



**CIVIL PROJECTS ENGENHARIA LTDA.**

**LAUDO TÉCNICO SOBRE A ESTRUTURA DO  
HOSPITAL GUILHERME ÁLVARO, SITUADA NA  
RUA OSWALDO CRUZ, 197 – BOQUEIRÃO,  
SANTOS – SP.**

**PRÉDIO PAVILHÃO IV**

**MC-CP-20-3313-0**

**20/07/20**



## 1. SUMÁRIO

1. SUMÁRIO .....	2
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	3
3. OBJETIVO .....	4
4. VISTORIA PARA DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS.....	4
5. ANÁLISE DAS PATOLOGIAS E TRATAMENTOS INDICADOS .....	12
6. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA ORIGINALMENTE PROJETADA.....	14
7. CONCLUSÕES.....	23
ANEXO I - PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DE OXIDAÇÃO E DESPLACAMENTO DO CONCRETO .....	24

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2003), Ações e Segurança nas Estruturas - NBR 8681.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2014), Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento - NBR 6118.
- DUCTBUSTERS, (2020), De: Engenharia - Ductbusters <engenharia@ductbusters.com.br> Enviada em: segunda-feira, 22 de junho de 2020 17:50 Para: 'Marcelo Araujo da Silva' <marcelo@rmsol.com.br>, Assunto: Hospital Guilherme Álvaro – Santos.
- DUCTBUSTERS, (2020), De: Engenharia - Ductbusters <engenharia@ductbusters.com.br> Enviada em: sexta-feira, 26 de junho de 2020, 18:43 Para: 'Marcelo Araujo da Silva' <marcelo@rmsol.com.br>, Assunto: Hospital Guilherme Álvaro - santos - Pavilhão IV.
- Heron Engenharia S/C Ltda., (1990), Projeto: Forma da cobertura, Folha 4.
- Heron Engenharia S/C Ltda., (1990), Projeto: Forma do barrilete e caixa d'água, Folha 5.
- Heron Engenharia S/C Ltda., (1990), Projeto: Forma do pavimento térreo.

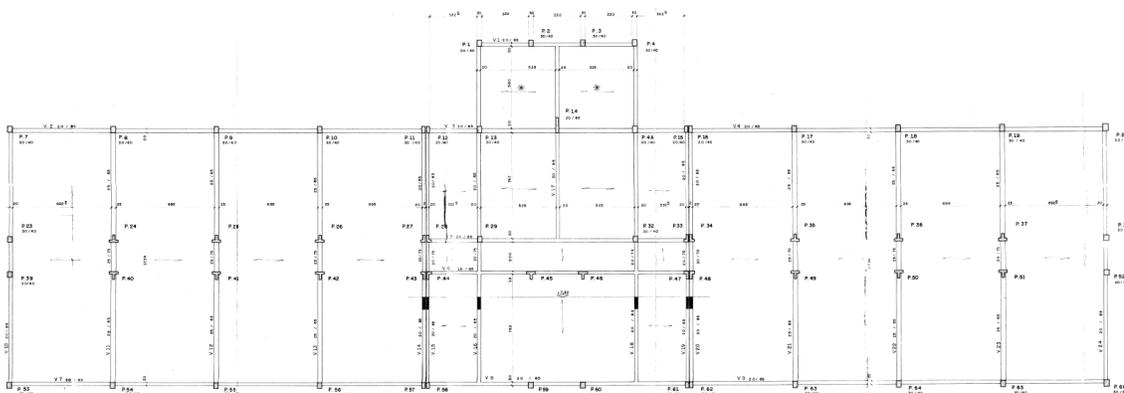


Figura 1 – Planta do prédio

### 3. OBJETIVO

A construção é um edifício em estrutura mista, concreto e aço, sendo o térreo e o primeiro pavimento em concreto armado e o segundo pavimento em estrutura metálica. O objetivo do presente laudo é verificar a viabilidade de se construir um terceiro pavimento em estrutura metálica, sobre a estrutura metálica existente. Trata-se do Pavilhão IV do Hospital Guilherme Álvaro, este localizado na Rua Oswaldo Cruz, 197 – Boqueirão, Santos – SP. Em resumo, deseja-se acrescentar mais um andar à estrutura existente. Para tanto foi realizada uma inspeção *in loco* pela Civil Projects Engenharia, no dia 25/06/2020, e também analisados os projetos fornecidos que constam nos documentos de referência.

### 4. VISTORIA PARA DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS

Foi realizada uma vistoria com o objetivo de se determinar eventuais patologias e então poder indicar um tratamento adequado para a recuperação destas estruturas. Outra questão é a análise que foi feita no sentido de indicar qual a influência dos danos observados na obra em relação à segurança e estabilidade da construção.

Na Figura 1 é mostrada uma planta e na Figura 2 a fachada do prédio vistoriado.



Figura 2 – Fachada do prédio vistoriado

Na vistoria, para levantamento das medidas, foram utilizados paquímetro, trena e fissurômetro. Para uma coleta de dados mais precisa foram utilizados os seguintes instrumentos específicos:

- D-tect 150 Bosch, scanner para determinação do cobrimento, espaçamento e diâmetro das barras (Figura 3a);
- Esclerômetro Original Schmidt (Proceq) para determinação da dureza superficial do concreto (Figura 3b).

Com a utilização destes equipamentos, somados a uma inspeção visual pôde-se levantar e analisar sobre as condições de conservação e patologias existentes no edifício em questão.



Figura 3a – Investigação da armadura da estrutura com equipamento scanner D-tect 150 Bosch



Figura 3b – Esclerômetro Original Schmidt (Proceq)

Em relação ao uso do esclerômetro foram coletados vários valores de dureza superficial, os quais são mostrados na Tabela 1. Com estes valores, estimou-se o fck do concreto utilizado na obra, que foi da ordem de 41 MPa. Entretanto, nos projetos estruturais consta um fck = 20 MPa, o qual foi considerado mais adiante na análise estrutural do edifício original. Esta diferença de 41 MPa para 20 MPa pode se dever ao uso de um bom concreto na construção do edifício, com características superiores às indicadas em projeto, somado ao ganho de resistência dado ao tempo transcorrido. É válido lembrar que a obra é dos anos 90 e de lá para cá o concreto vem aumentando gradativamente sua resistência.

Portanto, o que se pode concluir é que a obra provavelmente tenha sido executada com um concreto com uma resistência da ordem de grandeza do valor prescrito em projeto. Outra observação é que o esclerômetro mede dureza superficial e não resistência do concreto diretamente, onde pode ocorrer alterações nos valores medidos.

Tabela 1 – Valores levantados de dureza superficial com esclerômetro e fck estimado

PILAR	MEDIÇÃO	Esclerômetro	fc (MPa)		MÉDIA	47,8	MPa
P1	1	44	50		DESVIO PADRÃO	4,3	MPa
	2	45	52				
	3	40	42		fck =	41	MPa
	4	44	50				
P2	1	43	48				
	2	40	42				
	3	46	54				
	4	41	44				

A seguir são mostradas fotos indicando algumas patologias evidenciadas na construção.



Figura 4 – Vista lateral do edifício



Figura 5 – Vista do pilar de canto



Figura 6 – Contraventamento metálico com um leve processo de oxidação



Figura 7 – Vegetação na junta de dilatação



Figura 8 – Vegetação na junta de dilatação

## 5. ANÁLISE DAS PATOLOGIAS E TRATAMENTOS INDICADOS

Após todas as informações colhidas *in loco*, tem-se duas questões específicas a serem levadas em consideração: a oxidação da estrutura metálica e o estado de manutenção das estruturas em geral.

Tabela 2 – Classe de agressividade, cobertura nominal e fck (NBR-6118-2014 Tabela 6.1)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobertura nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

No caso, os perfis metálicos em contato com o meio ambiente tende a se oxidar pela presença de  $O_2$  e  $H_2O$ , da atmosfera, começando pela superfície do metal até a sua total deterioração (esse processo de oxidação visualmente é caracterizado por aspecto enferrujado – cor marrom da peça - e popularmente conhecido como ferrugem). Algumas soluções reduzem ou mesmo eliminam a velocidade da corrosão, entre elas podemos sugerir a utilização de aços resistentes à corrosão atmosférica, aplicação de zincagem (galvanização) e pintura. O processo de oxidação ainda é recente e não provocou danos significativos na estrutura. A oxidação deve ser tratada conforme descrito no Anexo I. Já as vegetações, as mesmas devem ser removidas e aplicada pintura adequada nas estruturas.

Outra questão é uma análise sobre o concreto adotado no projeto e construção da estrutura. O cobrimento adotado no projeto, de acordo com os projetos (Documentos de Referência) é de 2 cm. Estas estruturas encontram-se em um ambiente de agressividade III (Tabela 2). Com isso, um cobrimento indicado para estas estruturas, de acordo com a norma atual (NBR-6118-2014) seria de 4 cm, ou seja, o dobro do que foi adotado no projeto. Além disso o fck que deveria ser adotado de acordo com a NBR-6118 (2014) seria de 30 MPa, superior ao utilizado no projeto que é de 20 MPa. Com isso, as estruturas, com o tempo, tendem a sofrer um processo de deterioração. Portanto é crucial um programa regular de manutenção destas estruturas.

## 6. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ORIGINALMENTE PROJETADA

### 6.1 Geometria

Foram fornecidos alguns projetos estruturais (Documentos de Referência), entretanto, não foram fornecidas as plantas de formas das vigas de cobertura, intermediárias e do piso superior. Na Figura 1 é mostrada uma vista renderizada da estrutura, gerada no programa de elementos finitos STRAP.

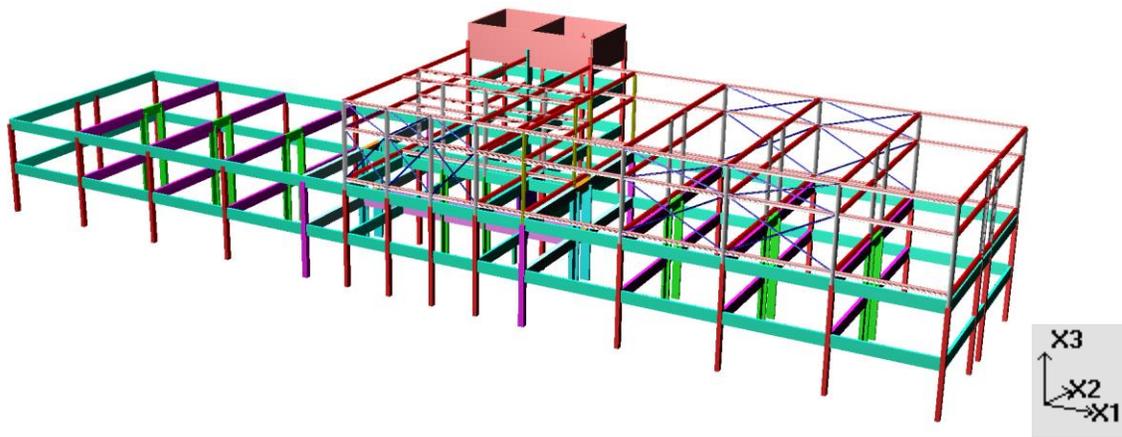


Figura 9 – Estrutura – desenho renderizado

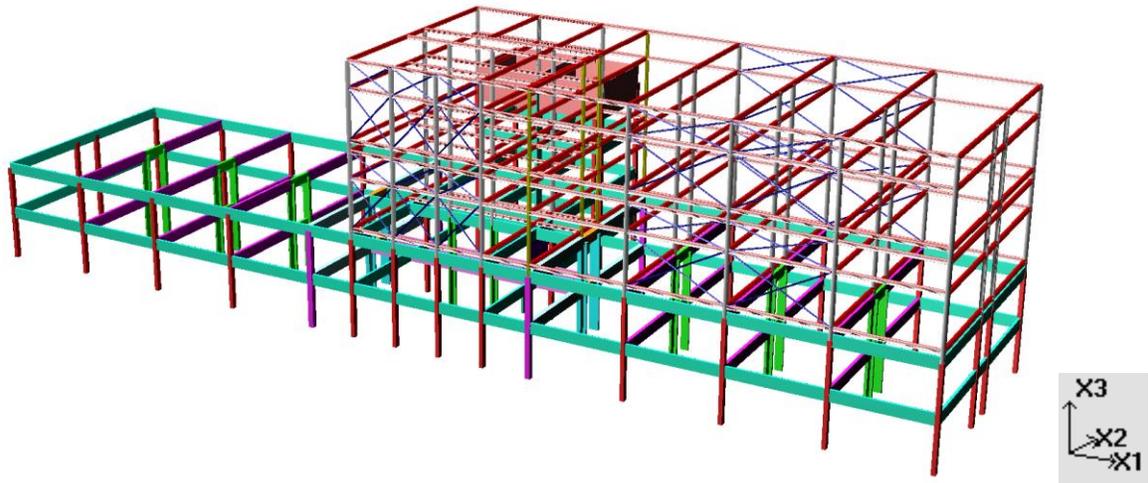


Figura 10 – Estrutura com um pavimento extra – desenho renderizado

## 6.2 Carregamento

Em concordância com a bibliografia técnica considerou-se a conversão de unidades  $1 \text{ tf} = 10 \text{ kN}$ . Foram considerados os seguintes carregamentos:

- Peso próprio da estrutura;
- Carga permanente;
- Carga de utilização.

Nas Figuras abaixo são mostrados os carregamentos aplicados na estrutura.

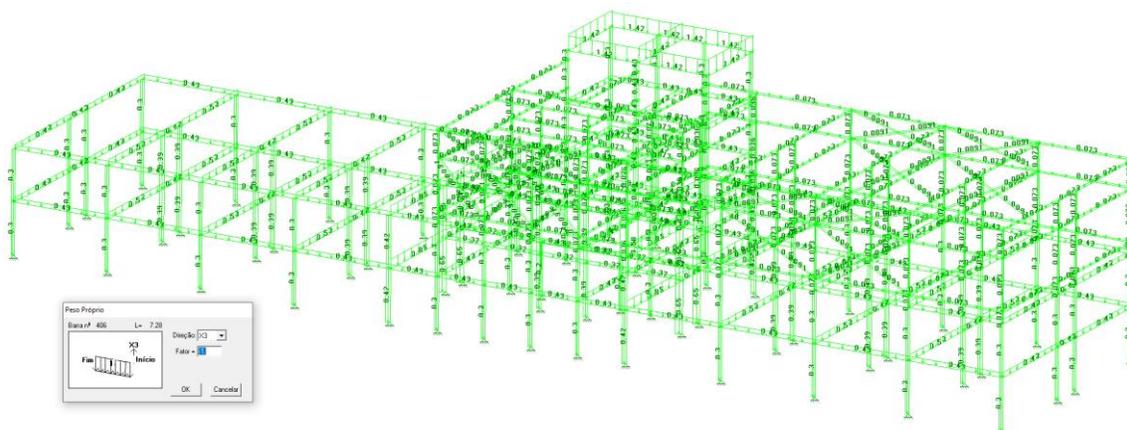


Figura 11 – Carregamento de peso próprio

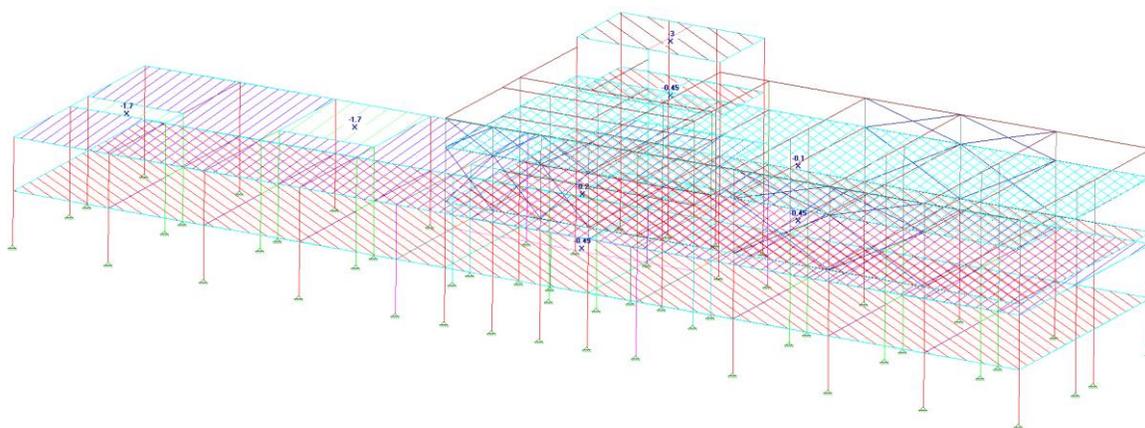


Figura 12 – Carregamento da carga permanente

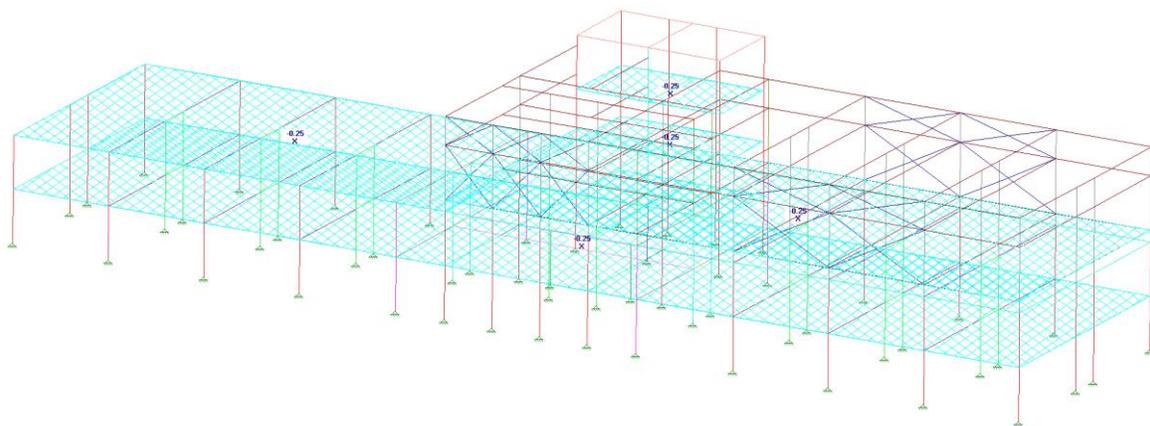


Figura 13 – Carregamento da carga de utilização

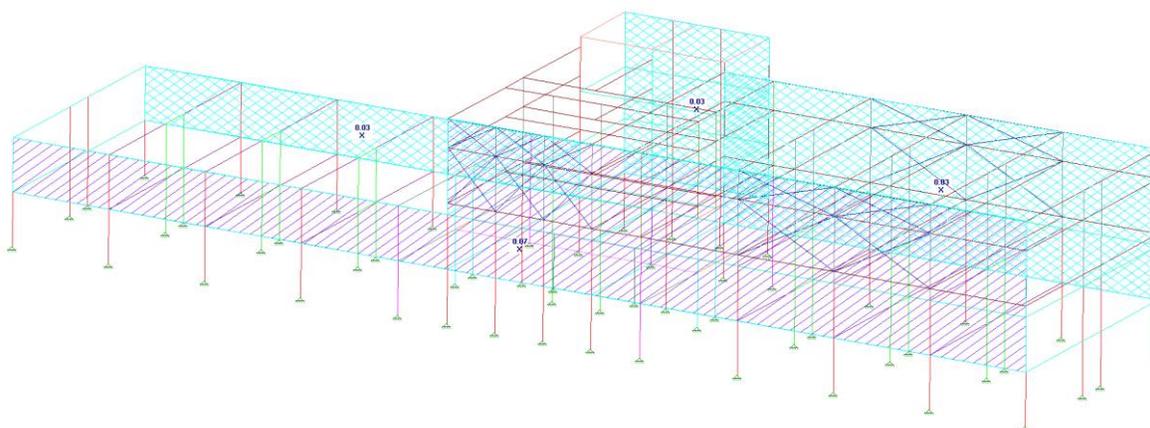


Figura 14 – Carregamento do vento em X2

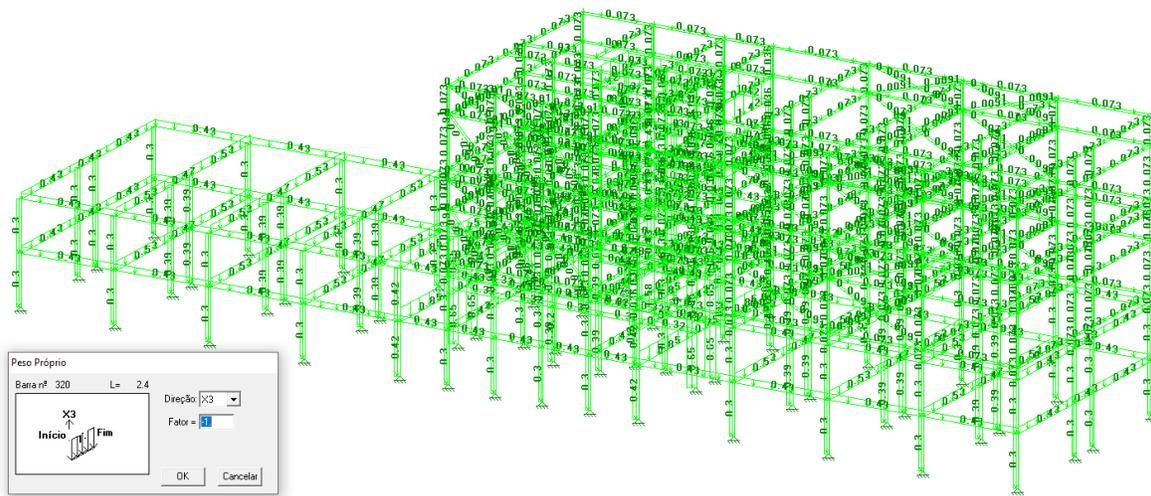


Figura 15 – Carregamento de peso próprio com um pavimento extra

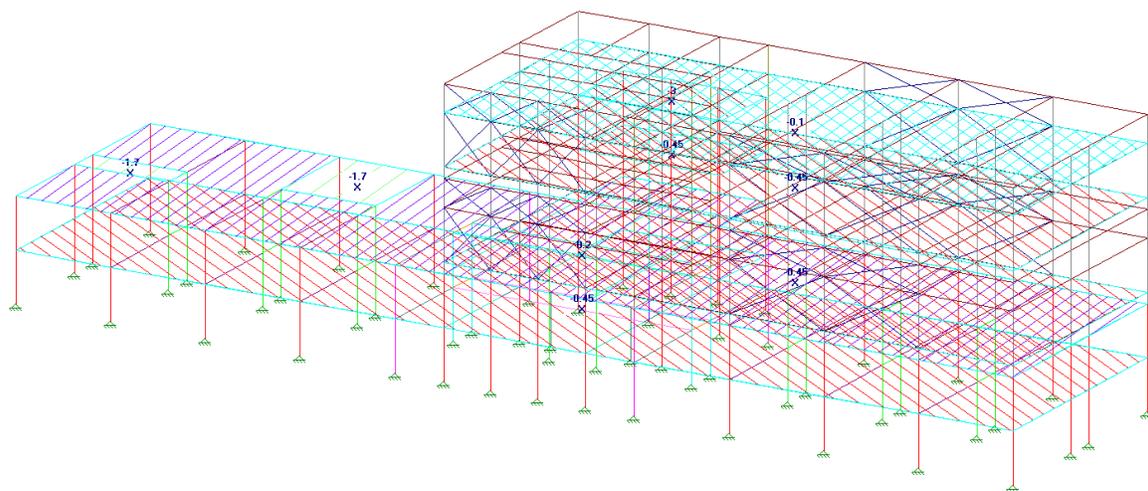


Figura 16 – Carregamento da carga permanente com um pavimento extra

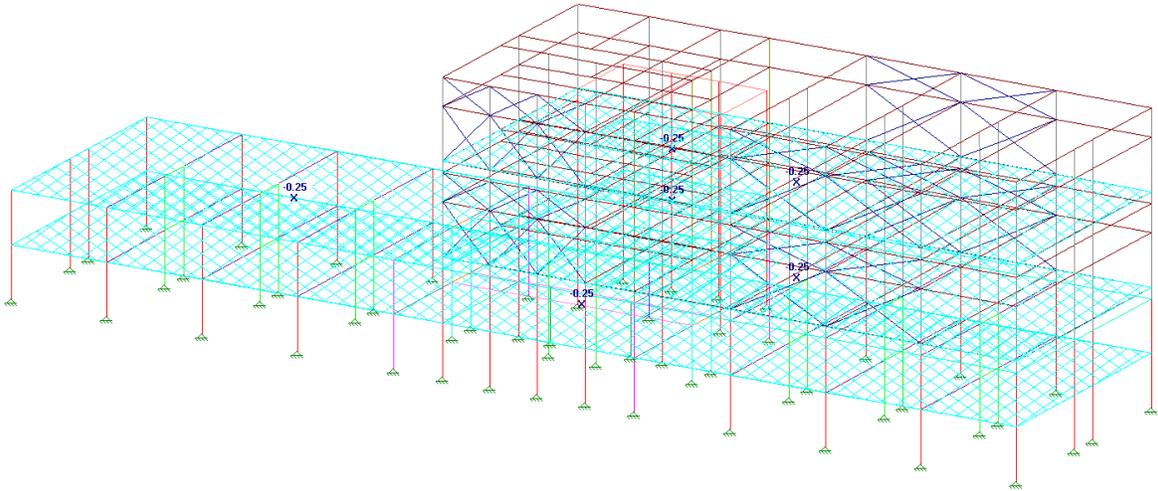


Figura 17 – Carregamento da carga de utilização com um pavimento extra

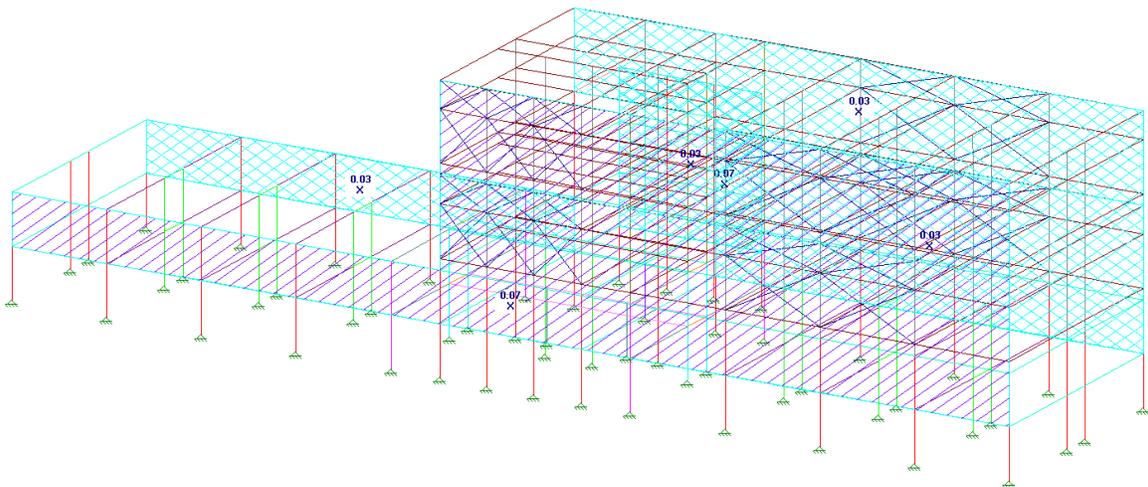


Figura 18 – Carregamento do vento em X2 com um pavimento extra

As combinações de carregamentos são mostradas na Tabela 3. Considerou-se a combinação normal para a verificação no estado limite último.

Tabela 3 – Coeficiente de majoração dos carregamentos na combinação normal

Combinação	Carregamento	Fator
Normal- Vento secundário	Peso próprio	1,4
	Permanente	1,4
	Utilização	1,4
	Vento X2	0,84
Normal - Vento Principal	Peso próprio	1,4
	Permanente	1,4
	Utilização	0,98
	Vento X2	1,4

### 6.3 Esforços Internos e Verificações

Foi analisada as estruturas para os carregamentos descritos na Seção anterior. Num primeiro momento será realizada uma análise e verificação estrutural considerando-se as estruturas originais conforme projetadas originalmente. Foram verificados os pilares. O  $f_{ck}$  adotado é de 20 MPa, conforme projetos da obra (Documentos de Referência). As verificações foram feitas comparando a tensão admissível no concreto, calculada como  $\sigma_{adm} = 0,85 f_{cd} = 0,85 \times 20 / 1,4 = 12,1$  MPa, com as tensões médias de cálculo atuantes. A tensão média é dada pela contribuição da força axial de projeto. Supôs-se aqui que os esforços devidos à flexão serão absorvidos pelas armaduras.

## Verificação dos pilares

Tabela 4 – Verificação dos pilares do Pavilhão IV sem o pavimento extra

Pilar	A(m²)	Nd (tf)	Tensão Atuante Média (MPa)	Tensão Admissível (MPa)	F.S.	F.S. - 1 (%)	Verificação a compressão
R2	0.120	-54	-4.5	12.1	2.72	172%	OK
R2	0.120	-91	-7.6	12.1	1.60	60%	OK
R2	0.120	-85	-7.1	12.1	1.71	71%	OK
R2	0.120	-115	-9.6	12.1	1.27	27%	OK
<b>R15</b>	<b>0.170</b>	<b>-181</b>	<b>-10.6</b>	<b>12.1</b>	<b>1.14</b>	<b>14%</b>	<b>OK</b>
R15	0.170	-145	-8.5	12.1	1.42	42%	OK
R17	0.630	-233	-3.7	12.1	3.28	228%	OK
R17	0.630	-225	-3.6	12.1	3.40	240%	OK
R4	0.168	-82	-4.9	12.1	2.50	150%	OK
R4	0.168	-47	-2.8	12.1	4.35	335%	OK
R6	0.080	-28	-3.5	12.1	3.47	247%	OK
R6	0.080	-27	-3.4	12.1	3.60	260%	OK
T5	0.260	-103	-4.0	12.1	3.06	206%	OK
T5	0.260	-56	-2.2	12.1	5.63	463%	OK
T5	0.260	-55	-2.1	12.1	5.73	473%	OK
T3	0.158	-107	-6.8	12.1	1.79	79%	OK
T3	0.158	-66	-4.2	12.1	2.90	190%	OK

Observe na Tabela 4 que a estrutura, conforme se encontra hoje em campo está segura, conforme a metodologia adotada no presente laudo. O pilar mais carregado apresenta uma margem de segurança de 14%, indicando que as estruturas estão se aproximando do limite adotado para verificação.

Tabela 5 – Verificação dos pilares do Pavilhão IV com o pavimento extra

Pilar	A(m²)	Nd (tf)	Tensão Atuante Média (MPa)	Tensão Admissível (MPa)	F.S.	F.S. - 1 (%)	Verificação a compressão
R2	0.120	-91	-7.6	12.1	1.60	60%	OK
R2	0.120	-53	-4.5	12.1	2.73	173%	OK
R2	0.120	-124	-10.3	12.1	1.18	18%	OK
R2	0.120	-86	-7.2	12.1	1.69	69%	OK
<b>R2</b>	<b>0.120</b>	<b>-133</b>	<b>-11.1</b>	<b>12.1</b>	<b>1.10</b>	<b>10%</b>	<b>OK</b>
R2	0.120	-93	-7.8	12.1	1.57	57%	OK
<b>R15</b>	<b>0.170</b>	<b>-198</b>	<b>-11.6</b>	<b>12.1</b>	<b>1.04</b>	<b>4%</b>	<b>OK</b>
R15	0.170	-165	-9.7	12.1	1.25	25%	OK
R15	0.170	-177	-10.4	12.1	1.17	17%	OK
<b>R15</b>	<b>0.170</b>	<b>-211</b>	<b>-12.4</b>	<b>12.1</b>	<b>0.98</b>	<b>-2%</b>	<b>NÃO OK</b>
R15	0.170	-175	-10.3	12.1	1.18	18%	OK
R15	0.170	-121	-7.1	12.1	1.71	71%	OK
R17	0.630	-258	-4.1	12.1	2.97	197%	OK
R17	0.630	-250	-4.0	12.1	3.06	206%	OK
R4	0.168	-108	-6.4	12.1	1.89	89%	OK
R4	0.168	-73	-4.3	12.1	2.79	179%	OK
R6	0.080	-30	-3.8	12.1	3.24	224%	OK
R6	0.080	-29	-3.6	12.1	3.35	235%	OK
T5	0.260	-117	-4.5	12.1	2.69	169%	OK
T5	0.260	-77	-3.0	12.1	4.09	309%	OK
T5	0.260	-133	-5.1	12.1	2.37	137%	OK
T5	0.260	-87	-3.4	12.1	3.62	262%	OK
T3	0.158	-126	-8.0	12.1	1.52	52%	OK
T3	0.158	-86	-5.5	12.1	2.22	122%	OK
T3	0.158	-108	-6.9	12.1	1.77	77%	OK
T3	0.158	-74	-4.7	12.1	2.58	158%	OK

Observe na Tabela 5 que o Pilar R15 não apresenta segurança adequada para a construção de mais um pavimento sobre a estrutura existente. Observa-se também que os Pilares R2 e R15 apresentam uma margem de segurança já baixa, mostrando uma aproximação com o limite adotado. Ou seja, o acréscimo de mais um andar no edifício não é viável tecnicamente, uma vez que a tensão atuante ultrapassa a tensão admissível.

## 7. CONCLUSÕES

Foi realizada uma vistoria *in loco* para coleta de informações e analisados os projetos estruturais. Baseando-se no exposto neste laudo, pode-se concluir:

- A análise estrutural mostrou que o projeto original da estrutura é seguro;
- A análise estrutural mostrou que a estrutura, com a configuração geométrica em que se encontra atualmente, é segura;
- A análise estrutural mostrou que o acréscimo de mais um pavimento na estrutura levará a esforços superiores aos suportados, portanto, o acréscimo de mais um andar no edifício não é viável tecnicamente, uma vez que a tensão atuante ultrapassará a tensão admissível;
- Foram observadas algumas patologias nas estruturas, mas que provocaram um baixo estado de degradação; foram detectadas oxidações que devem ser tratadas conforme o procedimento descrito no Anexo I; foram também observadas vegetações e sujeiras sobre as estruturas, que caso devem ser limpas e aplica pintura sobre as estruturas.



Eng. Antonio Sergio M. Dalla Valle

Crea – 5069510672-SP

CIVIL PROJECTS ENGENHARIA



**ANEXO I - PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DE OXIDAÇÃO**

**CIVIL PROJECTS Engenharia Ltda.**

**PROCEDIMENTO PARA TRATAMENTO DE  
OXIDAÇÃO DOS COMPONENTES  
METÁLICOS**

**MC-CP-15-2951-0**

**20/07/20**

## 1. OBJETIVO

O objetivo deste é prescrever o procedimento necessário para o tratamento de oxidação que ocorre nos componentes metálicos que compõem as estruturas de concreto pré-fabricadas e metálicas, utilizadas como postes e torres de telecomunicações.

No caso de oxidação em cabos e grampos, sugere-se a troca dos mesmos.

## 2. PROCEDIMENTOS

### 2.1 DISPOSIÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

O aço em contato com o meio ambiente tende a se oxidar pela presença de  $O_2$  e  $H_2O$ , da atmosfera, começando pela superfície do metal até a sua total deterioração (esse processo de oxidação visualmente é caracterizado por aspecto enferrujado – cor marrom da peça - e popularmente conhecido como ferrugem).

Algumas soluções reduzem ou mesmo eliminam a velocidade da corrosão, entre elas podemos sugerir a utilização de aços resistentes à corrosão atmosférica, aplicação de zincagem (galvanização) e pintura.

Observados pontos de oxidação nos componentes metálicos da estrutura, os mesmos devem ser corrigidos.

### 3 PROCEDIMENTO PARA RECUPERAÇÃO DE COMPONENTES METÁLICOS COM OXIDAÇÃO

#### 3.1 *Reparo dos acessórios metálicos*

O reparo dos acessórios metálicos poderá ser executado utilizando o primer convertidor de ferrugem (P.C.F.). O P.C.F. torna desnecessária a remoção total da ferrugem, que é aproveitada quimicamente e transformada num fundo anticorrosivo, sobre o qual é preciso somente aplicar uma tinta de acabamento. A ferrugem fica assim convertida num fundo protetor e duro, não requerendo o uso de outros fundos.



**Figura 1** – Exemplo de Oxidação no Flange (sugere-se o tratamento)

### 3.2 Materiais utilizados

- Primer Convertedor de Ferrugem;
- Escova de aço ou lixa;
- Tinta para Acabamento;



**Figura 2** – Exemplo de Oxidação na Peça Metálica de Regulagem Zenital das Antenas de RF (sugere-se o tratamento)

### 3.3 Aplicação

- Remover a sujeira e eliminar a ferrugem solta com o auxílio de uma escova de aço ou lixa. Havendo tinta ao lado da ferrugem, passar a escova sobre a superfície para limpá-la e expor a ferrugem caso já esteja por baixo;
- Eliminar oleosidade da ferrugem com solventes clorados;
- Aplicar o P.C.F. sobre a ferrugem e tinta que sobraram;
- Após a secagem completa da primeira demão, é necessário aplicar a segunda e deixar secar;
- Dentro de 24 horas, recobrir com tinta de acabamento do tipo esmalte sintético ou tinta à base de resina epóxi (com endurecedor à base de poliamida), na cor desejada;
- O P.C.F. pode ser aplicado sobre superfícies úmidas;
- Nunca usar lacas ou tintas automotivas à base de nitrocelulose.



**Figura 3** – Exemplo de Oxidação no Grampo “U” de Fixação do Cabo Trava-Quedas (sugere-se a troca)