 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 1 de 129

CONTRATANTE

**FUNDAÇÃO BUTANTAN**

ATENÇÃO

**Eng. Anderson Almeida Costa**

OBJETO

**PRÉDIO 59 – INFLUENZA**  
**Instituto Butantan - SP**

PEDIDO DE COMPRAS

**OC: 46233**

DESCRIÇÃO

**Investigações, análises e parecer técnico sobre a estrutura do prédio 59 - INFLUENZA**

PROJETO

**182**

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- ANEXO I – Projetos de Referência.


DOCUMENTOS RESULTANTES

R14-20 - Carmona Soluções de Engenharia - Investigação, análises e parecer técnico sobre a estrutura do prédio da DESCONTAMINAÇÃO.


R15-20 - Carmona Soluções de Engenharia - Investigação, análises e parecer técnico sobre a estrutura do prédio UTILIDADES.

OBSERVAÇÕES

EQUIPE TÉCNICA	
Eng. Ph.D. Antonio Carmona Filho	Consultoria
Eng. M. Sc. Tiago Garcia Carmona	Coordenação
Eng. M. Sc. Thomas Garcia Carmona	Inspeção de campo / Verificação
Eng. Roberto Veríssimo	Elaboração / Inspeção de campo
Eng. Thiago de Lima Zacarias	Elaboração / Inspeção de campo

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REV.
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	FOLHA
	02/10/2020	2 de 129

<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
1. OBJETO	3
2. OBJETIVO	3
3. DESCRIÇÃO	3
4. CONSTATAÇÕES E MEDIDAS DE CAMPO	4
5. ANÁLISE ESTRUTURAL	29
6. VERIFICAÇÃO DA SUPERESTRUTURA E FUNDAÇÕES	32
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
ANEXO I – PROJETOS DE REFERÊNCIA	58
ANEXO II – LOCAÇÃO DE PROSPECÇÕES	62
ANEXO III – CADASTRO SIMPLIFICADO ESTRUTURA METÁLICA	65
ANEXO IV – MEDIDAS DE CAMPO	67
ANEXO V – MONITORAMENTO DINÂMICO	90
ANEXO VI – INTERVENÇÕES E MODIFICAÇÕES	111
ANEXO VII – ANTE PROJETO DE REFORÇO	113
ANEXO VIII – PARECER SOBRE AS FUNDAÇÕES	115
ANEXO IX-PLANTA DE CARGAS DO TÉRREO	118
ANEXO X - ECOMETRIA	120

	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	3 de 129

## 1. OBJETO

Estrutura do edifício denominado por Prédio 59 – Influenza do Instituto Butantan, sito à Avenida Vital Brasil nº 1500 – Butantã – São Paulo – SP.

## 2. OBJETIVO

Verificar a capacidade da estrutura frente aos carregamentos existentes e futuros, avaliar a competência das alterações e adaptações estruturais outrora realizadas.

## 3. DESCRIÇÃO

Trata-se de uma edificação industrial utilizada para a produção e desenvolvimento de imunobiológicos destinados à saúde pública, basicamente soros e vacinas. O Prédio 59 – Influenza está inserido no complexo do Instituto Butantan, localizado à Avenida Vital Brasil, nº 1500.



Foto 1 - Vista aérea do Edifício – Prédio 59 - Influenza. (Adaptação de imagem: Google 2020).

O edifício possui estrutura, infraestrutura, pilares, pavimento térreo e mezanino em concreto armado, com forro técnico sustentado por treliças de grande altura (3,0 m). Os 5 níveis principais estão abaixo indicados:

- -1,20 – Porão: Local de depósito, acesso a instalações e acomodação de equipamentos utilizados para produção – Piso sobre terra.
- +1,50 – Térreo: Piso de produção e área administrativa – Estrutura em concreto armado.
- +5,20 – 1º Pavimento: Sala de Reuniões – Estrutura em concreto armado.

- +5,20 – Forro Técnico – Estrutura metálica.
- +8,20 – Mezanino: Instalações de tubos e equipamentos – Estrutura em concreto armado.
- +12,65 – Cobertura – Estrutura metálica.

Longitudinalmente a edificação possui 10 eixos com 7 pilares distantes de 8,0 metros (eixos 1 a 10) e transversalmente 7 eixos com 10 pilares distantes de 9,0 metros (eixos C a I). Totalizando dimensões principais de 81x48 metros, com área aproximada de 3.900 m<sup>2</sup>. O entendimento da geometria é facilitado pelos documentos de referência do Anexo I.

Em função das necessidades da produção, a edificação foi objeto de alterações de layout, que resultaram em intervenções diretas em sua estrutura, tais como, reforços para instalação de novos equipamentos, acomodação de diversas tubulações junto à estrutura metálica do mezanino e aberturas de grandes dimensões em lajes.

Buscando avaliar a segurança da estrutura do edifício e seu desempenho em serviço, esta empresa consultora foi contratada para realização de serviços de investigação e análise.

#### 4. CONSTATAÇÕES E MEDIDAS DE CAMPO

Em novembro de 2019 foram realizadas visitas ao local para procedimentos de inspeção, cadastramento e medidas de campo.



*Foto 2 - Vista externa da edificação.*

Para referenciar os elementos e auxiliar na compreensão deste relatório, a *Figura 1* e a *Figura 2*, indicam os principais elementos estruturais do mezanino e um corte típico da edificação.



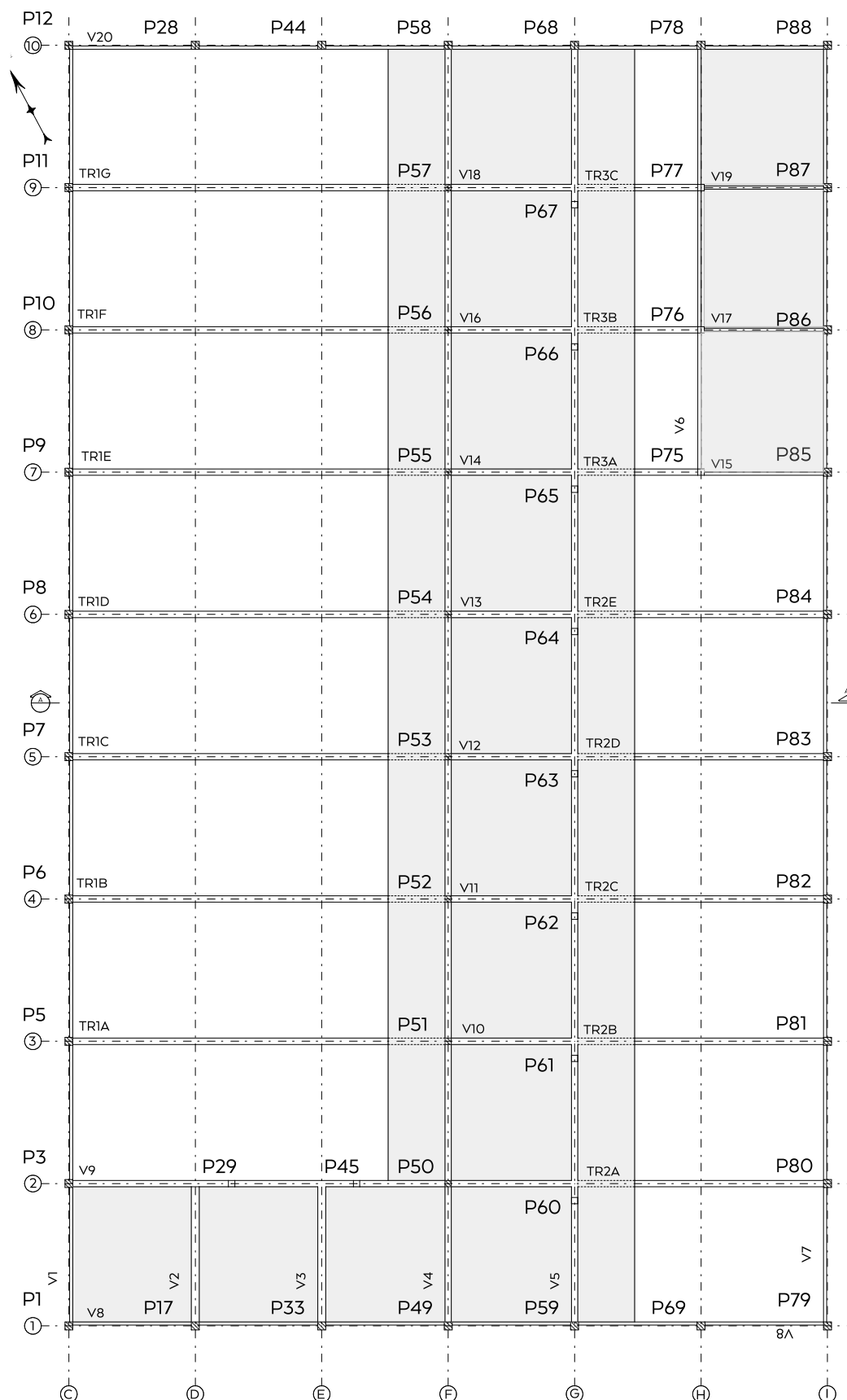
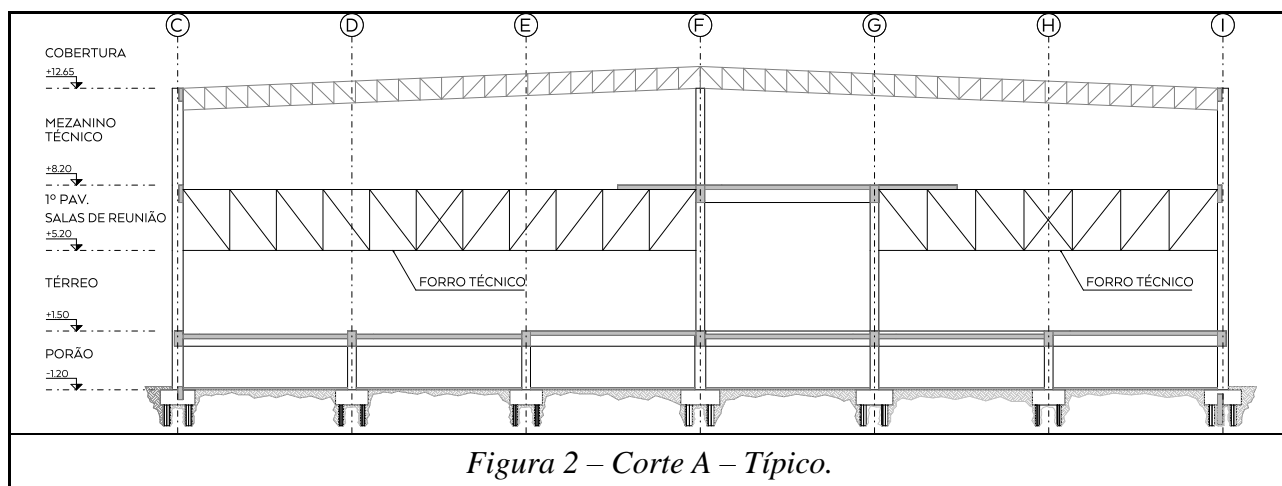


Figura 1 – Planta do mezanino – Nível +8,20.



#### 4.1 Prospecções destrutivas e cadastramento geométrico

De modo a averiguar a coerência entre a obra e o projeto quanto às dimensões das peças e sua armação (diâmetro, quantidade e disposição das barras), foram executadas prospecções destrutivas de forma amostral em lajes, vigas e pilares do pavimento térreo. Adicionalmente foram realizadas escavações para observação de blocos e estacas.

Também foram realizados testes de pacometria, auxiliando na definição dos locais de para realização das prospecções. A representação gráfica das constatações encontra-se no Anexo II.

A estrutura metálica que sustenta o forro técnico foi inteiramente cadastrada, pois sua configuração e dimensões de perfis não correspondem ao indicado nos documentos de referência encontrados. Esse cadastro geométrico compõe o Anexo III.



*Foto 3 – Vista do porão da edificação, face inferior das lajes e vigas do pavimento térreo.*



*Foto 4 – Vista geral das instalações sobre o forro técnico.*



*Foto 5 – Vista da estrutura metálica e instalações sobre o forro técnico.*





*Foto 6 – Vista da estrutura metálica no nível do forro técnico.*



*Foto 7 – Realização de pacometria para detecção de armaduras.*

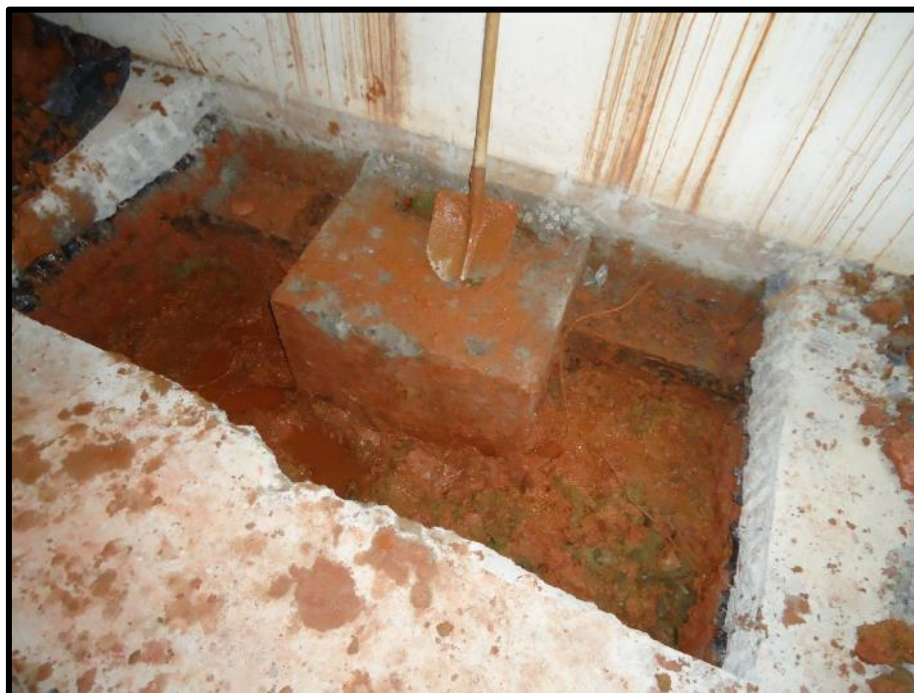


*Foto 8 – Prospeção destrutiva em viga para identificação dos diâmetros, quantidade e disposição de armaduras.*



*Foto 9 – Prospeção destrutiva em laje para identificação de diâmetros, quantidade e disposição de armaduras.*






*Foto 10 – Escavação de blocos de fundação.*



*Foto 11 – Vista do topo da estaca e face inferior do bloco.*

Foi elaborada uma tabela resumo, dos elementos estruturais prospectados, indicando as dimensões e armaduras investigadas por meio de rupturas localizadas e pacometria:

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 11 de 129

Elemento Estrutural	Base (cm)	Altura - $h_{LAJE}$ (cm)	Armadura positiva (cm <sup>2</sup> )	Estribos (cm <sup>2</sup> /m)
VIGA V3	41,3	52	18,8 (6 $\phi$ 20 mm)	6,03 ( $\phi$ 8 c/ 16 cm)
VIGA V16	41	-	-	-
VIGA 18	44,5	51,5	-	-

*Tabela 1 - Dimensões e armaduras de elementos prospectados, sem considerar a altura das lajes.*

Elemento Estrutural	Lance	b (cm)	h (cm)
PILAR P27	PORÃO	40,5	40,5
PILAR P74	PORÃO	40	40
PILAR P55	MEZANINO	40,5	40
PILAR P51	MEZANINO	32	32

*Tabela 2 - Dimensões de pilares.*

Elemento Estrutural	Pré-laje (cm)	Capa (cm)
Laje L53	5	15

*Tabela 3 - Dimensões de laje.*

Da análise das tabelas resumo e desenhos de cadastro de campo pode-se inferir que não há desvios significativos da estrutura em concreto executada em relação aos projetos de referência.

## 4.2 Medidas de campo

Para melhor caracterizar a condição atual da estrutura, foi realizada uma campanha de medidas de campo descrita nos itens a seguir. Os desenhos de locação e resultados detalhados das medidas encontram-se no Anexo IV deste relatório.

### 4.2.1 Resistência à Compressão

Para verificação da resistência à compressão do concreto foram extraídos testemunhos de concreto para preparação e realização de ensaios de resistência à compressão em laboratório especializado.



*Foto 12 – Testemunho de concreto identificado para a realização de ensaios laboratoriais.*

A tabela a seguir apresenta de forma resumida os resultados obtidos:

LOCALIZAÇÃO	ELEMENTO	TESTEMUNHO	$f_{ci,ext,inal}$ (MPa)	Relação h/d ( $k_1$ )	Efeito de extração ( $k_2$ )	Direção da extração ( $k_3$ )	Efeito da umidade ( $k_4$ )	$f_{ci,ext}$ (MPa)
Prédio 59 Influenza	Viga V3	T1	48,3	-0,02	0,09	0,05	-0,04	52,2
	Pilar P27	T2	56,1	-0,01	0,09	0,05	-0,04	61,1
	Viga V16	T3	40,8	-0,01	0,09	0,05	-0,04	44,5
	Pilar P74	T4	49	-0,02	0,09	0,05	-0,04	52,9
Média								52,7
Desvio Padrão								6,8
CV (%)								13%
$f_{ck,ext,seg}$ (MPa)*								44

\* Calculado com o estimador de amostragem parcial (NBR 12655:2015)

*Tabela 4 - Tabela de dados e resultados de resistência à compressão do concreto.*

Os resultados laboratoriais indicam que o concreto utilizado na estrutura atende à especificação de projeto, que é  $f_{ck} \geq 25$  MPa.

#### 4.2.2 Velocidade de Propagação de Ondas de Ultrassom

Este é um método não destrutivo para avaliação das características do concreto, normalizado pela NBR 8802:2013 Concreto Endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica, sendo complementada pela UNE-EN-12504-4 “Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.”



*Foto 13 – Medida de velocidade de propagação de ondas de ultrassom – Medida direta.*


Determina-se a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultrassônicos, através de um elemento de concreto e tem como principais aplicações:

- Verificação da homogeneidade do concreto;
- Detecção de eventuais falhas internas de concretagem e outras imperfeições;
- Monitoramento da variação das propriedades do concreto ao longo do tempo, decorrente de agressividade do meio, ganho de resistência etc.

De acordo com o “Manual de Inspeção, Avaliação e Diagnóstico de Corrosão em Estruturas de Concreto Armado” do CYTED, quanto mais compacto for o material, maior é a velocidade de propagação. Os valores de referência se encontram na tabela a seguir:

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO (m/s)	QUALIDADE DO CONCRETO
< 2.000	Deficiente
2.001 a 3.000	Normal
3.001 a 4.000	Alta
> 4.000	Durável

*Tabela 5 – Qualidade do concreto em relação à velocidade de propagação.*

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 14 de 129

A calibração do aparelho de ultrassom é realizada previamente a cada ensaio por meio de uma barra cilíndrica na qual o tempo medido deve corresponder a um tempo pré-estabelecido. A tabela a seguir mostra um resumo dos resultados obtidos:

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRASSOM					
ENSAIO	LOCALIZAÇÃO	ELEMENTO	VELOCIDADE (m/s)	QUALIDADE DO CONCRETO	MEDIDA
US1	Térreo	VIGA 3	4.326	Durável	Direta
US2	Térreo	PILAR 27	4.327	Durável	Direta
US3	Térreo	VIGA 6	4.286	Durável	Direta
US4	Térreo	PILAR 74	4.145	Durável	Direta
US5	Térreo	VIGA 9	4.068	Durável	Direta
US6	Térreo	PILAR 67	4.222	Durável	Direta
US7	Térreo	VIGA 5	4.097	Durável	Direta
US8	Térreo	VIGA 18	4.128	Durável	Direta
US9	Mezanino	PILAR 55	3.869	Alta	Direta
US10	Mezanino	PILAR 55	3.700	Alta	Direta
<b>MAIOR</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>MENOR</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	
4.327	4.117	3.700	202	5%	

*Tabela 6 - Tabela resumo dos resultados dos ensaios de velocidade de propagação de ondas de ultrassom.*

Os resultados obtidos nas medidas de ultrassom apresentaram velocidades em torno de 4.000 m/s, indicando um material de boa qualidade, sem falhas ou vazios de grandes dimensões, coerente com a resistência obtida por meio dos testemunhos extraídos.


#### 4.2.3 Profundidade de Carbonatação

Inicialmente o pH do concreto é básico, dessa forma a barra de aço encontra-se protegida contra a corrosão devido à formação de uma camada fina de óxidos e hidróxidos de ferro, conhecida como “camada de passivação”.

No entanto essa situação de equilíbrio é quebrada quando por meio da porosidade, ou por fissuras presentes no concreto, há a entrada de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) originado, por exemplo, por motores de combustão (automóveis e máquinas), dessa forma o CO<sub>2</sub> reage com o hidróxido de cálcio resultando em carbonato de cálcio e água, o que reduz o pH do concreto.

Ao entrar em contato com a armadura, o CO<sub>2</sub> desencadeia a destruição da camada passivante. Existindo a umidade e o oxigênio tem início o processo de corrosão do aço, conhecido como corrosão eletroquímica por carbonatação.



	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	15 de 129

Para se detectar a ocorrência do fenômeno, utiliza-se um indicador químico como, por exemplo, a fenolftaleína. Este indicador muda de coloração quando em contato com substâncias de pH básico. Ao se borrifar o indicador sobre o concreto é mostrada a profundidade da frente de carbonatação possibilitando averiguar se esta já atingiu a armadura.



*Foto 14 – Profundidade de carbonatação mediante a aspensão de solução de fenolftaleína, em testemunho de concreto.*

Em função da idade da estrutura e da profundidade de carbonatação média encontrada, pode-se calcular o coeficiente de carbonatação do concreto ( $k$ ). Existem faixas empíricas que qualificam o concreto de acordo com esses valores.

- $k \leq 3 \text{ mm/h}^{1/2}$  - Concretos duráveis;
- $3 < k < 6 \text{ mm/h}^{1/2}$  - Concretos normais;
- $k \geq 6 \text{ mm/h}^{1/2}$  - Concretos deficientes.



*Foto 15 – Profundidade de carbonatação mediante a aspensão de solução de fenolftaleína, em laje.*

A tabela a seguir mostra um resumo dos resultados obtidos:

PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO						
ENSAIO	LOCALIZAÇÃO	ELEMENTO	Espessura carbonatada e (mm)	Coefficiente de carbonatação k (mm/ano <sup>1/2</sup> )	Cobrimento (mm)	Classificação do Concreto
Ca1	Térreo	VIGA 3	21	5,42	29	Normal
Ca2	Térreo	PILAR 27	13	3,36	30	Normal
Ca3	Térreo	VIGA 16	23	5,94	23	Normal
Ca4	Térreo	PILAR 74	27	6,97	31	Deficiente
Ca5	Térreo	LAJE 9	27	6,97	17	Deficiente
Ca6	Térreo	LAJE 53	34	8,78	16	Deficiente
Média			24,2	6,24	24,33	
Desvio Padrão			7,1	1,8	6,7	
CV %			29%	29%	27%	

*Tabela 7 – Tabela resumo dos resultados de profundidade de carbonatação.*

Segundo o critério baseado no coeficiente de carbonatação, o concreto apresenta variações significativas, podendo ser classificado como normal ou deficiente. É possível concluir que existem locais nos quais a armadura encontra-se desprotegida (despassivada) quanto à corrosão, como é o caso das lajes do pavimento térreo.

#### 4.2.4 Dureza Superficial

Como parâmetro adicional da qualidade do concreto das peças em análise, foram realizadas medidas de dureza superficial, utilizando-se o ensaio normalizado pela ABNT NBR 7584:2012.

Trata-se de um método não destrutivo que emprega o esclerômetro de Schmidt, um equipamento baseado na reflexão de uma massa impulsionada por uma mola.



*Foto 16 – Medida de dureza superficial com esclerômetro.*

A tabela a seguir mostra um resumo dos resultados obtidos:

DUREZA SUPERFICIAL				
ENSAIO	LOCALIZAÇÃO	ELEMENTO	MATERIAL	ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO
DS1	Térreo	VIGA 3	concreto	37
DS2	Térreo	PILAR 27	concreto	39
DS3	Térreo	VIGA 16	concreto	35
DS4	Térreo	PILAR 74	concreto	36
DS5	Térreo	VIGA 9	concreto	38
DS6	Térreo	PILAR 67	concreto	36
DS7	Térreo	VIGA 5	concreto	39
DS8	Térreo	VIGA 18	concreto	38
DS9	Mezanino	PILAR 55	concreto	30
DS10	Mezanino	PILAR 51	concreto	29
Média				36
Desvio Padrão				3,5
CV %				10%

*Tabela 8 – Tabela resumo dos resultados dos ensaios esclerométricos.*

Os índices obtidos permitem uma boa visão estatística de uniformidade do material e podem, eventualmente, ser correlacionados com a resistência do concreto, embora com baixa confiabilidade.

Para a estrutura em questão os índices são bastante elevados e com pouca variação, coerentes com os resultados de resistência à compressão já apresentados.

#### 4.2.5 Potencial Elétrico de Corrosão

Em 1975, Van Daveer estabeleceu faixas empíricas de potenciais associadas ao risco de corrosão, a partir de um extensivo trabalho realizado pela Federal Highways Administration, CA - EUA, no qual 473 tabuleiros de pontes contaminadas com cloretos foram inspecionados. Em 1977 a ASTM normalizou a técnica de potenciais de corrosão para uso em concreto (ASTM C 876).

Por meio deste ensaio, obtém-se a diferença de potencial elétrico entre o eletrólito e armadura utilizando como referência a célula de cobre/sulfato de cobre.

O aparelho para esta medida consiste num milivoltímetro de alta impedância, eletrodo de referência, esponja umedecida com solução tenso-ativa e conexões elétricas.

A superfície do concreto deve ser umedecida de maneira uniforme para os ensaios, o que foi obtido por meio de aspersão de água em ciclos. Conecta-se o pólo negativo ao eletrodo de referência e o pólo positivo a um determinado ponto da armadura, previamente exposta.

O eletrodo de referência é móvel e pode ser colocado em diversos pontos da superfície do concreto, enquanto o milivoltímetro registra os diferentes potenciais.



*Foto 17 – Medida de potencial elétrico de corrosão.*

O critério de avaliação desta medida segundo a ASTM C 876 é:

- > -200 mV (probabilidade de corrosão menor que 10%);
- Entre -200 e -350 mV (probabilidade de corrosão incerta);
- < -350 mV (probabilidade de corrosão maior que 90%).

ENSAIO	LOCALIZAÇÃO	ELEMENTO	TENSÃO ELÉTRICA (mV)	Probabilidade de corrosão
Po1	Térreo	VIGA V3	-84	<10%
Po2	Térreo	PILAR 27	-154	<10%
Média			-119	
Desvio Padrão			49,5	
Coeficiente de Variação			41%	

*Tabela 9 - Potencial elétrico de corrosão.*

Os potenciais de corrosão observados são baixos, justificando a quase inexistência de manifestações típicas de corrosão de armaduras, sendo coerentes com o micro clima no qual se encontra inserida.



#### 4.2.6 Integridade das estacas - Ecometria

É um método de ensaio não destrutivo para a avaliação de integridade de estacas de fundação, que consiste na excitação do elemento de fundação por meio de impulsos mecânicos resultando em uma onda de tensão, que se propaga pela estrutura em teste. O impulso e a reflexão em uma eventual anomalia ou ponta da estaca são registrados por um equipamento de alta sensibilidade.

O impulso mecânico emitido na extremidade acessível da estaca produz uma onda elástica que percorre o material com uma velocidade ( $V$ ) em função da sua densidade. A energia transportada pela onda é reduzida ao percorrer a extensão da estaca e em condições ideais é desenvolvida regularmente e obedece a uma lei logarítmica.




*Foto 18 – Realização da ecometria.*

Quando a onda elástica encontra uma variação ou descontinuidade, ocorre a reflexão de uma parcela da sua energia e o restante segue o percurso, a análise da reflexão junto à fase do impulso, permite inferir parâmetros tais como o comprimento da estaca, interrupção, má qualidade do concreto e variação da seção.

A seguir apresenta-se a tabela indicando o comprimento medido.

ESTACA	COMPRIMENTO MEDIDO (m)	OBSERVAÇÕES
C - P43	15,26	Estaca Íntegra
A - P43	15,20	Estaca Íntegra
A - P68	15,24	Estaca Íntegra

*Tabela 10 - Tabela resumo dos comprimentos medidos.*

	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 21 de 129

Os resultados indicam que as estacas, submetidas ao ensaio, estão aparentemente íntegras e com comprimento aproximado de 15 metros atendendo às especificações dos projetos de referência.

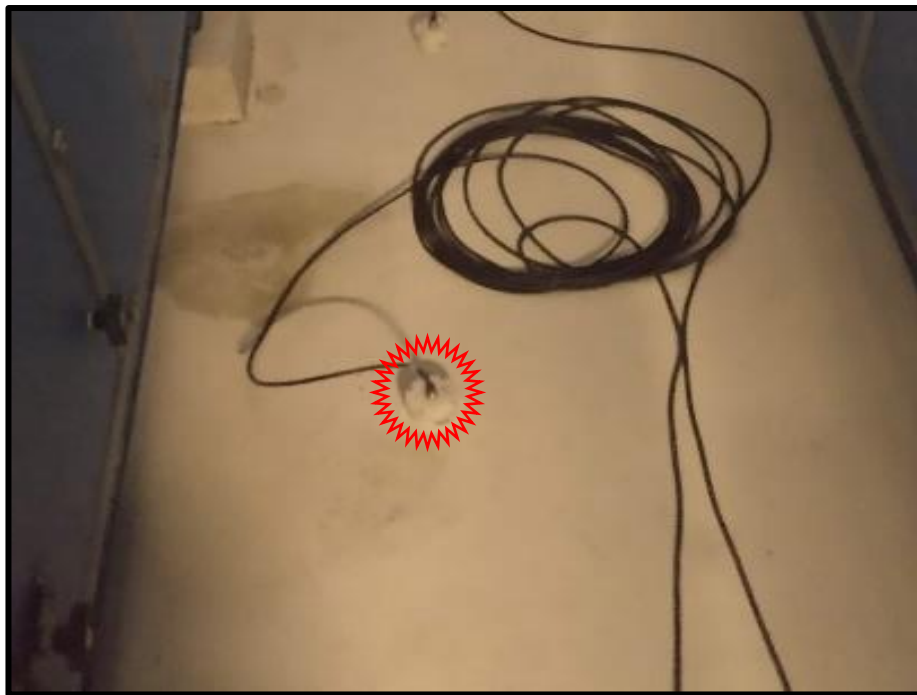
#### 4.2.7 Instrumentação Dinâmica

A operação de máquinas, trânsito local e outras fontes de excitação provocam vibrações mecânicas que são absorvidas pela estrutura e transmitidas aos usuários inclusive pelo piso, podendo gerar desconforto, redução da produtividade e até danos à saúde.

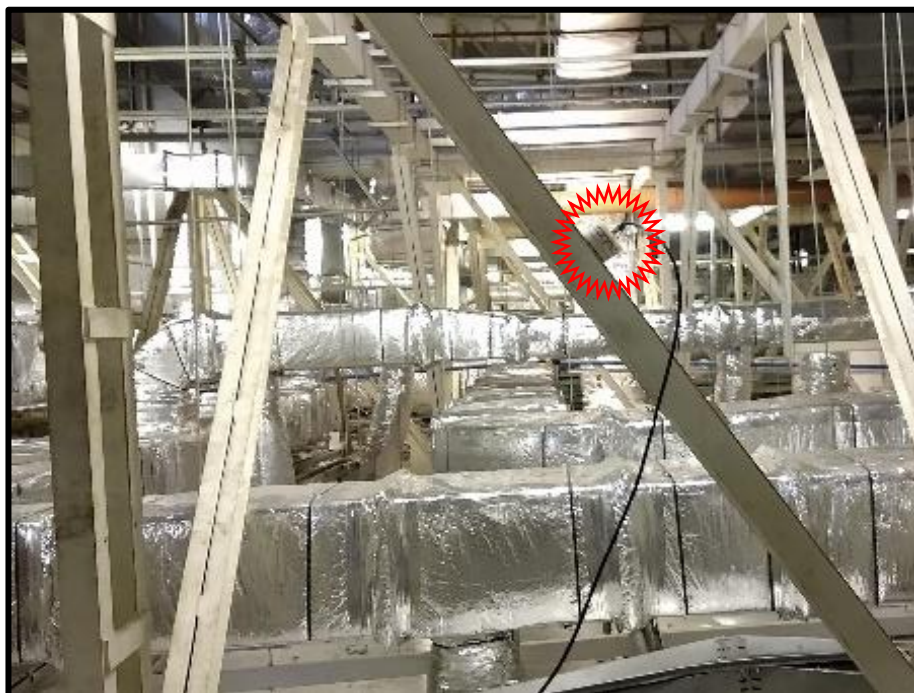
O comportamento do edifício frente às ações de vibração é função da concepção estrutural, intensidade e frequência dos esforços gerados. Por meio do ensaio dinâmico é possível mensurar os níveis de vibração na estrutura e suas consequências para a edificação e conforto humano.

Para a caracterização da frequência natural das lajes e dos equipamentos sobre elas, foram fixados transdutores de aceleração na estrutura, nas direções horizontal e vertical, totalizando 40 pontos.

No pavimento térreo os transdutores foram fixados na face inferior das lajes, devido à restrição de acesso ao nível térreo. A locação dos pontos de monitoramento encontra-se no Anexo V.



*Foto 19 – Transdutor fixo a face superior da laje do mezanino.*



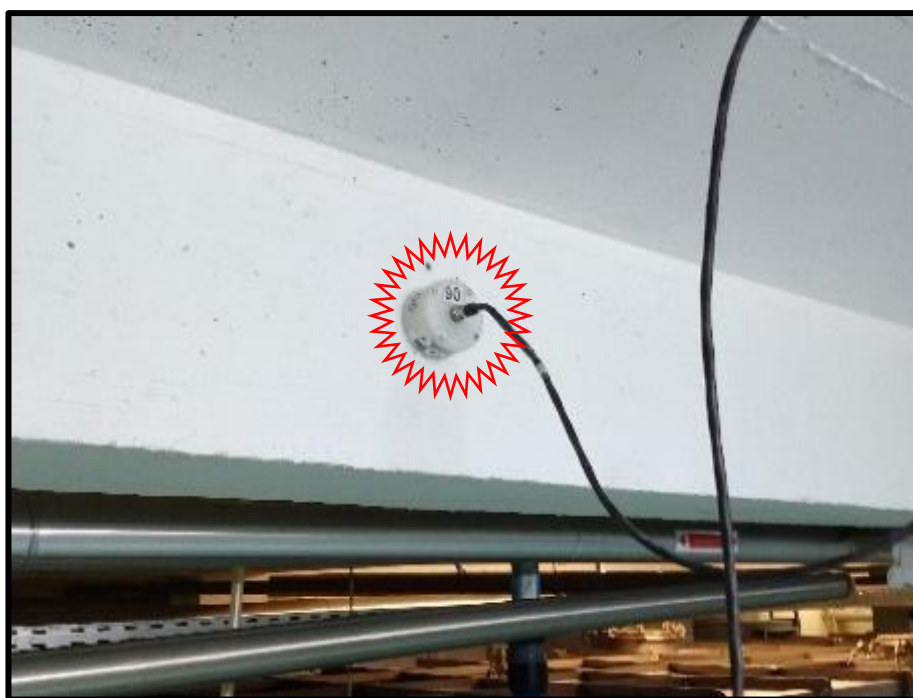
*Foto 20 – Transdutor fixo a estrutura metálica do mezanino.*



*Foto 21 – Transdutor fixo em pilar do mezanino.*



*Foto 22 – Transdutores fixos a estrutura metálica.*



*Foto 23 – Transdutor fixo em viga do mezanino.*





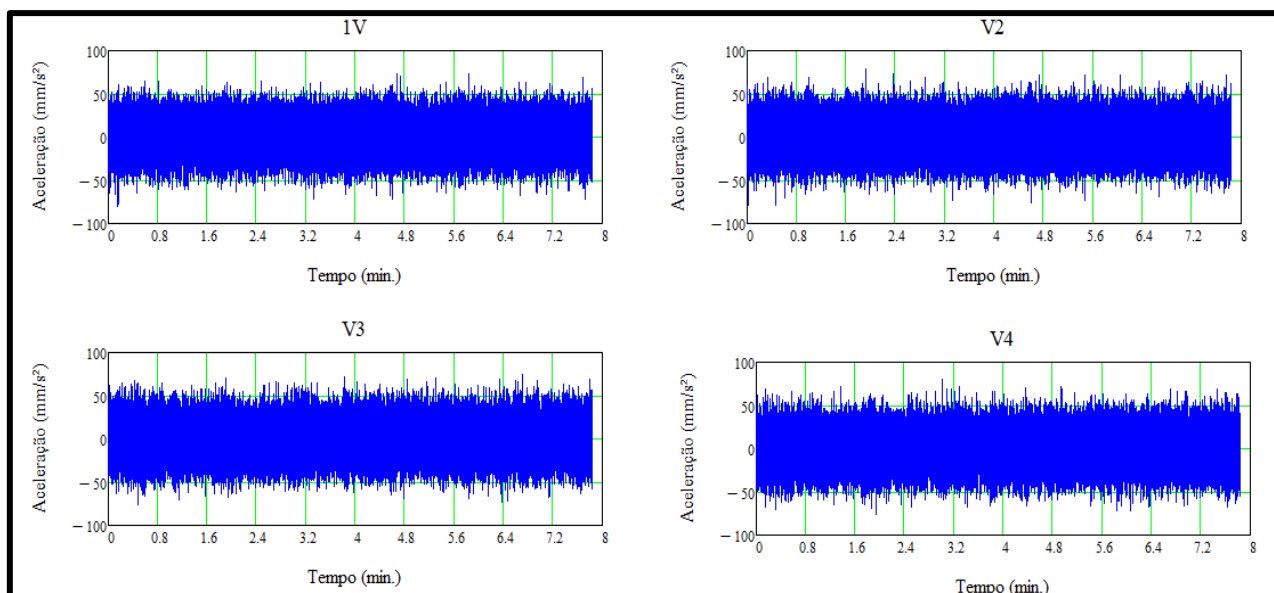
*Foto 24 – Transdutor fixo na face inferior de laje do térreo.*



*Foto 25 – Transdutor fixo em estrutura metálica de reforço das lajes do térreo.*

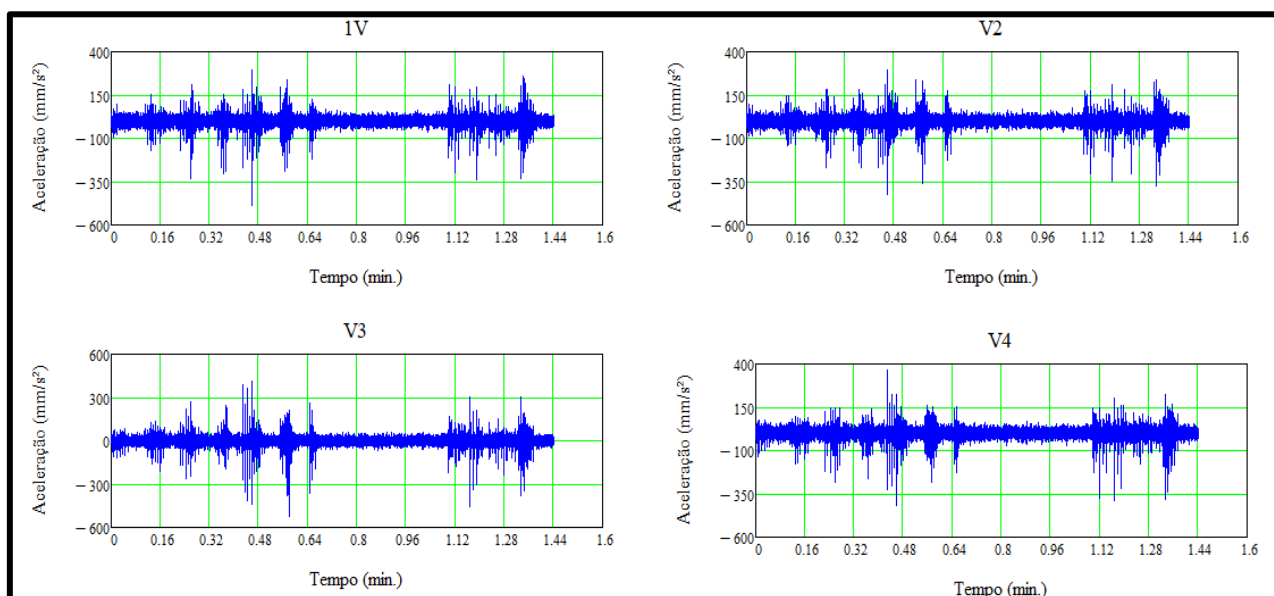


Todos os transdutores foram conectados a um sistema de aquisição, com canais amplificadores e filtros, os dados coletados foram registrados e analisados, obtendo-se como resultado gráficos de aceleração ao longo do tempo.



*Gráfico 1 - Aceleração x tempo - vibração provocada pelos equipamentos.*

Também foram obtidos picos de aceleração no instante de excitação da estrutura, provocada por pulsos durante o monitoramento.



*Gráfico 2 - Aceleração x tempo - vibração induzida por pulsos.*

Com base nos dados dos gráficos de aceleração x tempo foram obtidos os espectros de potência.

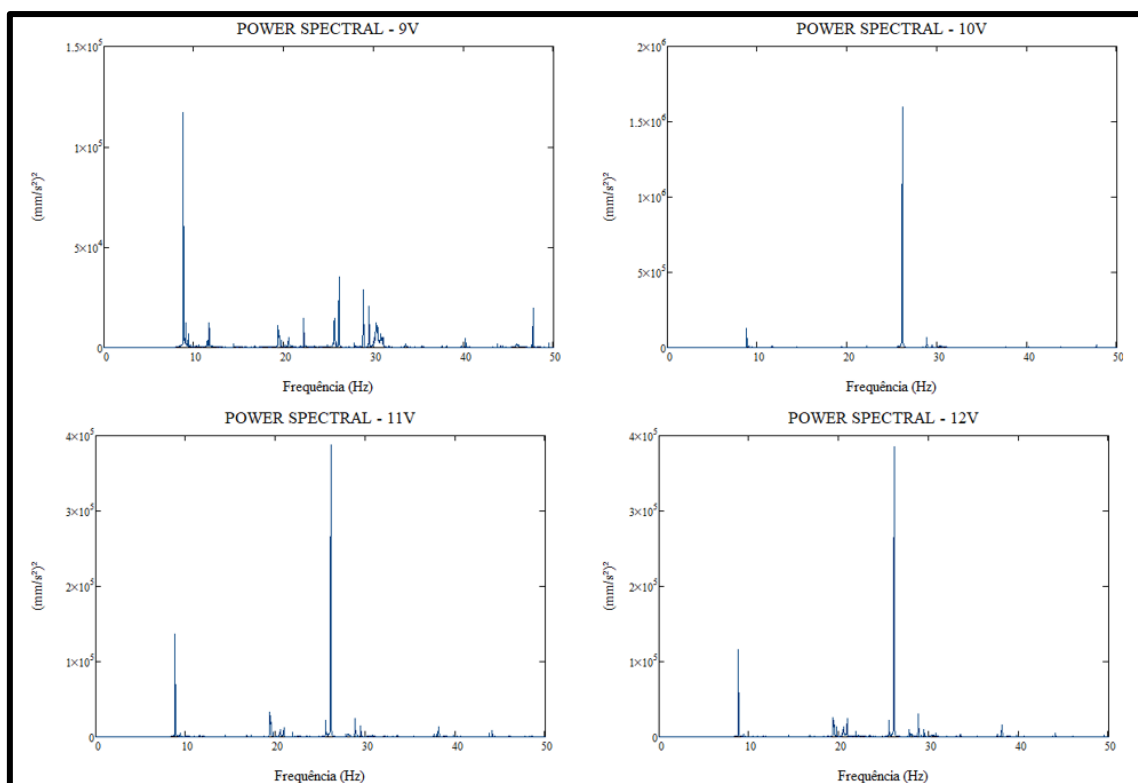


Gráfico 3 - Espectro de potência - vibração provocada pelos equipamentos.

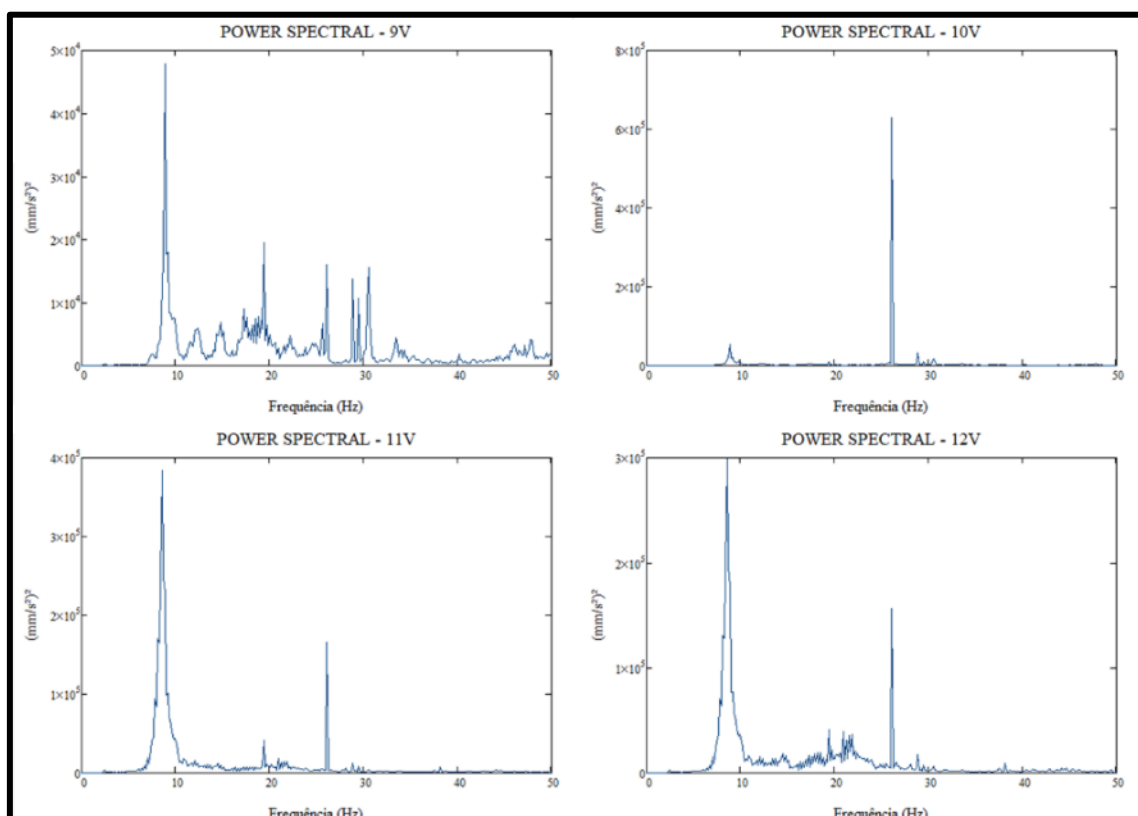


Gráfico 4 - Espectro de potência - vibração induzida por pulso.

As frequências naturais da estrutura estão no intervalo de 8,5 a 10,9 Hz que comparadas com as frequências de vibração dos equipamentos com valores de 26,1 e 49,9 Hz são muito inferiores, minimizando o risco da estrutura entrar em ressonância.

A avaliação do conforto é realizada por meio da comparação dos níveis de aceleração medidos em relação às curvas limite normativas, que estabelecem o nível de conforto de acordo com a aceleração em valores RMS (Root Mean Square).

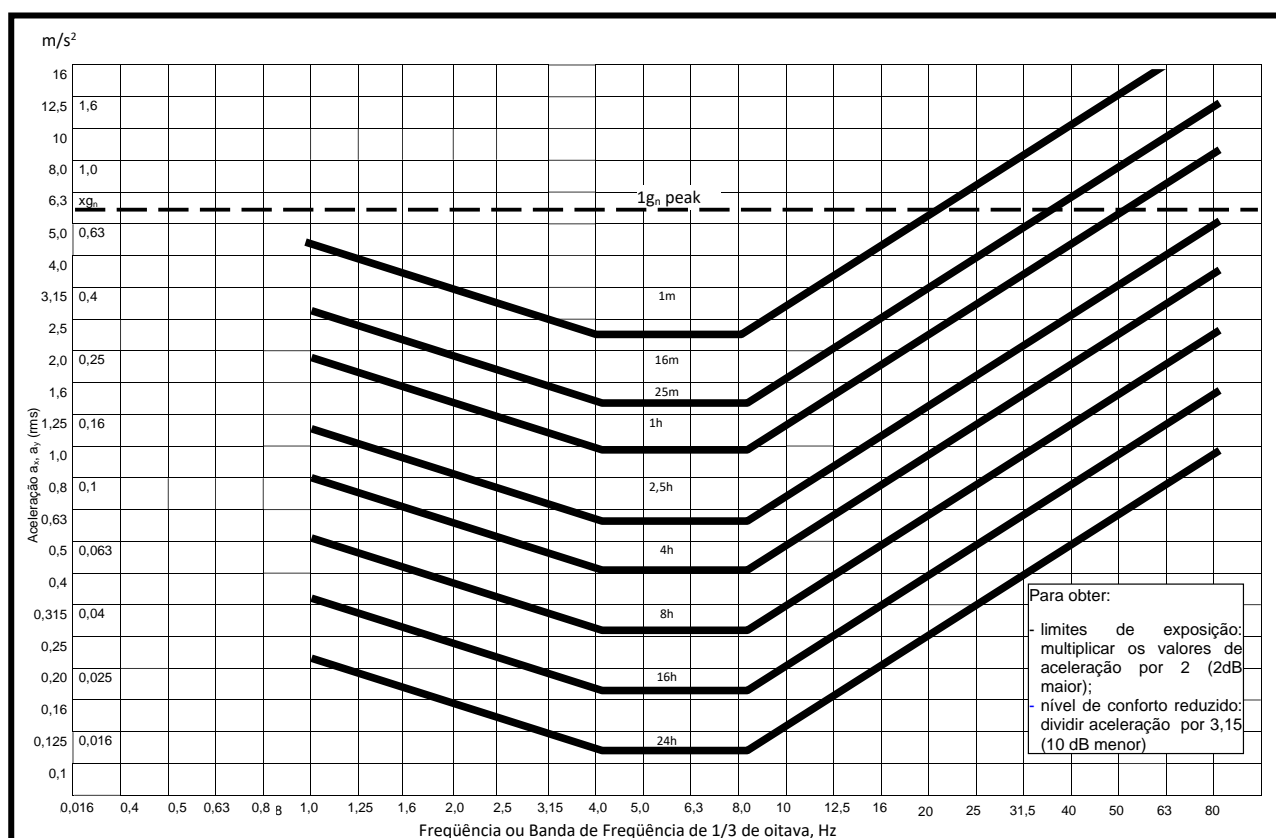


Gráfico 5 – Limite de aceleração longitudinal (pessoa em pé) como função da frequência e tempo de exposição para nível reduzido de eficiência (fadiga) – ISO 2631/1.

Os gráficos comparativos entre as acelerações medidas e os limites normativos são apresentados a seguir:

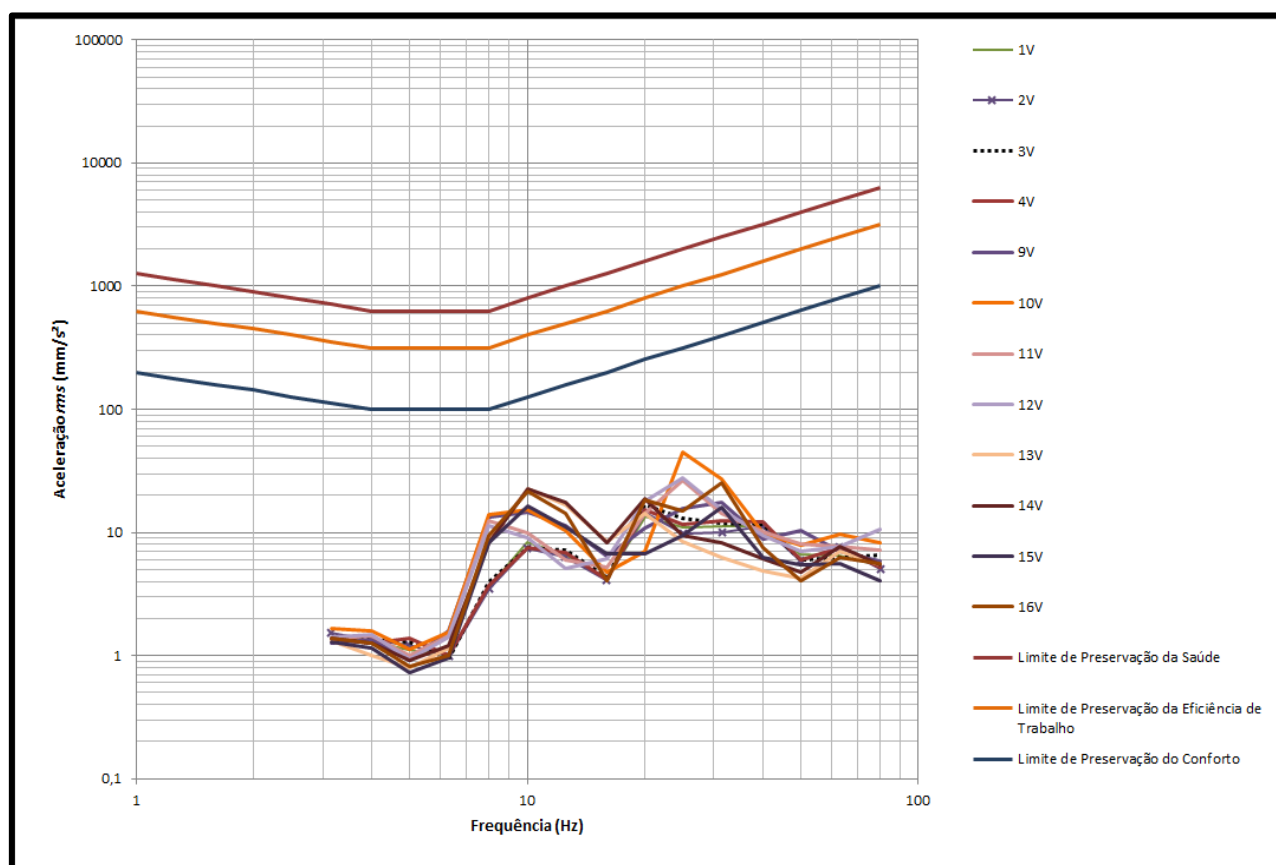


Gráfico 6 - Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas - Mezanino.

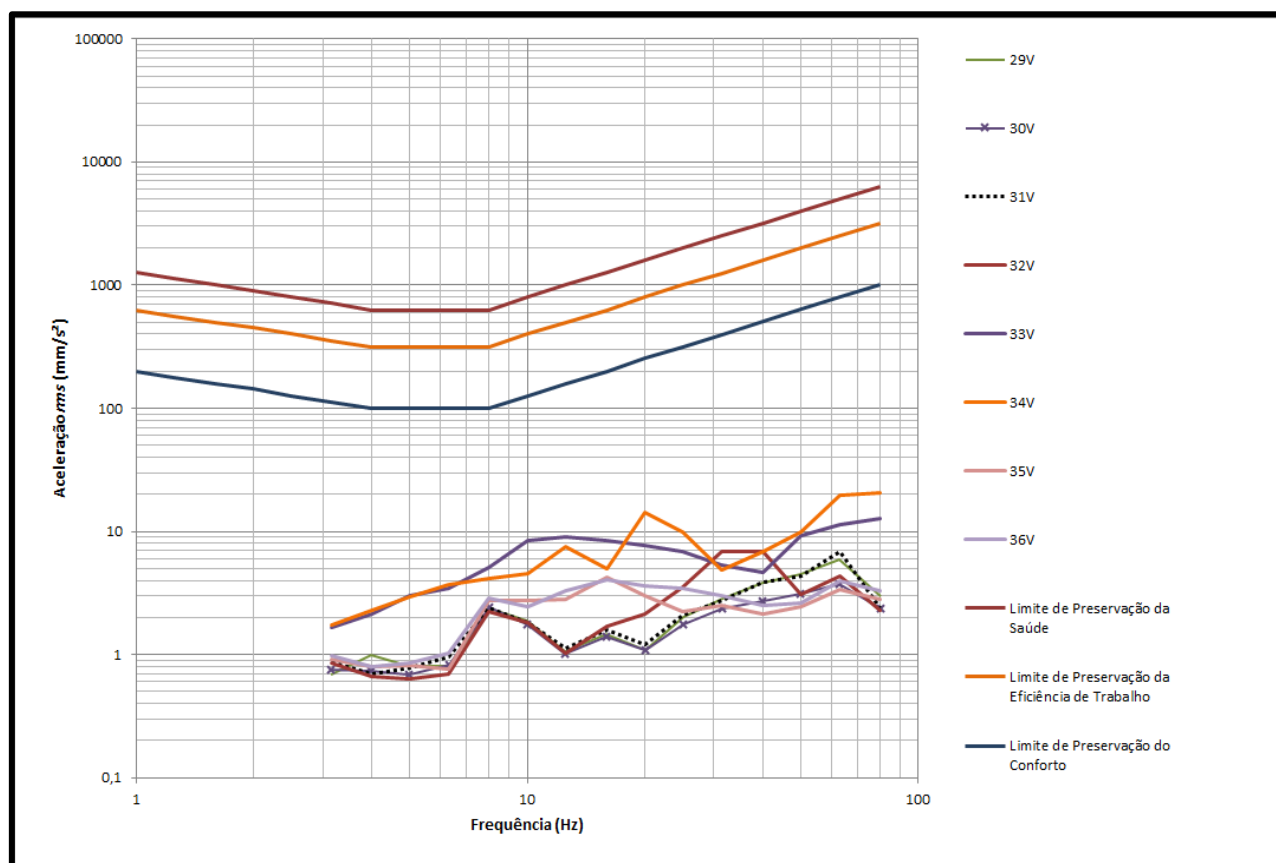


Gráfico 7 - Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas - Térreo.

A configuração de transdutores para monitorar as vibrações cometidas pelo acionamento e desligamento das centrífugas instaladas no térreo apresenta como resultado o gráfico a seguir, é importante destacar que esta configuração foi monitorada por 12 horas.

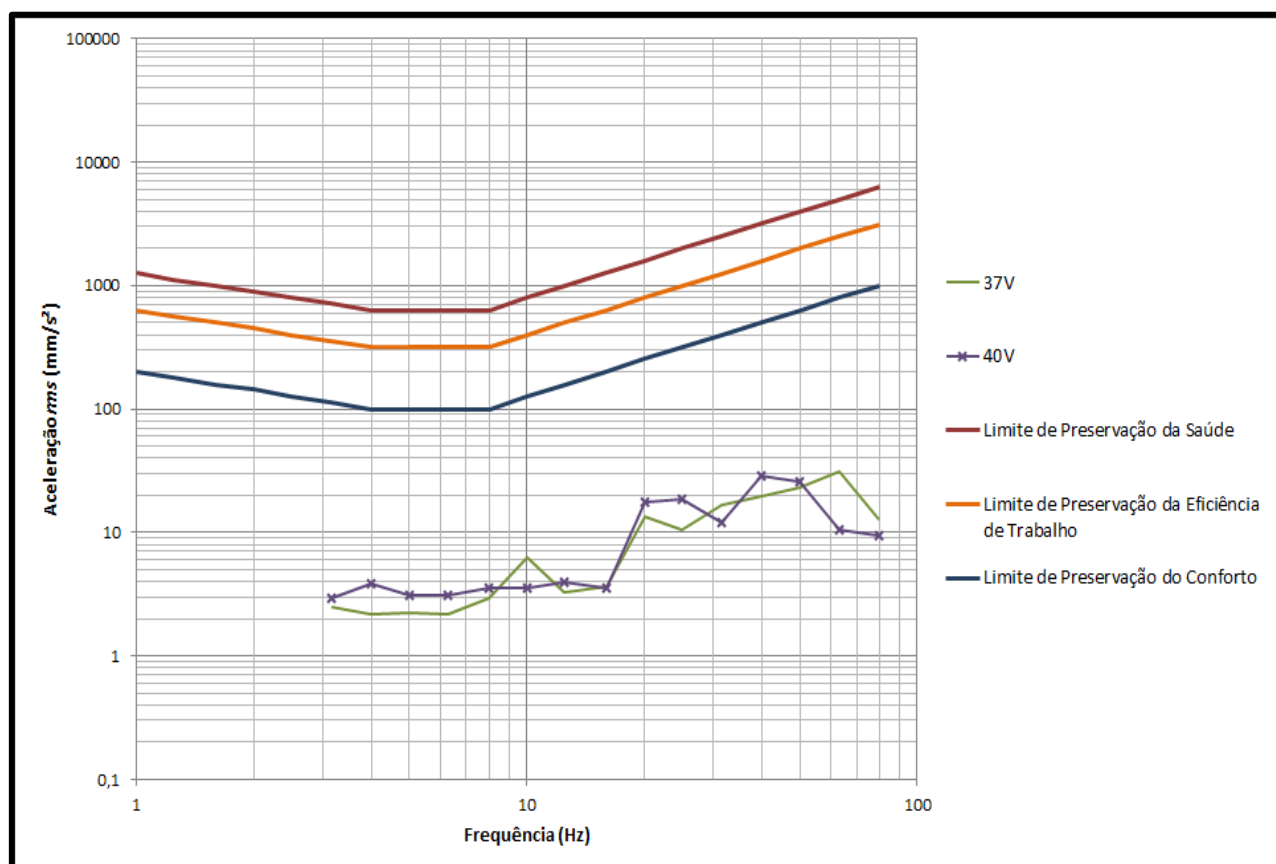


Gráfico 8 - Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas - Térreo.

Nota-se que em todos os casos os níveis de vibração aferidos são inferiores aos limites de preservação do conforto preconizados pelas normas, não sendo prejudicial aos colaboradores que exercem suas atividades nestes locais.

## 5. ANÁLISE ESTRUTURAL

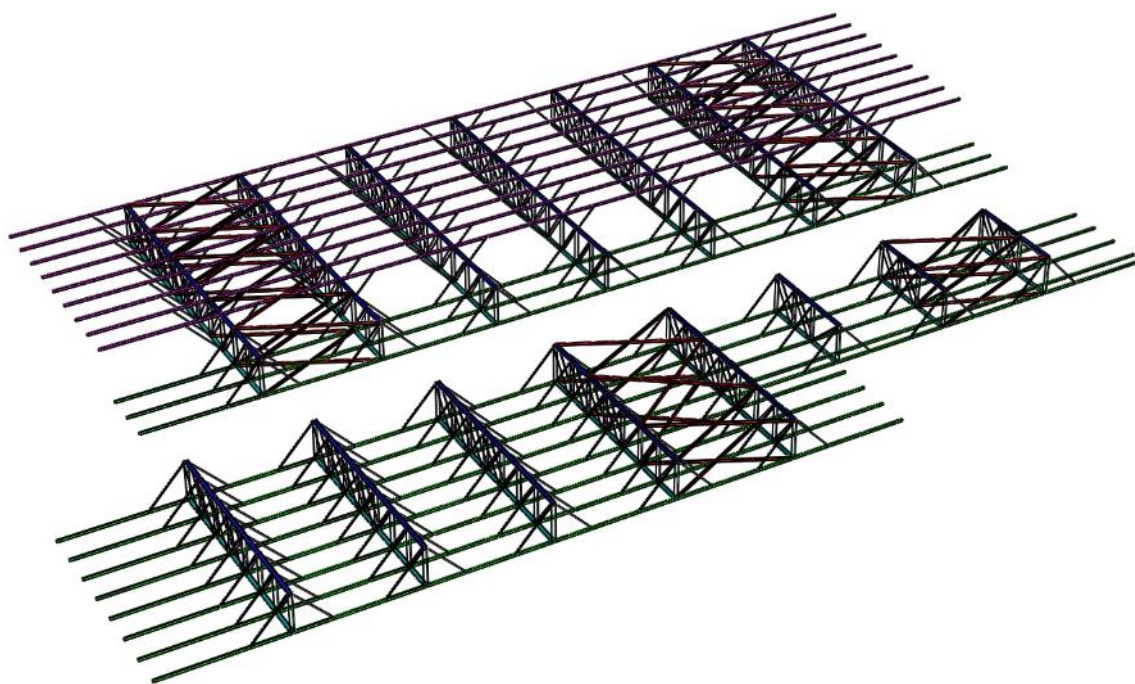
Para analisar o comportamento estrutural foram elaborados modelos computacionais, para a estrutura metálica e para a estrutura de concreto armado. As reações do modelo da estrutura metálica foram aplicadas ao modelo da estrutura em concreto armado.

### 5.1 Modelos estruturais

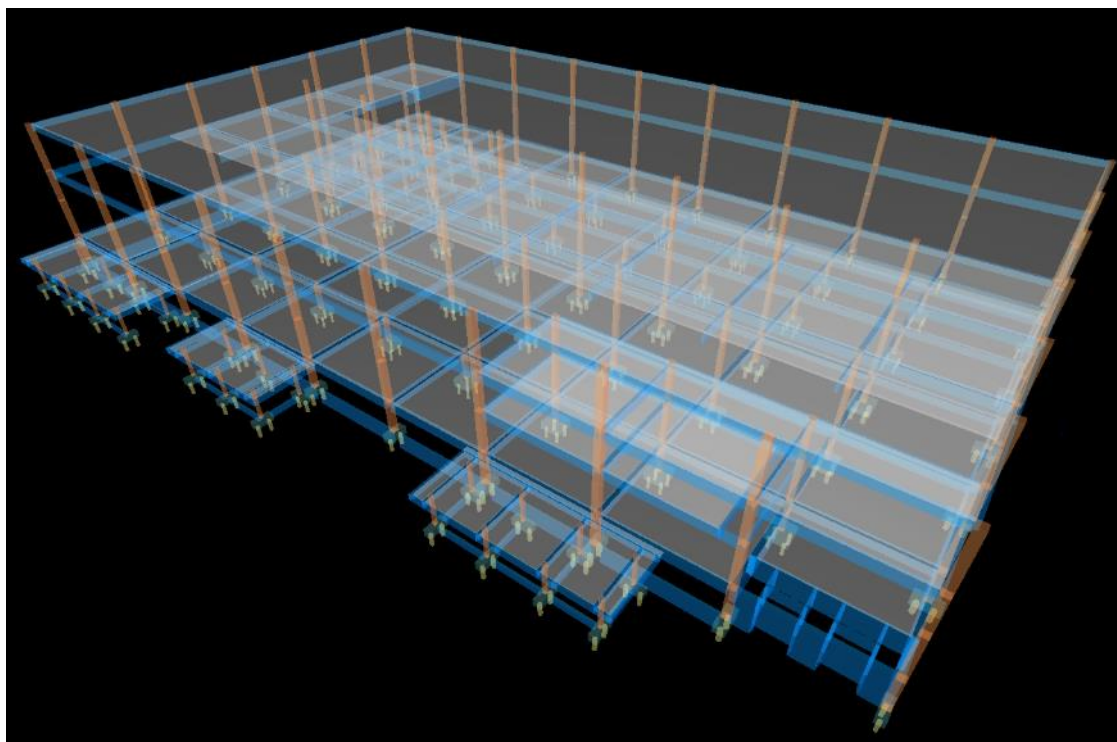
O modelo da estrutura metálica consiste em barras horizontais, verticais e inclinadas que representam os banzos, montantes e diagonais, respectivamente. Já o modelo da estrutura em concreto armado é composto por barras horizontais e verticais, que representam vigas e pilares, respectivamente, e elementos de placa para representar as lajes.

As propriedades geométricas estão de acordo com as informações coletadas em campo e documentos de referência. A seguir são apresentadas imagens em perspectiva tridimensional dos modelos computacionais da estrutura.






*Figura 3 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura metálica.*



*Figura 4 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em concreto.*

## 5.2 Materiais

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 31 de 129

As características dos materiais utilizados nas verificações estão conforme os projetos de referência e resumidos na tabela a seguir:

Concreto	Resistência Característica à compressão $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade Secante $E_{cs} = 23,8 \text{ GPa}$
Armadura Passiva	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$
Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 11 – Características dos materiais considerados nos modelos estruturais.*

### 5.3 Casos de carregamento

As ações estão consideradas segundo os padrões normativos vigentes e levantamentos de campo e são apresentadas a seguir:

- **Caso de carregamento 01 ( $q_0$ )**

Cargas de gravidade referentes ao peso próprio da estrutura em concreto armado  
 $\gamma_{conc} = 2,5 \text{ tf/m}^3$ .

Cargas de gravidade referentes ao peso próprio dos perfis metálicos da estrutura do mezanino e cobertura –  $\gamma_{aço} = 7,85 \text{ tf/m}^3$ .

- **Caso de carregamento 02 ( $g$ )**

Cargas permanentes referentes a instalações de equipamentos, dutos de ventilação, iluminação e forro de fechamento –  $g_{inst} = 25 \text{ kgf/m}^2$ . (Apenas na estrutura metálica do mezanino). Destaca-se que este caso de carregamento é fundamentado em observações de campo e considerações dos materiais utilizados, bem como sua disposição e locação, resultando no valor apresentado.


Cargas permanentes referentes a alvenaria –  $\gamma_{alv} = 1,8 \text{ tf/m}^3$ .

Cargas permanentes referentes a impermeabilização, revestimentos e instalações –  $g = 100 \text{ kgf/m}^2$ .

Cargas permanentes relativas ao piso industrial com espessura de 15 cm –  $g_1 = 0,375 \text{ tf/m}^2$ .

Cargas permanentes relativas a enchimento de piso para nivelamento das lajes. Esta carga foi considerada de acordo com a altura a ser nivelada, utilizando argila expandida para enchimento -  $\gamma_{arg \text{ exp}} = 0,6 \text{ tf/m}^3$ .

Em alguns casos a altura de enchimento é de 30 cm resultando em um carregamento  $g_2 = 0,18 \text{ tf/m}^2$  em outros casos o enchimento é de 15 cm, resultando em um carregamento  $g_3 = 0,09 \text{ tf/m}^2$ .

	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 32 de 129

- **Caso de carregamento 3 (q)**

Ação variável de uso. Com base no layout de utilização e dados dos equipamentos a serem utilizados. As cargas consideradas foram divididas por pavimentos, descritas nos itens a seguir.

Sob os equipamentos foi considerado o peso do equipamento em funcionamento, e nas suas adjacências as sobrecargas descritas a seguir. No anexo IX as sobrecargas de utilização estão representadas de forma gráfica.

#### **Térreo**

$q_1 = 0,425 \text{ tf/m}^2$  - lajes em que não há rebaixo da estrutura.

$q_2 = 0,335 \text{ tf/m}^2$  - lajes com rebaixo de 15 cm;

$q_3 = 0,245 \text{ tf/m}^2$  - lajes com rebaixo de 30 cm.

#### **1º Pavimento**

$q_4 = 0,300 \text{ tf/m}^2$  - sala de reuniões.

#### **Mezanino Técnico**

$q_5 = 0,200 \text{ tf/m}^2$  - na estrutura em concreto armado.

$q_6 = 0,035 \text{ tf/m}^2$  - na estrutura metálica.

- **Caso de carregamento 4 (w)**

As análises foram realizadas considerando as prescrições da NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

## **5.4 Combinação de ações**

As combinações de ações foram elaboradas conforme as prescrições da NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

## **6. VERIFICAÇÃO DA SUPERESTRUTURA E FUNDAÇÕES**

De modo a avaliar a competência da estrutura, foram realizadas verificações analíticas dos elementos estruturais da edificação em Estado Limite Último (ELU). Devido à repetibilidade dos elementos estruturais, foram selecionados para a verificação elementos mais críticos e representativos.

### **6.1 Estrutura em Concreto Armado.**

#### **6.1.1 Vigas e lajes**

Para a verificação ELU das seções solicitadas por momento fletor e força cortante, foi calculada a relação entre o esforço atuante de cálculo e o esforço resistente de cálculo. Essa relação é denominada taxa de utilização e até um valor limite de 100% não existe redução dos coeficientes de segurança normativos.

Os resultados obtidos estão representados nas tabelas a seguir:

Elemento	Seção	M <sub>Sx</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>f</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
VIGA B5 Fundações	- P 79	7,29	10,21	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	27%
	+ Vão 1	2,48	3,47	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	9%
	- P 80	7,63	10,68	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	29%
	+ Vão 2	3,24	4,54	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	12%
	- P 81	7,88	11,03	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	30%
	+ Vão 3	3,01	4,21	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
	- P 82	7,31	10,23	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	28%
	+ Vão 4	3,06	4,28	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	12%
	- P 83	6,77	9,48	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	26%
	+ Vão 5	2,99	4,19	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
	- P 84	6,45	9,03	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	24%
	+ Vão 6	2,99	4,19	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
	- P 85	6,29	8,81	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	24%
	+ Vão 7	2,65	3,71	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	10%
	- P 86	8,14	11,40	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	31%
	+ Vão 8	5,38	7,53	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	20%
	- P 87	2,12	2,97	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	8%
VIGA V8 Térreo	- P 59	19,83	27,76	25	500	40	70	8	20,0	65	25,13	22,50	0,34	61,60	45%
	+ Vão 1	22,20	31,08	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	57%
	- P 60	38,04	53,26	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	102%
	+ Vão 2	20,82	29,15	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	61%
	- P 61	29,75	41,65	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	80%
	+ Vão 3	34,84	48,78	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	94%
	- P 62	36,43	51,00	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	93%
	+ Vão 4	30,69	42,97	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	78%
	- P 63	29,21	40,89	25	500	40	70	8	20,0	65	25,13	22,50	0,34	61,60	66%
	+ Vão 5	28,27	39,58	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	76%
	- P 64	26,74	37,44	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	72%
	+ Vão 6	23,12	32,37	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	68%
	- P 65	24,39	34,15	25	500	40	70	6	20,0	65	18,85	16,87	0,26	48,04	71%
	+ Vão 7	28,57	40,00	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	84%
	- P 66	33,62	47,07	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	91%
	+ Vão 8	32,67	45,74	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	96%
VIGA V17 Térreo	- P 83	19,07	26,70	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	56%
	+ Vão 1	17,95	25,13	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	53%
	- P 73	23,32	32,65	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	69%
	+ Vão 2	18,55	25,97	25	500	40	70	4	20,0	65	16,59	14,85	0,23	42,86	61%

Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>s</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
VIGA B5 Fundações	- P 79	4,46	6,24	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	17%
								2	12,5						
	+ Vão 1	3,36	4,70	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	13%
								2	12,5						
	- P 80	6,55	9,17	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	25%
								2	12,5						
	+ Vão 2	2,92	4,09	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 81	5,90	8,26	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	22%
								2	12,5						
	+ Vão 3	2,96	4,14	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 82	5,91	8,27	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	22%
								2	12,5						
	+ Vão 4	2,95	4,13	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 83	5,91	8,27	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	22%
								2	12,5						
VIGA V8 Térreo	+ Vão 5	2,95	4,13	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 84	5,91	8,27	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	22%
								2	12,5						
	+ Vão 6	2,96	4,14	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 85	5,91	8,27	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	22%
								2	12,5						
	+ Vão 7	2,94	4,12	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	11%
								2	12,5						
	- P 86	6,24	8,74	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	24%
								2	12,5						
	+ Vão 8	3,15	4,41	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	12%
								2	12,5						
	- P 87	5,19	7,27	25	500	25	140	2	16,0	136	6,48	9,27	0,07	37,12	20%
								2	12,5						
	- P 59	19,14	26,80	25	500	40	70	8	20,0	65	25,13	22,50	0,34	61,60	44%
	+ Vão 1	22,73	31,82	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	58%
	- P 60	39,92	55,89	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	108%
								4	16,0						
VIGA V17 Térreo	+ Vão 2	20,84	29,18	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	61%
								3	16,0						
	- P 61	29,17	40,84	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	79%
								4	16,0						
	+ Vão 3	34,82	48,75	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	94%
								4	16,0						
	- P 62	37,79	52,91	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	96%
	+ Vão 4	30,75	43,05	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	78%
	- P 63	30,64	42,90	25	500	40	70	8	20,0	65	25,13	22,50	0,34	61,60	70%
	+ Vão 5	28,26	39,56	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	76%
								4	16,0						
	- P 64	28,17	39,44	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	76%
								4	16,0						
	+ Vão 6	23,10	32,34	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	68%
								3	16,0						
	- P 65	23,98	33,57	25	500	40	70	6	20,0	65	18,85	16,87	0,26	48,04	70%
	+ Vão 7	28,58	40,01	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	84%
								3	16,0						
VIGA V17 Térreo	- P 66	33,69	47,17	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	91%
								4	16,0						
	+ Vão 8	32,75	45,85	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	97%
								3	16,0						
	- P 67	34,21	47,89	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	92%
VIGA V17 Térreo								4	16,0						
	+ Vão 9	35,13	49,18	25	500	40	70	4	20,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	95%
								4	16,0						
	- P 68	40,32	56,45	25	500	40	70	7	20,0	65	21,99	19,69	0,30	54,97	103%
VIGA V17 Térreo								7	20,0						
	- P 83	19,19	26,87	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	57%
								3	16,0						
	+ Vão 1	16,08	22,51	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	47%
VIGA V17 Térreo								3	16,0						
	- P 73	21,75	30,45	25	500	40	70	4	20,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	64%
								3	16,0						
VIGA V17 Térreo	+ Vão 2	19,39	27,15	25	500	40	70	4	20,0	65	16,59	14,85	0,23	42,86	63%
								2	16,0						




Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>L</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa	
VIGA V17 Térreo	- P 63	36,45	51,03	25	500	40	70	4 3	20,0 16,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	107%	
	+ Vão 3	38,69	54,17	25	500	40	70	4 3	20,0 16,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	114%	
	- P 53	42,14	59,00	25	500	40	70	4 3	20,0 16,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	124%	
	+ Vão 4	28,87	40,42	25	500	40	70	4 2	20,0 10,0	65	14,14	12,65	0,19	37,07	109%	
	- P 39	28,12	39,37	25	500	40	70	4 2	20,0 10,0	65	14,14	12,65	0,19	37,07	106%	
	+ Vão 5	24,21	33,89	25	500	40	70	4 2	20,0 10,0	65	14,14	12,65	0,19	37,07	91%	
	- P 23	28,20	39,48	25	500	40	70	4 2	20,0 16,0	65	16,59	14,85	0,23	42,86	92%	
	+ Vão 6	28,44	39,82	25	500	100	70	4 2	20,0 16,0	65	16,59	5,94	0,09	45,43	88%	
	- P 7	34,35	48,09	25	500	40	70	2 4	20,0 20,0	65	18,85	16,87	0,26	48,04	100%	
	VIGA V1 1º Pavimento	- P 75	7,52	10,53	25	500	20	70	4 2	16,0 20,0	66	8,04	14,40	0,22	20,91	50%
		+ Vão 1	5,92	8,29	25	500	20	70	2 2	12,5 20,0	65	8,74	15,64	0,24	22,46	37%
		- P 76	13,16	18,42	25	500	20	70	2 2	20,0 16,0	65	10,30	18,45	0,28	25,98	71%
+ Vão 2		7,76	10,86	25	500	20	70	2 2	20,0 16,0	65	10,30	18,45	0,28	25,98	42%	
- P 77		12,15	17,01	25	500	20	70	2 2	20,0 16,0	65	10,30	18,45	0,28	25,98	65%	
VIGA V4 1º Pavimento		- P 86	28,53	39,94	25	500	40	70	4 4	20,0 16,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	77%
	+ Vão 1	20,04	28,06	25	500	40	70	4 3	20,0 16,0	65	18,60	16,65	0,25	47,47	59%	
	- P 76	22,01	30,81	25	500	40	70	4 4	20,0 16,0	65	20,61	18,45	0,28	51,96	59%	
	VIGA V4 Mezanino	- P 49	10,00	14,00	25	500	40	80	4	20,0	75	12,57	11,25	0,15	38,72	36%
+ Vão 1		25,49	35,69	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	49%	
- P 50		30,84	43,18	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	60%	
+ Vão 2		7,18	10,05	25	500	40	80	7	20,0	75	21,99	19,69	0,26	64,54	16%	
- P 51		15,76	22,06	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	30%	
+ Vão 3		11,32	15,85	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	22%	
- P 52		18,67	26,14	25	500	40	80	8 2	20,0 16,0	75	29,15	26,10	0,35	82,30	32%	
+ Vão 4		10,16	14,22	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	20%	
- P 53		17,65	24,71	25	500	40	80	8 2	20,0 16,0	75	29,15	26,10	0,35	82,30	30%	
+ Vão 5		10,24	14,34	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	20%	
- P 54		17,67	24,74	25	500	40	80	8 2	20,0 16,0	75	29,15	26,10	0,35	82,30	30%	
+ Vão 6		10,40	14,56	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	20%	
- P 55		17,29	24,21	25	500	40	80	8 2	20,0 16,0	75	29,15	26,10	0,35	82,30	29%	
+ Vão 7		9,71	13,59	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	19%	
- P 56		16,61	23,25	25	500	40	80	8 2	20,0 12,5	75	27,59	24,69	0,33	78,55	30%	
+ Vão 8		9,38	13,13	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	18%	
- P 57		20,28	28,39	25	500	40	80	10	20,0	75	31,42	28,12	0,37	87,58	32%	
+ Vão 9		14,55	20,37	25	500	40	80	8	20,0	75	25,13	22,50	0,30	72,53	28%	
- P 58	10,29	14,41	25	500	40	80	3 2	20,0 16,0	75	13,45	12,04	0,16	41,25	35%		
VIGA V8 Mezanino	- P 79	7,13	9,98	25	500	20	80	2	12,5	76	2,45	4,39	0,06	7,90	126%	
	+ Vão 1	4,80	6,72	25	500	20	80	2	12,5	76	2,45	4,39	0,06	7,90	85%	
	- P 69	12,39	17,35	25	500	20	80	4	12,5	76	4,91	8,79	0,12	15,42	113%	
	+ Vão 2	7,83	10,96	25	500	20	80	2	20,0	75	6,28	11,25	0,15	19,36	57%	
	- P 59	16,57	23,20	25	500	20	80	2 2	16,0 12,5	76	6,48	11,59	0,15	19,97	116%	
	+ Vão 3	7,21	10,09	25	500	20	80	2	20,0	75	6,28	11,25	0,15	19,36	52%	
	- P 49	15,71	21,99	25	500	20	80	4	16,0	76	8,04	14,40	0,19	24,41	90%	
	+ Vão 4	6,70	9,38	25	500	20	80	3	20,0	75	9,42	16,87	0,22	28,12	33%	
	- P 33	15,01	21,01	25	500	20	80	4	16,0	76	8,04	14,40	0,19	24,41	86%	
	+ Vão 5	6,71	9,39	25	500	20	80	3	20,0	75	9,42	16,87	0,22	28,12	33%	
	- P 17	17,63	24,68	25	500	20	80	2 2	20,0 16,0	75	10,30	18,45	0,24	30,46	81%	
	+ Vão 6	9,29	13,01	25	500	20	80	4	16,0	76	8,04	14,40	0,19	24,41	53%	
	- P 1	11,86	16,60	25	500	20	80	4	16,0	76	8,04	14,40	0,19	24,41	68%	

Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>s</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
VIGA V2 Mezanino	- P 17	20,46	28,64	25	500	50	80	5	20,0	75	19,73	14,13	0,19	59,80	48%
								2	16,0						
	+ Vão 1	44,10	61,74	25	500	50	80	12	20,0	75	37,70	27,00	0,36	105,84	58%
VIGA V12 Mezanino	- P 63	17,32	24,25	25	500	40	80	3	20,0	75	9,42	8,44	0,11	29,50	82%
	+ Vão	20,01	28,01	25	500	40	80	3	20,0	75	9,42	8,44	0,11	29,50	95%
	- P 53	25,87	36,22	25	500	40	80	3	20,0	75	9,42	8,44	0,11	29,50	123%
VIGA V2 Cobertura	- P 79	1,58	2,21	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	38%
	+ Vão 1	1,13	1,58	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	27%
	- P 80	2,68	3,75	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	65%
	+ Vão 2	0,99	1,39	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	24%
	- P 81	2,38	3,33	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	58%
	+ Vão 3	0,98	1,37	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	24%
	- P 82	2,40	3,36	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	58%
	+ Vão 4	0,99	1,39	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	24%
	- P 83	2,39	3,35	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	58%
	+ Vão 5	0,96	1,34	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	23%
	- P 84	2,46	3,44	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	60%
	+ Vão 6	1,08	1,51	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	26%
	- P 85	2,35	3,29	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	57%
	+ Vão 7	0,89	1,25	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	22%
	- P 86	2,28	3,19	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	55%
	+ Vão 8	1,08	1,51	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	26%
	- P 87	2,16	3,02	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	52%
	+ Vão 9	0,85	1,19	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	21%
VIGA V3 Cobertura	- P 88	2,63	3,68	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	64%
	- P 79	1,59	2,23	25	500	20	60	3	12,5	56	3,68	6,59	0,12	8,50	26%
	+ Vão 1	0,98	1,37	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	24%
	- P 69	2,15	3,01	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	52%
	+ Vão 2	0,87	1,22	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	21%
	- P 59	1,95	2,73	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	47%
	+ Vão 3	0,78	1,09	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	19%
	- P 49	1,96	2,74	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	48%
	+ Vão 4	0,77	1,08	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	19%
	- P 33	1,94	2,72	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	47%
	+ Vão 5	0,84	1,18	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	20%
	- P 17	1,97	2,76	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	48%
	+ Vão 6	0,80	1,12	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	19%
	- P1	1,96	2,74	25	500	20	60	2	12,5	56	2,45	4,39	0,08	5,76	48%

**Tabela 12 - Capacidade resistente das vigas (Momento Fletor).**

Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	Cobrimento (cm)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	d (cm)	φ <sub>s</sub> (mm)	s (cm)	n	A <sub>s</sub> (cm²)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
L36 (TÉRREO)	Pos. x	1,87	25	500	2,5	100	20	17	12,5	15	6,7	8,18	2,6	2,9	0,17	5,63	46%
	Pos. y	1,57	25	500	3,5	100	20	16,5	12,5	15	6,7	8,18	2,2	2,9	0,18	5,45	40%
	Neg. x	4,62	25	500	2,5	100	20	17	16	20	5,0	10,05	6,5	3,6	0,21	6,80	95%
	Neg. y	4,79	25	500	2,5	100	20	16,5	16	20	5,0	10,05	6,7	3,6	0,22	6,58	102%
L2 (1o PAV.)	Pos. x	2,32	25	500	2,5	100	20	17	12,5	20	5,0	6,14	3,2	2,2	0,13	4,30	76%
	Pos. y	2,97	25	500	3,5	100	20	16,5	12,5	20	5,0	6,14	4,2	2,2	0,13	4,17	100%
	Neg. x	0	25	500	2,5	100	20	17	16	20	5,0	10,05	0,0	3,6	0,21	6,80	0%
L15 (MEZANINO)	Pos. x	1,57	25	500	2,5	100	20	17	12,5	15	6,7	8,18	2,2	2,9	0,17	5,63	39%
	Pos. y	1,85	25	500	3,5	100	20	16,5	12,5	15	6,7	8,18	2,6	2,9	0,18	5,45	48%
	Neg. x	2,77	25	500	2,5	100	20	16,5	8	15	6,7	3,35	3,9	1,2	0,07	2,33	166%
	Neg. y	1,46	25	500	2,5	100	20	17	16	20	5,0	10,05	2,0	3,6	0,21	6,80	30%

**Tabela 13 - Capacidade resistente das lajes (Momento Fletor).**

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 37 de 129

Elemento	Seção	V <sub>Sk</sub> (tf.m)	V <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>ywk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	d (cm)	nº de ramos	φ <sub>t</sub> (mm)	S (cm)	V <sub>c</sub> (tf)	V <sub>sw</sub> (tf)	V <sub>Rd3</sub> (tf)	V <sub>Rd2</sub> (tf)	V <sub>Rd</sub> (tf)	Taxa
B5 - Fundações	P 86 - esq.	4,87	6,82	25	500	25	135	2	6,3	20	25,97	16,47	42,44	146,45	42,44	16%
V8 Térreo	P 60 - esq.	20,09	28,13	25	500	40	65	2	10	15	20,01	26,64	46,64	112,82	46,64	60%
	P 67 - esq.	20,43	28,60	25	500	40	65	2	8	15	20,01	17,05	37,05	112,82	37,05	77%
	P 67 - dir.	25,10	35,14	25	500	40	65	2	10	18	20,01	22,20	42,20	112,82	42,20	83%
V17 Térreo	P 73 - esq.	14,92	20,89	25	500	40	65	2	10	20	20,01	19,98	39,98	112,82	39,98	52%
	P 7 - esq.	31,20	43,68	25	500	40	65	2	8	15	20,01	17,05	37,05	112,82	37,05	118%
V1 1º Pavimento	P 76 - esq.	7,45	10,43	25	500	20	65	2	6,3	20	10,00	7,93	17,93	56,41	17,93	58%
	P 77 - esq.	11,67	16,34	25	500	20	65	2	8	15	10,00	17,05	27,05	56,41	27,05	60%
V4 1º Pavimento	P 86 - dir.	22,97	32,16	25	500	40	65	2	10	20	20,01	19,98	39,98	112,82	39,98	80%
V4 Mezanino	P 50 - esq.	19,32	27,05	25	500	40	75	2	8	15	23,08	19,67	42,75	130,18	42,75	63%
	P 52 - esq.	8,59	12,03	25	500	40	75	4	10	15	23,08	61,47	84,55	130,18	84,55	14%
	P 57 - dir.	12,30	17,22	25	500	40	75	4	10	15	23,08	61,47	84,55	130,18	84,55	20%
V8 - Mezanino	P 17 - esq.	13,55	18,97	25	500	20	75	2	6,3	20	11,54	9,15	20,69	65,09	20,69	92%
V2 - Mezanino	P 17 - dir.	24,15	33,81	25	500	50	75	4	8	15	28,86	39,34	68,19	162,72	68,19	50%
V12 - Mezanino	P 63 - dir.	18,95	26,53	25	500	40	75	2	8	15	23,08	19,67	42,75	130,18	42,75	62%
V2 - Cobertura	P 88 - esq.	1,45	2,03	25	500	20	55	2	6,3	20	8,46	6,71	15,17	47,73	15,17	13%
V3 - Cobertura	P 1 - esq.	1,28	1,79	25	500	20	55	2	6,3	20	8,46	6,71	15,17	47,73	15,17	12%

*Tabela 14 - Capacidade resistente das vigas (Força Cortante).*

De modo geral as taxas de utilização estão abaixo de 100% o que indica que estas seções atendem às recomendações normativas relativas à segurança. Poucas seções apresentaram taxa de utilização superior a 100%, porém aceitáveis por se tratar de estrutura existente na qual foram verificadas as dimensões, quantidades de armadura e resistência dos materiais.

### 6.1.2 Pilares

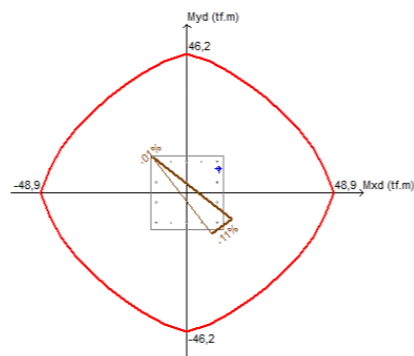
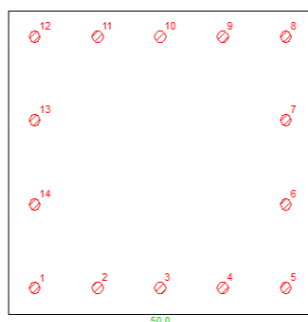
Para a verificação do ELU das seções solicitadas por flexão composta, foram elaborados diagramas de interação  $M_x/M_y$ . Sobre as envoltórias resistentes, foram locados os pontos de coordenadas  $M_x$  e  $M_y$  que representam a combinação em estudo. O elemento em análise atende aos coeficientes de segurança normalizados se a taxa de utilização for inferior ao limite de 100%.

Para elucidar a metodologia de verificação são apresentadas a seguir as envoltórias resistentes e o ponto de combinação de alguns pilares analisados. A continuação é apresentada uma tabela com resultados obtidos nos pilares analisados.

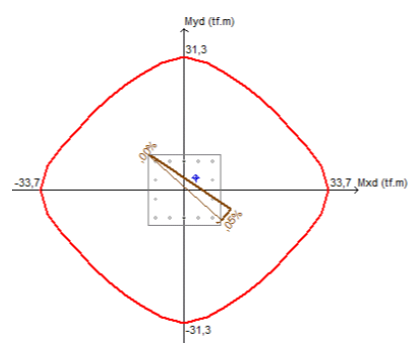
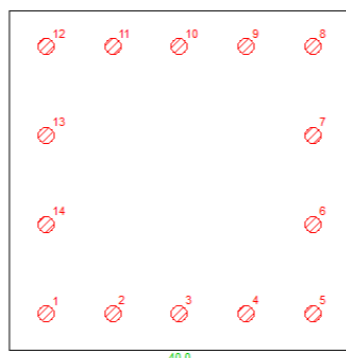
Para verificação dos pilares foi adotada a resistência à compressão do concreto de 44 MPa, obtida com base na análise dos testemunhos extraídos da estrutura.

**PILAR P54**

Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 1	10,55	7,90	232,78	44	500	50	50	14	20	43,98	32%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 2	2,71	2,85	85,76	44	500	40	40	14	20	43,98	13%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 3	0,04	2,09	15,13	44	500	40	40	12	12,5	14,73	16%

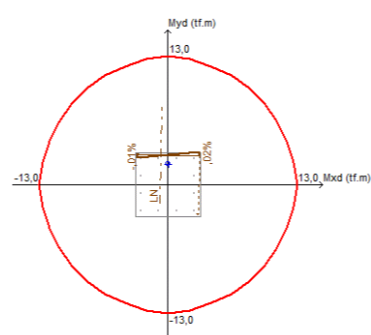
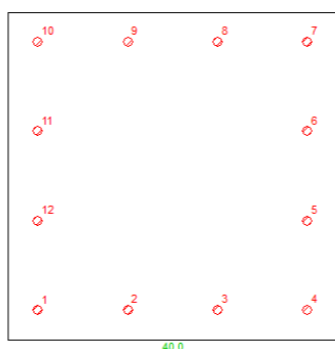
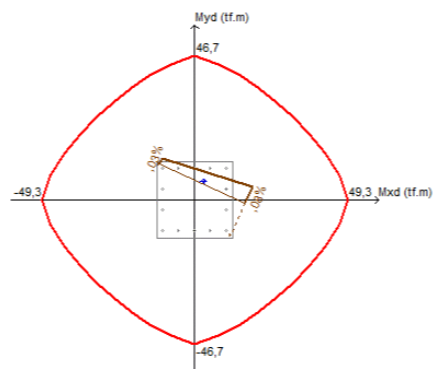
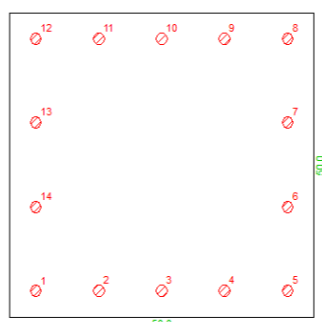


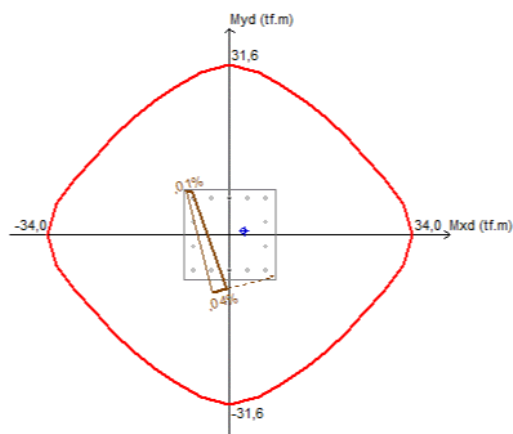
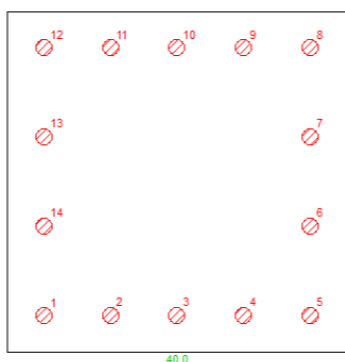
Tabela 15 - Verificação do pilar P54 à flexo-compressão.

**PILAR P53**

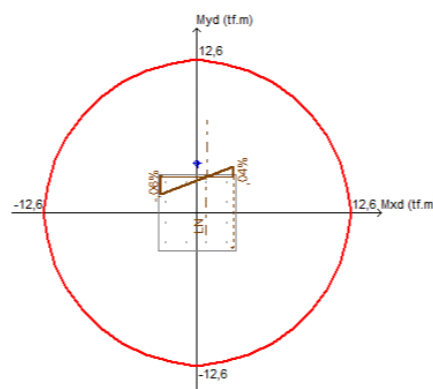
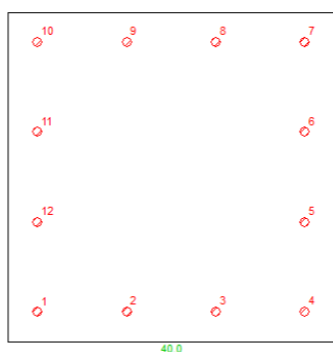
Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 1	2,31	5,34	227,92	44	500	50	50	14	20	43,98	16%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 2	2,72	0,66	85,42	44	500	40	40	14	20	43,98	8%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$b$ (cm)	$d$ (cm)	$n$	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 3	0,03	4,02	13,62	44	500	40	40	12	12,5	14,73	34%

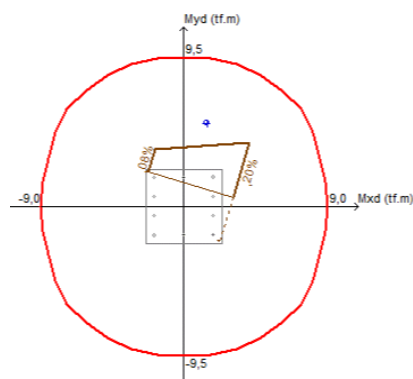
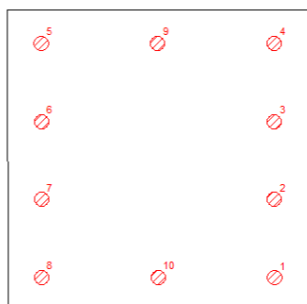


*Tabela 16 - Verificação do pilar P53 à flexo-compressão.*

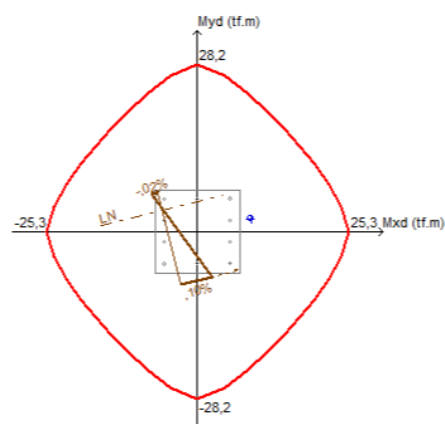
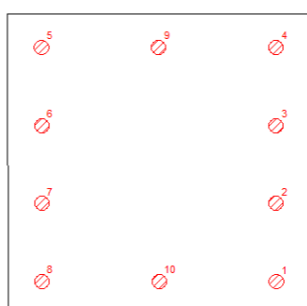


**PILAR P77**

Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 1	1,43	5,28	308,05	44	500	40	40	10	12,5	12,27	58%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 2	8,92	2,19	103,66	44	500	40	40	10	12,5	12,27	37%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 3	7,45	18,98	93,45	44	500	40	40	10	12,5	12,27	83%

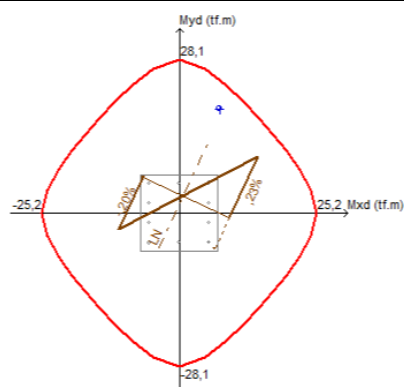
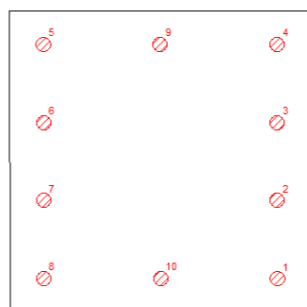
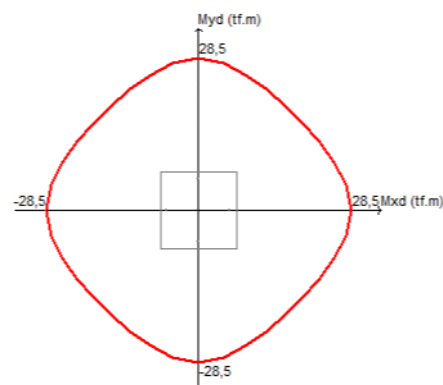
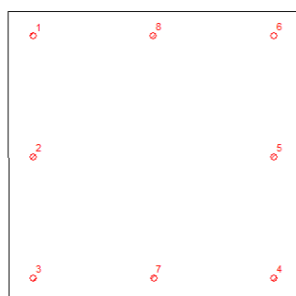


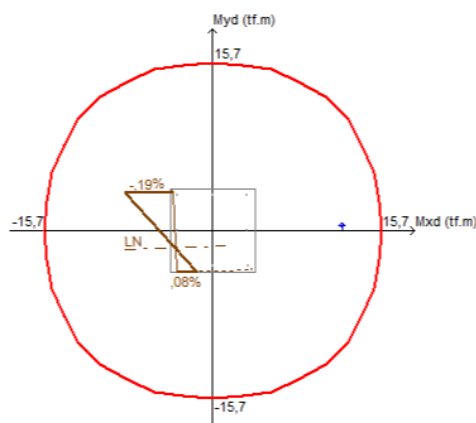
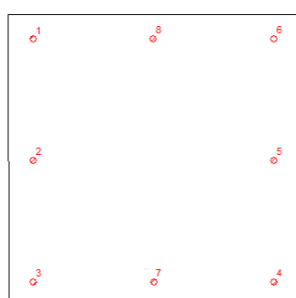
Tabela 17 - Verificação do pilar P77 à flexo-compressão.

**PILAR P28**

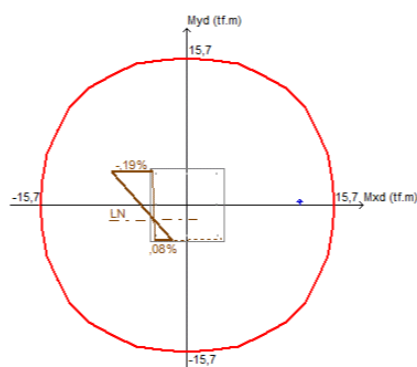
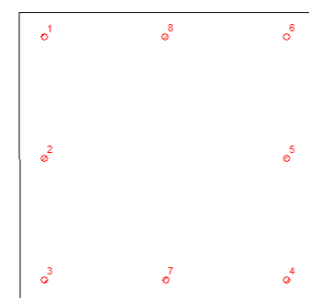
Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 1	59,12	7,31	142,04	25	500	50	50	8	12,5	9,82	<b>212%</b>



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 2	12,13	0,52	31,4	25	500	50	50	8	12,5	9,82	67%



Lance	$M_{Sdx}$ (tf.m)	$M_{Sdy}$ (tf.m)	$N_{Sd}$ (tf)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	b (cm)	d (cm)	n	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Taxa
Lance 3	12,13	0,31	31,4	25	500	50	50	8	12,5	9,82	77%



*Tabela 18 - Verificação do pilar P28 à flexo-compressão.*

Pilar	b	h	Armadura	Taxa de Utilização
P1	50	50	8 ø 20	40%
P3	50	50	10 ø 12,5	83%
P5	50	50	8 ø 12,5	97%
P6	50	50	8 ø 12,5	95%
P7	50	50	8 ø 12,5	143%
P8	50	50	8 ø 12,5	148%
P9	50	50	8 ø 12,5	136%
P10	50	50	8 ø 12,5	117%
P11	50	50	8 ø 12,5	111%
P12	50	50	8 ø 12,5	134%
P13	50	50	8 ø 12,5	40%
P17	50	50	16 ø 20	51%
P27	40	40	8 ø 12,5	34%
P28	50	50	8 ø 12,5	110%
P30	50	50	8 ø 12,5	32%
P33	50	50	16 ø 20	60%
P42	40	40	8 ø 12,5	13%
P44	50	50	8 ø 12,5	159%
P49	50	50	12 ø 16	68%
P50	50	50	10 ø 12,5	44%
P53	40	40	12 ø 12,5	34%
P54	50	50	10 ø 20	32%
P58	50	50	10 ø 16	92%
P59	50	50	8 ø 12,5	68%
P65	40	40	8 ø 16	85%
P68	50	50	10 ø 20	87%
P69	50	50	8 ø 12,5	157%
P71	40	40	8 ø 12,5	31%
P77	40	40	10 ø 12,5	83%
P78	50	50	10 ø 16	115%
P79	50	50	8 ø 12,5	115%
P80	50	50	8 ø 12,5	83%
P81	50	50	8 ø 12,5	93%
P82	50	50	8 ø 12,5	118%
P83	50	50	8 ø 12,5	73%
P84	50	50	8 ø 12,5	110%
P85	50	50	8 ø 12,5	71%
P86	50	50	12 ø 12,5	71%
P87	50	50	12 ø 16	36%
P88	50	50	8 ø 12,5	88%

*Tabela 19 – Resumo dos resultados obtidos na verificação dos pilares.*

Nota-se que para todos os pilares internos analisados as taxas de utilização resultaram inferiores a 100%, apresentando, portanto, níveis de segurança adequados.

O mesmo não se observou para os pilares de periferia para os quais foram observadas taxas de utilização bastante superiores a 100%, revelando severa redução de segurança para as ações consideradas.

## 6.2 Estrutura metálica

Para a verificação ELU dos perfis metálicos da estrutura solicitados por força axial, foi calculada a relação entre o esforço atuante de cálculo e o esforço resistente de cálculo. Essa relação é denominada taxa de utilização e até um valor limite de 100% não existe redução dos coeficientes de segurança normativos.

Os resultados obtidos estão representados nas tabelas a seguir:

Elemento	PERFIL	N <sub>Sd</sub> (tf)	TAXA
Banzo Superior	VS 300 x 34	41,6	65%
Banzo Inferior	VS 300 x 28	54,7	72%
Montante	2L 76 x 4,8	12,0	<b>260%</b>
Diagonal	2L 76 x 4,8	27,8	<b>142%</b>

Tabela 20 – Capacidade resistente dos perfis (Força Axial).

Nota-se taxas de utilização elevadas nas diagonais e montantes, comprometendo a segurança dos elementos em questão. Os perfis de travamento, solicitados à momento fletor e força cortante apresentam taxa de utilização de 40% e 8%, conforme tabela abaixo:


Elemento	PERFIL	Momento Fletor		Força Cortante	
		M <sub>Sd</sub> (tf.m)	Taxa	V <sub>Sd</sub> (tf)	Taxa
Travamentos superiores e inferiores das treliças	2 Ue 75x25x2,25	1,72	40%	0,73	8%

Tabela 21 - Capacidade resistente dos perfis.

## 6.3 Estacas de fundação

Para a capacidade resistente destes elementos se considera basicamente dois parâmetros, a competência geotécnica, que leva em conta o tipo de estaca, dimensões, solo e comprimento das estacas, e a capacidade estrutural da estaca. A análise destes dois parâmetros resulta na capacidade resistente da estaca.



 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 44 de 129

A relação entre a capacidade resistente e o máximo esforço solicitante obtido na análise estrutural, apresentada no item 5 é denominada taxa de utilização e os resultados podem ser observados na *Tabela 22*.

Cabe destacar que a documentação de referência e resultados obtidos da análise estrutural (tabela de cargas na fundação) foram submetidos à apreciação da empresa de consultoria que realizou o acompanhamento técnico da obra de fundação – ZF Engenheiros Associados, na época da construção.

Após o desarquivamento e reavaliação da documentação de obra, a referida empresa emitiu a correspondência do Anexo VIII, confirmando as capacidades de projeto, as quais foram utilizadas na construção da tabela a seguir:

PILAR	TIPO DE ESTACA	COMPRIMENTO (AS BUILT)	FORÇA AXIAL (N <sub>MÁX</sub> ) (COMPRESSÃO)	CAPACIDADE GEOTÉCNICA		CAPACIDADE ESTRUTURAL	
				N <sub>RES</sub>	TAXA	N <sub>RES</sub>	TAXA
P1	19,5x19,5	-	30,08 tf	30 tf	100%	66 tf	46%
P2	17x17	-	23,48 tf	16 tf	147%	47 tf	50%
P3	29,5x29,5	-	47,06 tf	59 tf	80%	158 tf	30%
P4	17x17	-	18,37 tf	16 tf	115%	47 tf	39%
P5	23,5x23,5	-	39,27 tf	41 tf	96%	97 tf	40%
P6	29,5x29,5	8,8 m	81,80 tf	59 tf	139%	158 tf	52%
P7	29,5x29,5	10,0 m	92,07 tf	59 tf	156%	158 tf	58%
P8	29,5x29,5	8,5 m	89,96 tf	59 tf	152%	158 tf	57%
P9	29,5x29,5	8,5 m	90,88 tf	59 tf	154%	158 tf	58%
P10	29,5x29,5	13,0 m	90,65 tf	59 tf	154%	158 tf	57%
P11	29,5x29,5	13,9 m	91,87 tf	59 tf	156%	158 tf	58%
P12	19,5x19,5	12,8 m	51,57 tf	30 tf	172%	66 tf	78%
P13	17x17	-	20,63 tf	16 tf	129%	47 tf	44%
P14	23,5x23,5	-	35,23 tf	41 tf	86%	97 tf	36%
P15	23,5x23,5	-	34,54 tf	41 tf	84%	97 tf	36%
P16	19,5x19,5	-	37,64 tf	30 tf	125%	66 tf	57%
P17	29,5x29,5	-	47,82 tf	59 tf	81%	158 tf	30%
P18	19,5x19,5	-	31,18 tf	30 tf	104%	66 tf	47%
P19	19,5x19,5	-	21,42 tf	30 tf	71%	66 tf	32%
P20	19,5x19,5	-	23,71 tf	30 tf	79%	66 tf	36%
P21	29,5x29,5	9,0 m	50,25 tf	59 tf	85%	158 tf	32%
P22	19,5x19,5	9,0 m	30,34 tf	30 tf	101%	66 tf	46%
P23	19,5x19,5	9,4 m	30,73 tf	30 tf	102%	66 tf	47%
P24	19,5x19,5	9,4 m	29,55 tf	30 tf	99%	66 tf	45%
P25	19,5x19,5	7,6 m	29,88 tf	30 tf	100%	66 tf	45%
P26	19,5x19,5	8,4 m	29,40 tf	30 tf	98%	66 tf	45%
P27	19,5x19,5	13,2 m	33,01 tf	30 tf	110%	66 tf	50%
P28	23,5x23,5	12,8 m	89,13 tf	41 tf	217%	97 tf	92%
P29	29,5x29,5	-	40,80 tf	59 tf	69%	158 tf	26%
P30	17x17	-	19,35 tf	16 tf	121%	47 tf	41%
P31	23,5x23,5	-	35,70 tf	41 tf	87%	97 tf	37%
P32	17x17	-	22,13 tf	16 tf	138%	47 tf	47%

PILAR	TIPO DE ESTACA	COMPRIMENTO (AS BUILT)	FORÇA AXIAL (N <sub>MÁX</sub> ) (COMPRESSÃO)	CAPACIDADE GEOTÉCNICA		CAPACIDADE ESTRUTURAL	
				N <sub>RES</sub>	TAXA	N <sub>RES</sub>	TAXA
P32	17x17	-	22,13 tf	16 tf	138%	47 tf	47%
P33	29,5x29,5	-	44,11 tf	59 tf	75%	158 tf	28%
P34	23,5x23,5	-	31,12 tf	41 tf	76%	97 tf	32%
P35	23,5x23,5	-	31,39 tf	41 tf	77%	97 tf	32%
P36	19,5x19,5	-	24,30 tf	30 tf	81%	66 tf	37%
P37	29,5x29,5	9,2 m	44,74 tf	59 tf	76%	158 tf	28%
P38	19,5x19,5	9,0 m	30,40 tf	30 tf	101%	66 tf	46%
P39	19,5x19,5	9,0 m	29,14 tf	30 tf	97%	66 tf	44%
P40	19,5x19,5	9,8 m	27,95 tf	30 tf	93%	66 tf	42%
P41	19,5x19,5	9,4 m	27,76 tf	30 tf	93%	66 tf	42%
P42	19,5x19,5	8,6 m	28,62 tf	30 tf	95%	66 tf	43%
P43	19,5x19,5	12,0 m	30,31 tf	30 tf	101%	66 tf	46%
P44	23,5x23,5	12,2 m	79,06 tf	41 tf	193%	97 tf	82%
P45	23,5x23,5	-	28,79 tf	41 tf	70%	97 tf	30%
P46	17x17	-	18,38 tf	16 tf	115%	47 tf	39%
P47	23,5x23,5	-	36,64 tf	41 tf	89%	97 tf	38%
P48	17x17	-	15,41 tf	16 tf	96%	47 tf	33%
P49	φ50	-	71,27 tf	79 tf	90%	224 tf	32%
P50	φ50	-	53,69 tf	79 tf	68%	224 tf	24%
P51	φ50	10,0 m	53,61 tf	79 tf	68%	224 tf	24%
P52	φ50	9,3 m	53,64 tf	79 tf	68%	224 tf	24%
P53	φ50	9,3 m	52,61 tf	79 tf	67%	224 tf	23%
P54	φ50	9,3 m	55,65 tf	79 tf	70%	224 tf	25%
P55	φ50	9,7 m	54,52 tf	79 tf	69%	224 tf	24%
P56	φ50	9,5 m	51,80 tf	79 tf	66%	224 tf	23%
P57	φ50	8,0 m	59,00 tf	79 tf	75%	224 tf	26%
P58	φ50	11,9 m	92,32 tf	79 tf	117%	224 tf	41%
P59	φ50	-	79,79 tf	79 tf	101%	224 tf	36%
P60	φ50	-	50,39 tf	79 tf	64%	224 tf	22%
P61	29,5x29,5	-	48,05 tf	59 tf	81%	158 tf	30%
P62	29,5x29,5	7,7 m	43,37 tf	59 tf	74%	158 tf	27%
P63	29,5x29,5	9,7 m	46,69 tf	59 tf	79%	158 tf	30%
P64	29,5x29,5	9,0 m	43,40 tf	59 tf	74%	158 tf	27%
P65	29,5x29,5	9,6 m	43,73 tf	59 tf	74%	158 tf	28%
P66	29,5x29,5	12,0 m	39,72 tf	59 tf	67%	158 tf	25%
P67	29,5x29,5	10,4 m	46,58 tf	59 tf	79%	158 tf	29%
P68	φ50	8,0 m	93,48 tf	79 tf	118%	224 tf	42%
P69	29,5x29,5	-	99,23 tf	59 tf	168%	158 tf	63%
P70	19,5x19,5	10,0 m	35,53 tf	30 tf	118%	66 tf	54%
P71	19,5x19,5	10,0 m	28,90 tf	30 tf	96%	66 tf	44%
P72	19,5x19,5	9,7 m	37,90 tf	30 tf	126%	66 tf	57%
P73	19,5x19,5	9,0 m	32,12 tf	30 tf	107%	66 tf	49%

PILAR	TIPO DE ESTACA	COMPRIMENTO (AS BUILT)	FORÇA AXIAL ( $N_{MÁX}$ ) (COMPRESSÃO)	CAPACIDADE GEOTÉCNICA		CAPACIDADE ESTRUTURAL	
				$N_{RES}$	TAXA	$N_{RES}$	TAXA
P74	19,5x19,5	9,0 m	35,56 tf	30 tf	119%	66 tf	54%
P75	23,5x23,5	8,5 m	43,05 tf	41 tf	105%	97 tf	44%
P76	23,5x23,5	10,5 m	59,81 tf	41 tf	146%	97 tf	62%
P77	23,5x23,5	9,4 m	59,13 tf	41 tf	144%	97 tf	61%
P78	φ50	7,0 m	105,92 tf	79 tf	134%	224 tf	47%
P79	19,5x19,5	-	51,62 tf	30 tf	172%	66 tf	78%
P80	29,5x29,5	-	82,83 tf	59 tf	140%	158 tf	52%
P81	29,5x29,5	-	85,82 tf	59 tf	145%	158 tf	54%
P82	29,5x29,5	10,0 m	93,38 tf	59 tf	158%	158 tf	59%
P83	29,5x29,5	8,8 m	78,55 tf	59 tf	133%	158 tf	50%
P84	29,5x29,5	10,0 m	89,60 tf	59 tf	152%	158 tf	57%
P85	φ50	9,0 m	94,56 tf	79 tf	120%	224 tf	42%
P86	φ50	7,0 m	130,69 tf	79 tf	165%	224 tf	58%
P87	φ50	8,0 m	117,07 tf	79 tf	148%	224 tf	52%
P88	23,5x23,5	8,4 m	62,29 tf	41 tf	152%	97 tf	64%

Tabela 22 - Capacidade resistente das estacas.

Nota-se em elevadas taxas de utilização relacionadas a capacidade estrutural, porém, sem ultrapassar a taxa de 100%. Analisando do aspecto geotécnico percebe-se que as taxas ultrapassaram o valor limite, indicando risco a segurança.

## 6.4 Ampliações, modificações e reforços

No total, foram identificadas oito intervenções, que já foram realizadas ou que estão planejadas para execução. Apenas a denominada de intervenção 5 será realizada no nível do mezanino, as demais estão localizadas no nível térreo. Essas intervenções foram numeradas e representadas no Anexo VI. A seguir serão apresentadas as análises para cada intervenção.

### 6.4.1 Intervenções 1 e 2

Tratam-se de 2 anexos juntos a fachada do eixo I do prédio 59, utilizados como câmaras frias. Os projetos de referência datam de 2017 e indicam estrutura em concreto armado, com pilares vigas e lajes até o nível térreo e acima deste, pilares metálicos sustentando cobertura com estrutura metálica, as inspeções visuais realizadas confirmaram esta configuração estrutural.

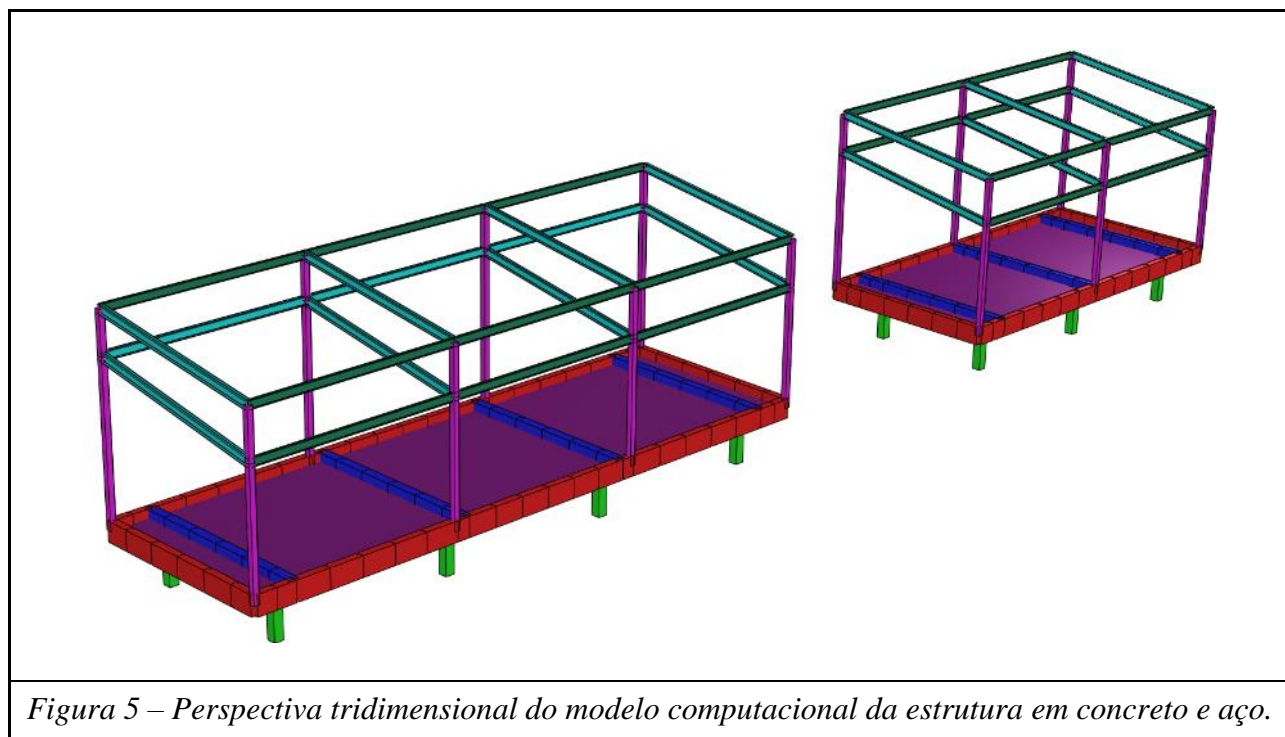
Os materiais indicados em projeto possuem as seguintes propriedades:

Concreto	Resistência Característica à compressão $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade Secante $E_{cs} = 26 \text{ GPa}$
Armadura Passiva	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$
Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 23 – Características dos materiais consideradas para análise.*


Os casos de carregamento e combinações seguem o indicado nos itens 5.3 e 5.4, respectivamente, sendo que no caso de carregamento 3 foi adotada uma carga variável  $q_7 = 0,7 \text{ tf/m}^2$ .

A imagem a seguir apresenta uma perspectiva tridimensional do modelo estrutural utilizado na análise.



*Figura 5 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em concreto e aço.*

Os resultados para os elementos analisados encontram-se nas tabelas a seguir:

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 48 de 129

Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>f</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
V2	- V4	2,40	3,36	30	500	20	53	4	16,0	49	8,04	12,00	0,25	15,31	22%
	+Vão 1	2,90	4,06	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	50%
	- V5	4,04	5,66	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	70%
	+Vão 2	1,54	2,16	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	27%
	- V6	4,05	5,67	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	70%
	+ Vão 3	2,90	4,06	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	50%
V3	- V7	2,38	3,33	30	500	20	53	4	16,0	49	8,04	12,00	0,25	15,31	22%
	+ Vão 1	0,80	1,12	30	500	20	53	4	12,5	49	4,91	7,32	0,15	9,78	11%
V4	- P5	5,20	7,28	30	500	25	53	4	16,0	49	8,04	9,60	0,20	15,64	47%
	+ Vão 1	3,56	4,98	30	500	25	53	4	12,5	49	4,91	5,86	0,12	9,90	50%
	- P1	3,63	5,08	30	500	25	53	4	16,0	49	8,04	9,60	0,20	15,64	32%
V5	- P6	7,00	9,80	25	500	20	53	6	16,0	49	12,06	21,60	0,44	20,94	47%
	+ Vão 1	3,96	5,54	25	500	20	53	4	12,5	49	4,91	8,79	0,18	9,65	57%
	- P2	4,45	6,23	25	500	20	53	6	16,0	49	12,06	21,60	0,44	20,94	30%

Tabela 24 – Capacidade resistente das vigas – Momento fletor.

Elemento	Seção	V <sub>Sk</sub> (tf.m)	V <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>ywk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	d (cm)	nº de ramos	φ <sub>t</sub> (mm)	S (cm)	V <sub>c</sub> (tf)	V <sub>sw</sub> (tf)	V <sub>Rd3</sub> (tf)	V <sub>Rd2</sub> (tf)	V <sub>Rd</sub> (tf)	Taxa
V2	V6 - dir.	5,30	7,42	30	500	20	50	2	6,3	20	8,69	6,10	14,79	50,91	14,79	50%
V3	V2 - dir.	1,00	1,40	30	500	20	50	2	6,3	20	8,69	6,10	14,79	50,91	14,79	9%
V4	P5 - dir.	9,50	13,30	30	500	25	50	2	6,3	10	10,86	12,20	23,06	63,64	23,06	58%
V5	P6 - dir.	11,30	15,82	30	500	25	50	2	6,3	10	10,86	12,20	23,06	63,64	23,06	69%

Tabela 25 – Capacidade resistente das vigas – Força cortante.

L4 (TÉRREO)	Pos. x	0,92	30	500	2,5	100	13	10	10	10	10,0	7,85	1,3	2,3	0,23	3,09	42%
	Pos. y	0,58	30	500	3,5	100	13	10	10	10	10,0	7,85	0,8	2,3	0,23	3,09	26%
	Neg. x	2	30	500	2,5	100	13	10	8	5	20,0	10,05	2,8	3,0	0,30	3,85	73%
	Neg. y	0,68	30	500	2,5	100	13	10	8	20	5,0	2,51	1,0	0,7	0,07	1,06	90%

Tabela 26 – Capacidade resistente das lajes – Momento fletor.

Elemento	PERFIL	N <sub>Sd</sub> (tf)	M <sub>Sdx</sub> (tf.m)	M <sub>Sy</sub> (tf.m)	TAXA
Pilar	Tubular - Seção retangular 150x150x4,75	1,94	0,28	0,07	11%

Tabela 27 – Capacidade resistente dos pilares metálicos.

Nota-se que todos elementos estão com taxas de utilização aceitáveis segundo os padrões normativos vigentes, apresentando, portanto níveis de segurança adequados.

### 6.4.2 Intervenção 3

Trata-se de um anexo junto a fachada do eixo I do prédio 59, utilizado como vestiário. Os projetos de referência datam de 2017 e indicam estrutura em concreto armado, com pilares vigas e lajes até o nível térreo e acima deste, pilares metálicos sustentando cobertura e mezanino com estrutura metálica.

Os materiais indicados em projeto possuem as seguintes propriedades:

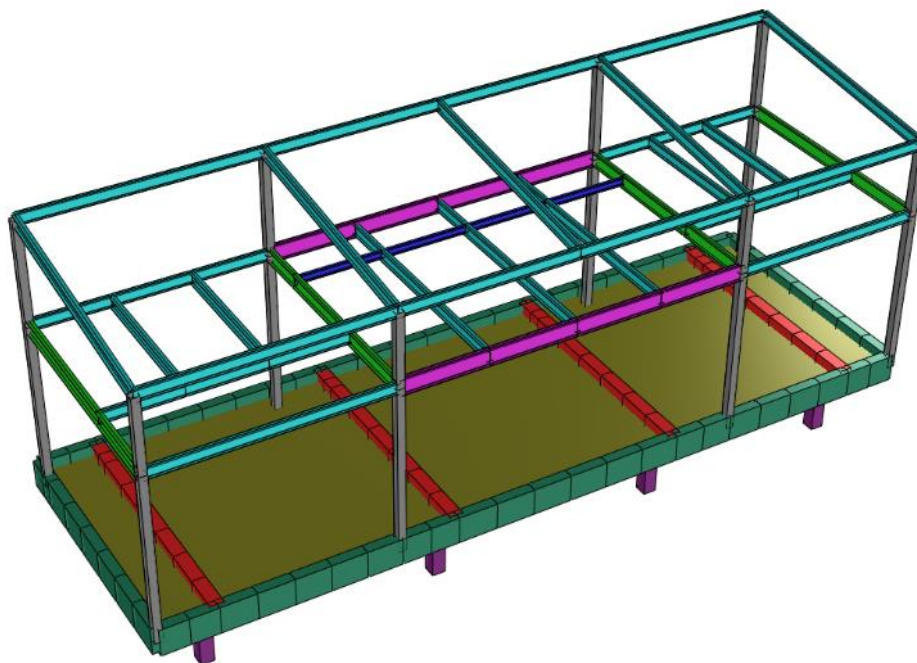


Concreto	Resistência Característica à compressão $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade Secante $E_{cs} = 26 \text{ GPa}$
Armadura Passiva	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$
Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 28 – Características dos materiais consideradas para análise.*


Os casos de carregamento e combinações seguem o indicado nos itens 5.3 e 5.4, respectivamente, sendo que no caso de carregamento 3 foi adotada uma carga variável de utilização  $q_8 = 0,3 \text{ tf/m}^2$ , tanto no mezanino quanto no vestiário.

A imagem a seguir representa uma perspectiva tridimensional do modelo.



*Figura 6 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em concreto e aço.*

Os resultados para os elementos analisados encontram-se nas tabelas a seguir:

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 50 de 129

Elemento	Seção	M <sub>Sk</sub> (tf.m)	M <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>yk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	nº de barras	φ <sub>f</sub> (mm)	d (cm)	A <sub>s</sub> (cm²)	x (cm)	x/d	M <sub>Rd</sub> (tf.m)	Taxa
V2	- V4	2,92	4,09	30	500	20	53	2	16,0	49	10,30	15,37	0,32	19,01	22%
	+Vão 1	1,49	2,09	30	500	20	53	2	20,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	26%
	- V5	2,56	3,58	30	500	20	53	2	20,0	48	6,28	9,37	0,19	12,19	29%
	+Vão 2	1,05	1,47	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	18%
	- V6	2,09	2,93	30	500	20	53	2	20,0	48	6,28	9,37	0,19	12,19	24%
	+ Vão 3	1,06	1,48	30	500	20	53	2	16,0	49	4,02	6,00	0,12	8,07	18%
	- V7	2,98	4,17	30	500	20	53	2	20,0	49	10,30	15,37	0,32	19,01	22%
V3	+ Vão 1	0,90	1,26	30	500	20	53	4	12,5	49	4,91	7,32	0,15	9,78	13%
V4	- P5	4,14	5,80	30	500	25	53	4	20,0	48	12,57	15,00	0,31	23,15	25%
	+ Vão 1	0,50	0,70	30	500	25	53	4	12,5	49	4,91	5,86	0,12	9,90	7%
	- P1	3,27	4,58	30	500	25	53	4	20,0	48	12,57	15,00	0,31	23,15	20%
V5	- P6	4,42	6,19	25	500	20	53	4	20,0	48	12,57	22,50	0,47	21,51	29%
	+ Vão 1	0,89	1,25	25	500	20	53	4	12,5	49	4,91	8,79	0,18	9,65	13%
	- P2	2,28	3,19	25	500	20	53	4	20,0	48	12,57	22,50	0,47	21,51	15%

Tabela 29 – Capacidade resistente das vigas – Momento fletor.

Elemento	Seção	V <sub>Sk</sub> (tf.m)	V <sub>Sd</sub> (tf.m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>ywk</sub> (MPa)	b <sub>w</sub> (cm)	d (cm)	nº de ramos	φ <sub>t</sub> (mm)	S (cm)	V <sub>c</sub> (tf)	V <sub>sw</sub> (tf)	V <sub>Rd3</sub> (tf)	V <sub>Rd2</sub> (tf)	V <sub>Rd</sub> (tf)	Taxa
V2	V6 - dir.	3,46	4,84	30	500	20	50	2	6,3	15	8,69	8,13	16,82	50,91	16,82	29%
V3	V2 - dir.	1,00	1,40	30	500	20	50	2	6,3	20	8,69	6,10	14,79	50,91	14,79	9%
V4	P5 - esq.	5,75	8,05	30	500	25	50	2	6,3	10	10,86	12,20	23,06	63,64	23,06	35%
V5	P6 - esq.	6,10	8,54	30	500	25	50	2	6,3	10	10,86	12,20	23,06	63,64	23,06	37%

Tabela 30 – Capacidade resistente das vigas – Força cortante.

L5 (TÉRREO)	Pos. x	0,62	30	500	2,5	100	13	10	10	10	10,0	7,85	0,9	2,3	0,23	3,09	28%
	Pos. y	0,54	30	500	3,5	100	13	10	10	10	10,0	7,85	0,8	2,3	0,23	3,09	24%
	Neg. x	0,92	30	500	2,5	100	13	10	8	5	20,0	10,05	1,3	3,0	0,30	3,85	33%
	Neg. y	0,68	30	500	2,5	100	13	10	8	20	5,0	2,51	1,0	0,7	0,07	1,06	90%

Tabela 31 – Capacidade resistente das lajes – Momento fletor.

Elemento	PERFIL	N <sub>Sd</sub> (tf)	M <sub>Sdx</sub> (tf.m)	M <sub>Sdy</sub> (tf.m)	TAXA
Pilar	Tubular - Seção retangular 150x150x4,75	5,18	0,27	0,58	30%

Tabela 32 – Capacidade resistente das pilares metálicos.

Elemento	PERFIL	Momento Fletor		Força Cortante	
		M <sub>Sd</sub> (tf.m)	Taxa	V <sub>Sd</sub> (tf)	Taxa
Viga do mezanino	W 200 x 15	1,09	35%	0,81	7%

Tabela 33 – Capacidade resistente dos perfis metálicos.

Nota-se que todos elementos estão com taxas de utilização aceitáveis segundo os padrões normativos vigentes, apresentando, portanto níveis de segurança adequados.

### 6.4.3 Intervenção 4

Sobre a área das docas, no nível do mezanino técnico será construído um mezanino no nível +8,20, para área administrativa. Os projetos de referência datam de 2019 e tem programação de execução para o ano de 2020.

A estrutura para esse novo mezanino é constituída de estrutura metálica para vigas e pilares que se apoiam nas lajes, em concreto armado, do nível térreo. O piso e a estrutura do mezanino serão construídos no sistema steel deck.

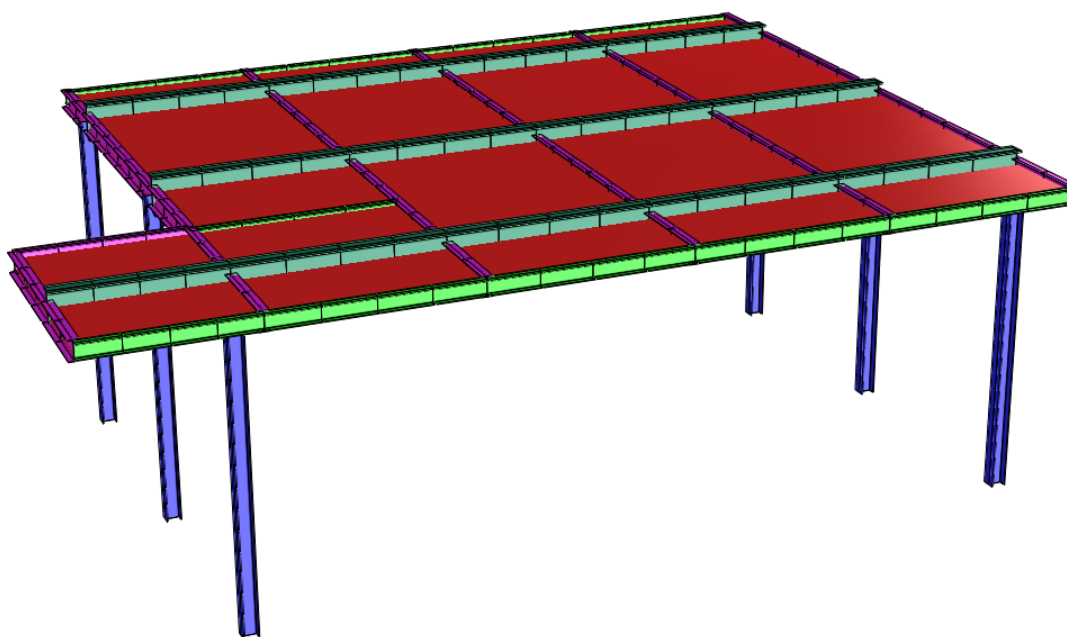
Os materiais considerados para análise estão conforme as indicações de projeto e descritos na tabela a seguir:

Concreto	Resistência Característica à compressão $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade Secante $E_{cs} = 23,8 \text{ GPa}$
Armadura Passiva	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$
Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 34 – Características dos materiais consideradas para análise.*


Os casos de carregamento e combinações seguem o indicado nos itens 5.3 e 5.4, respectivamente, sendo que no caso de carregamento 3 foi adotada uma carga variável de utilização  $q_8 = 0,25 \text{ tf/m}^2$ .

A imagem a seguir representa uma perspectiva tridimensional do modelo.



*Figura 7 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em aço.*

Os resultados para os elementos analisados encontram-se nas tabelas a seguir:

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 52 de 129

Elemento	PERFIL	Momento Fletor		Força Cortante	
		M <sub>Sd</sub> (tf.m)	Taxa	V <sub>Sd</sub> (tf)	Taxa
Viga do mezanino	W 410 x 75	15,45	45%	6,9	13%

*Tabela 35 – Capacidade resistente dos perfis metálicos.*

Elemento	PERFIL	N <sub>Sd</sub> (tf)	M <sub>Sdx</sub> (tf.m)	M <sub>Sdy</sub> (tf.m)	TAXA
Pilar	Tubular - Seção retangular 150x150x4,75	9,97	2,68	0	59%

*Tabela 36 – Capacidade resistente das pilares metálicos.*

Nota-se que todos elementos estão com taxas de utilização aceitáveis segundo os padrões normativos vigentes, apresentando, portanto níveis de segurança adequados.

#### 6.4.4 Alterações 5 e 6

Trata-se de 2 anexos com dimensões relativamente pequenas que se encontravam em execução durante a realização do presente trabalho, denominados nos projetos de referência como sala dos armários e sala 59-1053.

Por se tratar de estruturas de pequeno porte cujos projetos seguem os padrões técnicos de outras intervenções e que dão origem a reações pouco significativas nas estruturas existentes não se julgou necessário realizar análises explícitas dessas alterações.

#### 6.4.5 Reforço 1

A região compreendia entre os eixos horizontais E e G, e os eixos verticais 1 e 2, sustenta equipamentos com cargas elevadas, e que segundo informações, não foram considerados no projeto original. Foi realizado então um reforço da estrutura por meio da instalação de perfis metálicos.



*Foto 26 – Estrutura metálica de reforço.*

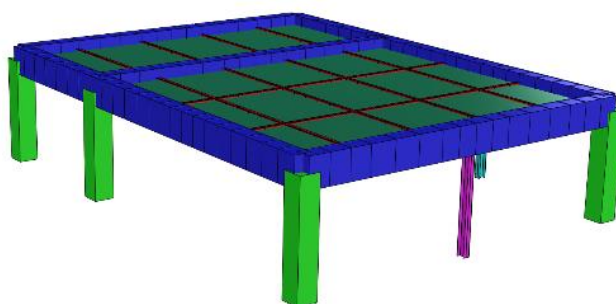
Para esta verificação foram utilizados os projetos de referência, datados de 2018, o layout de utilização da edificação no pavimento térreo, complementados pelas inspeções de campo. Os materiais considerados para análise estão descritos na tabela a seguir:

Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 37 – Características dos materiais consideradas para análise.*


Os casos de carregamento e combinações estão conforme as considerações dos itens 5.3 e 5.4, respectivamente, sendo que no caso de carregamento 3, carga variável de utilização  $q_2 = 0,335 \text{ tf/m}^2$  e cargas concentradas de 1,27 tf, que correspondem ao equipamento denominado ultra centrífuga, locados conforme layout dos projetos de referência.

O modelo simplificado da estrutura de reforço pode ser visualizado na imagem a seguir:



*Figura 8 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em aço.*



 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 54 de 129

Os resultados para os elementos analisados encontram-se nas tabelas a seguir:

Elemento	PERFIL	$N_{sd}$ (tf)	$M_{sdx}$ (tf.m)	$M_{sdy}$ (tf.m)	TAXA
Pilar	W 200 x 35,9	60,5	1,58	0	91%

*Tabela 38 – Capacidade resistente das pilares metálicos.*

Elemento	PERFIL	Momento Fletor		Força Cortante	
		$M_{sd}$ (tf.m)	Taxa	$V_{sd}$ (tf)	Taxa
Viga	W 310 x 32,7	1,1	10%	1,4	5%
Viga	W 250 x 25,3	1,17	16%	2,05	10%

*Tabela 39 – Capacidade resistente dos perfis metálicos.*

Nota-se que todos elementos estão com taxas de utilização aceitáveis segundo os padrões normativos vigentes, apresentando, portanto, níveis de segurança adequados.

#### 6.4.6 Reforço 2

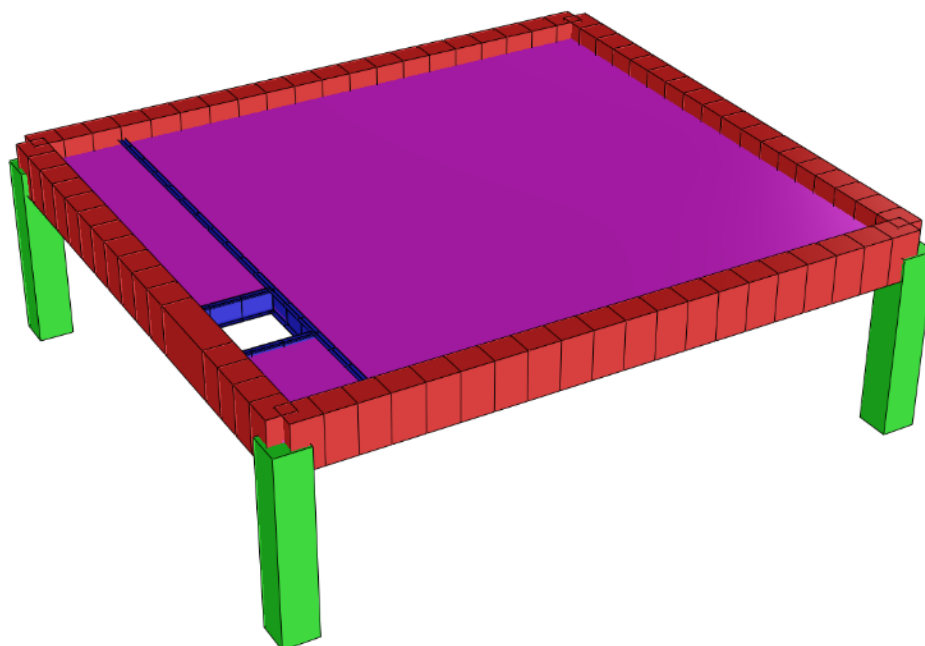
Para a instalação e funcionamento correto de equipamentos, foi necessária a realização de uma abertura na laje 46 do nível térreo. Para a execução desta abertura foram instalados perfis metálicos de reforço, a fim de garantir a segurança da estrutura.

Os casos de carregamento e combinações seguem o indicado nos itens 5.3 e 5.4, respectivamente, sendo os materiais indicados em projeto possuem as seguintes propriedades:

Perfis	Resistência Característica à tração $f_{yk} = 250 \text{ MPa}$
	Módulo de Elasticidade $E = 210 \text{ GPa}$

*Tabela 40 – Características dos materiais consideradas para análise.*

A imagem a seguir representa uma perspectiva tridimensional do modelo.




*Figura 9 – Perspectiva tridimensional do modelo computacional da estrutura em aço.*

Para análise dos elementos foram utilizados os mesmos critérios de taxa de utilização e estão organizados na tabela a seguir:

Elemento	PERFIL	Momento Fletor		Força Cortante	
		$M_{sd}$ (tf.m)	Taxa	$V_{sd}$ (tf)	Taxa
Viga	W 310 x 32,7	2,38	22%	1,2	4%

*Tabela 41 – Capacidade resistente das pilares metálicos.*

Nota-se que todos elementos estão com taxas de utilização aceitáveis segundo os padrões normativos vigentes, apresentando, portanto, níveis de segurança adequados.

	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	56 de 129

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante as inspeções realizadas não foram constatadas manifestações patológicas significativas, porém as investigações, medidas de campo, análise dos projetos originais e alterações frente aos carregamentos da estrutura, indicam comprometimento dos parâmetros de segurança e durabilidade recomendados em regiões localizadas da estrutura do edifício.

A seguir apresenta-se as conclusões e recomendações com relação a esses aspectos.

### 7.1 Quanto à durabilidade

Os resultados dos ensaios laboratoriais e medidas de campo, demonstram que os materiais empregados na obra atendem às especificações de projeto e critérios de qualidade, sendo ainda coerentes com a tecnologia disponível na época da construção, exceto pelo cobrimento e profundidade de carbonatação.

Uma das principais preocupações quanto à durabilidade das estruturas de concreto armado é relacionada à corrosão de armaduras, por isso deve-se garantir cobrimentos adequados segundo o ambiente ao qual a estrutura está inserida.

A profundidade de carbonatação superior aos cobrimentos, observada em vários pontos propicia a ocorrência da corrosão de armaduras caso exista umidade suficiente, como pode ocorrer na base dos pilares junto ao solo ou falhas de impermeabilização.

Deste modo apesar de não se observarem danos significativos é um bom momento para se realizar um projeto detalhando um sistema de proteção com pintura acrílica e estuque raspado, inibidores de corrosão, prolongando assim a vida útil da estrutura.


### 7.2 Quanto à segurança estrutural

Não foram constatadas manifestações características de mal comportamento estrutural, porém as análises indicaram a existência de comprometimento da segurança em certos elementos, demonstrando que a estrutura necessita de intervenções de reforço para garantia de sua segurança.

As treliças metálicas do forro técnico e os pilares de fachada são os elementos mais críticos da análise realizada. Os diversos equipamentos, novas plataformas instaladas e a própria concepção estrutural podem justificar essas observações.

O anteprojeto do Anexo VII, apresenta uma solução relativamente simples de ser implementada que podem ser adotadas para garantia da segurança das treliças metálicas do forro técnico.

Por outro lado, vários apoios das plataformas estão instalados de forma questionável e em alguns casos não foi possível determinar de forma precisa o seu esquema estático, evidenciando que estes elementos deverão ser monitorados regularmente para que qualquer anomalia de comportamento possa ser diagnosticada e sanada em tempo.

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	57 de 129

Para os pilares de fachada a alternativa mais consistente é o aumento de sua seção, com acréscimo de armadura, cujo anteprojeto se encontra no Anexo VII.


### 7.3 Quanto as fundações

Uma vez que as estacas não possuem competência suficiente para garantia da segurança da edificação, recomenda-se o reforço dos elementos de fundação por meio da adição de estacas de modo a reduzir a carga resultante em cada estaca. O ante projeto de fundações se encontra no Anexo VII.

### 7.4 Recomendações gerais

Além das orientações descritas nos itens anteriores, recomenda-se que futuras alterações sejam projetadas, executadas e acompanhadas por profissionais especialistas na área de estruturas e sua patologia.

Também se recomenda que a edificação seja inspecionada anualmente, por profissionais com as competências e especialidade acima descritos.

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	58 de 129


## ANEXO I – PROJETOS DE REFERÊNCIA



Documento	Autor	Título	Revisão	Data
FUN-LAP-001	MHA Engenharia	Laboratório de Produção Projeto das Fundações Estaca Pré-Moldada	03	01/06/2005
EST-LAP-003	MHA Engenharia	Fundações	00	16/05/2005
EST-LAP-004	MHA Engenharia	Pavimento Térreo	00	23/05/2005
EST-LAP-005	MHA Engenharia	Pavimento Sala de Reunião	00	23/05/2005
EST-LAP-006	MHA Engenharia	Mezanino Técnico	00	23/05/2005
EST-LAP-007	MHA Engenharia	Armações Vigas Pavimento Cobertura	00	05/07/2005
EST-LAP-008	MHA Engenharia	Cobertura	00	05/07/2005
EST-LAP-009	MHA Engenharia	Fôrmas e Armações dos blocos BL1 ao BL4	00	23/05/2005
EST-LAP-010	MHA Engenharia	Fôrma e Armação dos blocos BL6 ao BL10	00	23/05/2005
EST-LAP-011	MHA Engenharia	Forma e Armações dos blocos BL11 ao BL14	00	23/05/2005
EST-LAP-012	MHA Engenharia	Armações dos pilares até o Nível +1,50	00	23/05/2005
EST-LAP-013	MHA Engenharia	Armações dos pilares até o Nível +1,50	00	14/06/2005
EST-LAP-015	MHA Engenharia	Vigas subsolo técnico B5-B6-B12-B13-B14	00	23/05/2005
EST-LAP-016	MHA Engenharia	Vigas do subsolo técnico BE1-BE2-B1-B2-B3-B4 B7-B8-B9-B10-B11-B15-B16-B17	00	05/07/2005
EST-LAP-017	MHA Engenharia	Armações das placas PL1 à PL9	00	29/06/2005
EST-LAP-018	MHA Engenharia	Armação positiva e negativa das lajes Pavimento suboslo Escadas	00	22/06/2005
EST-LAP-019	MHA Engenharia	Armação negativa das lajes Pavimento térreo	00	05/07/2005
EST-LAP-020	MHA Engenharia	Armação positiva das lajes Pavimento térreo	00	05/07/2005
EST-LAP-021	MHA Engenharia	Armação das placas PL10 à PL15	00	05/07/2005
EST-LAP-022	MHA Engenharia	Fôrma e Armação dos blocos BL5 e BL15 ao BL17	00	05/05/2005
EST-LAP-023	MHA Engenharia	Vigas Térreo PR1-V1-V1A-V1B-V2-V3-V4	00	05/07/2005
EST-LAP-024	MHA Engenharia	Vigas Térreo V5-V6-V7-V12-V14-V27-V28-V29	00	05/07/2005
EST-LAP-025	MHA Engenharia	Vigas Térreo V8-V9-V11-V13	00	05/07/2005
EST-LAP-026	MHA Engenharia	Vigas Térreo V10-V15-V16-V17	00	05/07/2005
EST-LAP-027	MHA Engenharia	Vigas Térreo PR2-PR3-V18 à V26-V21A-V10A	00	05/07/2005
EST-LAP-028	MHA Engenharia	Armações dos pilares acima do nível +1,50	00	05/07/2005
EST-LAP-029	MHA Engenharia	Armações das lajes e vigas pavimento sala de reunião	00	05/07/2005
EST-LAP-030	MHA Engenharia	Armações das lajes Mezanino Técnico	00	05/07/2005
EST-LAP-031	MHA Engenharia	Armações dos pilares acima do nível +1,50	00	05/07/2005

Documento	Autor	Título	Revisão	Data
EST-LAP-032	MHA Engenharia	Armações das vigas Pavimento mezanino técnico V1, V4, V5 e V7	00	08/07/2005
EST-LAP-033	MHA Engenharia	Armações das vigas Pavimento mezanino técnico V2, V3, V6, V8 à V20	00	05/07/2005
DEA-0059C-PB-CC-DE-0001-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Planta de Locação	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0002-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Locação de Estacas	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0003-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Planta de fundação	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0004-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Fôrma do térreo e detalhes de armação	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0005-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Armação da laje do térreo	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0006-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Locação de Estacas	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0007-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Planta Fundação	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0008-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Fôrma do térreo e detalhes de armação	0	06/02/2017
DEA-0059C-PB-CC-DE-0009-R00	Instituto Butantan	Câmara fria - Influenza Armação da laje do térreo	0	06/02/2017
SEM IDENTIFICAÇÃO		SEM IDENTIFICAÇÃO Estrutura metálica Câmaras frias	3	SEM DATA
DEA-0059R-PB-CM-DE-0001-R00	Instituto Butantan	Prédio Influenza Planta Reforço da laje	0	02/03/2017
DEA-0059R-PB-CM-DE-0002-R00	Instituto Butantan	Prédio Influenza Detalhe do reforço	0	02/03/2017
DEA-0059V-PB-CC-DE-0001-R01	Instituto Butantan	Vestiário Influenza Planta de locação	0	06/02/2017
DEA-0059V-PB-CC-DE-0002-R01	Instituto Butantan	Vestiário Influenza Plata fundação	0	06/02/2017
DEA-0059V-PB-CC-DE-0003-R01	Instituto Butantan	Vestiário Influenza Forma da plataforma + 1,40	0	06/02/2017
DEA-0059V-PB-CC-DE-0004-R01	Instituto Butantan	Vestiário Influenza Detalhe armação laje plataforma	0	06/02/2017
DEA-0059V-PB-CC-DE-MET-001-R0	Instituto Butantan	Mezanino e cobertura Estrutura Metálica	0	26/05/2018
DI-00059-PB-DE-CM-0001-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Detalhe de reforço p/ abertura da laje	0	25/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0001-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Demolição escada / Fundação sala armários	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0002-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Fôrma sala armários / armação pilares e vigas	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0003-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Armação laje sala armários	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0004-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Armação escada acesso sala armários	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0005-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Locação estacas sala 59-1053	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0006-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Fundação sala 59-1053	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0007-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Fôrma térreo Sala 59-1053	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CC-0008-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Armação laje térreo Sala 59-1053	0	28/02/2019
DI-00059-PB-DE-CM-0001-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Mezanino administrativo - Locação de pilares	0	25/02/2019



Documento	Autor	Título	Revisão	Data
DI-00059-PB-DE-CM-0002-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Estrutura metálica	0	25/02/2019
DI-00059-PB-DE-CM-0003-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Planta da laje steel deck	0	25/02/2019
DI-00059-PB-DE-CM-0004-R00	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Detalhes de ligação	0	25/02/2019
DI-00059-PB-HV-DE-0005-R01	Instituto Butantan	P 59 - Influenza Arranjo de dutos - piso técnico	1	23/092019
DI-00059-PB-AR-DE-BASE TÉRREO_00	Instituto Butantan	Arquitetura do térreo - 2020	0	-

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 62 de 129

## ANEXO II – LOCAÇÃO DE PROSPECÇÕES



1 - PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.

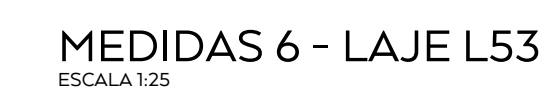
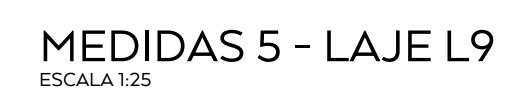
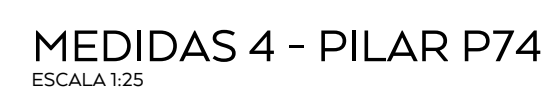
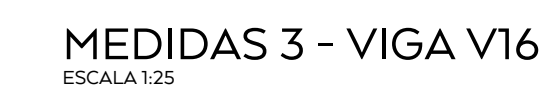
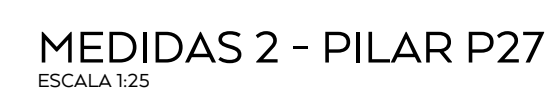
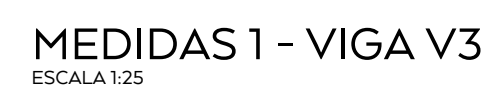



**CARMONA**  
SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

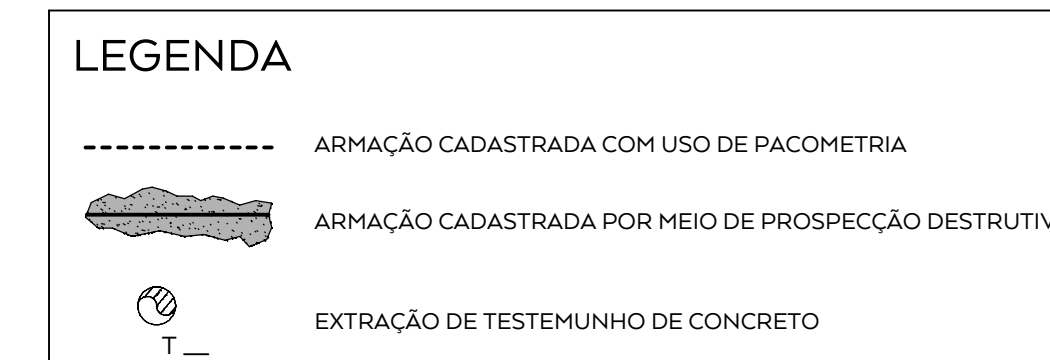
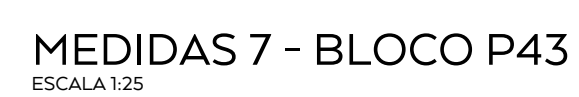
**INSTITUTO BUTANTAN**

ELAB.	ROBERTO	VER.	THOMAS	CAL.	-	ESC.	1:125
DATA	22/05/2020	PROJETO	182	FOLHA	01	REV.	0






N°		DATA		REVISÃO		DES.		ENG.							
															
OBJETO				TÍTULO											
PRÉDIO 59 - INFLUENZA				ANEXO II: MEDIDAS DE CAMPO											
LOCAL				TETO											
AV. VITAL BRASIL, 1500 SÃO PAULO - SP				-											
ELAB.		CAIO		VER.		THOMAS		CAL.		-		ESC.		1125	
DATA		22/05/2020		PROJETO		182		FOLHA		02		REV.		0	

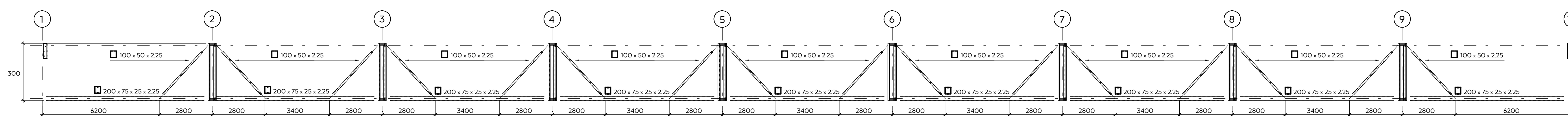
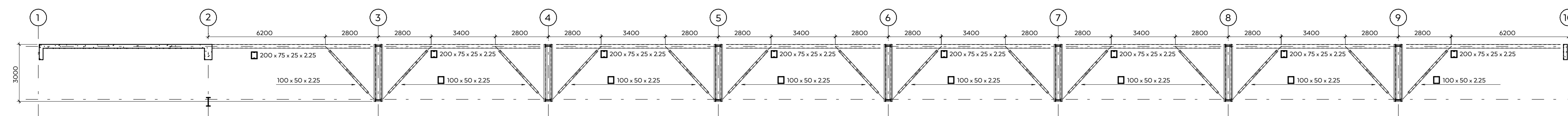
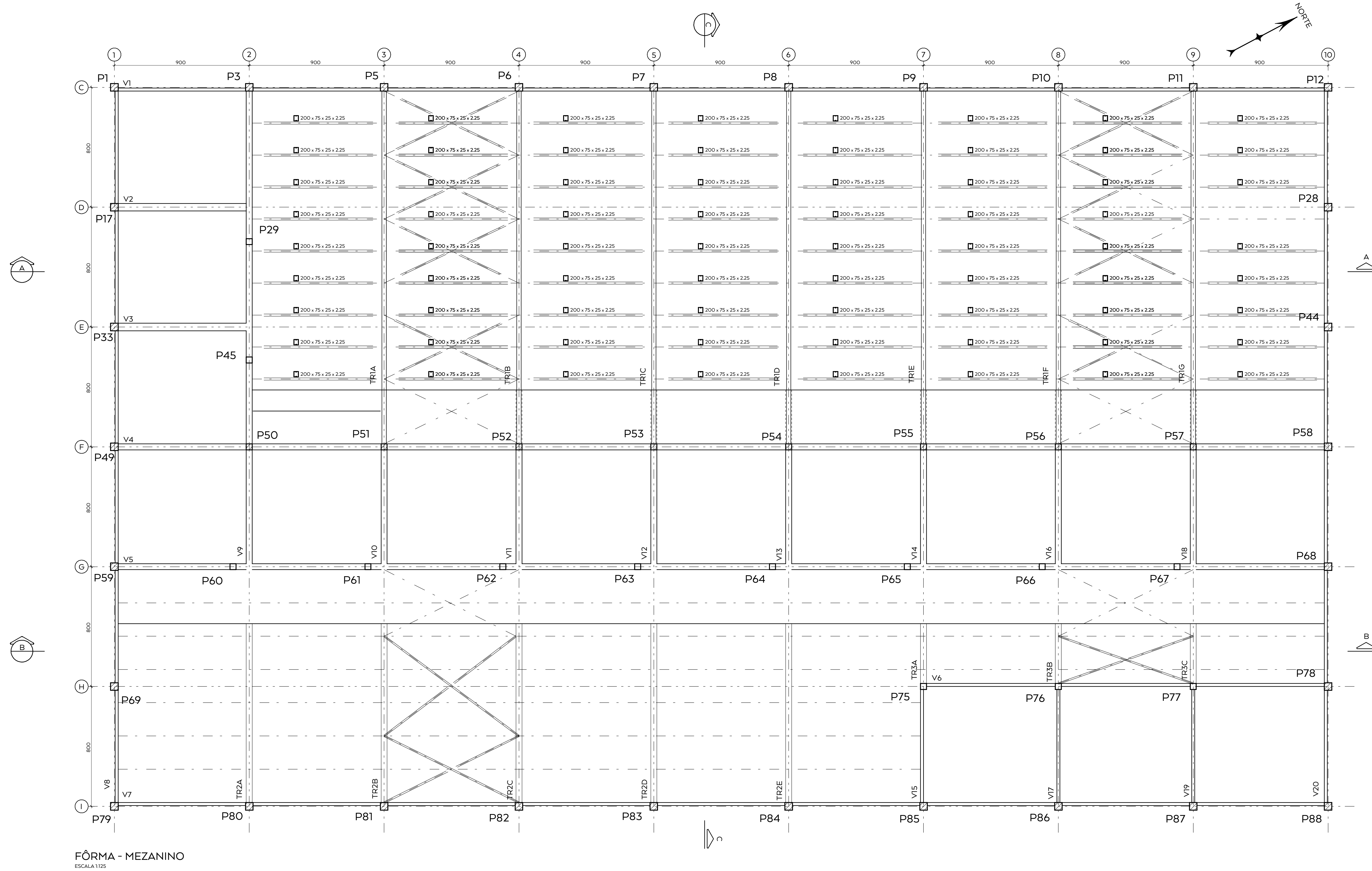
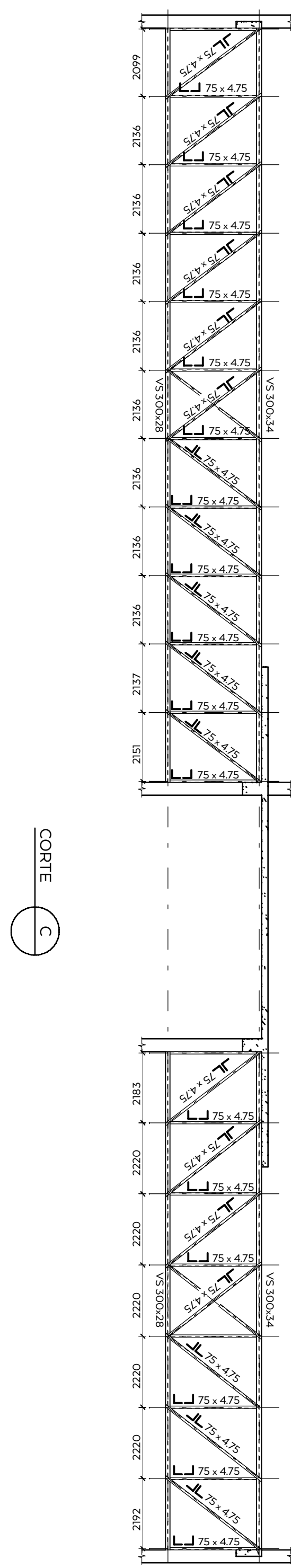


NOTAS

1 - PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 65 de 129


## ANEXO III – CADASTRO SIMPLIFICADO ESTRUTURA METÁLICA



NOTAS

1- PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO RS7-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

Nº	DATA	REVISÃO	DES.	ENG.
 CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA			 INSTITUTO BUTANTAN	
OBJETO PRÉDIO 59 - INFLUENZA			TÍTULO ANEXO III: ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO	
LOCAL AV. VITAL BRASIL 1500 SÃO PAULO - SP			TETO	
ELAB CAIO	VER THOMAS	CAL -	ESC 1:125	REV 0
DATA 22/05/2020	PROJETO 182	FOLHA 04	REV. 0	

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	67 de 129

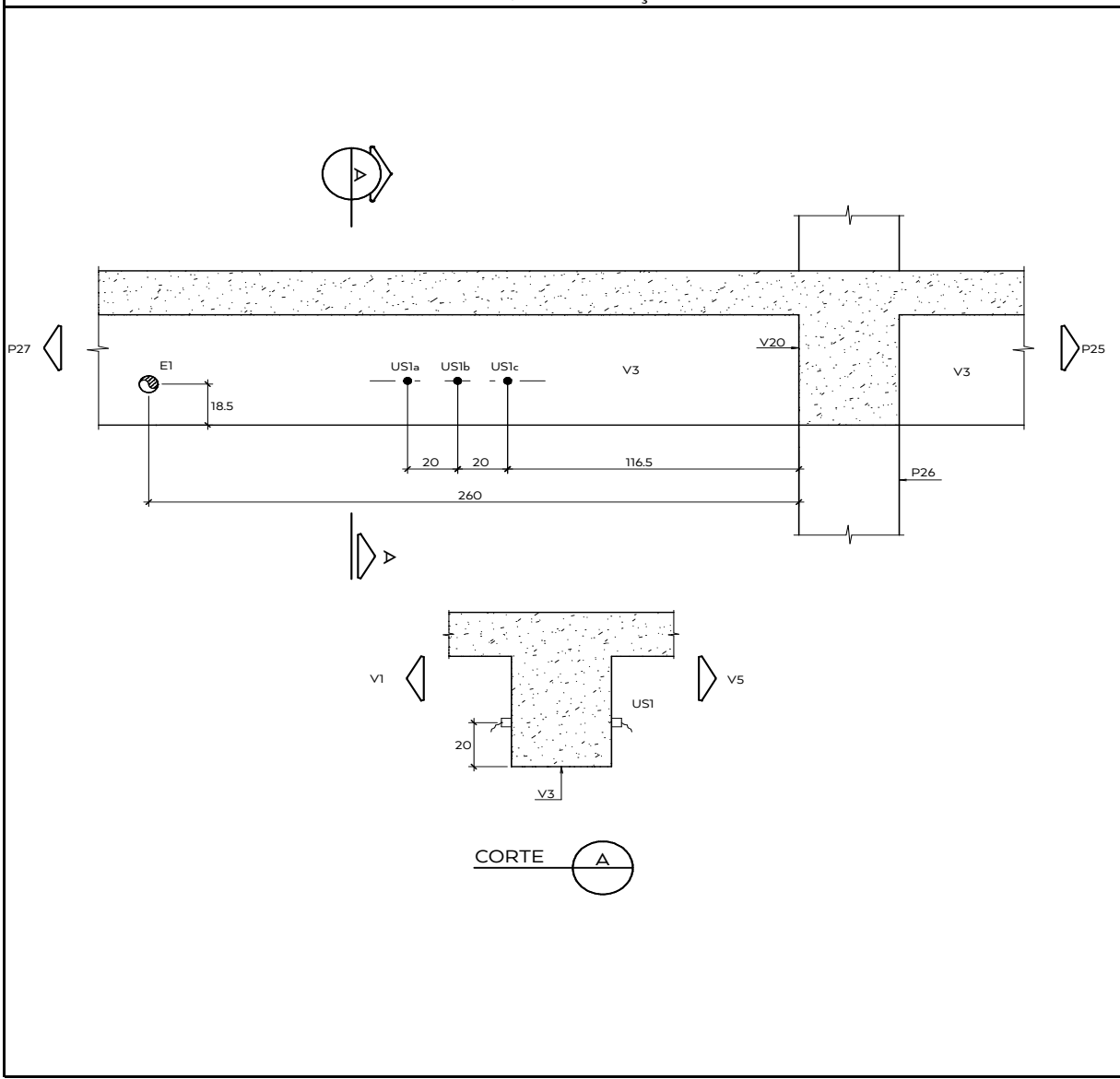
## ANEXO IV – MEDIDAS DE CAMPO

**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
 UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 3				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US1 <sub>a</sub>	concreto	41,3	96,3	4.289	Durável
US1 <sub>b</sub>	concreto	41,3	95,8	4.311	Durável
US1 <sub>c</sub>	concreto	41,3	94,3	4.380	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**


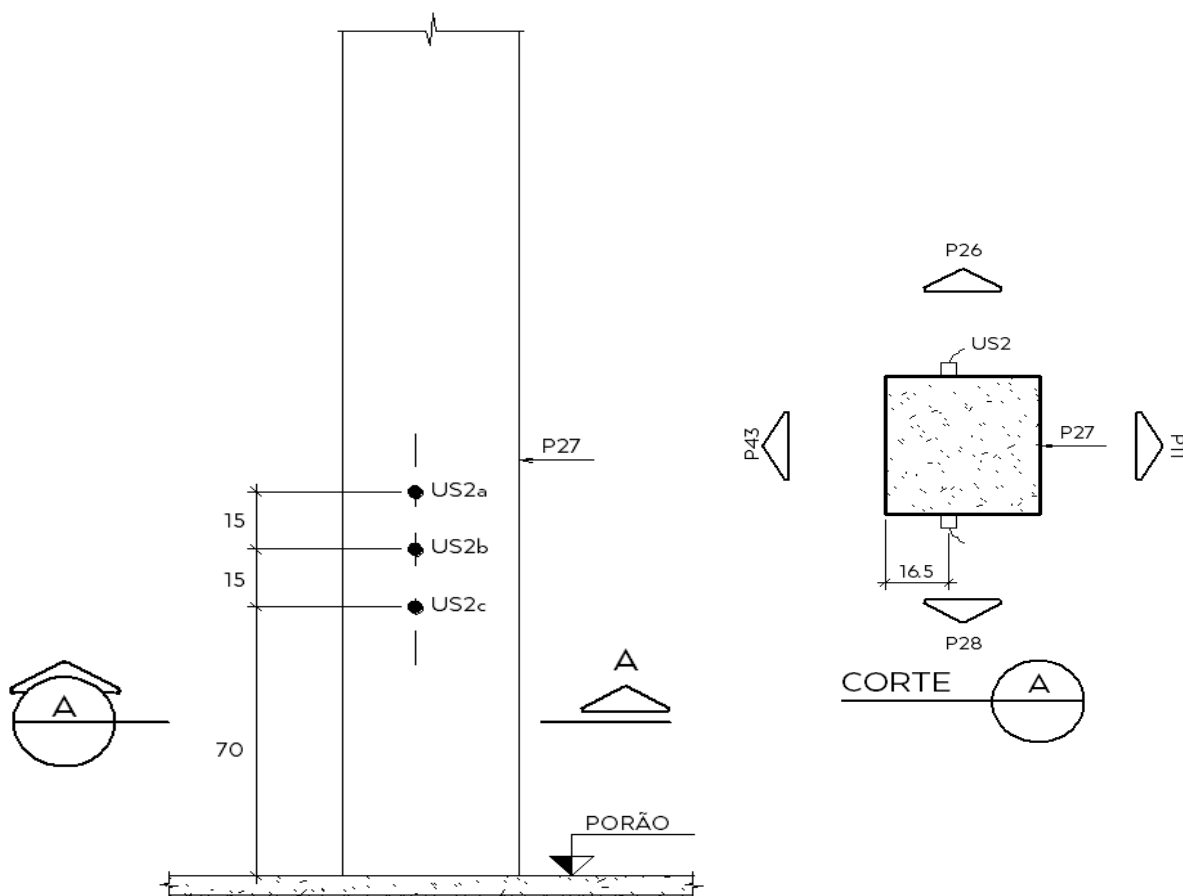


**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
 UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 27				
PONTO	MATERIAL	DISTÂNCIA (cm)	TEMPO (μs)	VELOCIDADE (m/s)	Qualidade do concreto
US2 <sub>a</sub>	concreto	40,5	93,5	4.332	Durável
US2 <sub>b</sub>	concreto	40,5	93,3	4.341	Durável
US2 <sub>c</sub>	concreto	40,5	94,0	4.309	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**


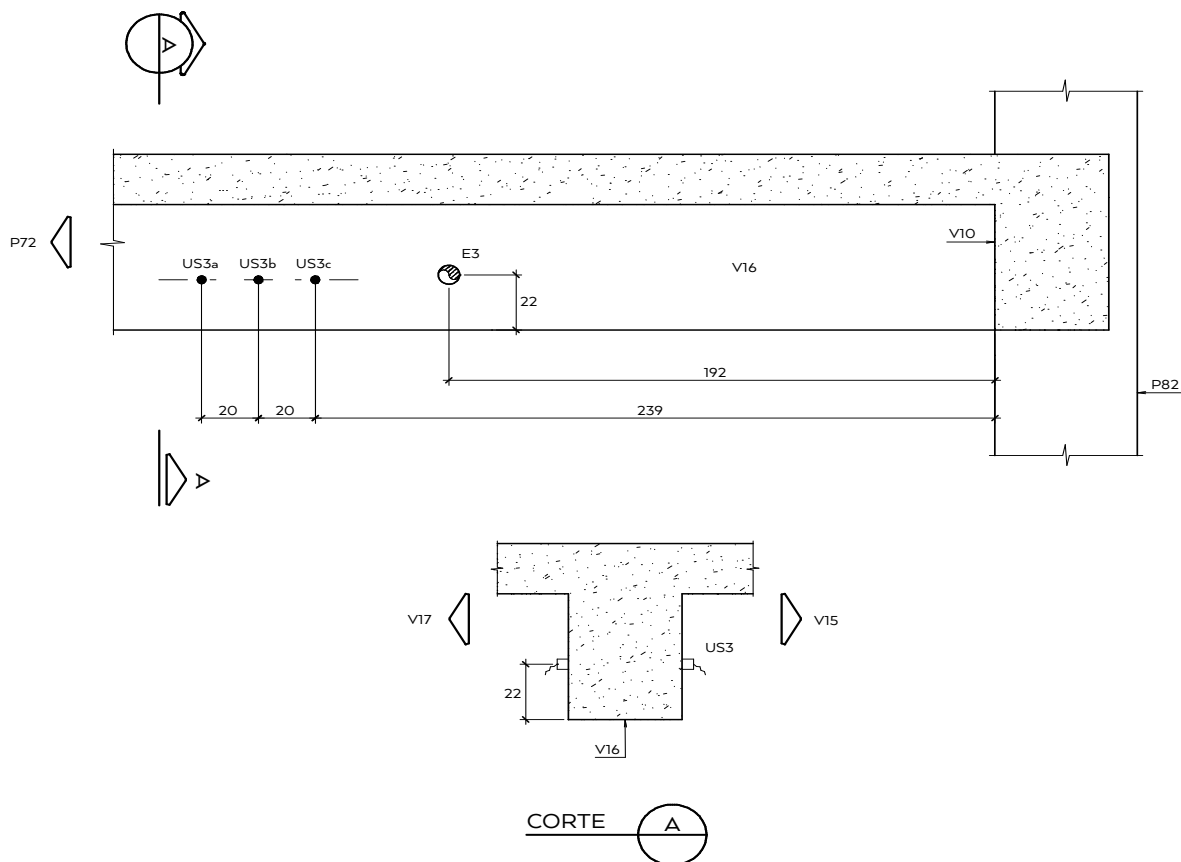
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 6				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US3 <sub>a</sub>	concreto	41	95,5	4.293	Durável
US3 <sub>b</sub>	concreto	41	96,5	4.249	Durável
US3 <sub>c</sub>	concreto	41	95,0	4.316	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



**REFERÊNCIAS:**

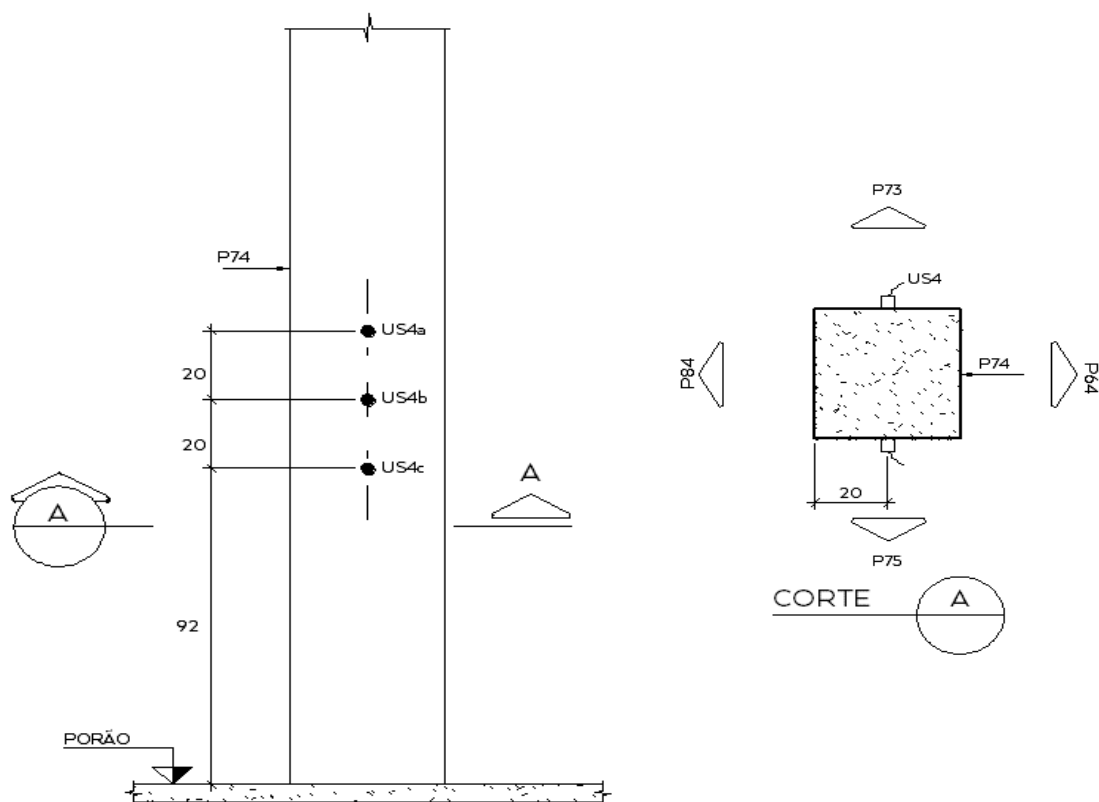
NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio

UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 74				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US4 <sub>a</sub>	concreto	40	96,0	4.167	Durável
US4 <sub>b</sub>	concreto	40	97,0	4.124	Durável
US4 <sub>c</sub>	concreto	40	96,5	4.145	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



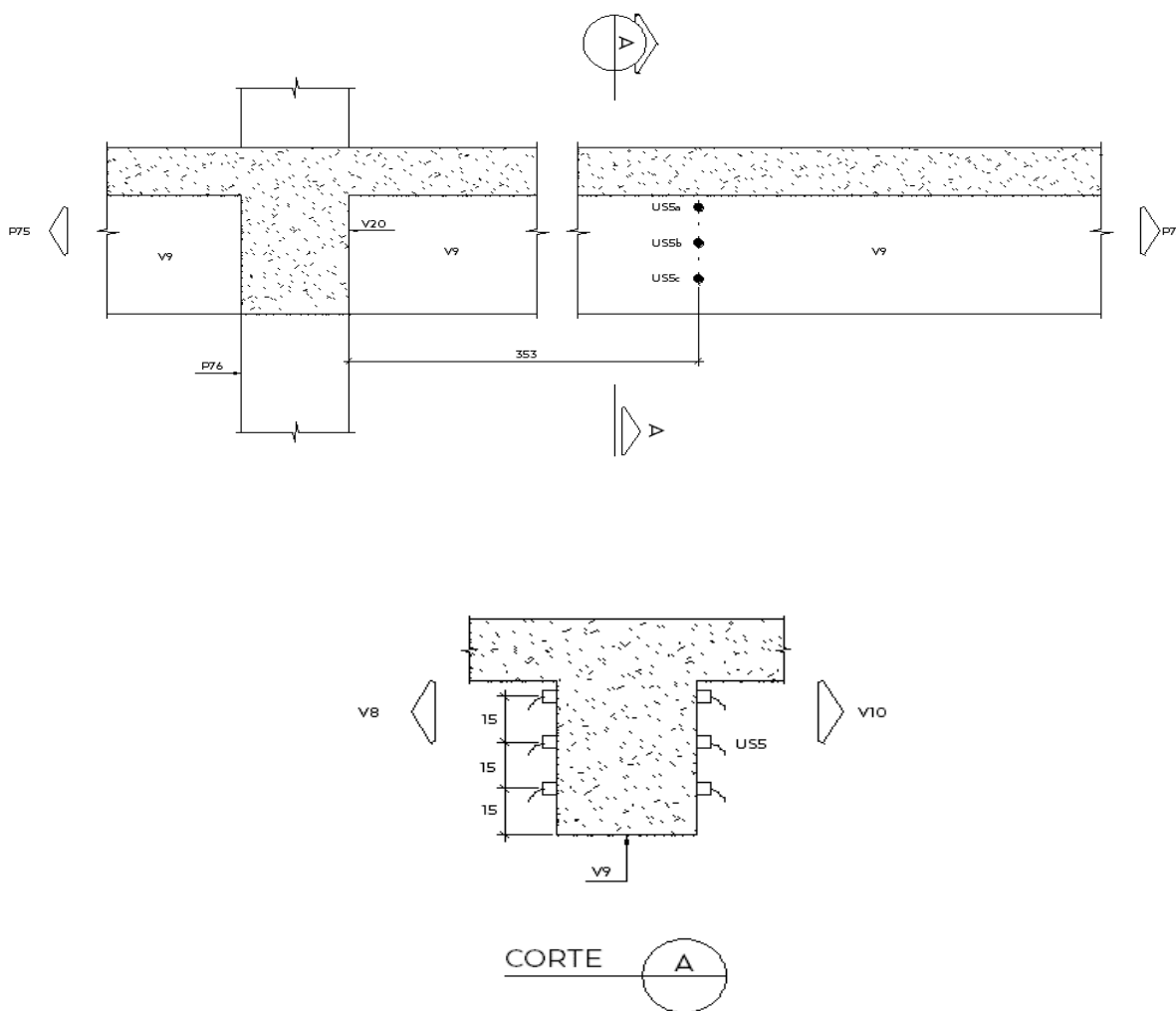
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 9				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US5 <sub>a</sub>	concreto	40	98,0	4.082	Durável
US5 <sub>b</sub>	concreto	40	98,8	4.049	Durável
US5 <sub>c</sub>	concreto	40	98,2	4.073	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



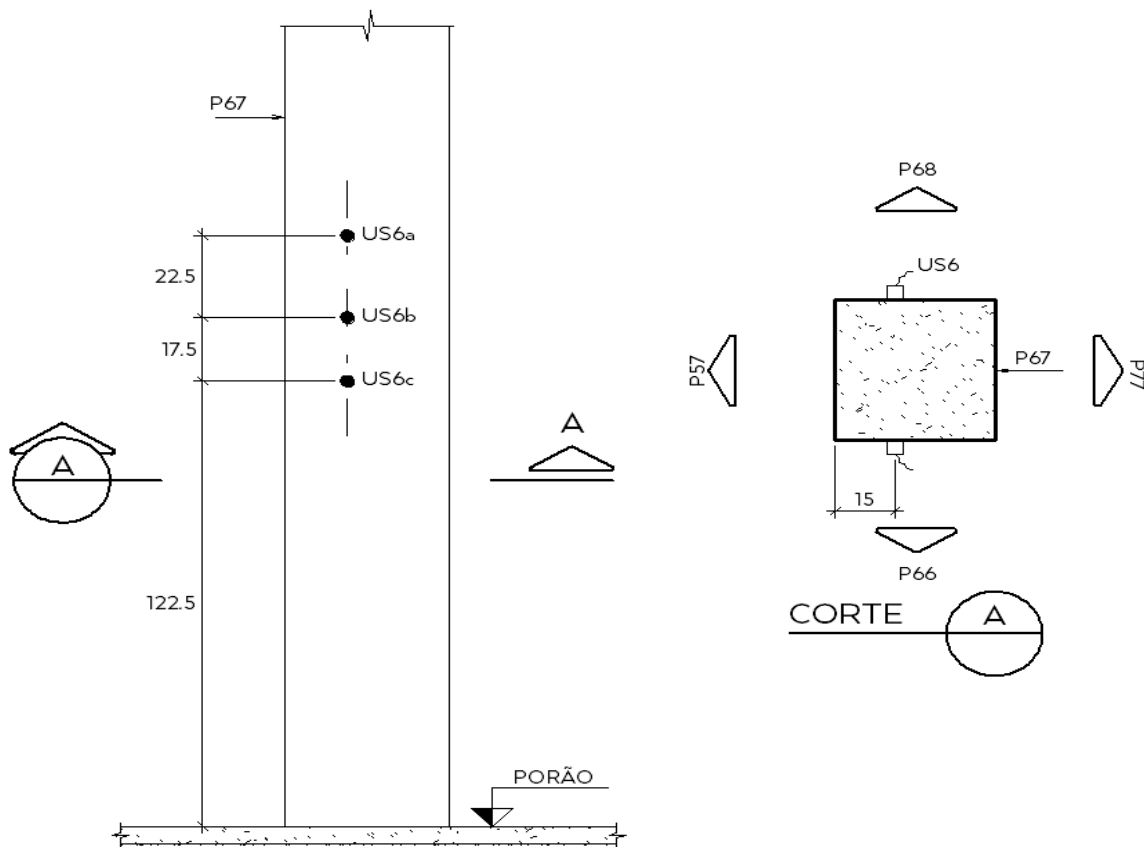
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 67				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US6 <sub>a</sub>	concreto	40	95,3	4.197	Durável
US6 <sub>b</sub>	concreto	40	94,7	4.224	Durável
US6 <sub>c</sub>	concreto	40	94,2	4.246	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**





**REFERÊNCIAS:**

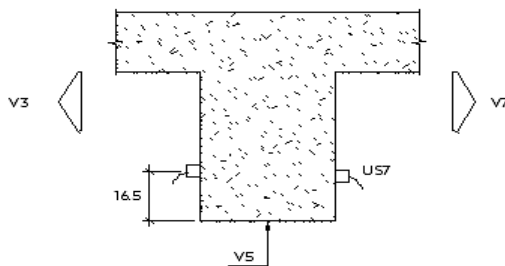
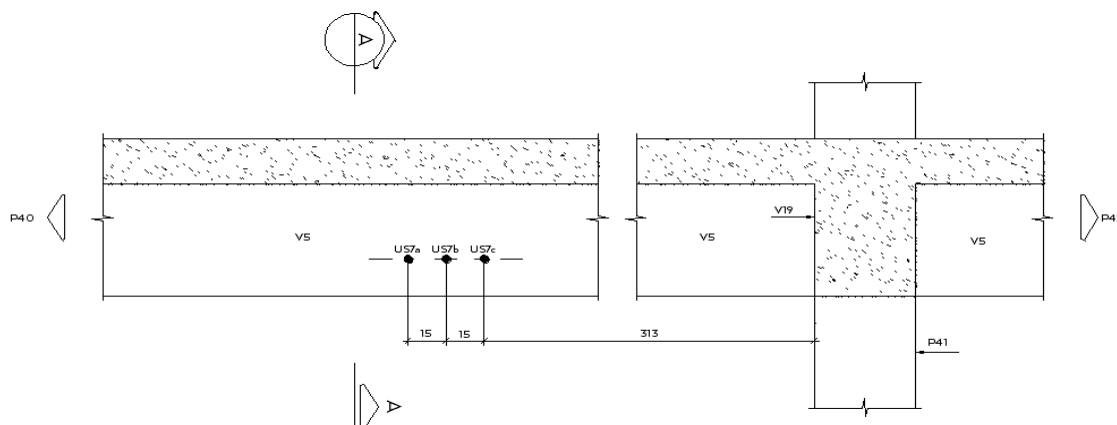
NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio

UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 5				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (µs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US7 <sub>a</sub>	concreto	42,5	104,7	4.059	Durável
US7 <sub>b</sub>	concreto	42,5	103,0	4.126	Durável
US7 <sub>c</sub>	concreto	42,5	103,5	4.106	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



CORTE A

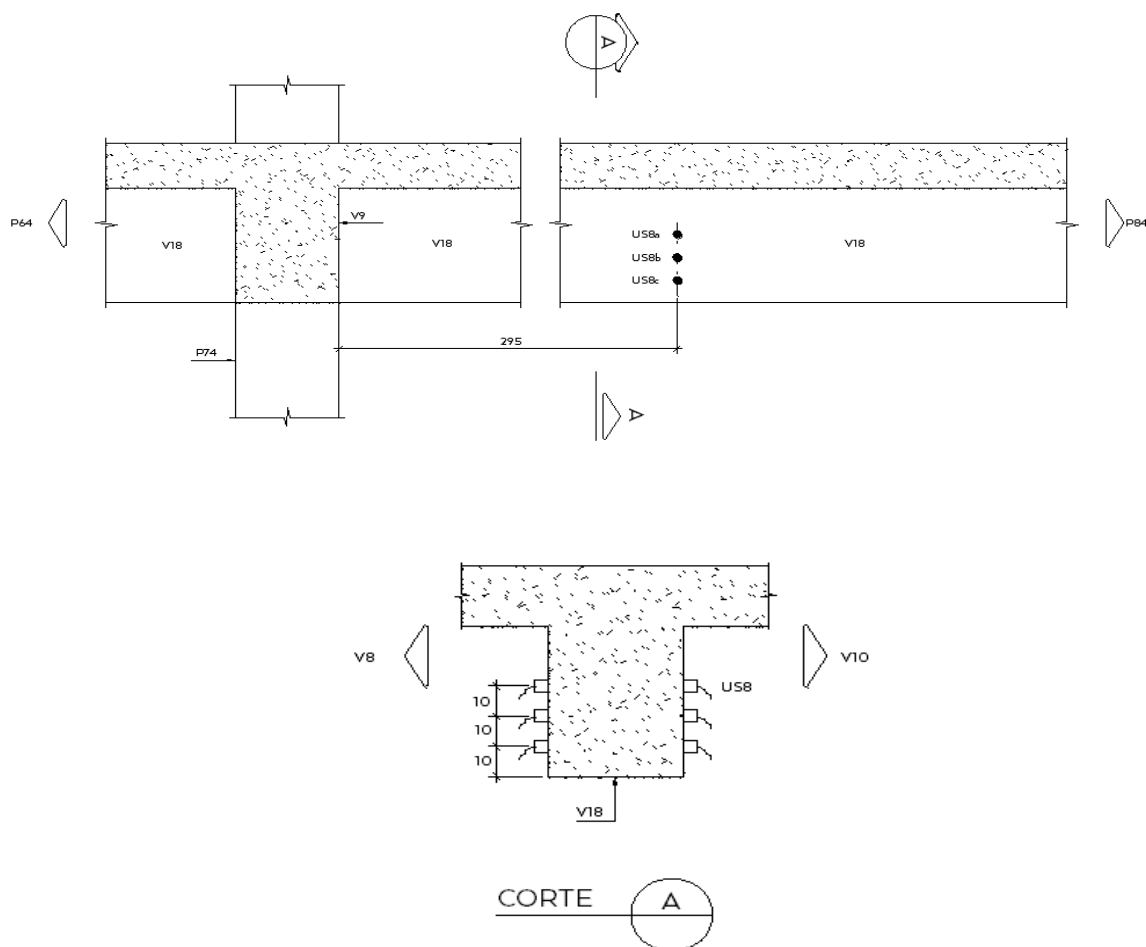
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 18				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (µs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US8 <sub>a</sub>	concreto	44,5	107,8	4.128	Durável
US8 <sub>b</sub>	concreto	44,5	106,8	4.167	Durável
US8 <sub>c</sub>	concreto	44,5	108,8	4.090	Durável

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



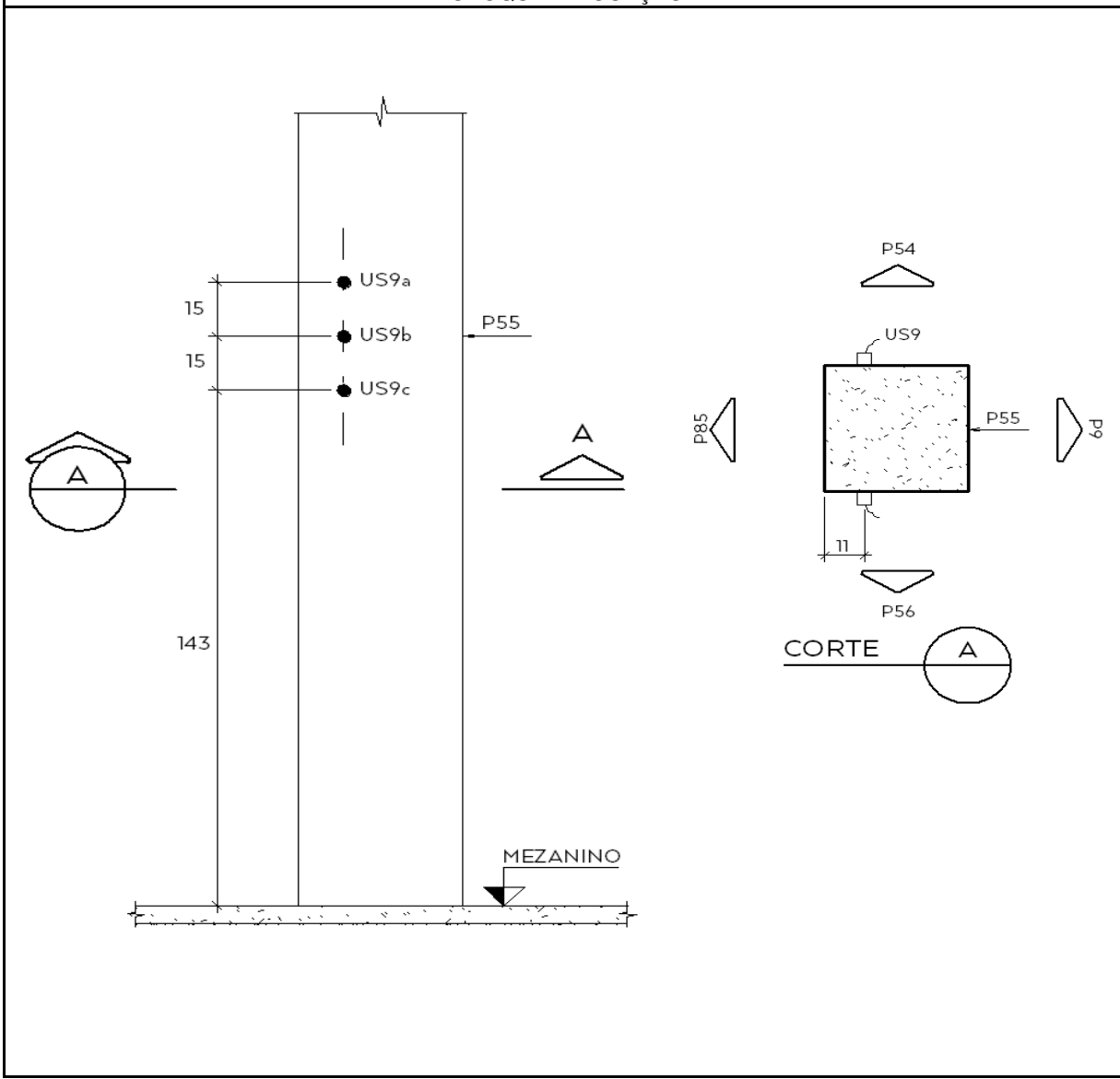
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Mezanino				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 55				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (µs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US9 <sub>a</sub>	concreto	40,5	104,8	3.865	Alta
US9 <sub>b</sub>	concreto	40,5	103,5	3.913	Alta
US9 <sub>c</sub>	concreto	40,5	105,8	3.828	Alta

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



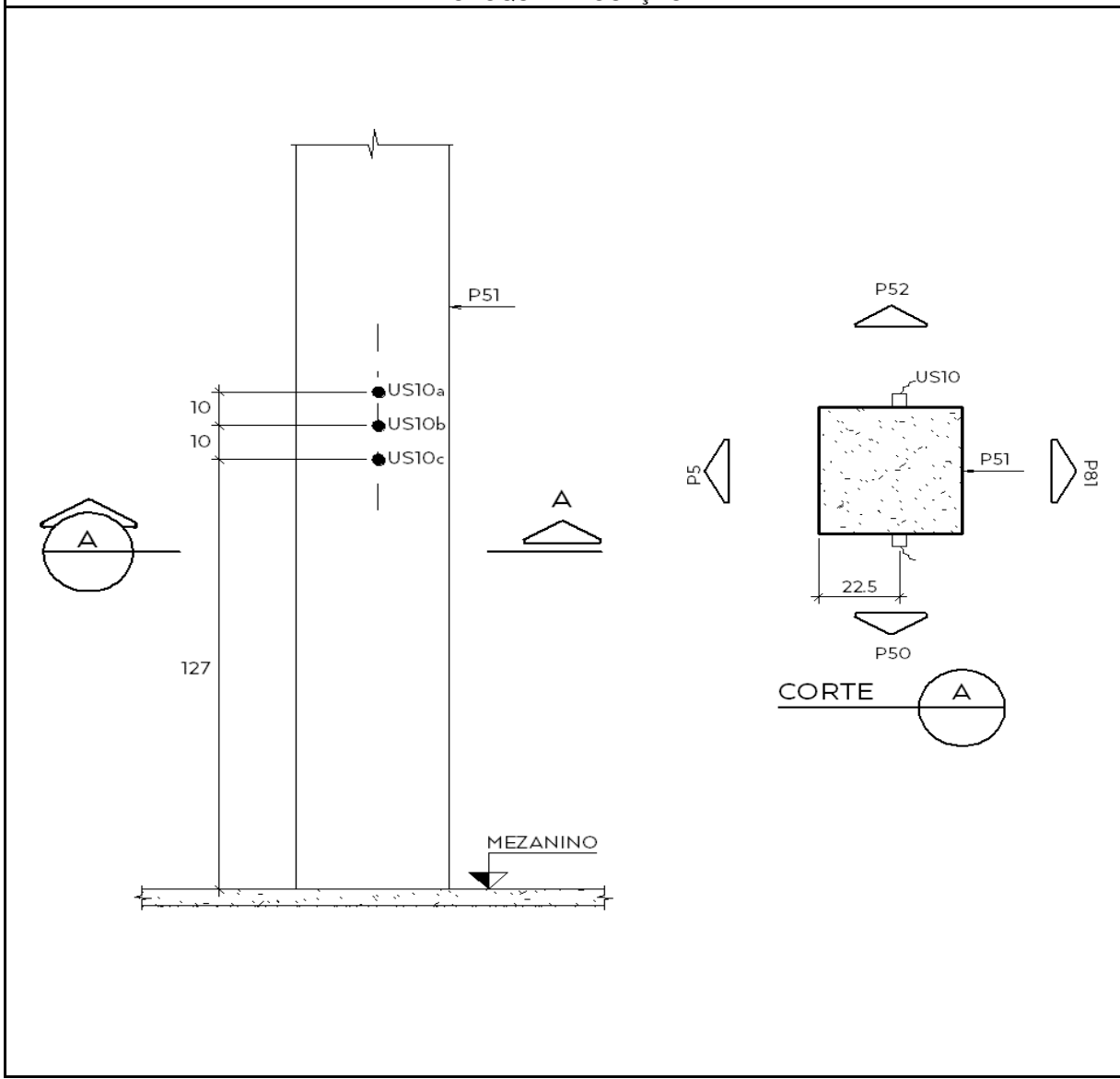
**REFERÊNCIAS:**

NBR 8802 - Concreto Endurecido. Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica: método de ensaio  
UNE-EN-12504-4 - Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Mezanino				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 51				
<b>PONTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DISTÂNCIA (cm)</b>	<b>TEMPO (μs)</b>	<b>VELOCIDADE (m/s)</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
US10 <sub>a</sub>	concreto	40	108,4	3.690	Alta
US10 <sub>b</sub>	concreto	40	108,2	3.697	Alta
US10 <sub>c</sub>	concreto	40	107,7	3.714	Alta

Velocidade de Propagação		Qualidade do Concreto
>	4000	Durável
3001	4000	Alta
2001	3000	Normal
<	2000	Deficiente

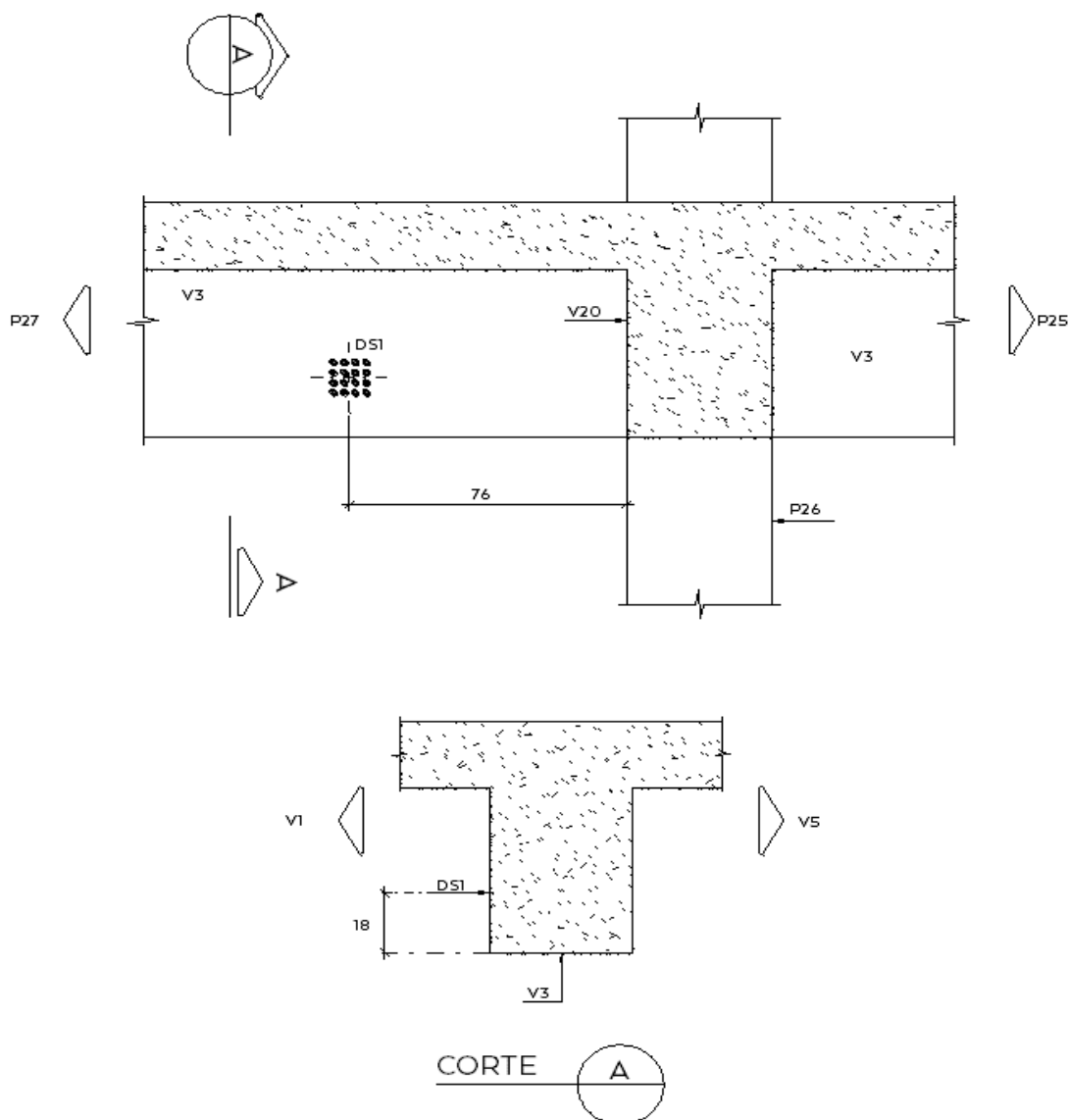
**CROQUI DE LOCAÇÃO**



**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

CONTRATANTE:	Instituto Butantan				
LOCALIZAÇÃO:	Térreo				
DATA DO ENSAIO:	12/11/2019	RELATÓRIO:	R57-19-R2	PROJETO:	182
ELEMENTO:	VIGA 3				
ÂNGULO:	0				
Eixos	A	B	C	D	
1	40	38	36	37	
2	37	33	32	36	
3	33	35	42	38	
4	38	40	39	38	
Média	37				
+ 10 %	40				
- 10 %	33				
Índice	37				

**CROQUI DE LOCAÇÃO**


**REFERÊNCIAS:**

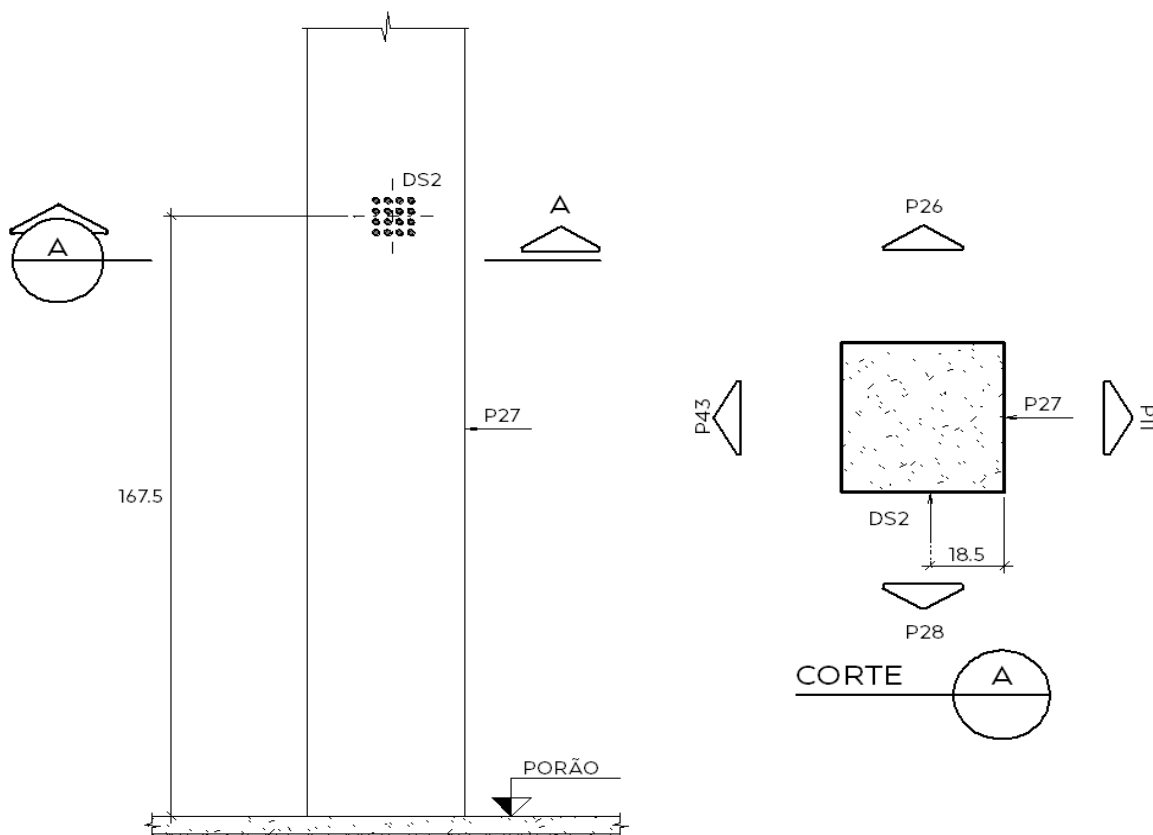
NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182

<b>ELEMENTO:</b>	<b>PILAR 27</b>			
<b>ÂNGULO:</b>	<b>0</b>			
Eixos	A	B	C	D
1	38	39	40	40
2	39	38	38	40
3	40	38	41	38
4	38	38	40	40

<b>Média</b>	39
<b>+ 10 %</b>	43
<b>- 10 %</b>	35
<b>Índice</b>	<b>39</b>

## CROQUI DE LOCAÇÃO



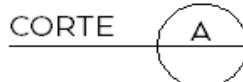
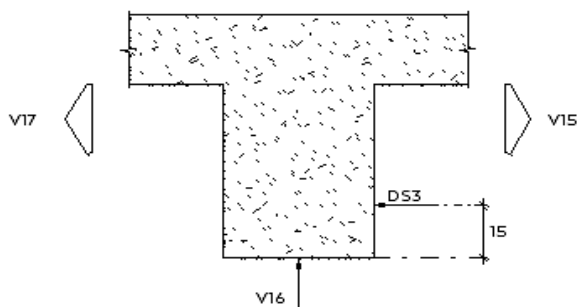
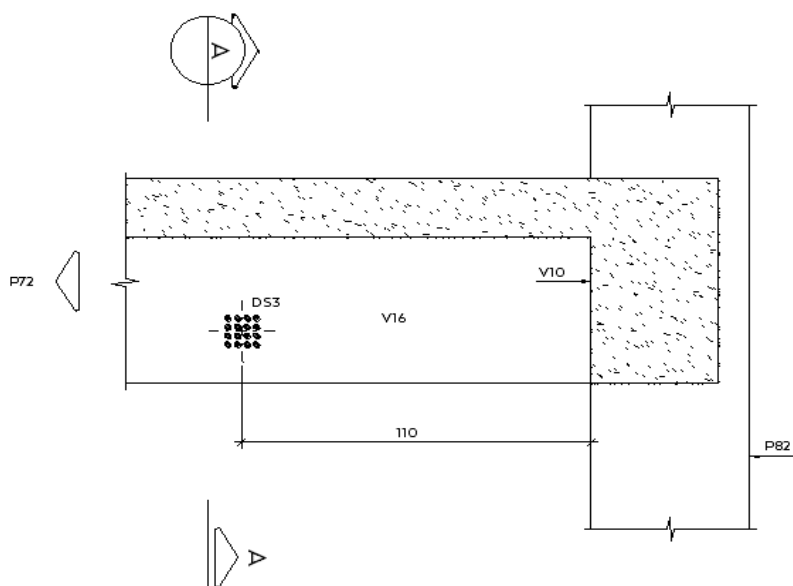


**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 16			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	38	32	36	32
2	35	35	38	33
3	35	32	32	38
4	33	36	38	34
<b>Média</b>	35			
<b>+ 10 %</b>	38			
<b>- 10 %</b>	31			
<b>Índice</b>	35			

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



**REFERÊNCIAS:**

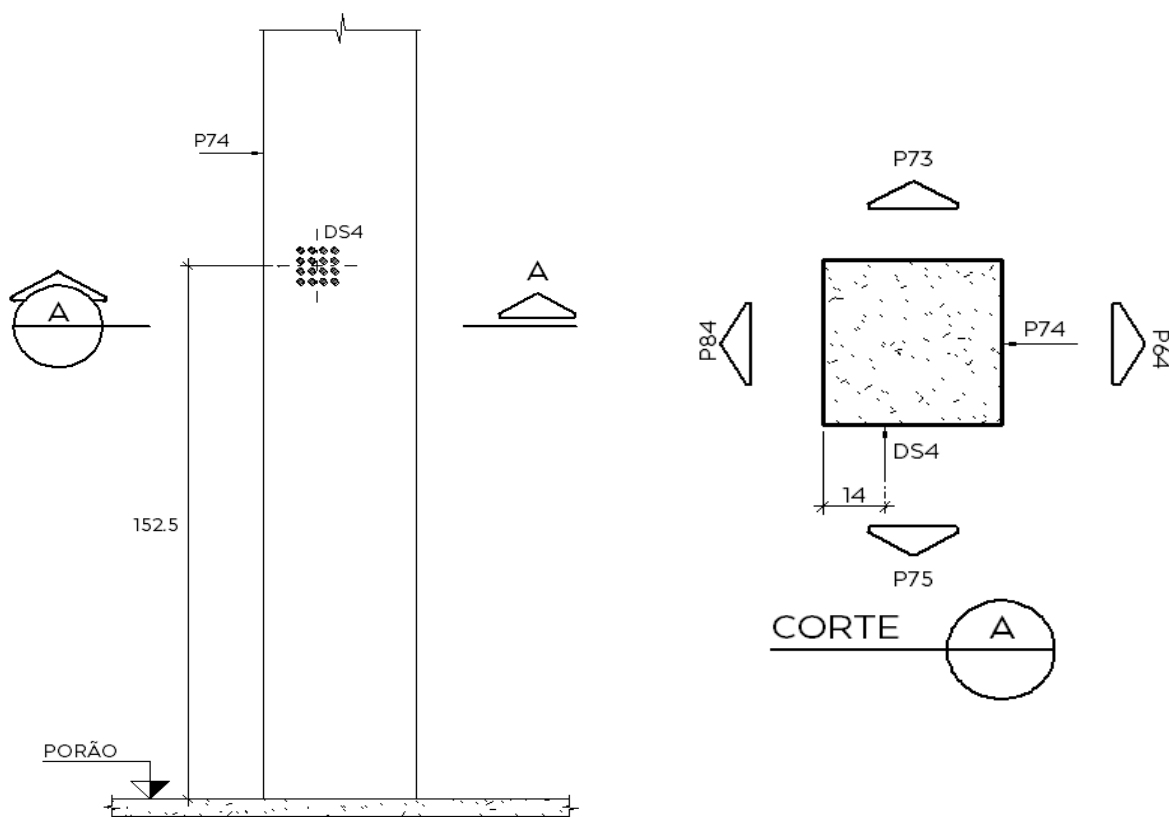
NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan				
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo				
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b>	182

<b>ELEMENTO:</b>	<b>PILAR 74</b>			
<b>ÂNGULO:</b>	<b>0</b>			
Eixos	A	B	C	D
1	36	36	35	36
2	35	35	39	35
3	37	36	36	36
4	34	35	32	35

<b>Média</b>	36
<b>+ 10 %</b>	39
<b>- 10 %</b>	32
<b>Índice</b>	<b>36</b>

## CROQUI DE LOCAÇÃO

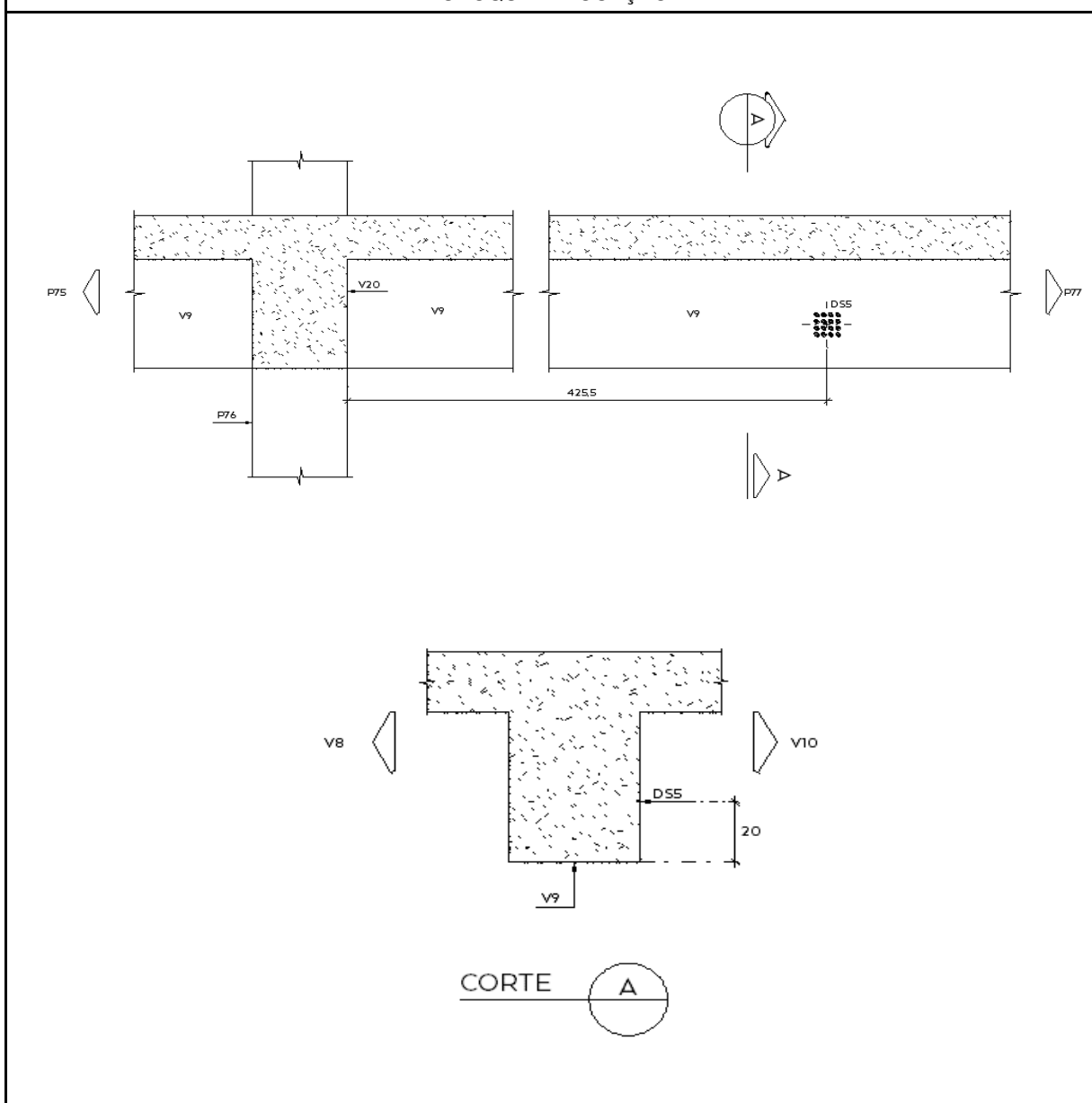


**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 9			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	38	38	36	38
2	39	41	38	38
3	39	38	42	40
4	39	37	37	37
<b>Média</b>	38			
<b>+ 10 %</b>	42			
<b>- 10 %</b>	34			
<b>Índice</b>	38			

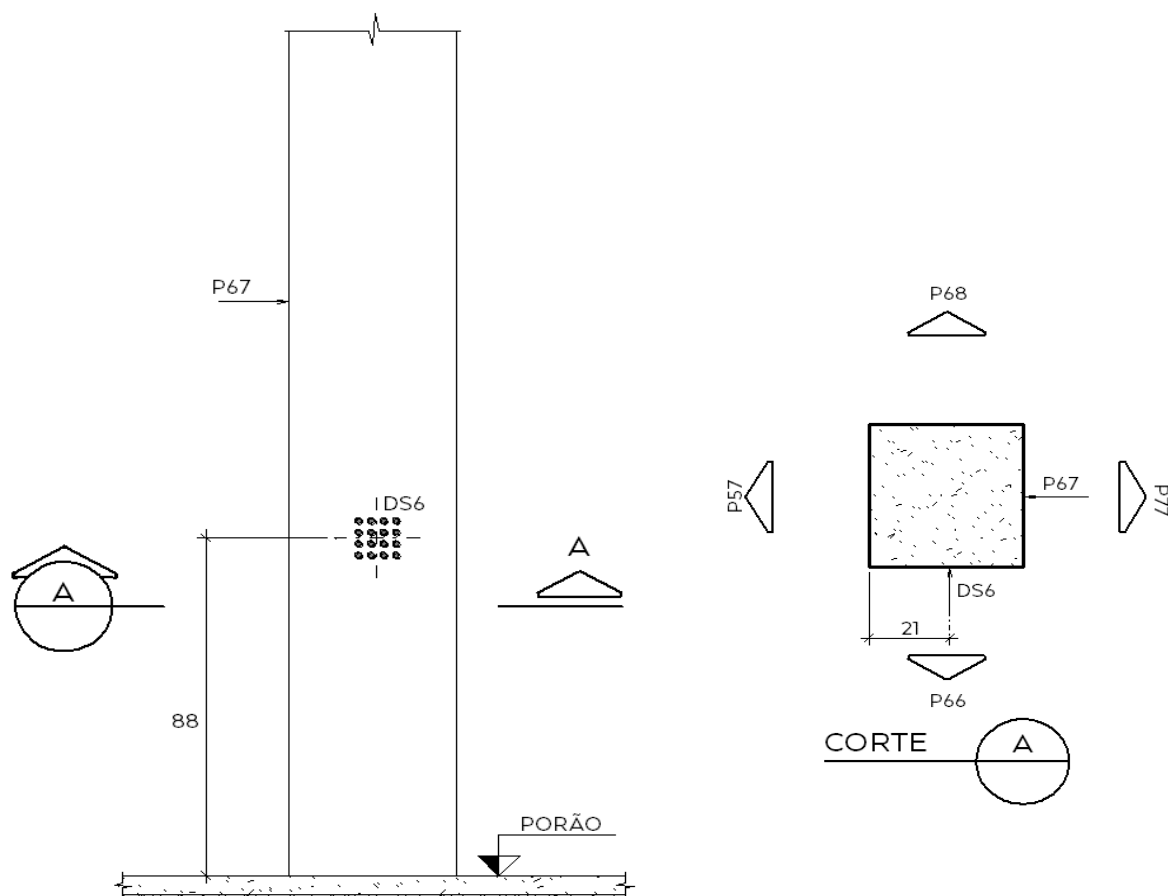
**CROQUI DE LOCAÇÃO**



**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 67			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	32	34	34	33
2	35	38	37	36
3	36	36	36	36
4	37	37	37	38
<b>Média</b>	36			
<b>+ 10 %</b>	39			
<b>- 10 %</b>	32			
<b>Índice</b>	36			

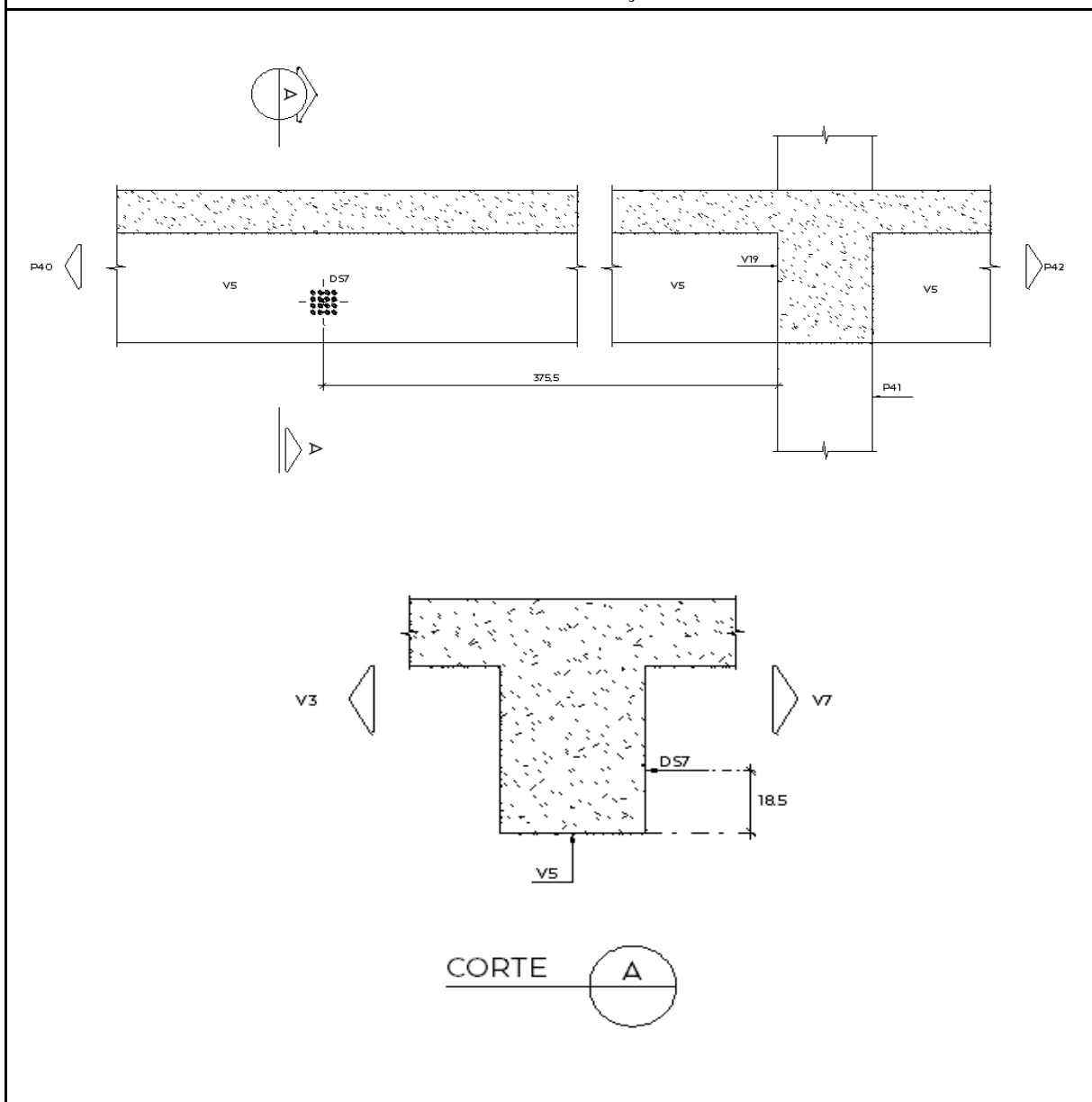
**CROQUI DE LOCAÇÃO**


**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA 5			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	34	38	36	35
2	39	40	42	39
3	39	39	39	43
4	40	41	43	43
<b>Média</b>	39			
<b>+ 10 %</b>	43			
<b>- 10 %</b>	35			
<b>Índice</b>	39			

**CROQUI DE LOCAÇÃO**

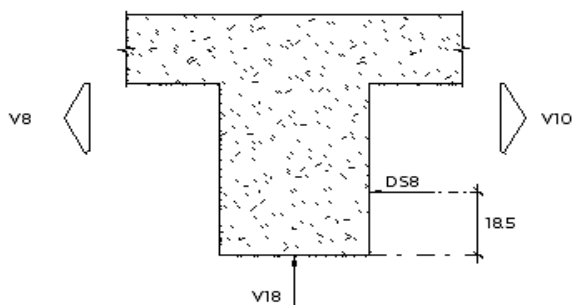
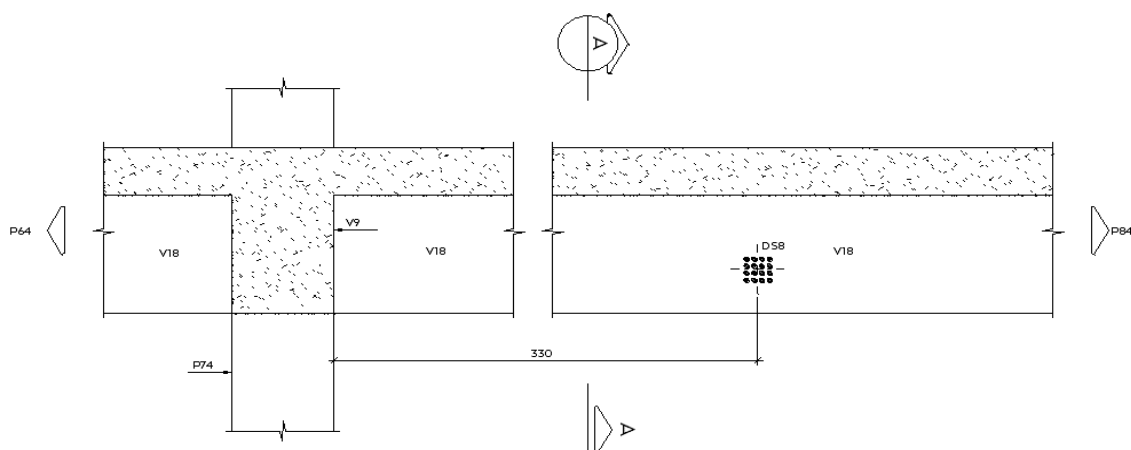


**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

CONTRATANTE:	Instituto Butantan				
LOCALIZAÇÃO:	Térreo				
DATA DO ENSAIO:	12/11/2019	RELATÓRIO:	R57-19-R2	PROJETO:	182
ELEMENTO:	VIGA 18				
ÂNGULO:	0				
Eixos		A	B	C	D
1		36	38	38	38
2		32	35	38	34
3		39	39	37	39
4		32	34	38	39
Média		38			
+ 10 %		42			
- 10 %		34			
Índice		38			

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



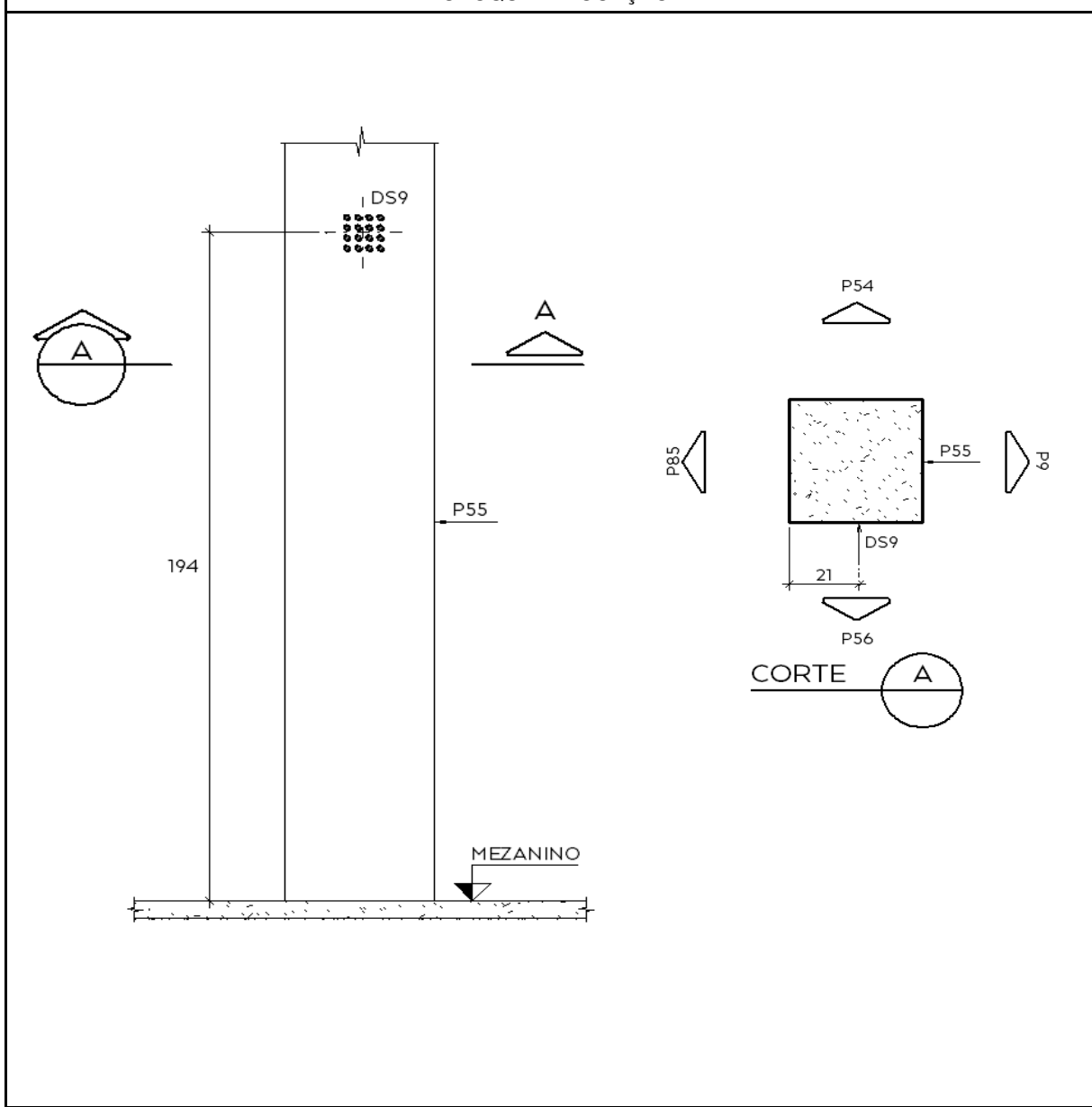
**CORTE** A



**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Mezanino			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 55			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	28	26	31	30
2	28	32	32	30
3	30	30	32	30
4	29	32	33	31
<b>Média</b>	30			
<b>+ 10 %</b>	33			
<b>- 10 %</b>	27			
<b>Índice</b>	30			

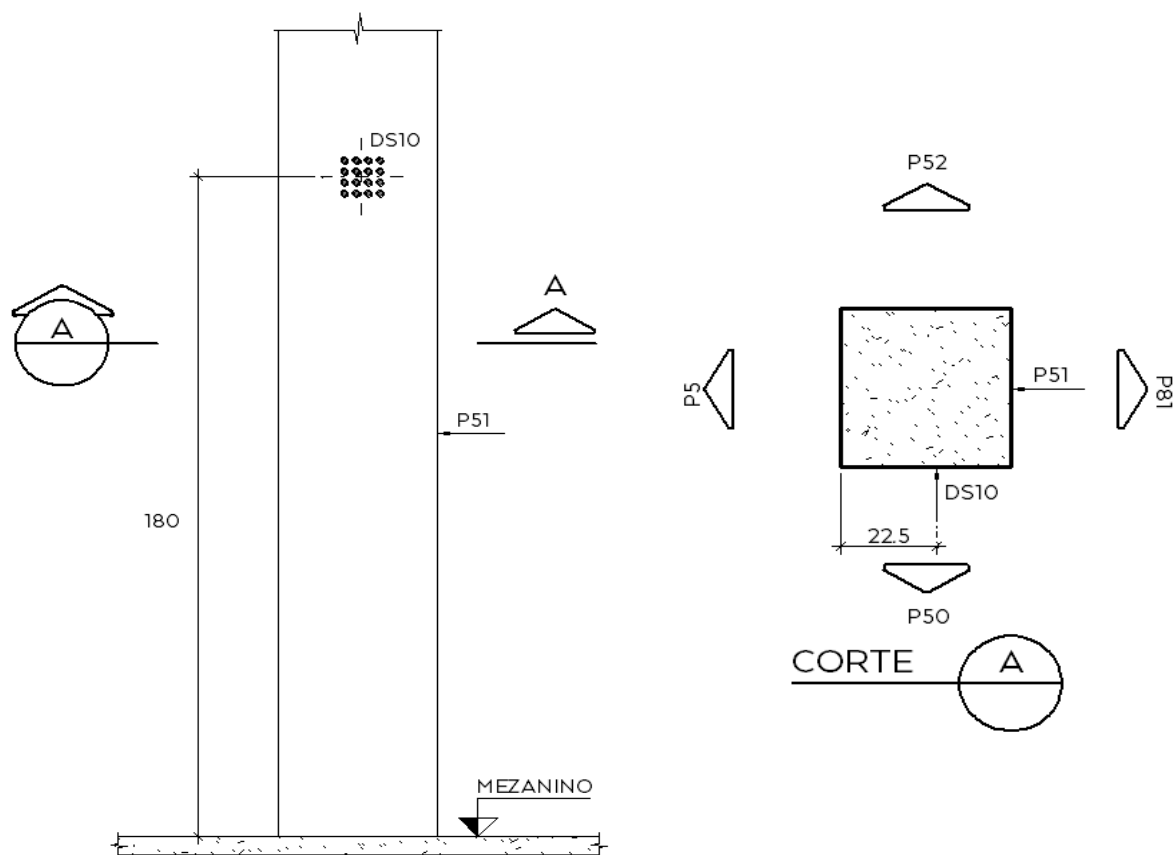
**CROQUI DE LOCAÇÃO**


**REFERÊNCIAS:**

NBR 7584 - Concreto Endurecido. Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan			
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Mezanino			
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	12/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2	<b>PROJETO:</b> 182
<b>ELEMENTO:</b>	PILAR 51			
<b>ÂNGULO:</b>	0			
Eixos	A	B	C	D
1	30	30	28	28
2	31	31	29	30
3	29	27	28	29
4	28	30	30	27
<b>Média</b>	29			
<b>+ 10 %</b>	32			
<b>- 10 %</b>	26			
<b>Índice</b>	29			

**CROQUI DE LOCAÇÃO**



<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan		
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo		
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	18/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19-R2
		<b>PROJETO:</b>	182

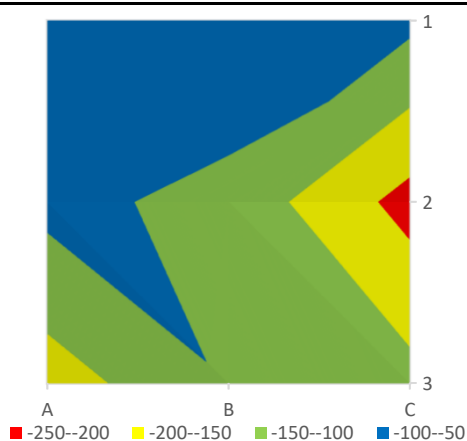
<b>ELEMENTO:</b>	VIGA V3
------------------	---------

Leituras

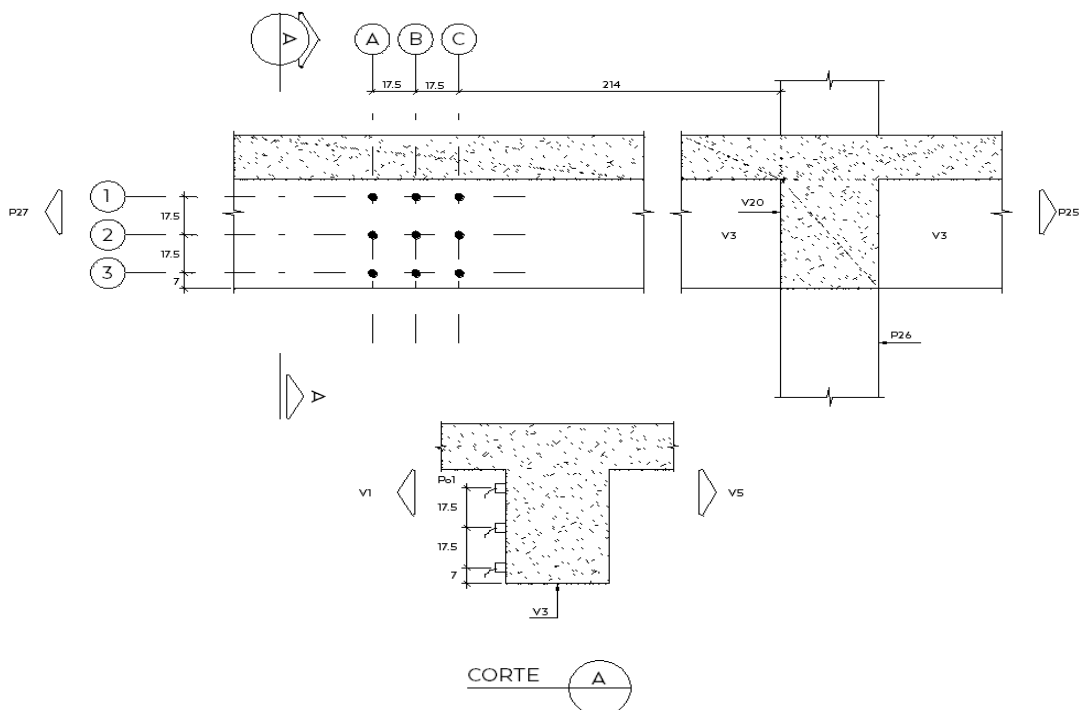
Eixo	A	B	C
1	-34	-53	-87
2	-85	-116	-218
3	-175	-102	-133

MAIOR	MÉDIA	MENOR
-2	-84	-218

CURVAS EQUIPOTENCIAIS



CROQUI DE LOCAÇÃO



<b>CONTRATANTE:</b>	Instituto Butantan		
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	Térreo		
<b>DATA DO ENSAIO:</b>	18/11/2019	<b>RELATÓRIO:</b>	R57-19=
		<b>PROJETO:</b>	182

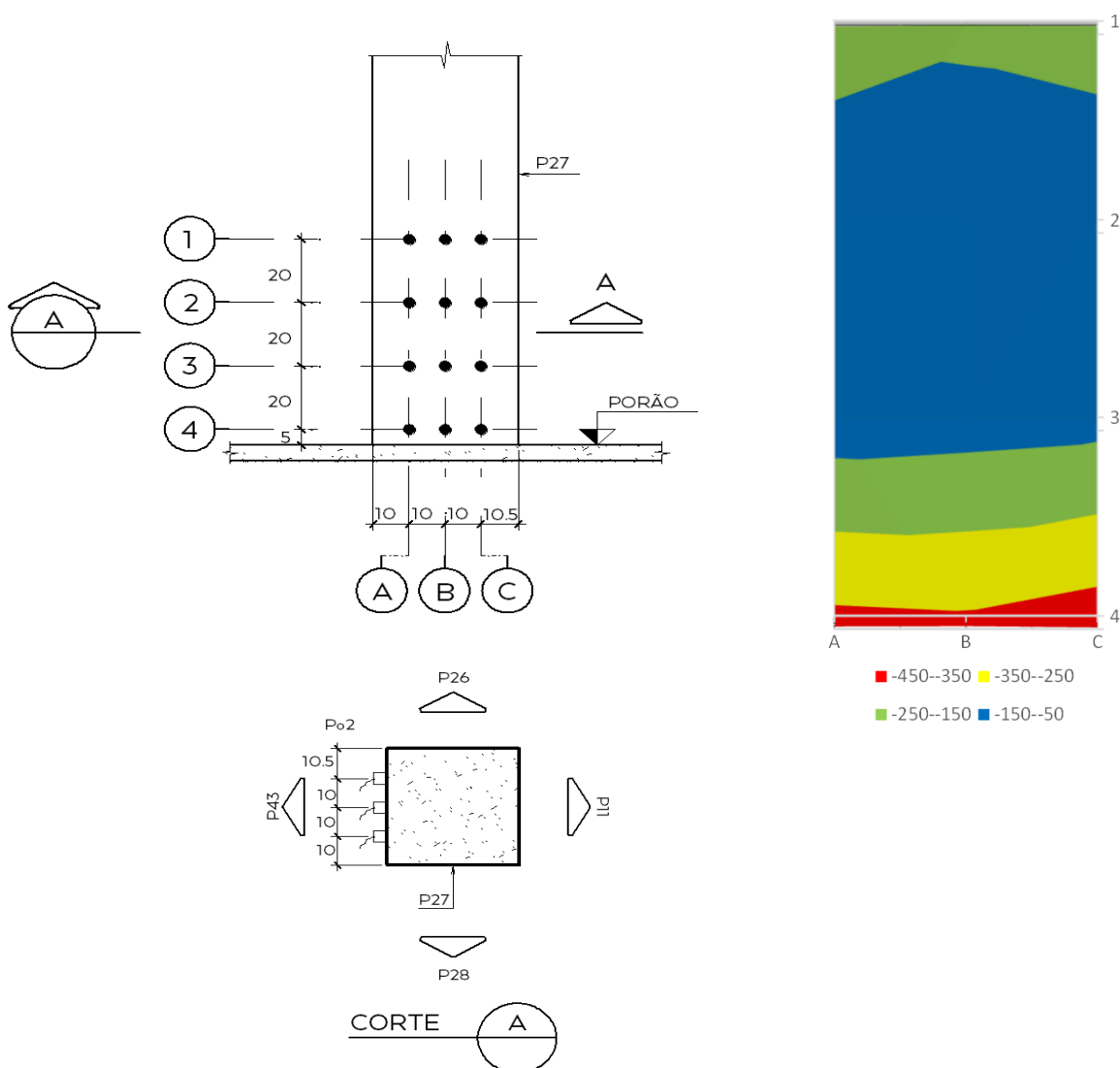
<b>ELEMENTO:</b>	<b>PILAR 27</b>
------------------	-----------------


Leituras

Eixo	A	B	C
1	-201	-169	-186
2	-68	-77	-84
3	-97	-108	-120
4	-379	-370	-406

<b>MAIOR</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>MENOR</b>
-15	-154	-406

CURVAS EQUIPOTENCIAIS



 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 90 de 129

## ANEXO V – MONITORAMENTO DINÂMICO

# **CLIENTE: CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA LDTA.**

## **Ensaio dinâmico nas lajes do edifício P182 (Influenza) – Instituto Butantan – São Paulo - SP**

**19-149-RT-01-01**

<b>ELABORAÇÃO: RODRIGO LOPES</b> <b>RODRIGO MAMONE</b>	<b>DOCUMENTO: RELATÓRIO TÉCNICO</b>			
	<b>Revisão</b>	<b>Descrição</b>	<b>Emissão</b>	<b>Visto</b>
<b>SÃO PAULO, 12 DE DEZEMBRO DE 2019</b>				
	01	Emissão inicial	12/12/2019	



## ÍNDICE

<b><u>1</u></b>	<b><u>INTRODUÇÃO</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>ENSAIO DINÂMICO</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b>2.1</b>	<b>METODOLOGIA EMPREGADA</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DAS VIBRAÇÕES</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE CONFORTO E SEGURANÇA ESTRUTURAL</b>	<b>11</b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>RESULTADOS E ANÁLISES</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b>3.1</b>	<b>FREQUÊNCIAS NATURAIS</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>CONFORTO DOS USUÁRIOS</b>	<b>16</b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>CONCLUSÃO</u></b>	<b><u>18</u></b>

## 1 INTRODUÇÃO

O edifício P182 do Instituto Butantan, localizado na Rua Emílio Ribas – Butantã – São Paulo - SP, é um edifício composto por um subsolo, pavimento térreo e mezanino, construído em concreto armado e com cobertura em estrutura metálica. A Figura 1 apresenta a localização e a fachada edifício P182.



**Figura 1 – Localização (a) e fachada do edifício P182 (b).**

O objetivo deste Relatório é a avaliação desta estrutura, considerando o conforto humano e a segurança da estrutura em relação às ações dinâmicas. Foram realizados ensaios dinâmicos em determinadas regiões da estrutura com o objetivo de determinar a frequência e os níveis de vibração de algumas lajes. A seguir são apresentadas a metodologia adotada e a análise dos resultados obtidos.

## 2 ENSAIO DINÂMICO

Realizaram-se ensaios dinâmicos nas lajes do edifício nos dias 12/11/2019 e 13/11/2019. Esse monitoramento trata-se de uma técnica não destrutiva que permite a obtenção de parâmetros importantes para a análise estrutural tais como a frequência natural e os modos de vibração da estrutura, permitindo, de maneira segura e eficiente avaliar a integridade estrutural.

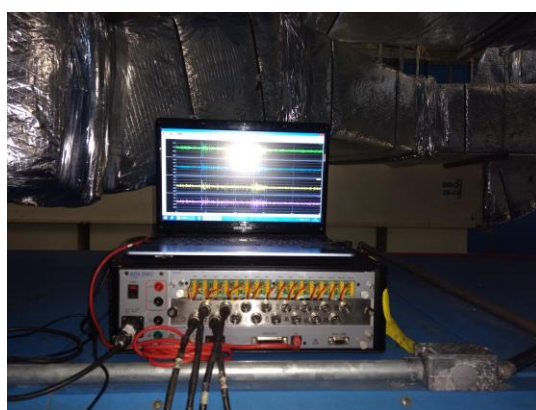
### 2.1 Metodologia empregada

Para a realização deste ensaio foi necessário excitar a estrutura proporcionando sua vibração. A excitação pode ser realizada por meio de uma força mecânica (vibração forçada ou impactos) ou ação ambiente (ação dinâmica do vento na estrutura, atividades humanas, tráfego de veículos, etc.). Optou-se por excitar esta estrutura por meio de pulos nas lajes.

A medição das vibrações foi realizada por meio de transdutores de aceleração do tipo capacitivo micro usinado, da Silicon Designs, Inc, modelo 2210-002. Este sensor atua numa faixa de frequência de 0 a 300 Hz e possui uma sensibilidade de 2000 mV/g.

A escala do transdutor, para medição da aceleração, varia de  $-19,6 \text{ m/s}^2$  a  $19,6 \text{ m/s}^2$ . Todos os transdutores foram ligados a um sistema de aquisição de dados com canais amplificadores e filtros “passa-baixo” de 2ª ordem. Os dados foram registrados por meio de computador portátil com o software AqDados 7 a uma taxa de aquisição de 200 Hz. A análise dos resultados foi desenvolvida com auxílio do software AqDAnalysis.

O sistema de aquisição e o sensor estão apresentados na Figura 2.



(a)

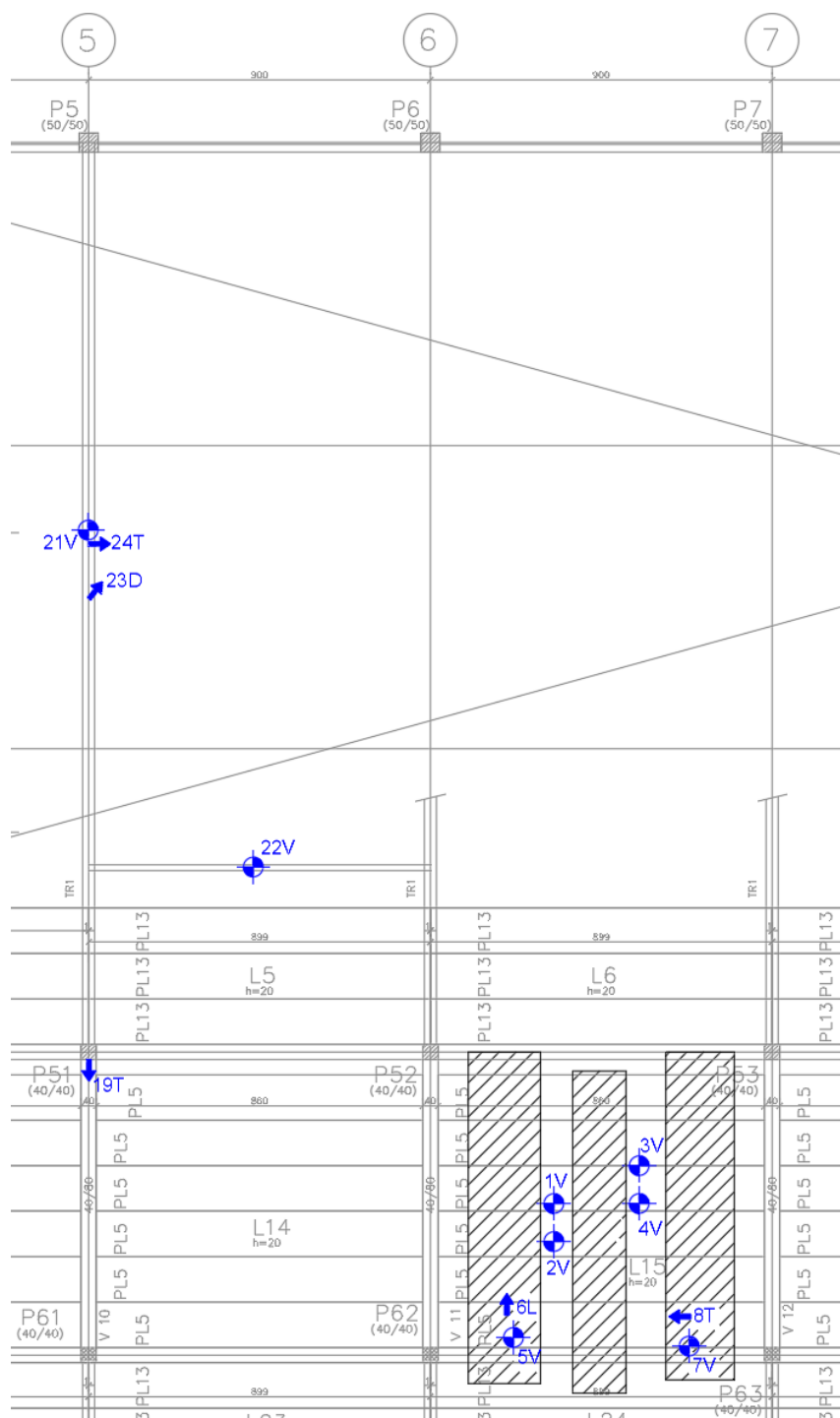


(b)

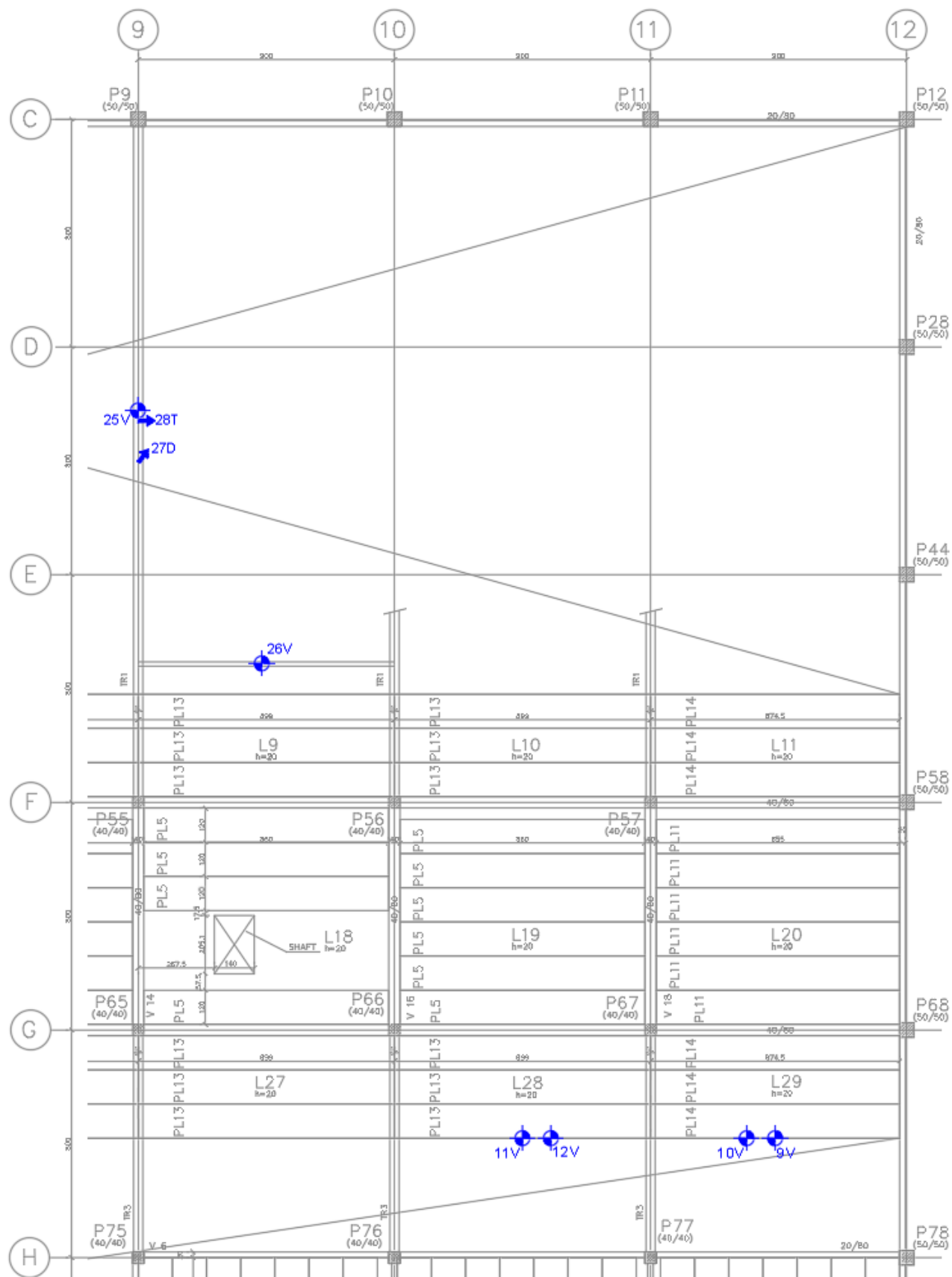
**Figura 2 – Sistema de aquisição de dados (a) e acelerômetro (b).**

## 2.2 Localização dos pontos de medição das vibrações

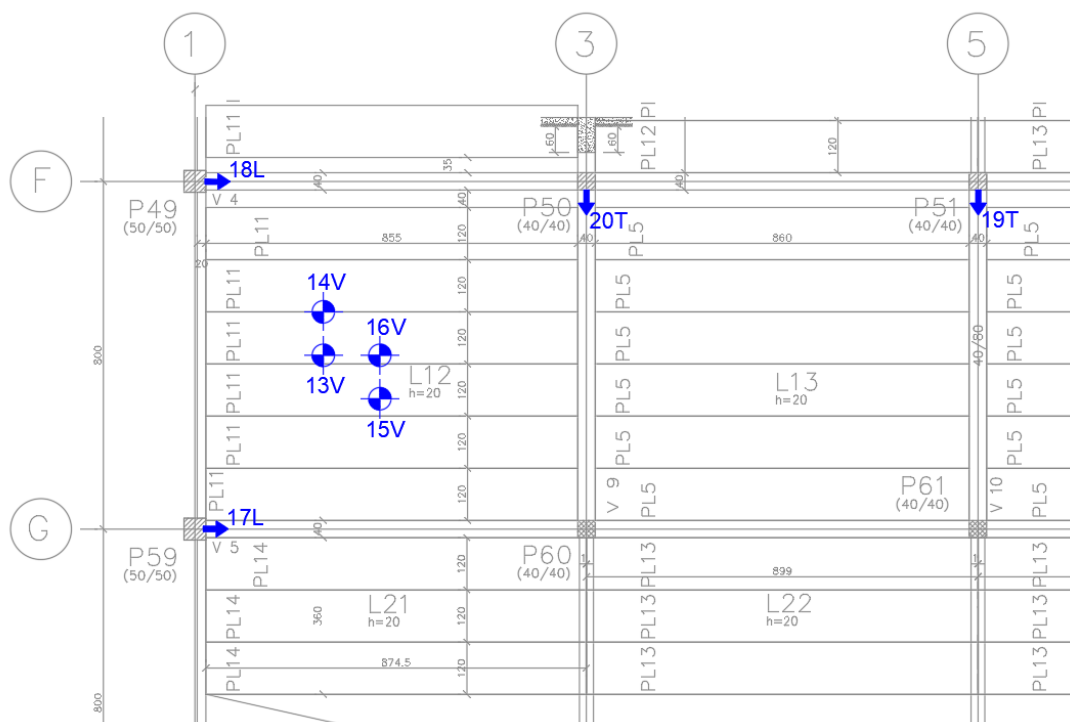
Para a caracterização da frequência natural das lajes e dos equipamentos instalados sobre elas, foram fixados transdutores de aceleração no centro de algumas lajes e treliças metálicas, no mezanino e no pavimento térreo (fixados no teto do subsolo), nas direções vertical e horizontal. Estas medições foram realizadas em 40 pontos diferentes. A localização e a nomenclatura, em planta, dos transdutores de aceleração instalados no nível do Mezanino estão apresentadas na Figura 3, Figura 4 e Figura 5.



**Figura 3 – Localização dos transdutores de aceleração no edifício P182 - Mezanino.**



**Figura 4 – Localização dos transdutores de aceleração no edifício P182 - Mezanino.**



**Figura 5 – Localização dos transdutores de aceleração no edifício P182 - Mezanino.**

Salienta-se que, nos pontos denominados 5V, 6L, 7V e 8T os sensores foram fixados diretamente nos equipamentos de ar condicionado.

Os pontos entre 21V e 28T são referentes ao monitoramento de vibração realizado em duas treliças metálicas no nível do mezanino. Os sensores 21V e 25V foram instalados na vertical e no meio do banzo inferior. Ainda no meio do banzo inferior, foram fixados sensores na direção transversal à treliça (24T e 28T).

As posições 22V e 26V referem-se aos sensores instalados na viga longitudinal na região das escadas.

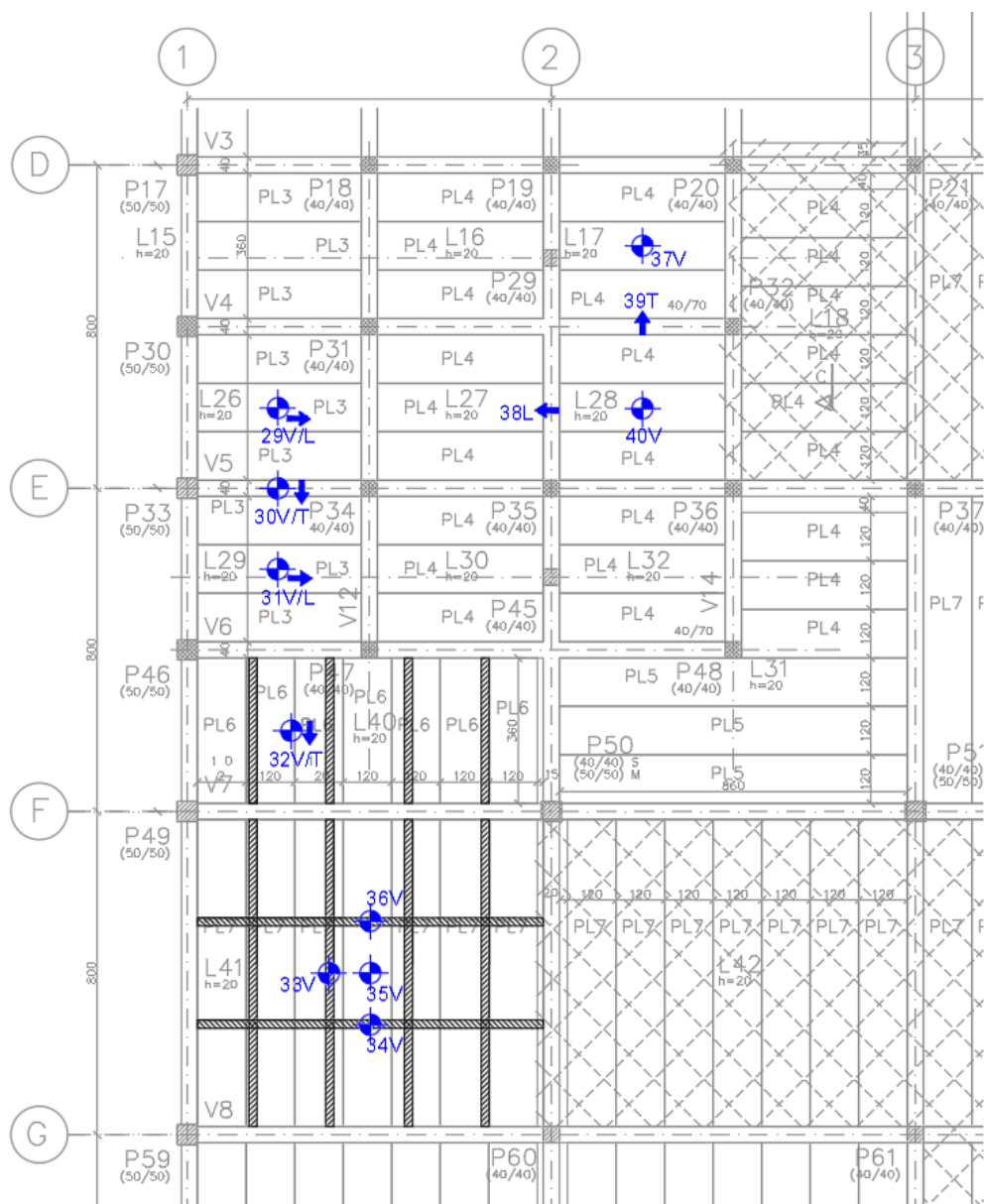
Nos pontos denominados 23D e 27D os sensores foram instalados no meio da barra diagonal mais próxima ao meio do vão da treliça.

A Figura 6 apresenta a localização dos pontos monitorados no pavimento térreo. Ressalta-se que, devido à restrição de acesso no nível térreo, os sensores foram instalados no teto do subsolo.

Monitorou-se a vibração nos pontos próximos a região das centrífugas e em locais onde foi executado o reforço da estrutura com perfis metálicos.

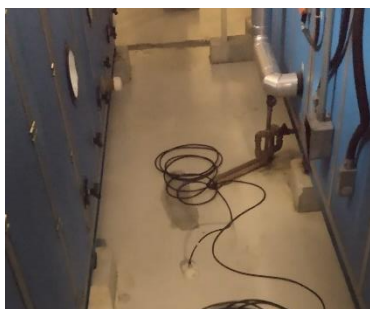
Por fim, os pontos 37V, 38L, 39T e 40V foram monitorados durante 12 horas, com o intuito de registrar os níveis de vibração quando do acionamento e desligamento das centrífugas.





**Figura 6 – Localização dos transdutores de aceleração no edifício P182 - Térreo.**

Os locais onde foram fixados os transdutores de aceleração são apresentados na Figura 7.



**1V**



**2V**



**3V**





**4V**



**5V**



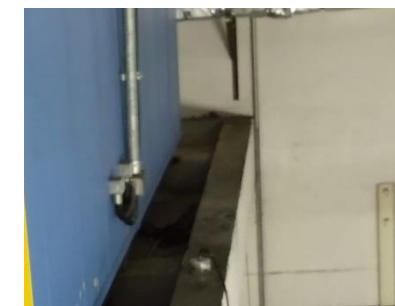
**6L**



**7V**



**8T**



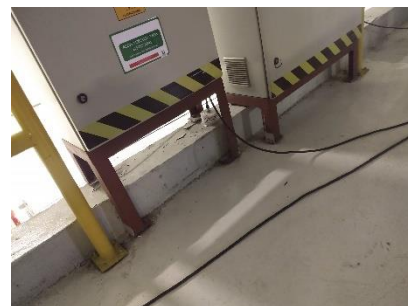
**9V**



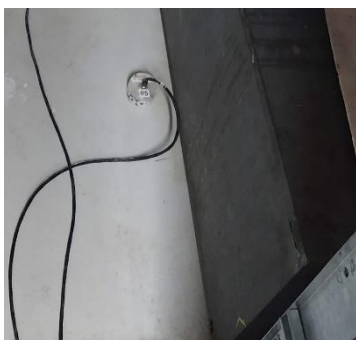
**10V**



**11V**



**12V**



**13V**



**14V**



**15V**



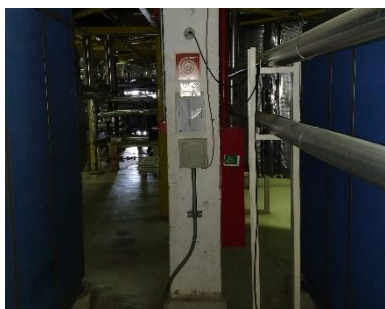
**16V**



**17L**



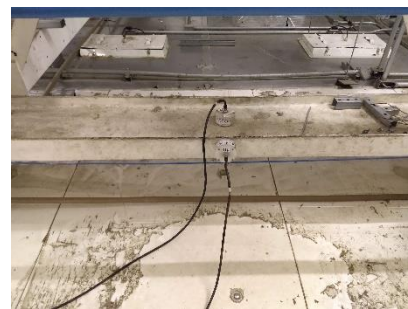
**18L**



**19T**



**20T**



**21V e 24T**



**22V**



**23D**



**25V e 28T**



**26V**



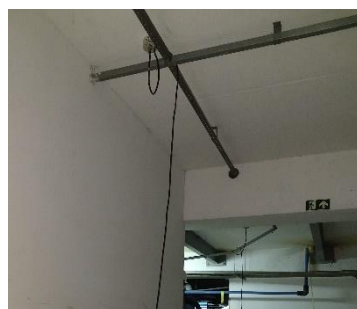
**27D**



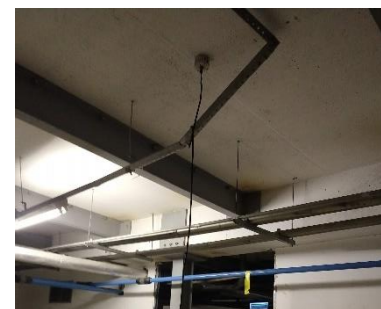
**29V**



**30V**



**31V**



**32V**



**29L**



**30T**



**31L**





**Figura 7 – Disposição dos transdutores de aceleração.**

### **2.3 Critérios para a avaliação de conforto e segurança estrutural**

A operação de máquinas, o trânsito local e outras fontes de excitação produzem vibrações mecânicas que são transmitidas às estruturas. A resposta da estrutura a estas vibrações depende da intensidade e frequência dos esforços dinâmicos gerados e da concepção estrutural. Estas vibrações são transmitidas aos usuários por meio do piso, podendo gerar desconforto, perda da eficiência de trabalho e, em casos mais extremos, danos à saúde, como no caso de fábricas. Por outro lado, o nível de vibração também pode comprometer a estrutura, gerando fadiga em seus materiais constituintes ou causando perda de estabilidade por meio do fenômeno de ressonância.

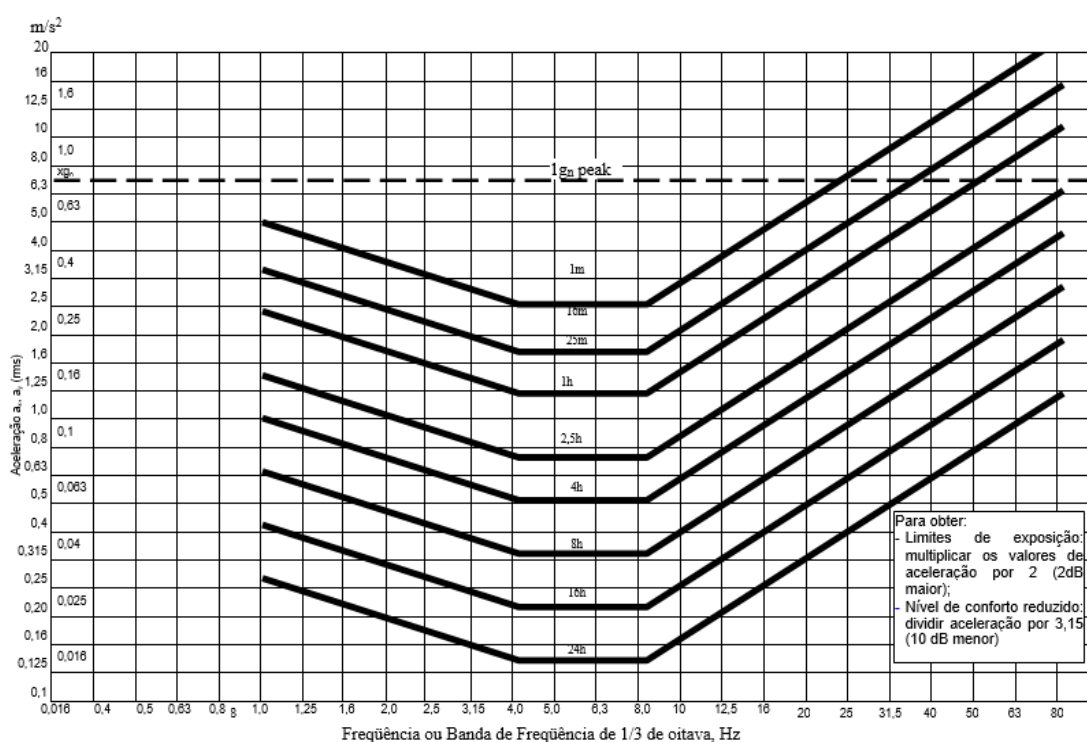
A avaliação de conforto é realizada por meio da comparação dos níveis de aceleração com as curvas limite propostas pelas normas ISO 2631-1 (1985) e ISO 2631-2 (1989). Estas curvas

estabelecem o nível de conforto de acordo com a aceleração em valores RMS (Root Mean Square), em função de bandas de frequência de 1/3 de oitava (Hz).

Para a obtenção das curvas foram considerados os períodos de exposição à vibração, no eixo vertical, de 8 horas.

A norma ISO 2631/1 descreve três níveis de desconforto humano, distinguindo-os de acordo com os seguintes critérios:

- A preservação do conforto (“Nível de conforto reduzido”);
- A preservação da eficiência de trabalho (“Nível de eficiência reduzido (fadiga)”);
- A preservação da saúde ou segurança (“Limite de exposição”).



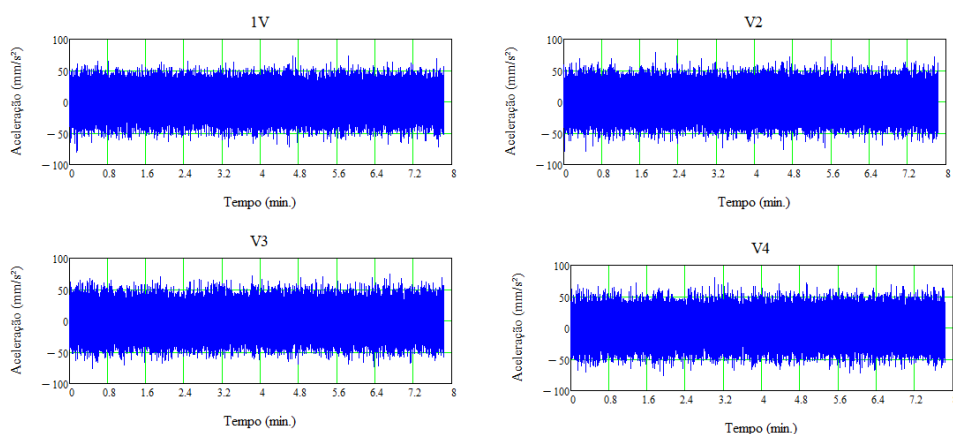
**Figura 8 – Limite de aceleração longitudinal (pessoa em pé) como função da frequência e tempo de exposição para nível reduzido de eficiência (fadiga).**

### 3 RESULTADOS E ANÁLISES

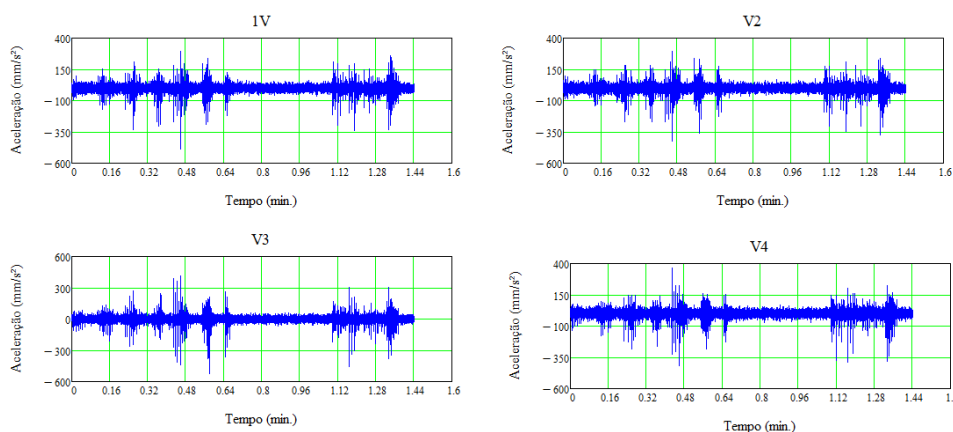
#### 3.1 Frequências naturais

A partir dos dados coletados durante o ensaio dinâmico, tem-se como resultados os gráficos de aceleração ao longo do tempo e, após o tratamento dos dados, o espectro de potência. A menor frequência natural de cada laje e as frequências de operação dos equipamentos, obtidas por meio do gráfico de espectro de potência, estão apresentadas nos itens seguintes.

As figuras a seguir apresentam os gráficos de aceleração ao longo do tempo da configuração 1. A Figura 9 refere-se apenas ao monitoramento das vibrações geradas pelos equipamentos. Na Figura 10, os picos de aceleração representam o instante da excitação da estrutura.



**Figura 9 – Gráficos de aceleração x tempo – Vibração provocada pelos equipamentos (configuração 1).**

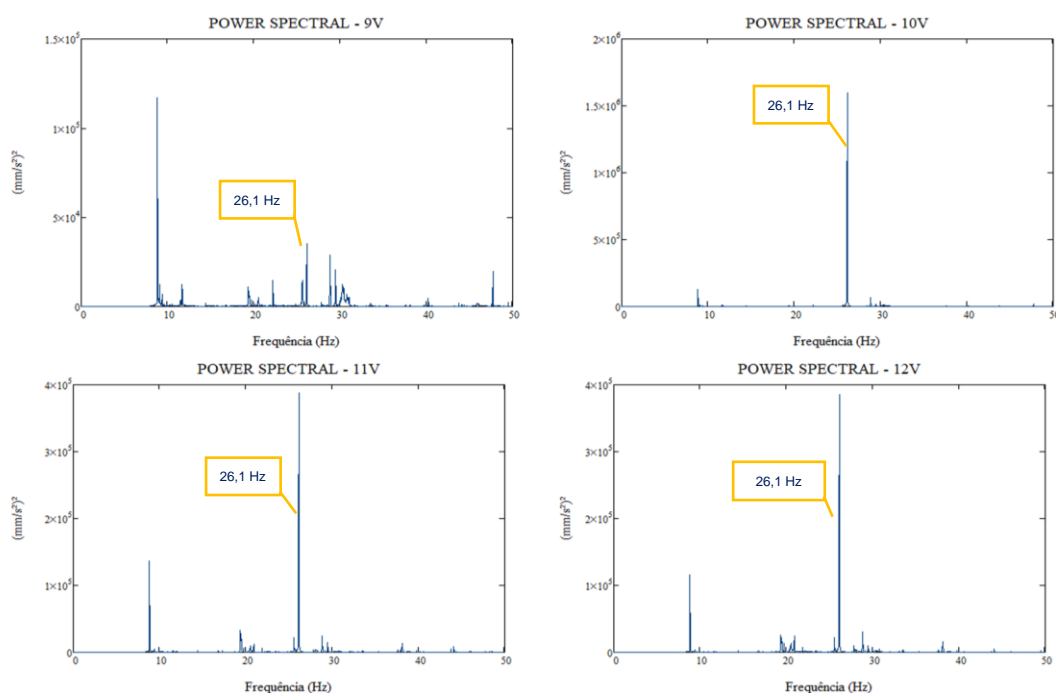


**Figura 10 – Gráficos de aceleração x tempo – Vibração induzida por pulsos (configuração 1).**

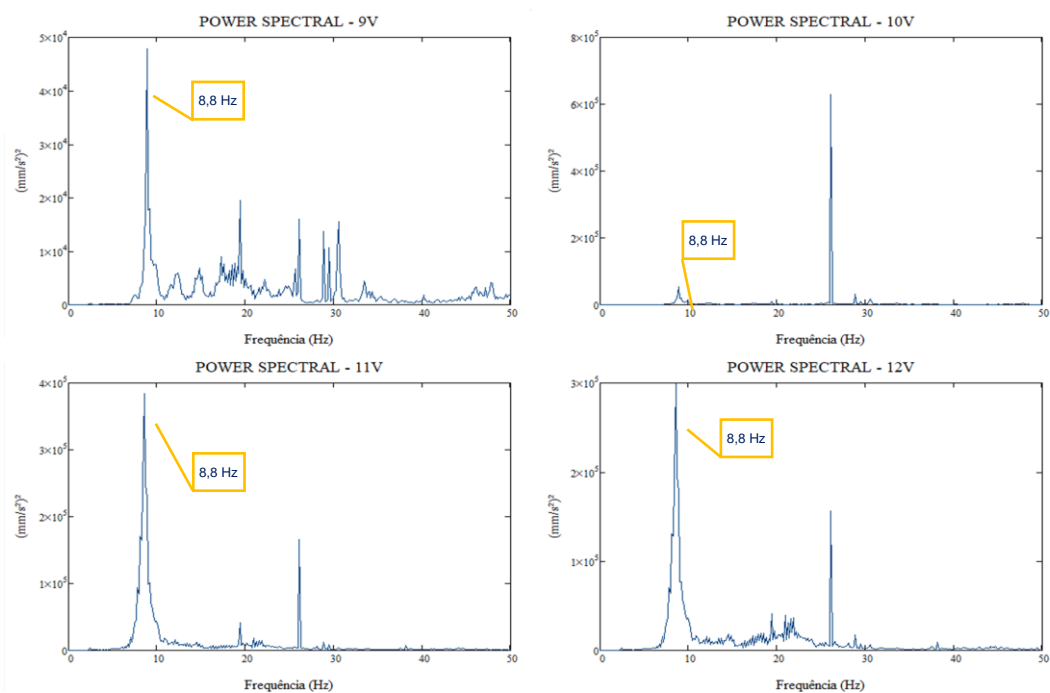
Com base nos dados de aceleração ao longo do tempo, obtiveram-se os espectros de potência de todas as configurações. Na Figura 11 é apresentada a provável frequências de operação dos equipamentos na configuração 3 e na Figura 12 os picos indicados representam a primeira frequência natural da estrutura.

O espectro apresentado na Figura 11 foi obtido a partir dos dados de aceleração do monitoramento ambiente (apenas vibrações dos equipamentos). Em seguida obteve-se os espectros com as acelerações obtidas durante a excitação da estrutura por meio de pulso (Figura 12).

Comparando-se os dois gráficos, nota-se que a frequência natural da laje apresenta picos maiores no espectro obtido do monitoramento com excitação por pulso, sendo possível distinguir a frequência natural da estrutura e a de operação dos equipamentos.



**Figura 11 – Espectro de potência - Vibração provocada pelos equipamentos (configuração 3).**



**Figura 12 – Espectro de potência – Vibração induzida por pulso (configuração 3).**

A Tabela 1 apresenta a primeira frequência natural obtida para as lajes e vigas monitoradas de todas as configurações da instrumentação. Esse valor é fundamentalmente dependente da rigidez e massa da laje, mas também leva em conta as características dos seus apoios.

**Tabela 1 – Frequência natural das lajes.**

Configuração	Posição	Frequência (Hz)	Observações
1	1V (vertical)	8,5	Frequência principal dos equipamentos: aproximadamente 37,9 Hz.
	2V (vertical)	8,5	
	3V (vertical)	8,5	
	4V (vertical)	8,5	
2	5V (vertical)	39,0*	Frequências de operação dos equipamentos. Sensores instalados diretamente nos equipamentos.
	6L (longitudinal)	18,6*	
	7V (vertical)	39,3*	
	8T (transversal)	24,6*	
3	9V (vertical)	8,8	Frequência principal dos equipamentos: aproximadamente 26,1 Hz.
	10V (vertical)	8,8	
	11V (vertical)	8,8	
	12V (vertical)	8,8	
4	13V (vertical)	8,8	Região dos quadros elétricos e com menor concentração de equipamentos geradores de vibração.
	14V (vertical)	8,8	
	15V (vertical)	8,8	
	16V (vertical)	8,8	
5	17L (longitudinal)	10,3	Frequências de modos horizontais. Sensores instalados nos pilares.
	18L (longitudinal)	10,3	
	19T (transversal)	19,6	
	20T (transversal)	19,6	
6	21V (vertical)	10,6	Frequências naturais na treliça do eixo 5.
	22V (vertical)	10,4	
	23D (vertical)	21,2	
	24T (transversal)	4,2	
7	25V (vertical)	10,9	Frequências naturais na treliça do eixo 9.
	26V (vertical)	8,4	
	27D (vertical)	21,9	
	28T (transversal)	5,0	
8	29V (vertical)	8,8	Frequência principal dos equipamentos: aproximadamente 49,5 Hz.
	30V (vertical)	8,8	
	31V (vertical)	8,8	
	32V (vertical)	8,8	
9	29L (longitudinal)	2,6	Frequência principal dos equipamentos: aproximadamente 49,5 Hz.
	30T (transversal)	2,7	
	31L (longitudinal)	2,6	
	32T (transversal)	2,7	



10	33V (vertical)	8,8	Frequência dos equipamentos não identificada.
	34V (vertical)	8,8	
	35V (vertical)	8,8	
	36V (vertical)	8,8	
11	37V (vertical)	8,8	Frequência principal dos equipamentos: aproximadamente 49,5 Hz.
	38L (longitudinal)	1,9	
	39T (transversal)	1,8	
	40V (vertical)	8,8	

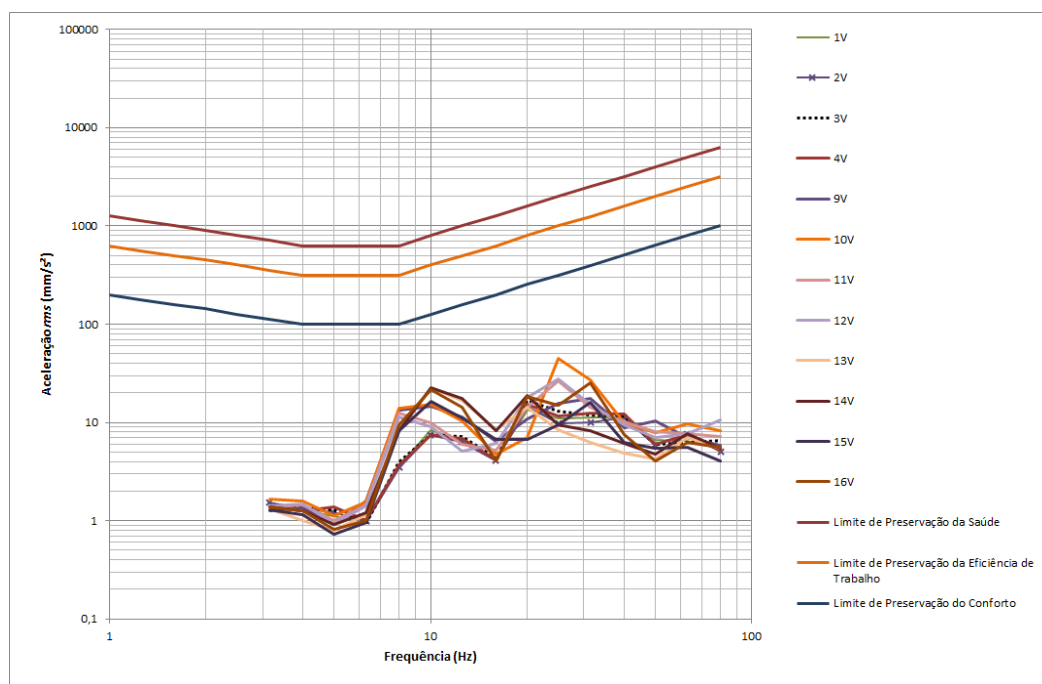
As prováveis frequências de operação dos equipamentos variaram em torno de 26,1 e 49,9 Hz.

As frequências naturais verticais da estrutura variaram entre 8,5 e 10,9 Hz. Comparando as frequências naturais da estrutura com as frequências de operação dos equipamentos, nota-se que as frequências dos equipamentos são muito superiores à da estrutura, o que minimiza o risco de a estrutura entrar em ressonância.

### 3.2 Conforto dos usuários

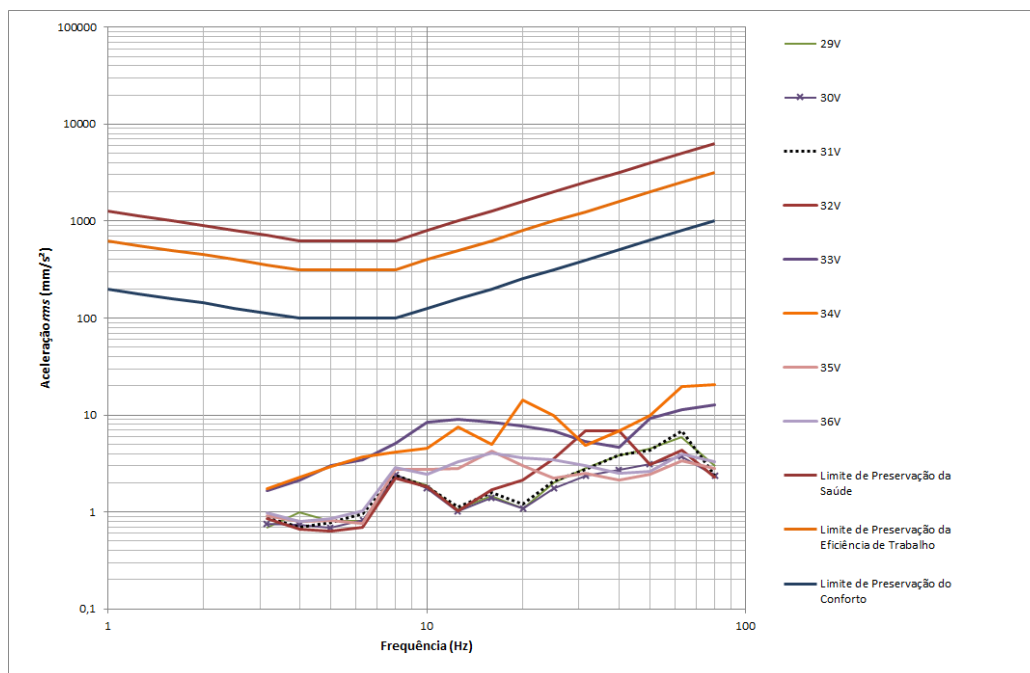
Em relação ao nível de conforto devido a operação dos equipamentos, este foi verificada por meio da comparação dos níveis de aceleração RMS em banda de 1/3 de oitava com as curvas limite propostas pelas normas ISO 2631-1 (1985) e ISO 2631-2 (1989).

A Figura 13 apresenta as curvas limite e os gráficos de aceleração RMS, em banda de frequência de 1/3 de oitava, para cada um dos sensores verticais do Mezanino.



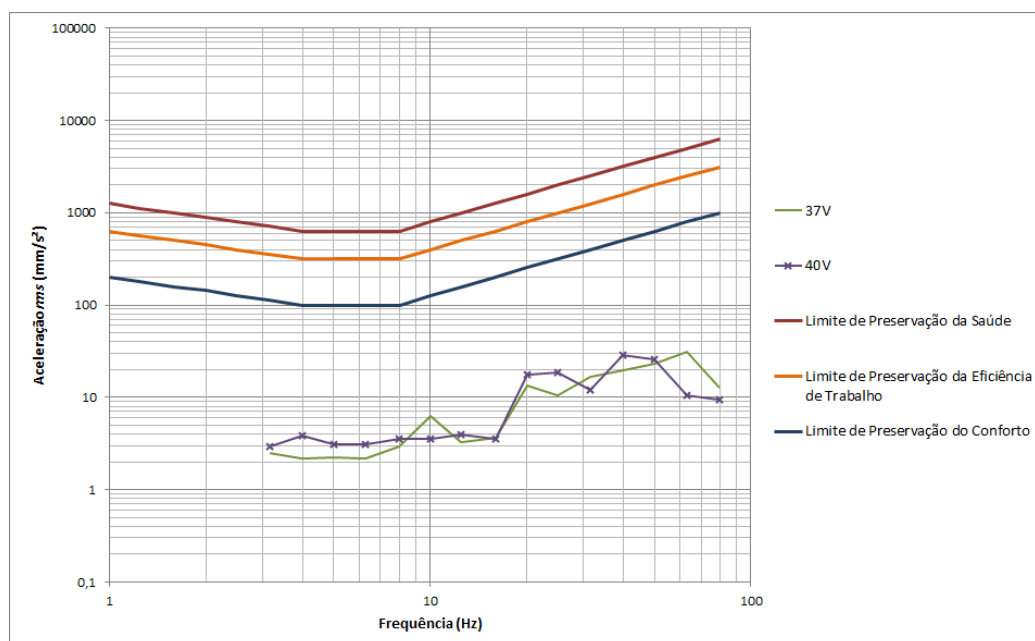
**Figura 13 – Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas - Mezanino**

Na Figura 14 são apresentados os gráficos de aceleração RMS, em banda de frequência de 1/3 de oitava, para os sensores verticais do pavimento Térreo.



**Figura 14 – Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas – Térreo**

Na última configuração do ensaio, monitorou-se a vibração das lajes por cerca de 12 horas, com o intuito de analisar as vibrações nos períodos de acionamento e desligamento das centrífugas instaladas no Térreo. A Figura 15 apresenta as curvas limite e os gráficos com a envoltória da aceleração RMS, em banda de frequência de 1/3 de oitava, para os sensores verticais.



**Figura 15 – Limites de aceleração para o período de exposição de 8 horas – Térreo – Monitoramento de 12 horas.**

## 4 CONCLUSÃO

Foram realizados ensaios dinâmicos na estrutura do pavimento Térreo e do Mezanino do edifício P182 do Instituto Butantan, quando foi possível determinar, experimentalmente, as frequências naturais de alguns elementos estruturais de concreto e de treliças metálicas. As primeiras frequências naturais, relacionadas com o deslocamento vertical, variaram de 8,5 Hz a 10,9 Hz.

Além disto, avaliou-se o nível de vibração das lajes devido ao funcionamento dos equipamentos instalados nesta região. Foram observadas frequências entre 26,1 e 49,9 Hz. Ressalta-se que, as frequências dos equipamentos são muito superiores à da estrutura, o que minimiza o risco de a estrutura entrar em ressonância.

Em relação aos níveis de conforto dos usuários, avaliarem-se os níveis de vibração para uma exposição de 8 horas de acordo com a ISO 2631. Nesta verificação constatou-se que os níveis de vibração ambiente, devido a operação dos equipamentos, são inferiores aos limites de preservação do conforto preconizados em norma, não sendo prejudicial aos colaboradores que exercem suas atividades nestes locais.

Ressalta-se que esta análise se refere ao conforto dos usuários, no que se diz respeito às ações dinâmicas dos equipamentos existentes, e não abrange a avaliação das ações estáticas.



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**28027230201236765**

**1. Responsável Técnico**

**RODRIGO LOPES SILVA**

Título Profissional: **Engenheiro Civil**

RNP: **2609445989**

Registro: **5063581640-SP**

Registro: **0823419-SP**

Empresa Contratada: **PROGESCON PROJETO GESTÃO E CONSULTORIA EM ENGENHARIA LTDA**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA**

CPF/CNPJ: **23.891.052/0001-09**

Endereço: **Rua AMÉLIA CORREA FONTES GUIMARÃES**

Nº: **176**

Complemento:

Bairro: **VILA PROGREDIOR**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **05617-010**

Contrato: **C-149**

Celebrado em: **08/11/2019**

Vinculada à Art nº: **28027230200303706**

Valor: R\$ **21.050,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**

Endereço: **Avenida AVENIDA VITAL BRASIL 1500**

Nº: **1500**

Complemento:

Bairro: **BUTANTÃ**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **05503-900**

Data de Início: **03/09/2019**

Previsão de Término: **22/05/2020**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Outro**

Código:

CPF/CNPJ:

**4. Atividade Técnica**

**Execução**

**1**

**Ensaio**

**Estrutura**

**Mista**

Quantidade

Unidade

**12500,00000**

**metro quadrado**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Monitoramento dinâmico, com a obtenção de frequências naturais e níveis de vibração, para a análise da segurança estrutural e conforto dos usuários.

O serviço compreende os seguintes itens:

- Instalação de transdutores em diversas partes da estrutura
- Ensaio com excitação induzida e ambiental, para verificação das frequências naturais da estrutura e níveis de vibração;
- Monitoramento contínuo por 12 horas para obtenção dos níveis de vibração na região das centrífugas;
- Relatório técnico.

**6. Declarações**

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

## 7. Entidade de Classe

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DE SÃO PAULO - SEESP

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

SÃO PAULO 14 de outubro de 2020

Local

data

RODRIGO LOPES SILVA - CPF: 346.305.318-74

CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA - CPF/CNPJ:  
23.891.052/0001-09

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confex.org.br](http://www.confex.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)

Tel: 0800 17 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima




Valor ART R\$ 226,50

Registrada em: 09/10/2020

Valor Pago R\$ 226,50

Nosso Número: 28027230201236765 Versão do sistema

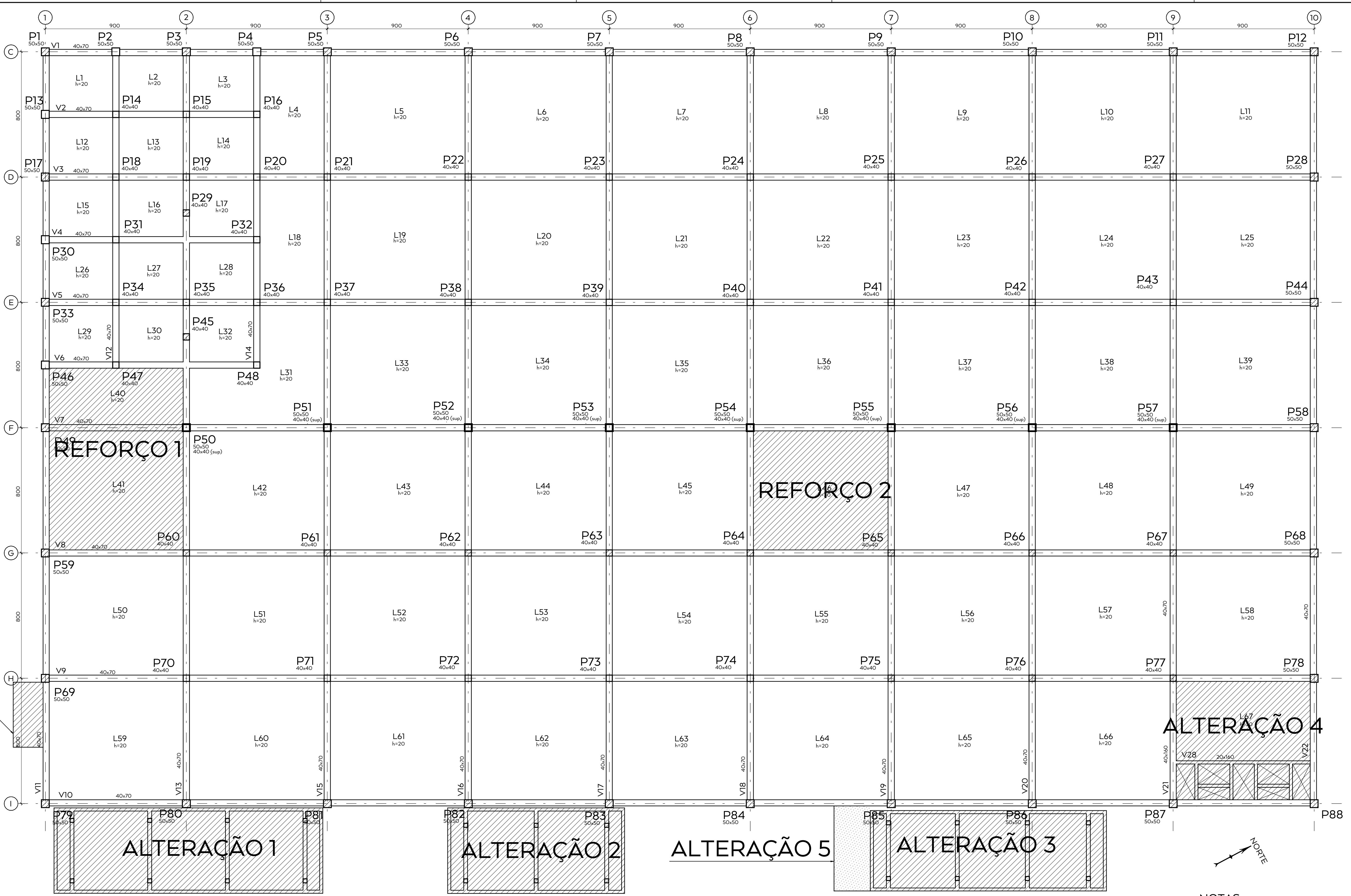
Impresso em: 13/10/2020 09:58:20

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	111 de 129

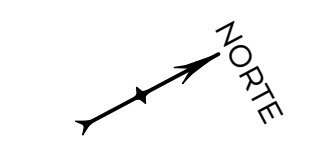
## ANEXO VI – INTERVENÇÕES E MODIFICAÇÕES

COLOR	PENL	WIDTH
20	1	0.12
1	1	0.17
90	1	0.25
2	1	0.30
3	1	0.30
4	1	0.40
5	1	0.50
6	1	0.50
7	1	0.50
8	2	0.17
253	3	0.17
ESC. DE PILOTAGEM		
Pen 1	SOLID	
Pen 2	SCREEN	15%
Pen 3	SCREEN	3%
FONTE: SHIPLEX SH		

ALTERAÇÃO 6




FÔRMA - TÉRREO  
ESCALA 1:125



NOTAS  
1 - PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

N°		DATA		REVISÃO		DES.		ENG.					
<div></div>					<div></div>								
OBJETO					TÍTULO								
PRÉDIO 59 - INFLUENZA					ANEXO IV: LOCAÇÃO DE ALTERAÇÕES E ÁREAS DE REFORÇO								
LOCAL					TETO								
AV. VITAL BRASIL,1500 SÃO PAULO - SP					-								
ELAB.		CAIO		VER		THOMAS		CAL		ESC.		1:125	
DATA		22/05/2020		PROJETO		182		FOLHA		03		REV. 0	

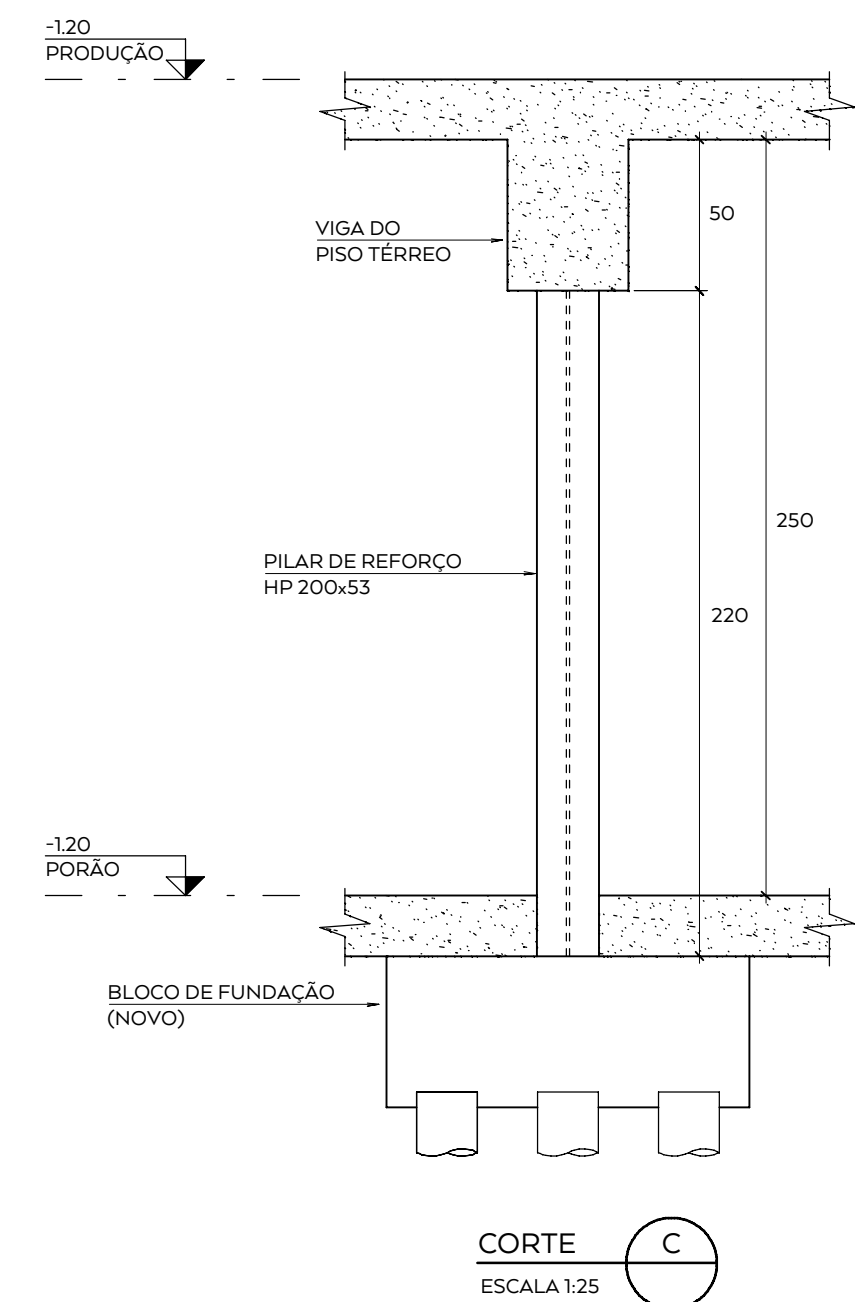
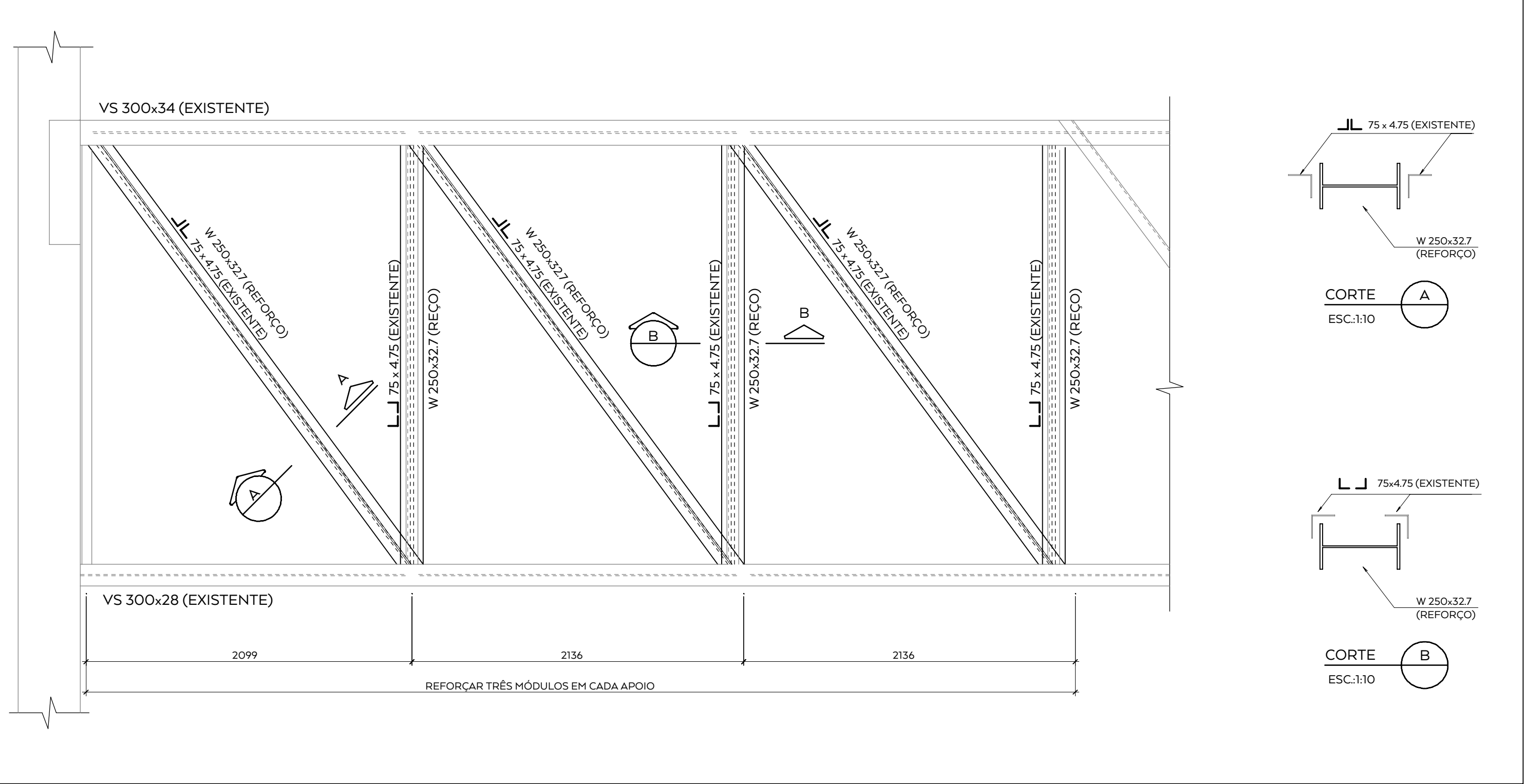


 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO R57-19-R2	REVISÃO 2
	EMIÇÃO 02/10/2020	PÁGINA 113 de 129

## ANEXO VII – ANTE PROJETO DE REFORÇO



ELEVAÇÃO TÍPICA DAS TRELIÇAS  
ESCALA 1:25



NOTAS

1- PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-R9-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.

Nº	DATA	REVISÃO	DES.	ENG.

CARMONA  
SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

INSTITUTO  
BUTANTAN

OBJETO: PRÉDIO S9 - INFLUENZA

TÍTULO: ANEXO VII: ANTERIOR DE REFORÇO LOCAÇÃO DE PILARES TRELIÇA METÁLICA

LOCAL	AV. VITAL BRASIL 1500 SÃO PAULO - SP	TETO
ELAB.	ROBERTO	VER. THOMAS
DATA	22/05/2020	PROJETO 182
	FOLHA 05	REV. 1

Tel: 11 2645-5811


LOCAÇÃO - ESTACAS



## NOTAS

1 - PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.

Nº	DATA	REVISÃO				DES.	ENG.
							
OBJETO		TÍTULO					
PRÉDIO 59 - INFLUENZA		ANEXO VII: ANTI-PROJETO REFORÇO LOCAÇÃO DE ESTACAS					
LOCAL	AV. VITAL BRASIL, 1500 SÃO PAULO - SP				TETO		
ELAB.	CAIO	VER.	THOMAS	CAL.	-	ESC.	1:25
DATA	22/05/2020	PROJETO 182		FOLHA 006	REV. 0		<a href="http://www.carmora.com.br">www.carmora.com.br</a>
T-11.1.2048-181							

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	115 de 129

## ANEXO VIII – PARECER SOBRE AS FUNDAÇÕES

São Paulo, 01 de outubro de 2020.

**À**  
**Carmona Soluções de Engenharia**  
**Rua Amélia Corrêa Fontes Guimarães, 176**  
**Vila Progredior**  
**São Paulo - SP**

**Att. : Engº Roberto Veríssimo**

**Ref.: Fundações do Prédio 59 – Influenza do Instituto Butantan – SP.**

O material técnico relativo ao acompanhamento das obras de fundação do edifício em referência foi desarquivado e a análise dos dados conclui que as fundações ali executadas atendem tão somente as cargas descritas no projeto original, FUN-LAP-001-R03 – LABORATÓRIO DE PRODUÇÃO PROJETO DAS FUNDAÇÕES ESTACA PRÉ-MOLDADA, resumidas na tabela a seguir:

<b>Tipo de estaca</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Capacidade Geotécnica (tf)</b>	<b>Capacidade Estrutural (tf)</b>
Pré-moldada	17 x 17	16	47
Pré-moldada	19,5 x 19,5	30	66
Pré-moldada	23,5 x 23,5	41	97
Pré-moldada	29,5 x 29,5	59	158
Pré-moldada	φ 50	79	224


As cargas levantadas pela Carmona Soluções de Engenharia, registradas no item 6.3 do relatório R57-19 de 22/05/2019, superam as capacidades de carga das estacas executadas. A utilização das estacas para cargas acima de sua capacidade de carga geotécnica pode resultar em recalques acentuados..

PT093/20  
Fl.2

Deve-se prover a fundação de fator de segurança adequado por meio da execução de reforços convenientemente projetados para este fim ou, de outra forma instrumentar todos os pilares da estrutura para acompanhar eventuais recalques e reforçar a fundação somente se a instrumentação geotécnica indicar a real necessidade. A instrumentação deve ser feita até 3 meses após o carregamento total da estrutura.

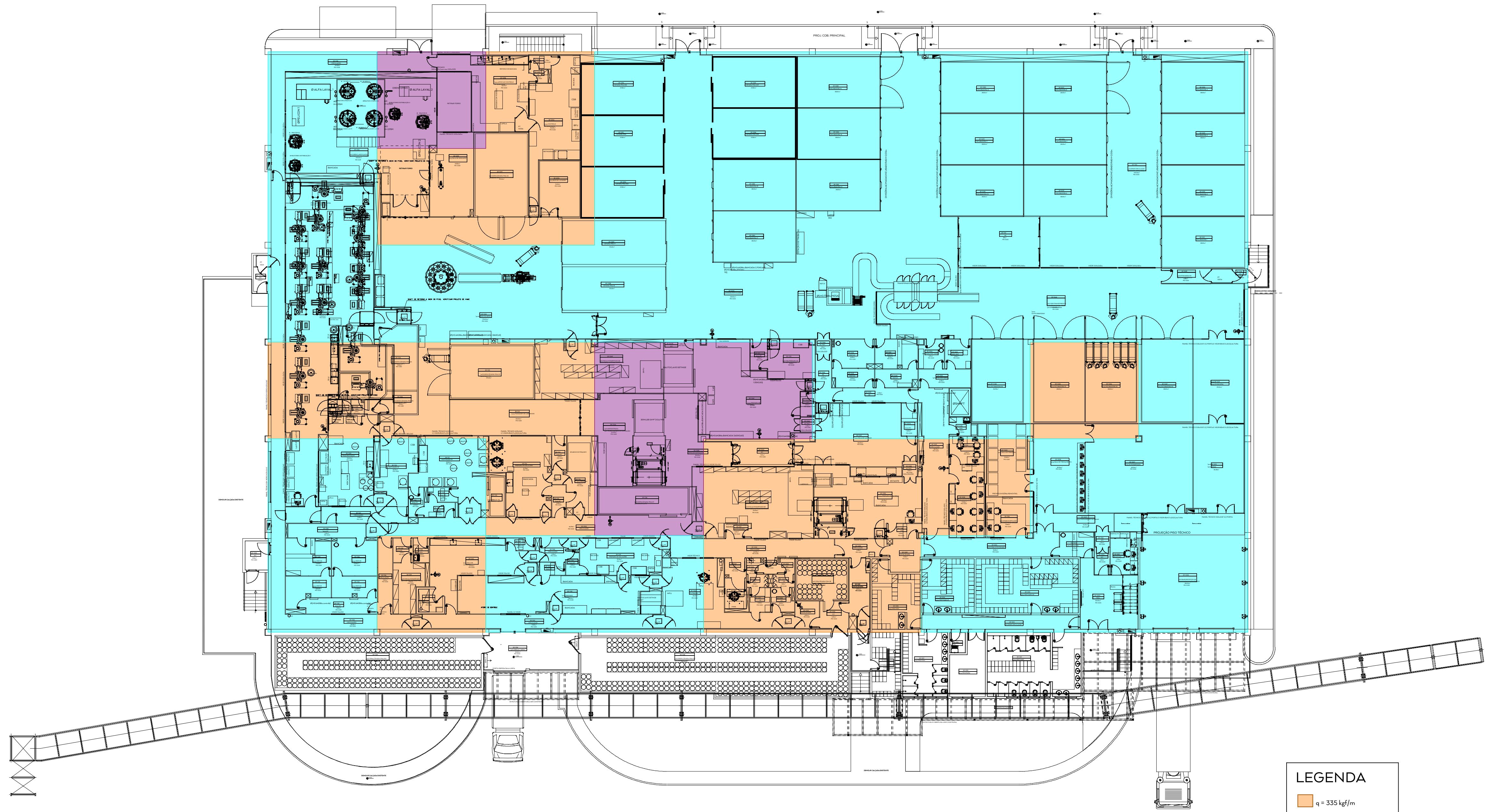
Sem mais para o momento,

Engº Frederico F. Falconi

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	118 de 129

## ANEXO IX-PLANTA DE CARGAS DO TÉRREO




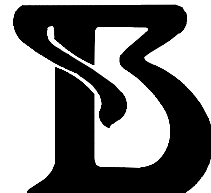



LEGENDA

- q = 335 kgf/m
- q = 425 kgf/m
- q = 245 kgf/m

NOTAS

1 - PARA CONCEITOS TÉCNICOS VER RELATÓRIO R57-19-R2 - CARMONA SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.

N°		DATA		REVISÃO		DES.		ENG.	
<div> <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA</div>					<div><b>INSTITUTO BUTANTAN</b></div>				
OBJETO					TÍTULO				
PRÉDIO 59 - INFLUENZA					ANEXO IX: MAPA DE CARGAS				
LOCAL					TETO				
AV. VITAL BRASIL, 1500 SÃO PAULO - SP					-				
ELAB.		CAIO		VER: THOMAS		CAL: -		ESC. 1:125	
DATA		22/05/2020		PROJETO 182		FOLHA 07		REV. 0	

 <b>CARMONA</b> SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	CÓDIGO	REVISÃO
	R57-19-R2	2
	EMIÇÃO	PÁGINA
	02/10/2020	120 de 129

## ANEXO X - ECOMETRIA

# ENSAIO DE INTEGRIDADE EM ESTACAS “ECOMETRIA”

OBRA: PRÉDIO IB GRIPE - DE • INSTITUTO BUTANTAN • SP



Relatório ECO.01.11.CARMONA.2019

## ÍNDICE

1.	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
2.	<b>A ECOMETRIA</b>	1
3.	<b>PRINCÍPIOS DO MÉTODO</b>	1
4.	<b>CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS</b>	2
5.	<b>METODOLOGIA</b>	3
6.	<b>SÍNTESE DE RESULTADOS OBTIDOS</b>	3
7.	<b>ACOMPANHAMENTO FOTOGRÁFICO</b>	6

## 1 • INTRODUÇÃO

No dia 14 de novembro de 2019 foram realizados ensaios de integridade “Ecometria” em 3 (três) estacas de fundação sob blocos, nas fundações Laboratório de Produção e Utilidades IB – GRIPE – DE no Instituto Butantan, em São Paulo, SP.

Tais procedimentos têm por objetivo avaliar a integridade e o comprimento das estacas e foram realizados em conformidade com a norma AFNOR-PR-P94-160-4 (França) e com a ASTM D 5882 – 00 (EUA). O presente relatório apresenta os resultados desejados, a tabela de resultados (Item 6) e os gráficos (Item 6.1).

## 2 • A ECOMETRIA

A ECOMETRIA é um método de ensaio não destrutivo para a avaliação de integridade de estacas de fundação e *Jet grouting*. Esse exame consiste na excitação do elemento de fundação, mediante impulsos mecânicos que geram uma onda de tensão, que se propaga pela estrutura em teste. Tal impulso, e a reflexão produzida em uma eventual anomalia ao longo do fuste ou da ponta (fundo) da estaca, são registrados em uma unidade de medição. As anomalias individualizadas devem ser de natureza tal que produzam uma reflexão da onda incidente, como uma perda de seção, uma interrupção do elemento por ruptura um aumento de seção, etc.

## 3 • PRINCÍPIOS DO MÉTODO

A análise do comportamento da onda elástica no domínio temporal permite determinar o comprimento (reflexão da extremidade inferior do elemento) e a presença de anomalias ocorridas devido a irregularidades na geometria da estaca ou na qualidade do material que a compõe. As variações das características físicas, mecânicas e geométricas causam alteração na impedância mecânica com consequentes reflexões parciais da onda elástica. Considera-se o elemento de fundação como um corpo de determinada densidade engastado em um meio de densidade inferior, no caso o terreno. O elemento é o “caminho” preferencial da onda elástica e, sendo assim, as informações que ela transporta são concernentes ao meio no qual é propagada.

O impulso mecânico emitido na extremidade acessível da estaca produz uma onda elástica que percorre o material com uma velocidade ( $V$ ) em função da sua densidade. A energia transportada pela onda diminui ao longo do percurso, devido ao atrito molecular intrínseco ao material do elemento, por dissipação ao longo da superfície de contato elemento-terreno ou outras superfícies de descontinuidade. Tal perda de energia será menor no caso de propagação em meio metálico. Em condições ideais (continuidade, densidade do concreto homogênea ao longo da estaca e regularidade de geometria) essa diminuição da energia, ao longo do percurso da onda elástica, tem andamento regular e segue uma lei logarítmica.

Nos casos em que a onda elástica, durante seu percurso, encontra uma variação repentina de um dos parâmetros supracitados, ocorre a reflexão de uma parte da sua energia ao passo que o restante segue o seu percurso. Qualquer reflexão - salvo a do fundo do elemento - é analisada com base na sua fase. Geralmente uma reflexão em fase com o impulso de excitação indica diminuição de impedância e, sendo assim, uma redução de seção, fissuração ou má qualidade do concreto. A fase contrária à do impulso, indica aumento de seção com alargamento do fuste (figura 1).

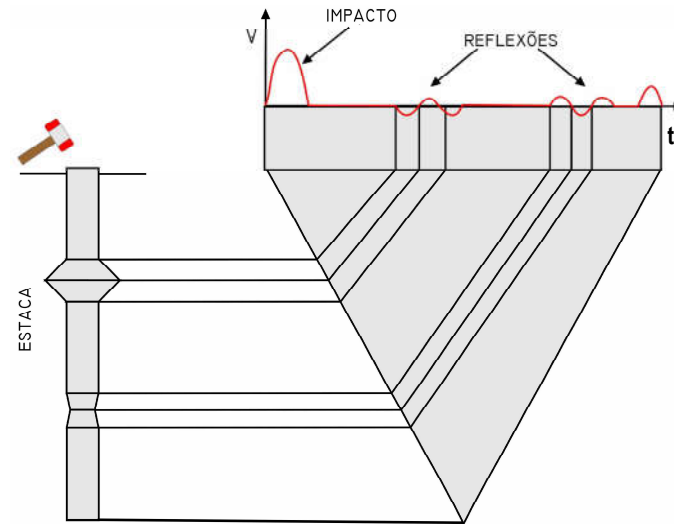


Figura 1 - Correlação entre anomalias físicas e fase do sinal refletido

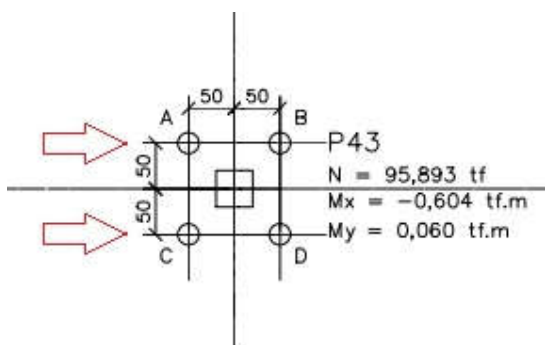
A medição do tempo (t) entre o instante de excitação (geração do impulso no topo do elemento) e a recepção do eco refletido, fornece informações relativas à posição (L) da variação que produziu tal fenômeno. A amplitude do sinal possibilita identificar a natureza da variação. Tais afirmações se baseiam na seguinte fórmula:

$$L = \frac{V_m \cdot t}{2}$$

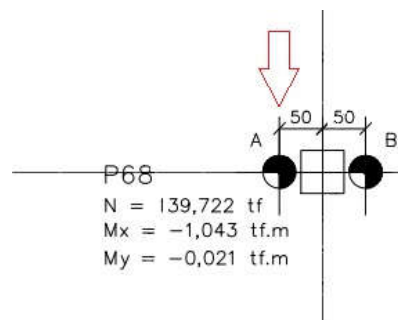
A avaliação do comprimento do elemento é calculada atribuindo-se dois valores-limite à velocidade de propagação da onda elástica. Para o concreto, estabelecemos velocidades de 3700 a 3900 m/s. Já para o aço, de 5750 a 6000 m/s.

#### 4 • CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS

Nessa obra, foram ensaiadas estacas com características e diâmetros diferentes, conforme apresentado abaixo:



Estacas A e C do Pilar 43  $\geq 415 \text{ cm}^2$

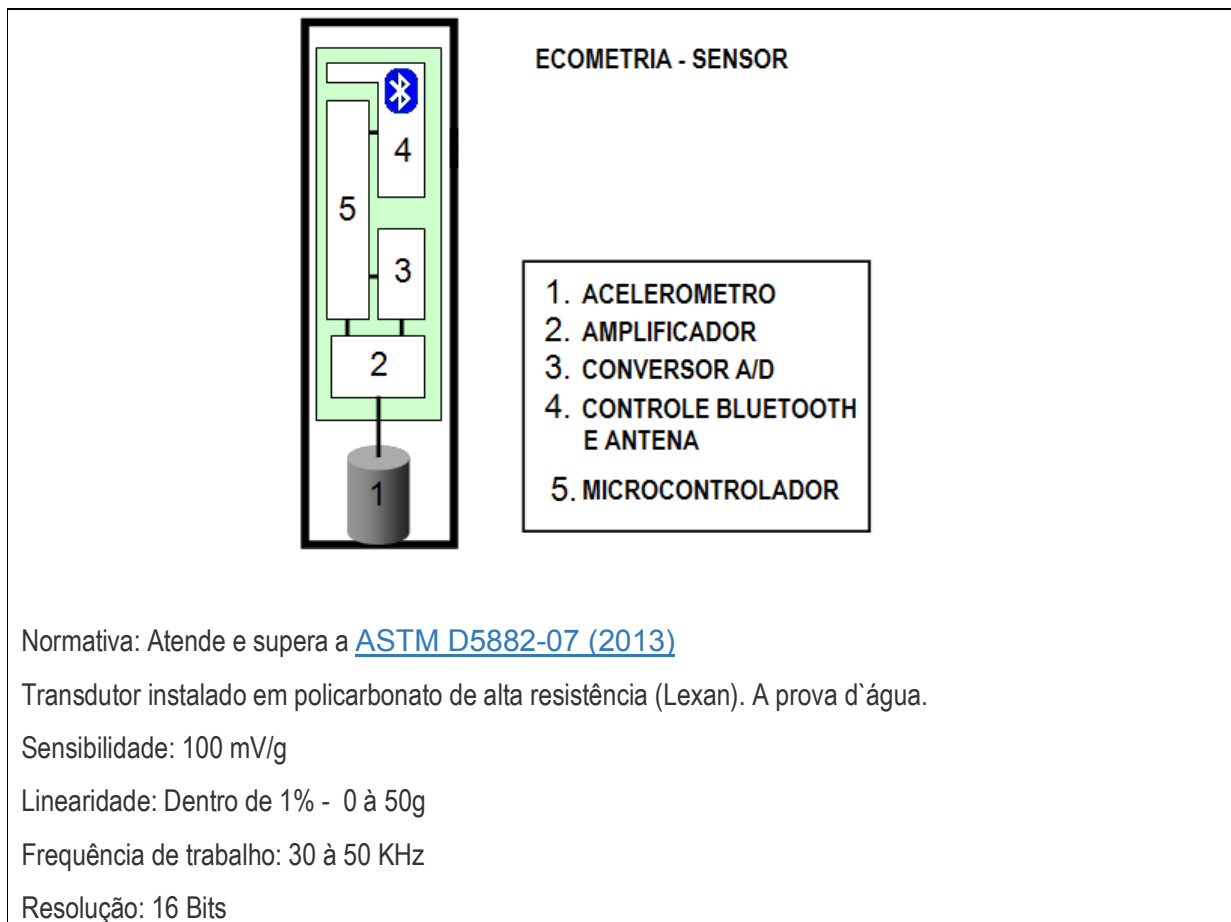


Estaca A do Pilar 68  $\geq 1134 \text{ cm}^2$

## 5 • METODOLOGIA

Para a execução dos ensaios, é necessário dispor de acessibilidade adequada à estrutura para a percussão do topo bem como para a aposição do sensor. As estacas foram ensaiadas com o sensor posicionado sobre o bloco de concreto (comprimento de aproximadamente 90cm), diretamente no eixo das mesmas. Foram duas estacas (A e C) no bloco do Pilar 43 e uma (estaca A) no bloco do Pilar 68.

A aplicação da Ecometria independe da equivalência entre comprimento / diâmetro em algumas situações.



**Figura 2** – Características do Sensor *Bluetooth*

## 6 • SÍNTESE DE RESULTADOS OBTIDOS

O ensaio aponta mudanças prováveis na estratigrafia e define, com base nos fatores apontados acima, o comprimento dos mesmos descontando-se a altura do bloco de concreto e o valor do engastamento no mesmo. Algumas anomalias apontadas (destacado abaixo na tabela como exemplo) são, provavelmente, mudanças bruscas de terreno (verificar relatórios de sondagem e executivos se houver):

Estaca	Ø (cm)	C (m/s)	Comp. Teórico (m)	Comp. Medido (m)	Anomalia / Dano		Observações	
					De (m)	A (m)		
E1 - BLOCO 2	N/D	4000	N/D	15.24	4.82	6.53	Estaca Inteira	Condição anômala na cota indicada
					9.32	11.72		Condição anômala na cota indicada
					13.20	15.24		Verificar Relatórios Executivos e Sondagem



A velocidade de onda apontada é coerente com o que se espera neste tipo de estrutura nas condições que se apresentam (em torno de 4000 m/s).

Todas as 4 estacas ensaiadas estão Íntegras, não apresentando anomalias deletérias às suas condições ideais de trabalho, tais como, diminuição significativa de seção do fuste ou contaminação importante do concreto.

Os resultados apontam comprimentos bem próximos para todas as estacas, ao redor de 15m (quinze metros) para o fim da estaca desde o topo do bloco de concreto.

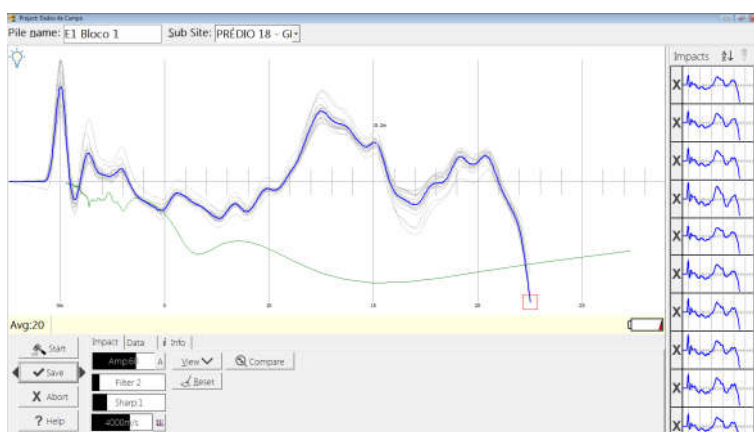
## 6.1 • RESULTADOS OBTIDOS:

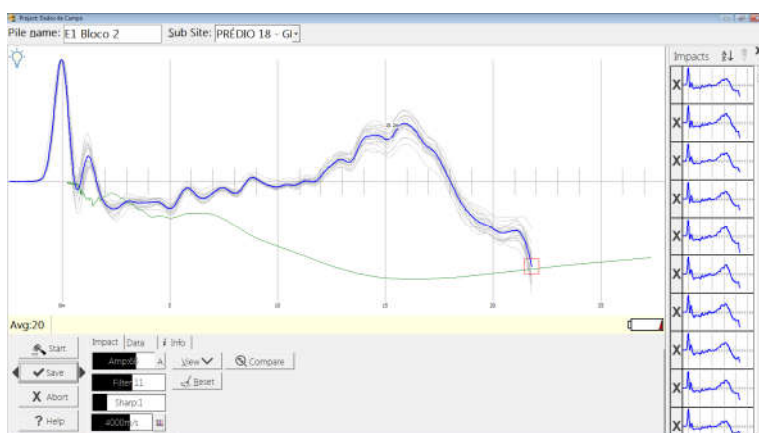
INSTITUTO BUTANTAN - PRÉDIO IB GRIPE - DE - 14/11/2019								
Estaca	Ø (cm)	C (m/s)	Comp. Teórico (m)	Comp. Medido (m)	Anomalia / Dano		Observações	
					De (m)	A (m)		
Estaca C - P43	N/D	4000	N/D	15.26	3.64 10.16	8.19 15.26	Estaca íntegra	Condição anômala na cota indicada Verificar Relatórios Executivos e Sondagem
Estaca A - P43	N/D	4000	N/D	15.20	4.38 12.83	8.84 15.20	Estaca íntegra	Condição anômala na cota indicada Verificar Relatórios Executivos e Sondagem

INSTITUTO BUTANTAN - PRÉDIO IB GRIPE - DE - 14/11/2019								
Estaca	Ø (cm)	C (m/s)	Comp. Teórico (m)	Comp. Medido (m)	Anomalia / Dano		Observações	
					De (m)	A (m)		
Estaca A - P68	N/D	4000	N/D	15.24	4.82 9.32 13.20	6.53 11.72 15.24	Estaca Íntegra	Condição anômala na cota indicada Condição anômala na cota indicada Verificar Relatórios Executivos e Sondagem

## 6.2 • GRÁFICOS:

Estaca C – P43





## 7. • ACOMPANHAMENTO FOTOGRÁFICO:



Foto 1: Bloco do P43 preparado para o ensaio.

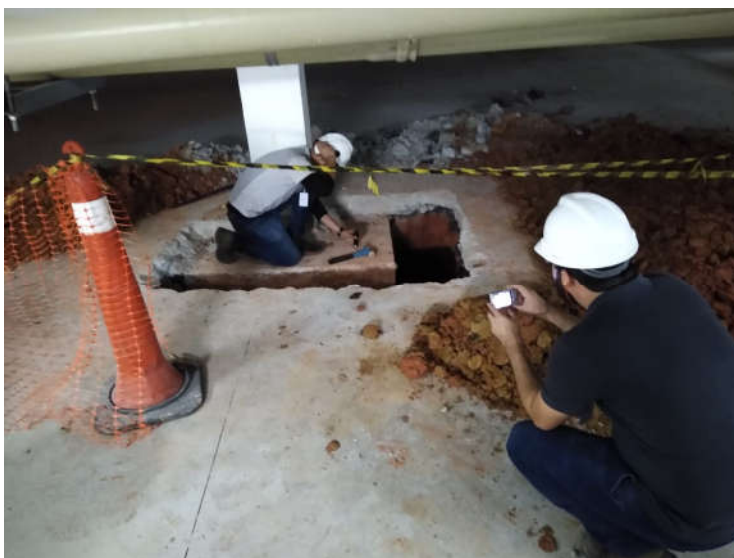


Foto 2: Ensaio sendo executado – Estaca C P43.



Foto 3: P68 - Preparação para o ensaio.