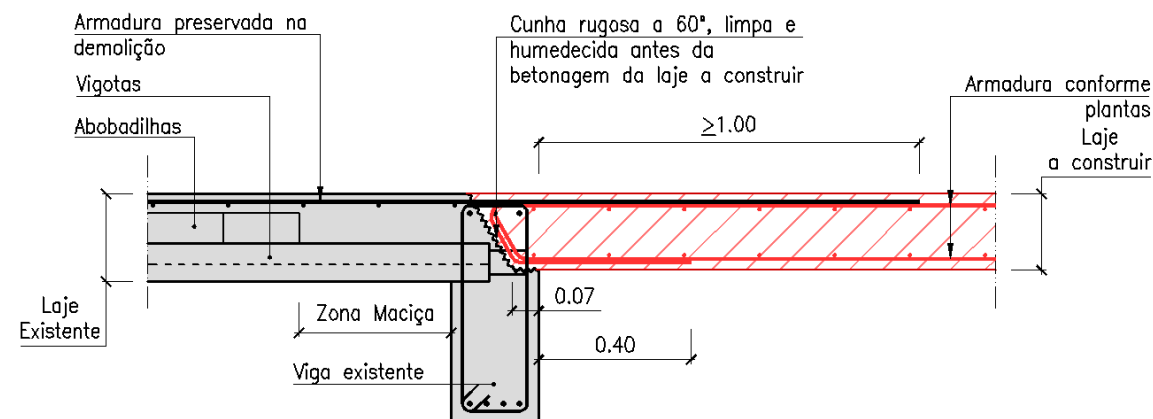


CORTE 2:2
esc. 1:20



PORMENOR TIPO
APOIO DE LAJE A CONSTRUIR
LIGAÇÃO DE 1 PAINEL
esc. 1:20

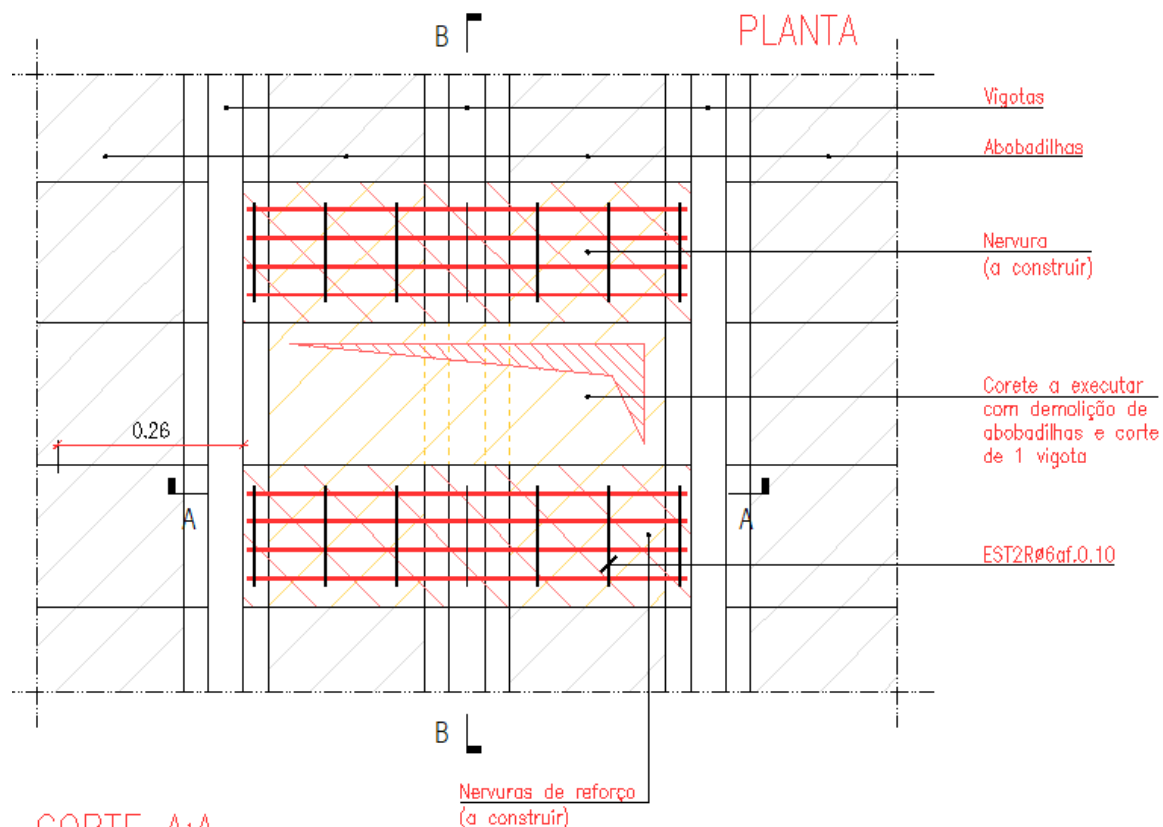
NOTA: Aplicável somente em lajes não em consola.



ABERTURA DE COURETES EM LAJES DE VIGOTAS

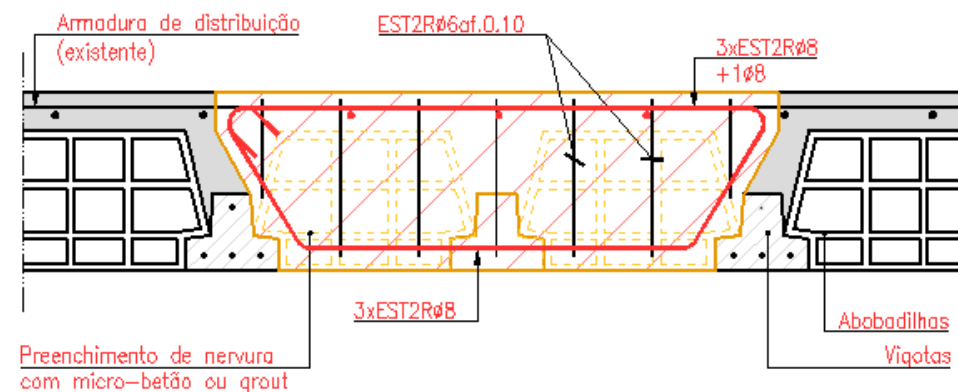
PORMENOR TIPO
CORETE COM CORTE DE 1 VIGOTA
REFORÇO
esc. 1:10

PLANTA

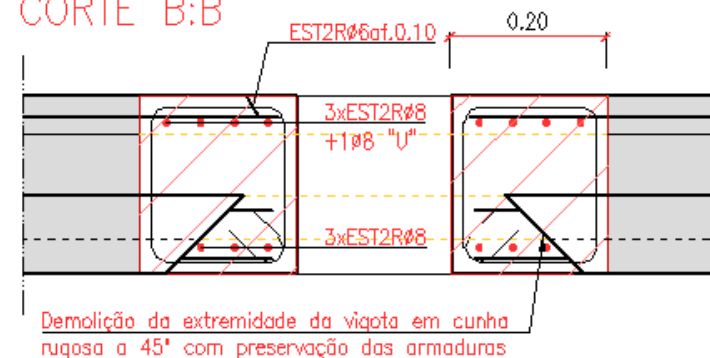


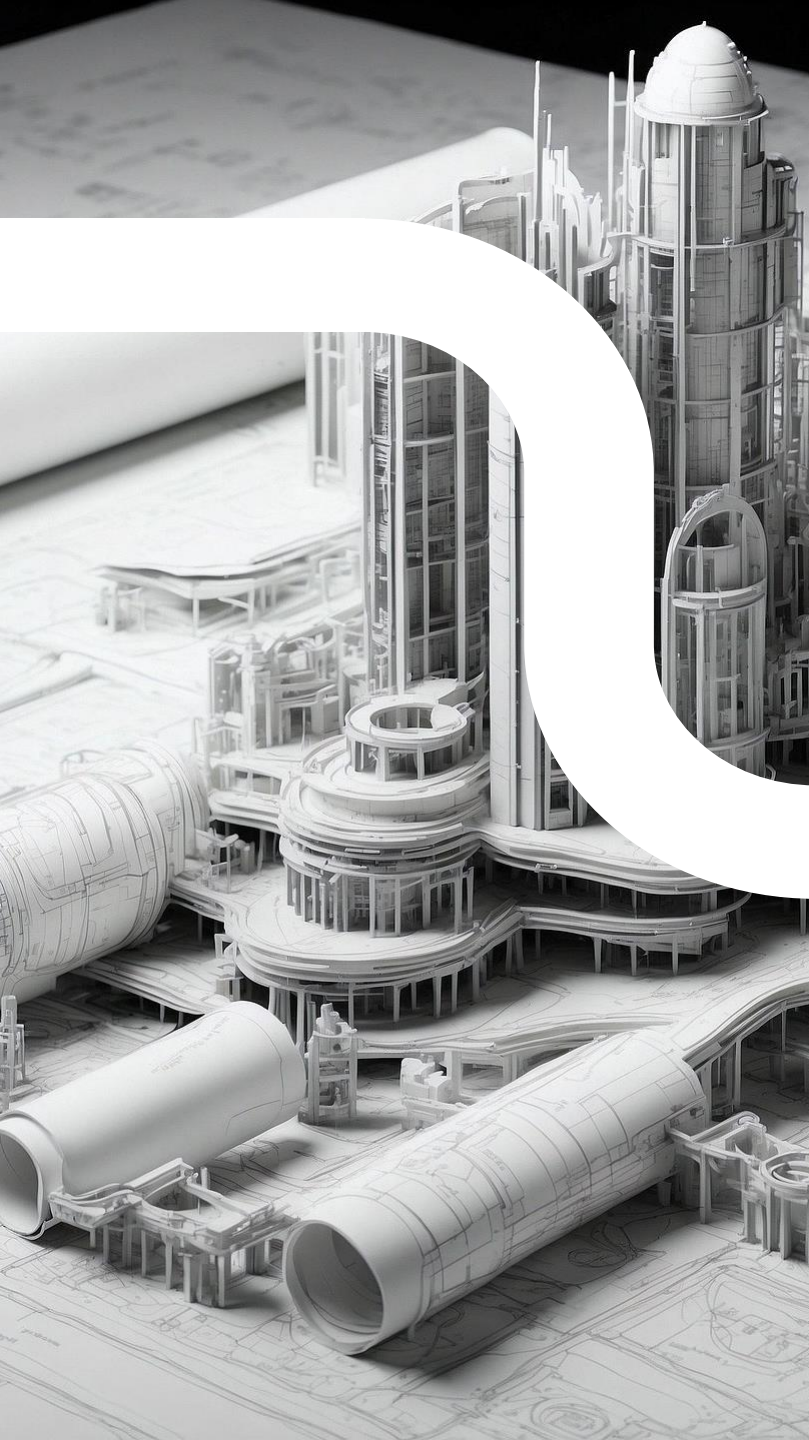
CORTE A:A

(a construir)



CORTE B:B





04

A OBRA

ANOMALIAS ESTRUTURAIS

Lajes e vigas



ANOMALIAS ESTRUTURAIS

Pilares



ELIMINAÇÃO DE ANOMALIAS ESTRUTURAIS



IGNITIONDOMAIN UNIPessoal LDA

REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO CIDADELA – USOS TURÍSTICO (HOTEL),
HABITACIONAL E COMERCIAL

CASCAIS

FUNDAÇÕES E ESTRUTURA

REPARAÇÃO DE ANOMALIAS NA ESTRUTURA EXISTENTE

NOTA TÉCNICA

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO.....	3
1	DANOS NA FACE INFERIOR DE LAJES ALIGEIRADAS.....	4
1.1	DESCRIÇÃO.....	4
1.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	4
2	EXPOSIÇÃO DE ARMADURAS EM VIGAS.....	5
2.1	DESCRIÇÃO.....	5
2.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	5
3	FURAÇÕES EM VIGAS SEM CORTE DE ARMADURAS.....	6
3.1	DESCRIÇÃO.....	6
3.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	6
4	FURAÇÕES EM VIGAS COM CORTE DE ARMADURAS.....	7
4.1	DESCRIÇÃO.....	7
4.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	7
4.2.1	SITUAÇÃO COM CORTE DE ARMADURA LONGITUDINAL.....	7
4.2.2	SITUAÇÃO COM CORTE DE ARMADURA TRANSVERSAL.....	7
5	EXPOSIÇÃO DE ARMADURAS EM PILARES.....	9
5.1	DESCRIÇÃO.....	9
5.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	9
6	CORTES EM PILARES.....	10
6.1	DESCRIÇÃO.....	10
6.2	PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO.....	10



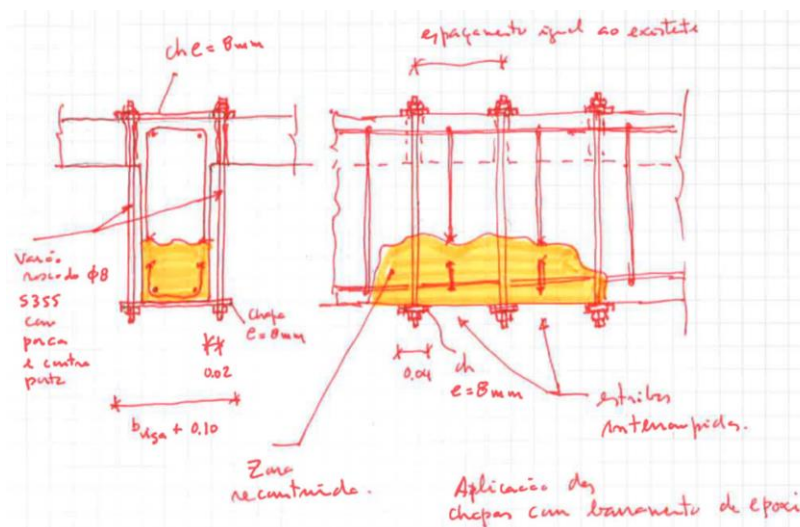
FURAÇÃO EM VIGAS SEM CORTE DE ARMADURAS

- Saneamento da superfície do betão, removendo os elementos degradados e soltos;
- Decapagem das armaduras à vista e aplicação dum produto anticorrosão tipo Mapefer;
- Aplicação de cofragem e betonagem da zona demolida com betão de granulometria fina ou Seciltek.

SITUAÇÃO COM CORTE DE ARMADURA TRANSVERSAL

Nota Prévia: Este procedimento é apenas necessário no caso de corte da armadura transversal em vigas com mais de 4m de vão e ocorrendo nos quartos de vão junto aos apoios.

- Saneamento da superfície do betão, removendo os elementos degradados e soltos.
- Decapagem das armaduras existentes e aplicação dum produto anticorrosão tipo Mapefer.
- Aplicação de cofragem e betonagem da zona demolida com betão de granulometria fina ou Seciltek.
- Aplicação de reforço exterior à viga de acordo com o seguinte esquema:



ELIMINAÇÃO DE ANOMALIAS ESTRUTURAIS



Reparação
das
abobadilhas



Proteção ao
fogo da
face inferior
das lajes



Reparação de pilares

OBRA - DEMOLIÇÕES



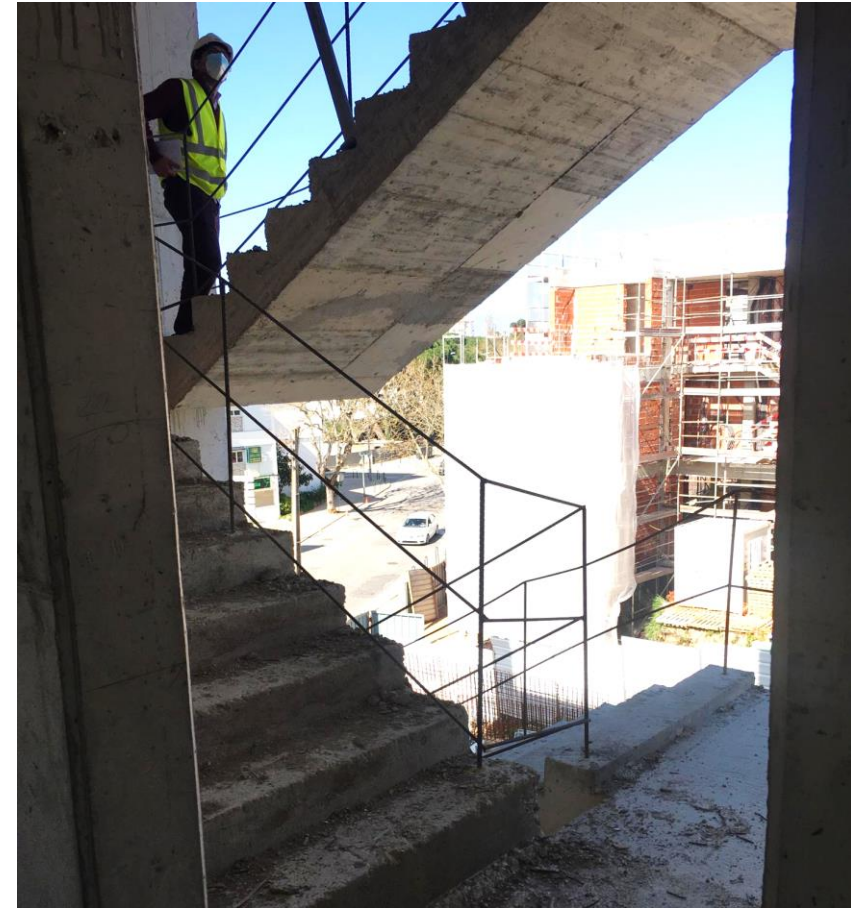
OBRA - ESCORAMENTOS



OBRA - FUNDAÇÕES ORIGINAIS



OBRA – NOVA ESTRUTURA



OBRA – NOVA ESTRUTURA



OBRA – CONCLUSÃO



LEGACY CASCAIS



OBRIGADO