



CIVIL PROJECTS ENGENHARIA LTDA.

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

PRÉDIO DOS AMBULATÓRIOS DO HOSPITAL

MC-CP-20-3312-0

20/07/20

1. SUMÁRIO

1. SUMÁRIO	2
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3. OBJETIVO	6
4. VISTORIA PARA DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS.....	6
5. ANÁLISE DAS PATOLOGIAS E TRATAMENTOS INDICADOS	28
6. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA ORIGINALMENTE PROJETADA.....	32
7. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DEGRADADA.....	43
8. CONCLUSÕES.....	45
ANEXO I - PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DE OXIDAÇÃO E DESPLACAMENTO DO CONCRETO	46



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.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Locação das estacas, Obra Nº: D-8614, Folha C1/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Vigamento intermediário do piso térreo, Obra Nº: D-8614, Folha C3/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Vigamento intermediário do piso superior, Obra Nº: D-8614, Folha C5/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Forma da cobertura geral, Obra Nº: D-8614, Folha C6/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação da fundação, Obra Nº: D-8614, Folha C7/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação do piso superior, Obra Nº: D-8614, Folha C8/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação de vigas e pilares do piso superior e vigas e lajes do intermediário do andar térreo, Obra Nº: D-8614, Folha C9/12.

CIVIL PROJECTS
XII

- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação de lajes e vigas do bloco A Obra N°: D-8614, Folha C10/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação do bloco C e B, N°: Obra D-8614, Folha C11/12.
- Secretaria de Estado da Saúde, (1986), Projeto: Armação das vigas do intermediário do andar superior e escadarias, Obra N°: D-8614, Folha C12/12.



Figura 1 – Planta do prédio vistoriado

3. OBJETIVO

O objetivo do presente laudo é verificar as condições de estabilidade do edifício em concreto armado do Hospital Guilherme Álvaro, Prédio dos Ambulatórios. 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 3);
- Esclerômetro Original Schmidt (Proceq) para determinação da dureza superficial do concreto (Figura 4).

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



Figura 4 – 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 25 MPa. Entretanto, nos projetos estruturais consta um $f_{ck} = 18$ MPa, o qual foi considerado mais adiante na análise estrutural do edifício original. Esta diferença de 25 MPa para 18 MPa pode se dever ao tempo transcorrido, visto que a obra é dos anos 80 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. Mas de qualquer maneira, mais adiante no presente laudo, será realizada uma análise da segurança da estrutura levando-se em consideração o fck medido em campo e as condições de conservação das estruturas.

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

PILAR	MEDIÇÃO	Esclerômetro	fc (MPa)		MÉDIA	39,8	MPa
P6	1	31	26		DESVIO PADRÃO	9,2	MPa
	2	35	34				
	3	28	22		fck =	25	MPa
	4	40	42				
P7	1	43	48				
	2	38	39				
	3	39	41				
	4	40	42				
P8	1	41	44				
	2	32	28				
	3	39	41				
	4	29	23				
P9	1	41	44				
	2	38	39				
	3	42	46				
	4	50	62				
P17	1	42	46				
	2	40	42				
	3	39	41				
	4	42	46				

A seguir são mostradas as fotos das patologias evidenciadas na construção.



Figura 5 – Trincas na laje do 1º andar



Figura 6 – Infiltração em pilar do 1º andar



Figura 7 – Armadura exposta e diversas trincas em pilar



Figura 8 – Infiltração na laje e trincas em pilar do 1º andar



Figura 9 – Trinca no piso do 1º andar

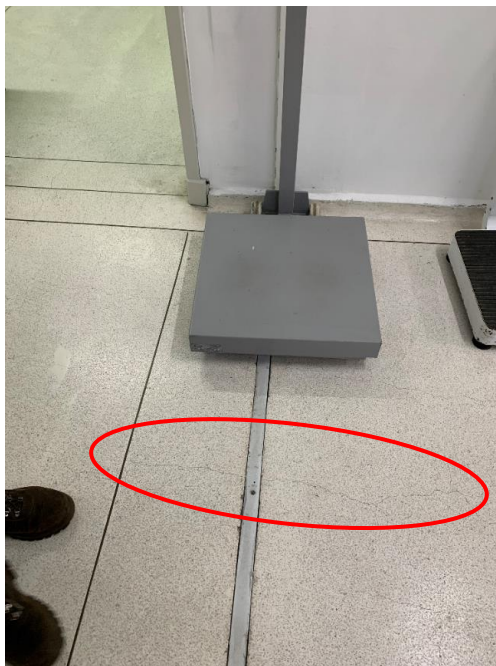


Figura 10 – Trinca no piso do 1º andar



Figura 11 – Vista de uma das laterais do prédio vistoriado



Figura 12 – Trinca em pilar



Figura 13 – Trinca e desprendimento de concreto em pilar



Figura 14 – Trinca e armaduras expostas em pilar



Figura 15 – Trincas, desprendimento de concreto e armadura aparente em pilar



Figura 16 – Trinca em pilar



Figura 17 – Vista da fachada lateral do prédio vistoriado



Figura 18 – Base do pilar com desprendimento de concreto e armadura exposta e oxidada



Figura 19 – Trinca e desprendimento de concreto em pilar



Figura 20 – Verificação da armadura em pilar com armadura exposta



Figura 21 – Vista da fachada lateral do prédio vistoriado



Figura 22 – Pilar com trincas



Figura 23– Pilar com armadura exposta e diversas trincas



Figura 24 – Verificação da armadura em pilar com armadura exposta



Figura 25– Trinca em pilar com abertura superior a 1,5 mm



Figura 26 – Vista de uma das laterais do prédio vistoriado



Figura 27 – Viga com armadura exposta



Figura 28 – Pilar com trincas e armadura exposta



Figura 29 – Pilar com trincas e armadura exposta

Uma situação especial que foi constatada é que as estruturas que suportam a marquise (pilares e vigas) encontram-se em elevado estado de degradação. Nas Figuras 30 a 38 são mostradas imagens dessas estruturas e das patologias nelas observadas.



Figura 30 – Vista geral da marquise do prédio vistoriado



Figura 31 – Vista lateral da marquise do prédio vistoriado



Figura 32 – Trincas na marquise e no pilar



Figura 33 – Trinca em pilar da fachada



Figura 34 – Trinca em pilar da fachada



Figura 35 – Armadura exposta, diversas trincas e eflorescência (manchas brancas)



Figura 36 – Rachadura em pilar da marquise



Figura 37 – Trinca na marquise com eflorescência (manchas brancas)



Figura 38 – Armadura exposta na base do pilar

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 situação das patologias em geral e a situação da marquise.

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 ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

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

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	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

Em relação às patologias em geral, conclui-se que as mesmas são devidas ao processo de oxidação das armaduras, provocando a expansão do aço oxidado e o deslocamento do concreto relativo ao cobrimento. 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, bem superior ao utilizado no projeto que é de 18 MPa. Com isso, as estruturas, sem um concreto e cobrimento adequados sofreu de forma significativa com o ataque do vento marinho, levando as estruturas ao processo de deterioração constatados.

Ainda, segundo a norma NBR-6118 (2014), o estado de fissuração aceitável para uma determinada estrutura depende do nível de agressividade ao qual esta estrutura está submetida. De um modo geral pode-se resumir nas seguintes equações os limites de fissuração:

- a) 0,4 mm, para peças em ambientes com agressividade fraca; estruturas em ambiente rural ou submersas;
- b) 0,3 mm, para peças em ambientes com agressividade de moderada a forte; estruturas em áreas urbanas, marinhas ou industriais;
- c) 0,2 mm, para peças em ambientes com agressividade muito forte; estruturas em áreas de indústrias pesadas ou de respingos de maré.

A estrutura em questão classifica-se no item b deste parágrafo, portanto apresenta uma tolerância de 0,3 mm para abertura de fissura. Fissuras com abertura acima deste limite devem ser corrigidas. Na vistoria, identificou-se,

conforme citado, fissuras com aberturas bem superiores ao indicado pela norma, portanto estas fissuras devem ser tratadas com um procedimento adequado.

No caso, a armadura 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. Observada oxidação das armaduras, a mesma deve ser tratada e corrigida.

No anexo I é mostrado um procedimento indicado para ser executado no tratamento destas patologias identificadas: oxidação da armadura, e fissuras e deslocamento do concreto.

Observa-se ainda nas Figuras 35 e 37 a ocorrência de manchas brancas na superfície das estruturas. Estas são denominadas tecnicamente de eflorescências. Este fenômeno ocorre frequentemente na superfície de concreto quando a água tem possibilidade de percolar através do material. De forma intermitente ou contínua, ou quando uma face exposta sofre o processo de umedecimento e molhagem de forma alternada.

As eflorescências consistem no depósito de sais que são lixiviados para fora do concreto, cristalizam-se após a evaporação da água que as transportou ou pela interação com o dióxido de carbono da atmosfera. O sal que geralmente é encontrado em maior proporção é o carbonato de cálcio.

As eflorescências prejudicam a estética, porém por si só não constituem um problema específico de durabilidade; no entanto, indicam que existem processos de solubilização e transporte de sais a partir do interior da massa, revelando fenômenos de lixiviação. Isto pode levar a um aumento de porosidade, diminuindo a resistência, aumentando a permeabilidade, tornando o concreto mais vulnerável a outros ataques e conseqüentemente afetando indiretamente a durabilidade.

Observados pontos de eflorescência na estrutura de concreto, os mesmos devem ser corrigidos. Um tratamento indicado é primeiramente eliminar a infiltração de água e posteriormente realizar um lixamento e acabamento da área aplicando também uma tinta hidrofugante para diminuir a permeabilidade superficial do concreto.



No que tange a marquise (Figura ao lado – Fig. 38), entende-se por suas características estruturais que é necessário interditar o tráfego de pedestres sob as mesmas ou realizar um escoramento ao longo de seu comprimento para se evitar um acidente eventualmente provocado por um colapso devido ao seu elevado grau de deterioração. Após essa ação proceder o processo de recuperação estrutural da mesma.

6. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA 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.

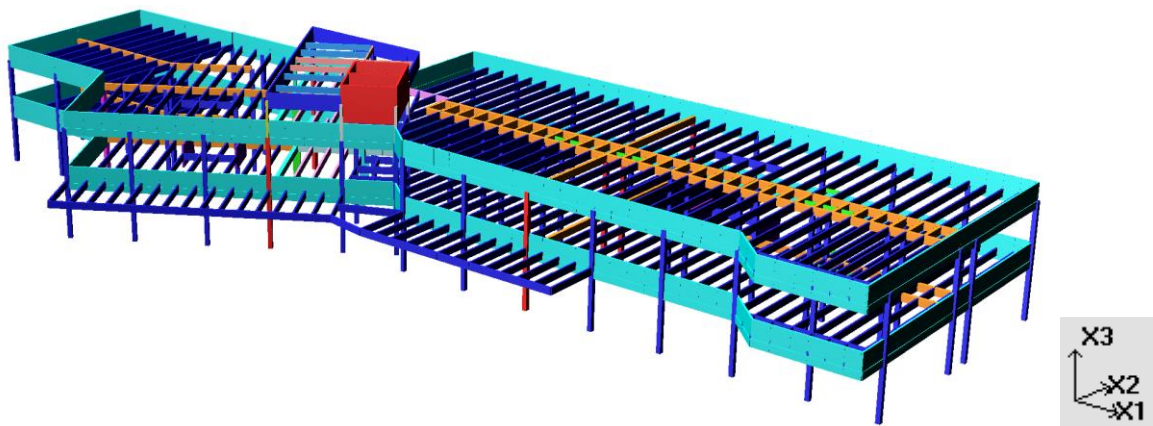


Figura 39 - Estrutura de concreto – desenho renderizado

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.

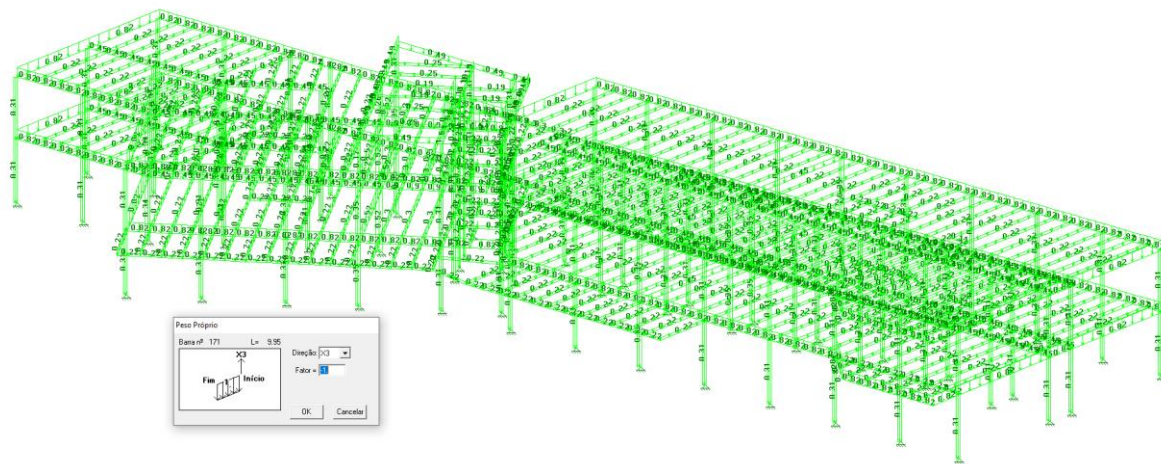


Figura 40 – Carregamento de peso próprio

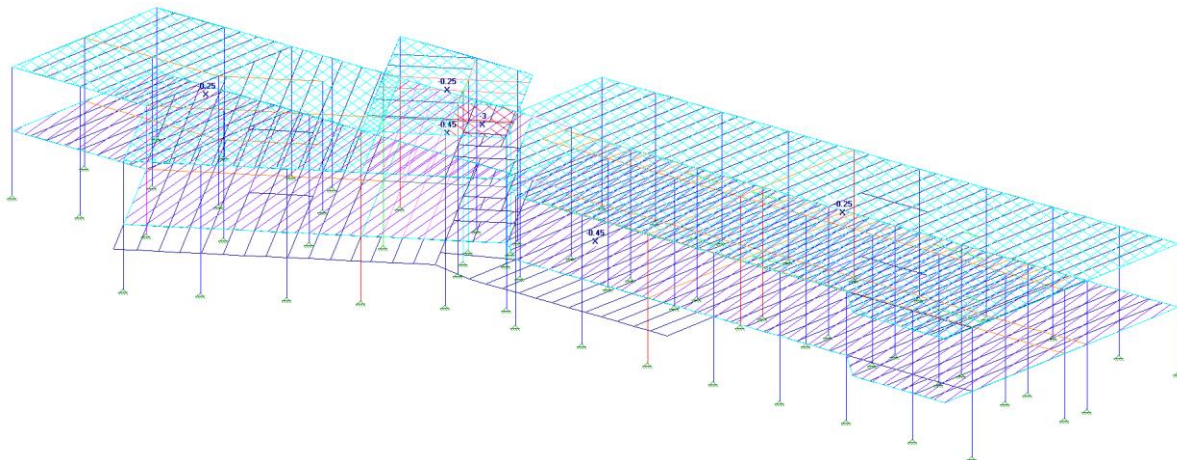


Figura 41 – Carregamento da carga permanente

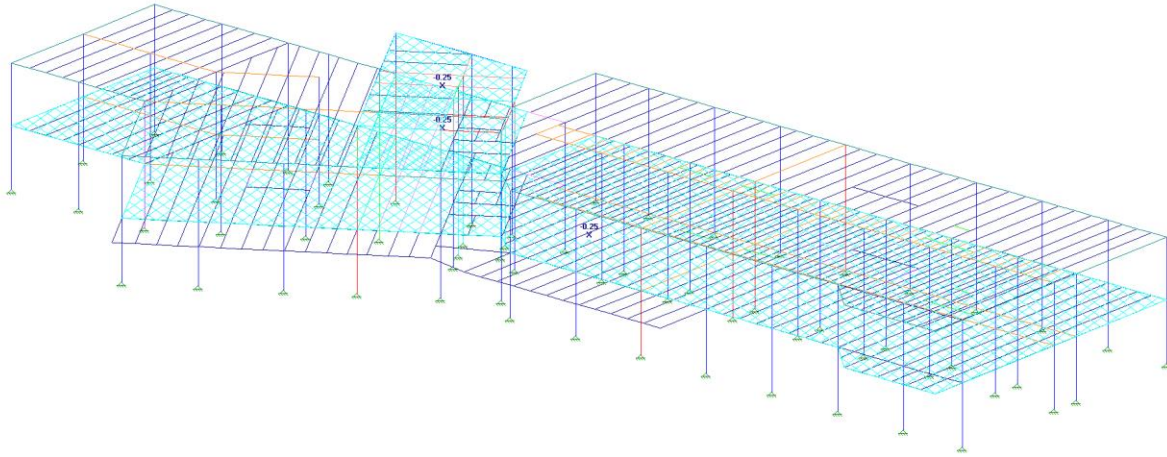


Figura 42 – Carregamento da carga de utilização

A combinação dos carregamentos é mostrada 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

Carregamento	Fator
Peso próprio	1,4
Permanente	1,4
Utilização	1,4

6.3 Esforços Internos e Verificações

Foi analisada a estrutura 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 as vigas e os pilares. O f_{ck} adotado é de 18 MPa e um cobrimento de 2 cm, conforme projetos da obra (Documentos de Referência). As verificações foram feitas utilizando o software PCalc.

Verificação dos pilares

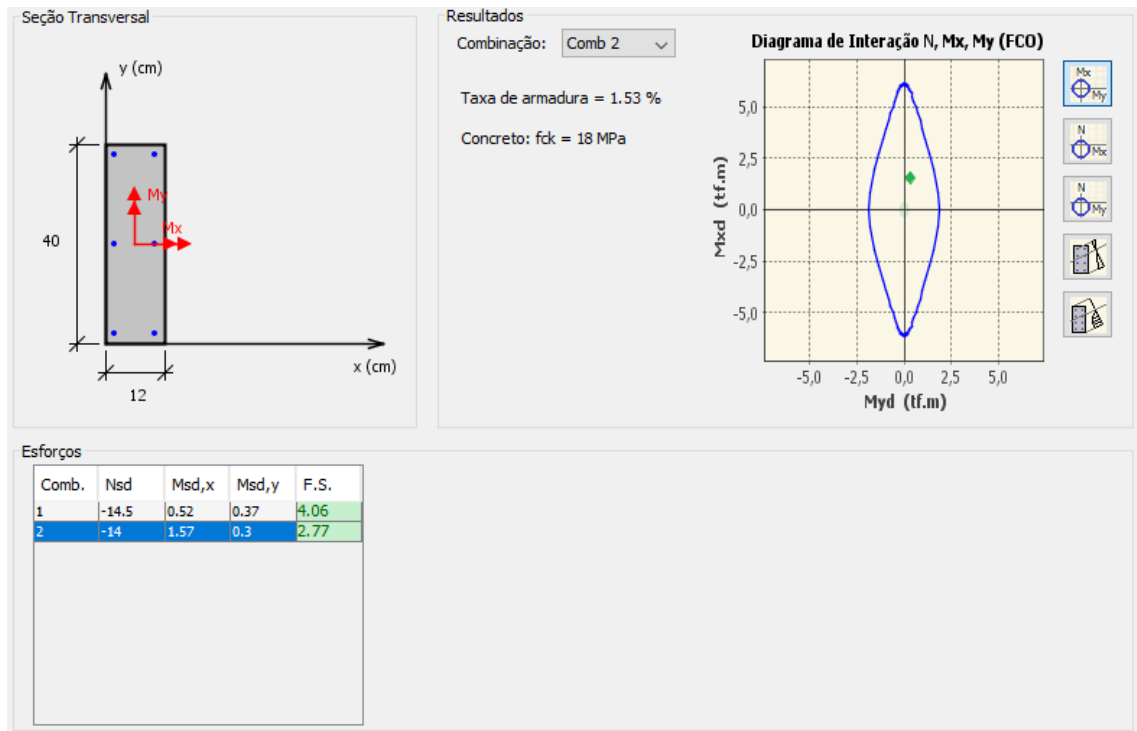


Figura 43 – Verificação do pilar 12x40

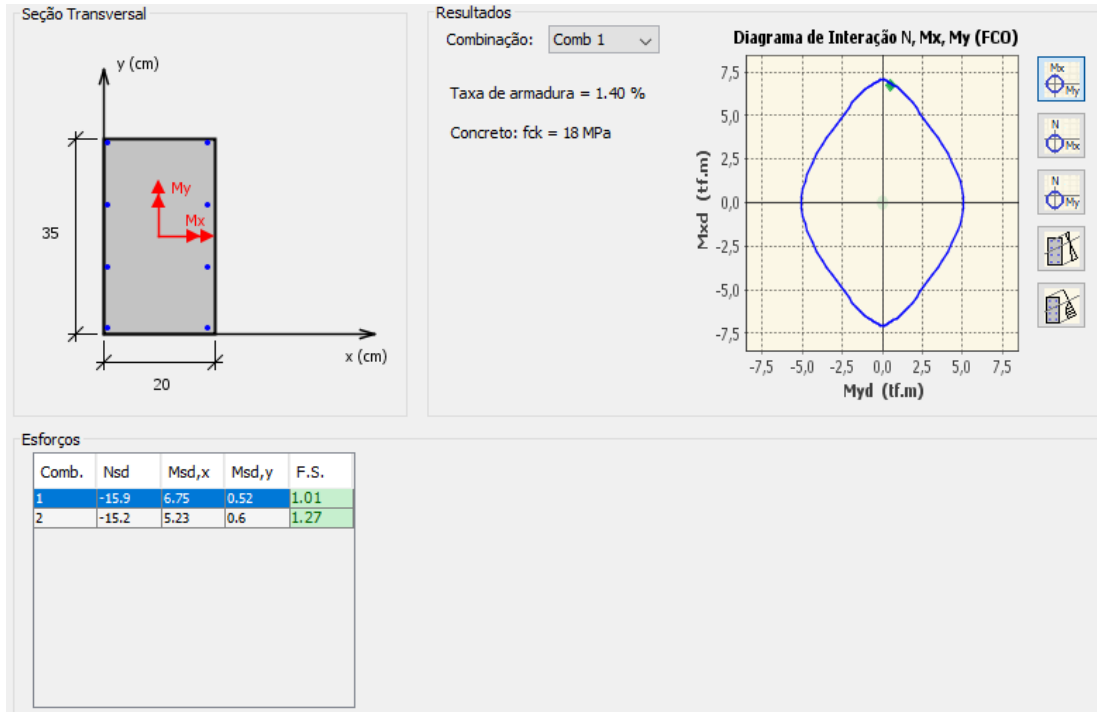


Figura 44 – Verificação do pilar 20x35

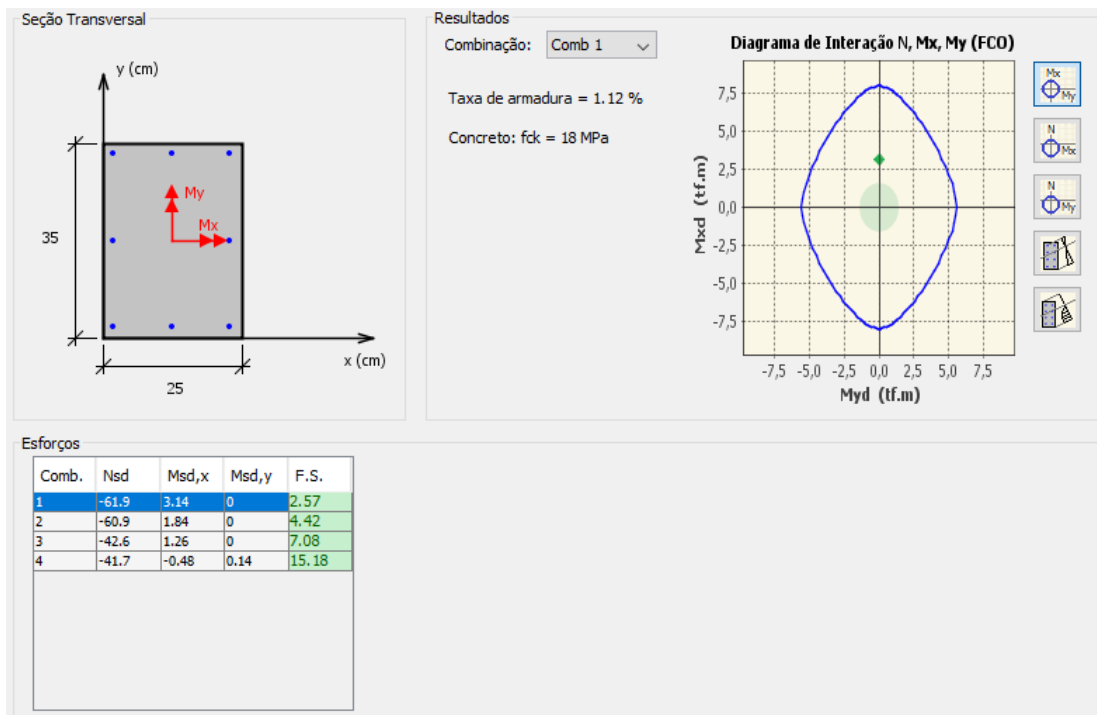


Figura 45 – Verificação do pilar 25x35

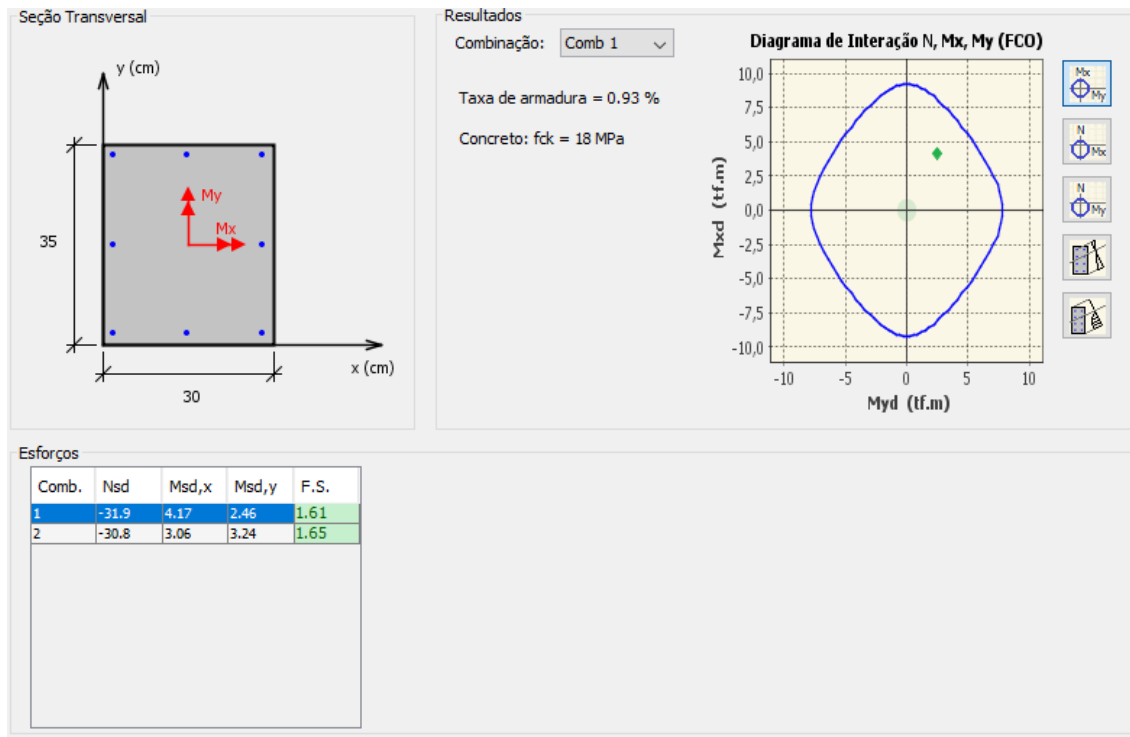


Figura 46 – Verificação do pilar 30x35

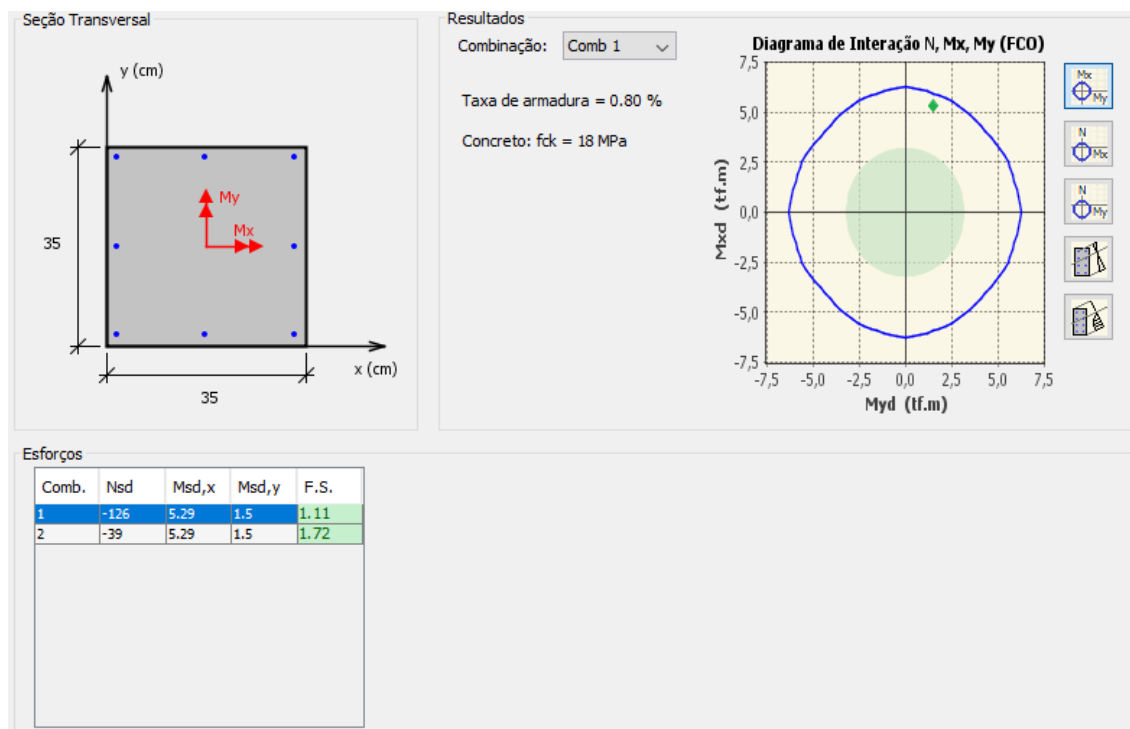


Figura 47 – Verificação do pilar 35x35

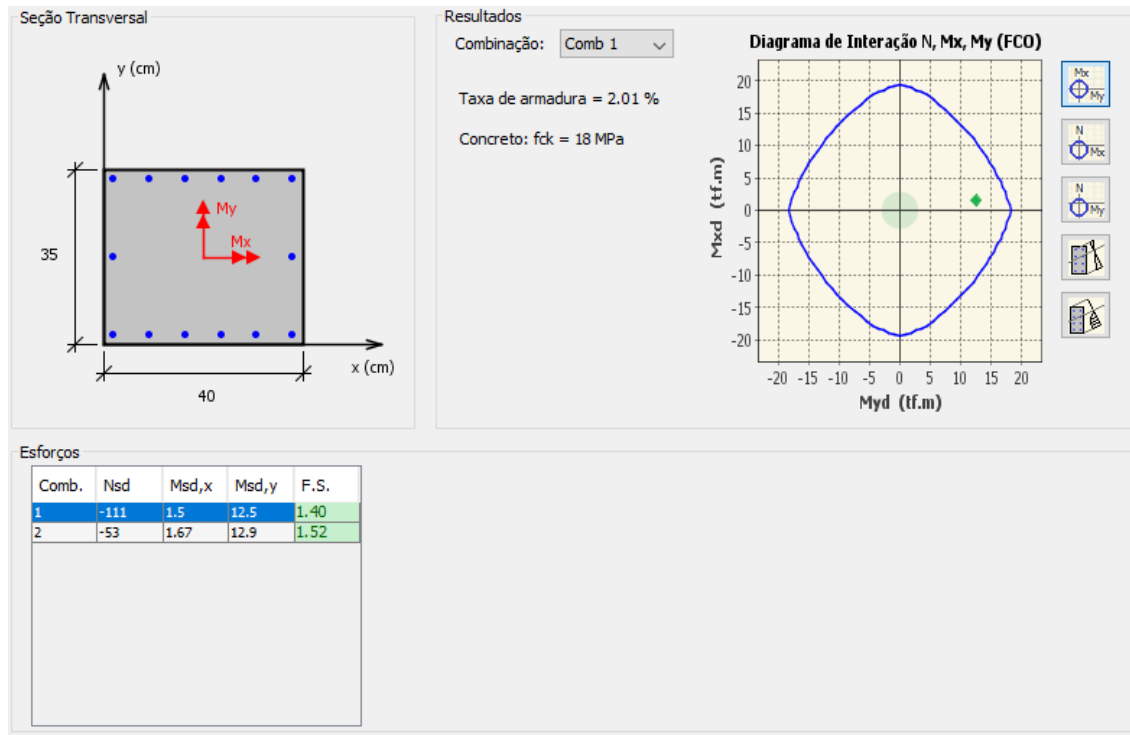


Figura 48 – Verificação do pilar 40x35

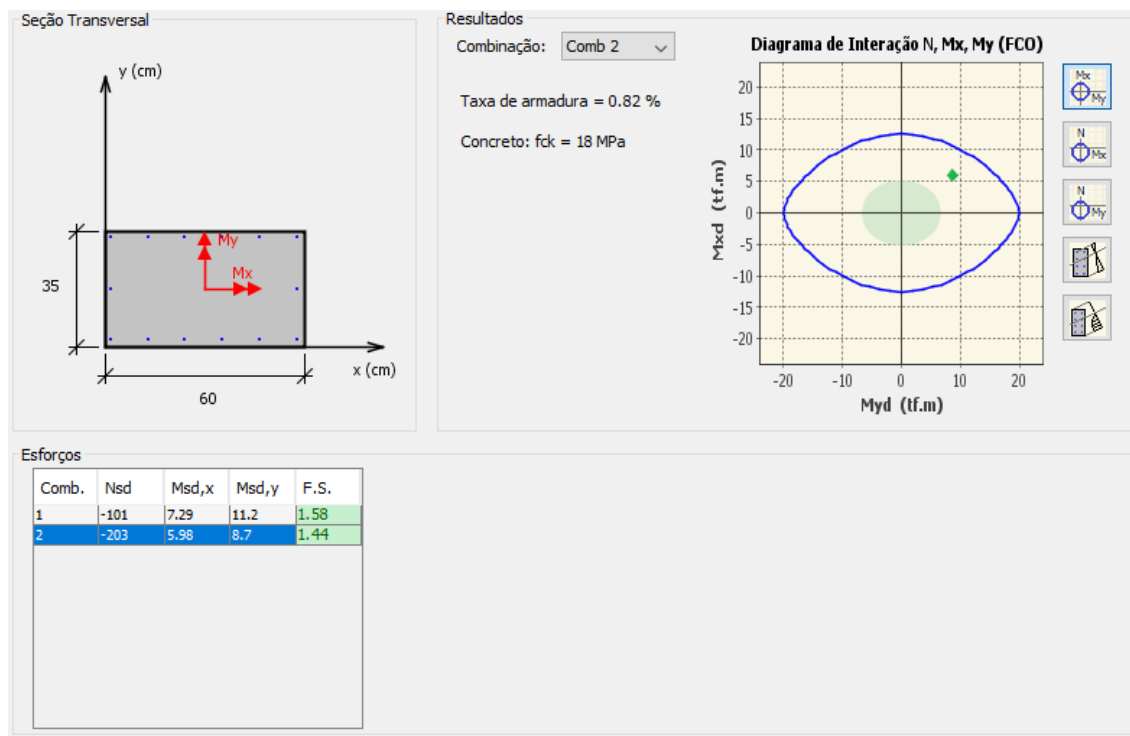


Figura 49 – Verificação do pilar 40x35

Verificação das vigas

Para a viga com seção variável de 20-15/200, foi considerado uma viga 20/200 na verificação, que é a seção crítica.

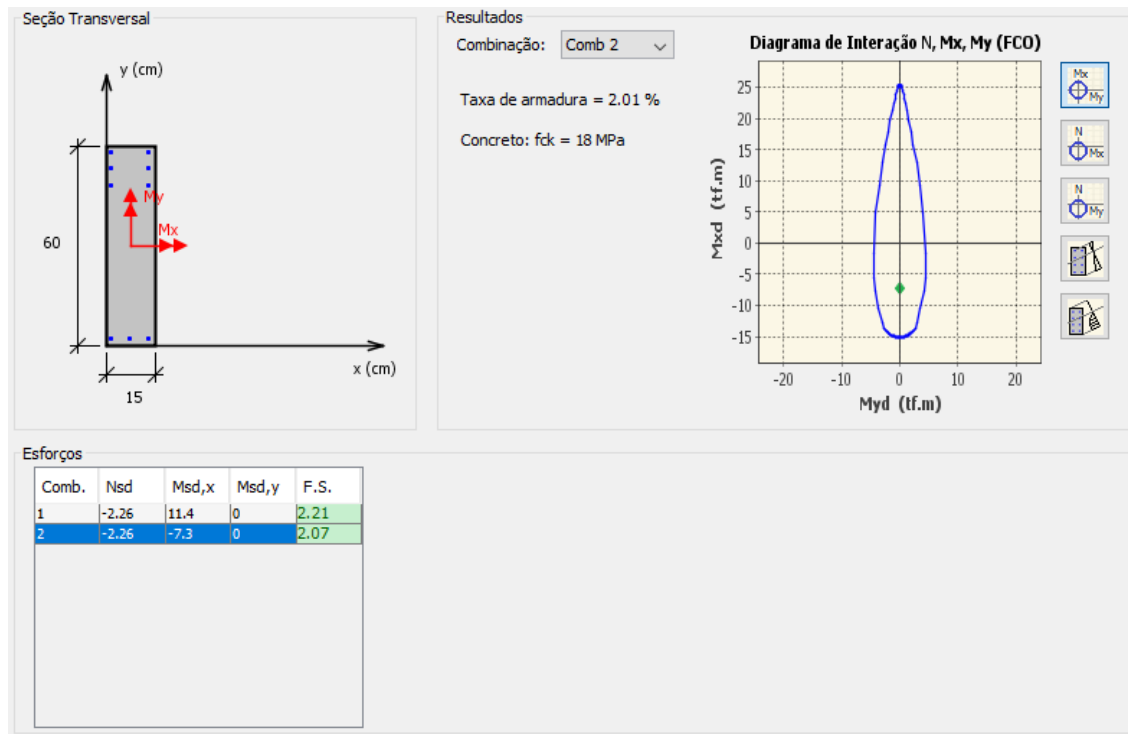


Figura 50 – Verificação da viga 15/60 do bloco A

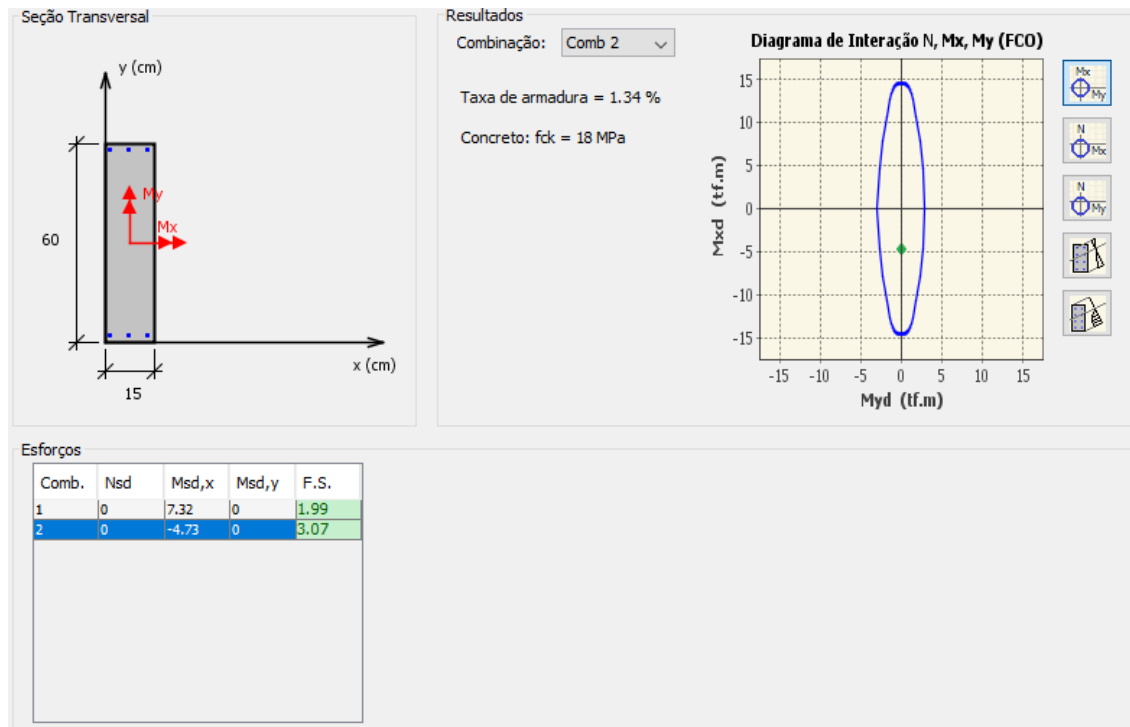


Figura 51 – Verificação da viga 15/60 do bloco C

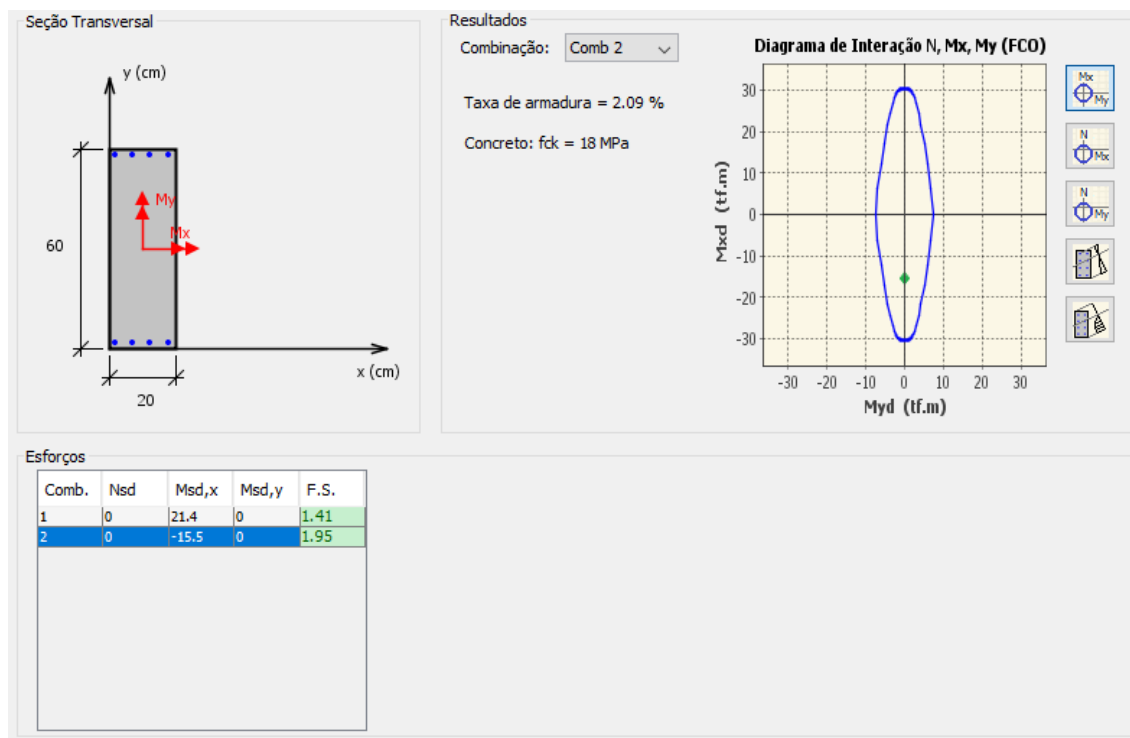


Figura 52 – Verificação da viga 20/60 do bloco B

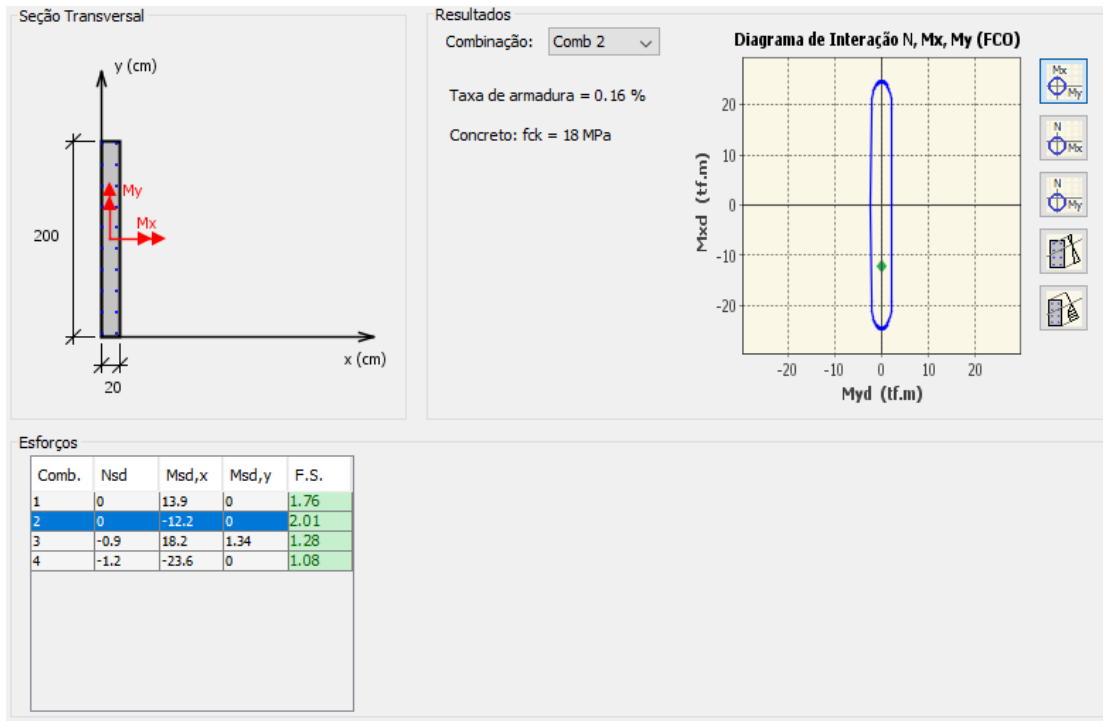


Figura 53 – Verificação da viga 20-15/200

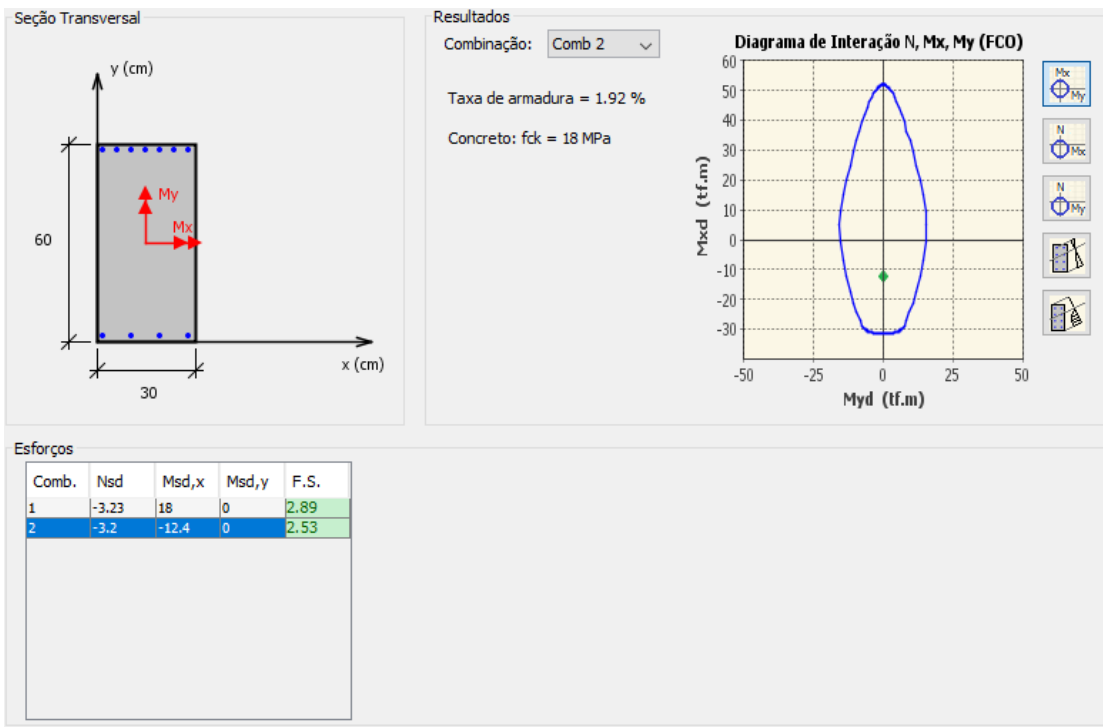


Figura 54 – Verificação da viga 30/60 bloco A

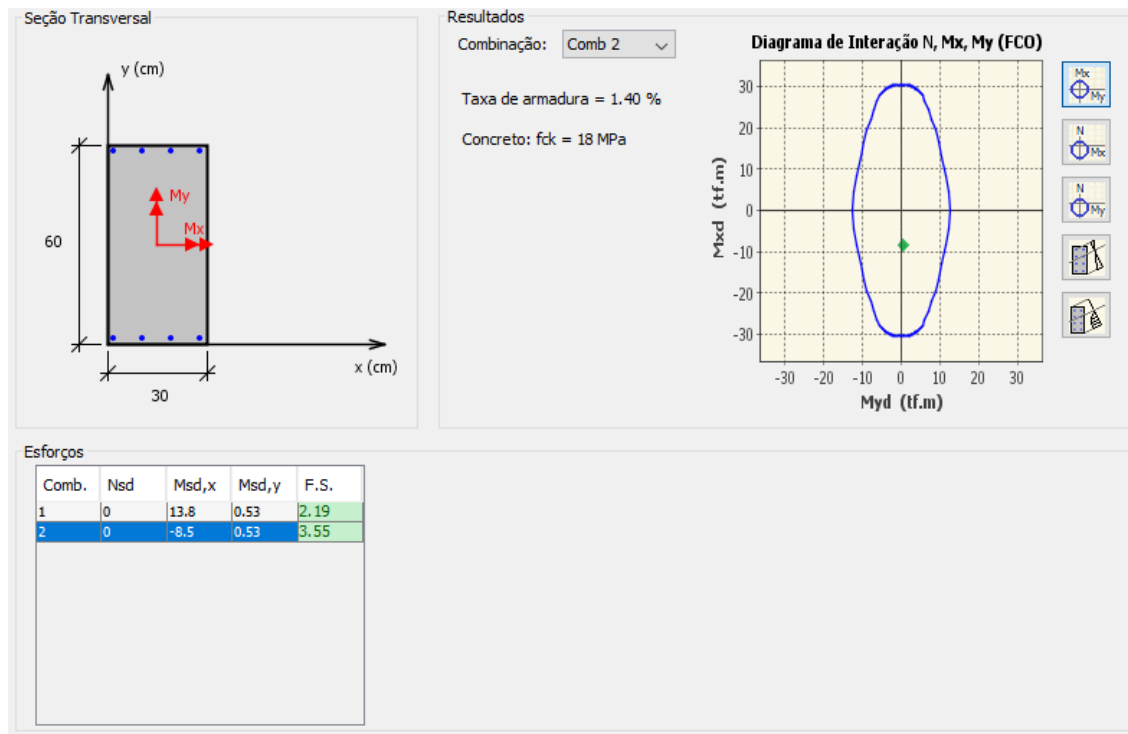


Figura 55 – Verificação da viga 30/60 bloco C

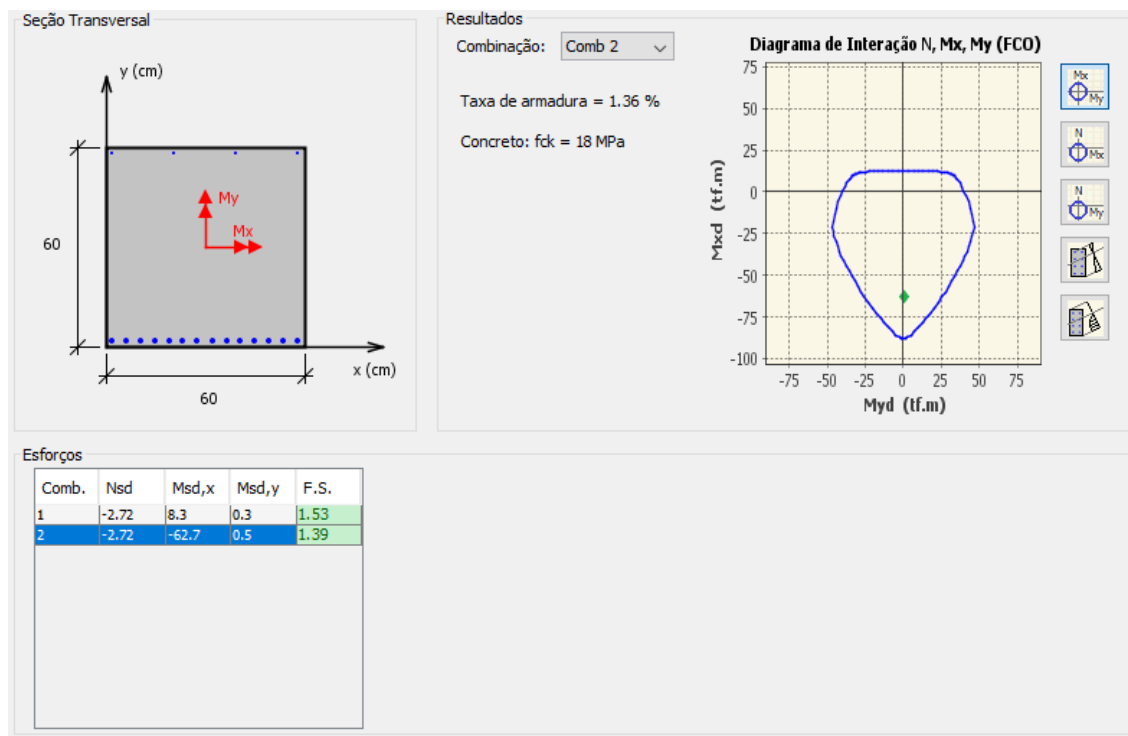


Figura 56 – Verificação da viga 60/60 bloco B

Por todas as verificações mostradas nas Figuras 43 a 56 observa-se que o projeto originalmente realizado atende com segurança aos carregamentos aplicados.

7. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DEGRADADA

Num segundo momento analisaremos a estrutura nas condições que se encontra atualmente, conforme observado *in loco*. Considerando o estado de conservação das estruturas, procedeu-se a análise do pilar mais carregado. Foi levando em consideração a perda de cobrimento da estrutura, mas também o valor do f_{ck} medido em campo que foi de 25 MPa (Tabela 1). Com isso temos o seguinte resultado apresentado na figura 57.

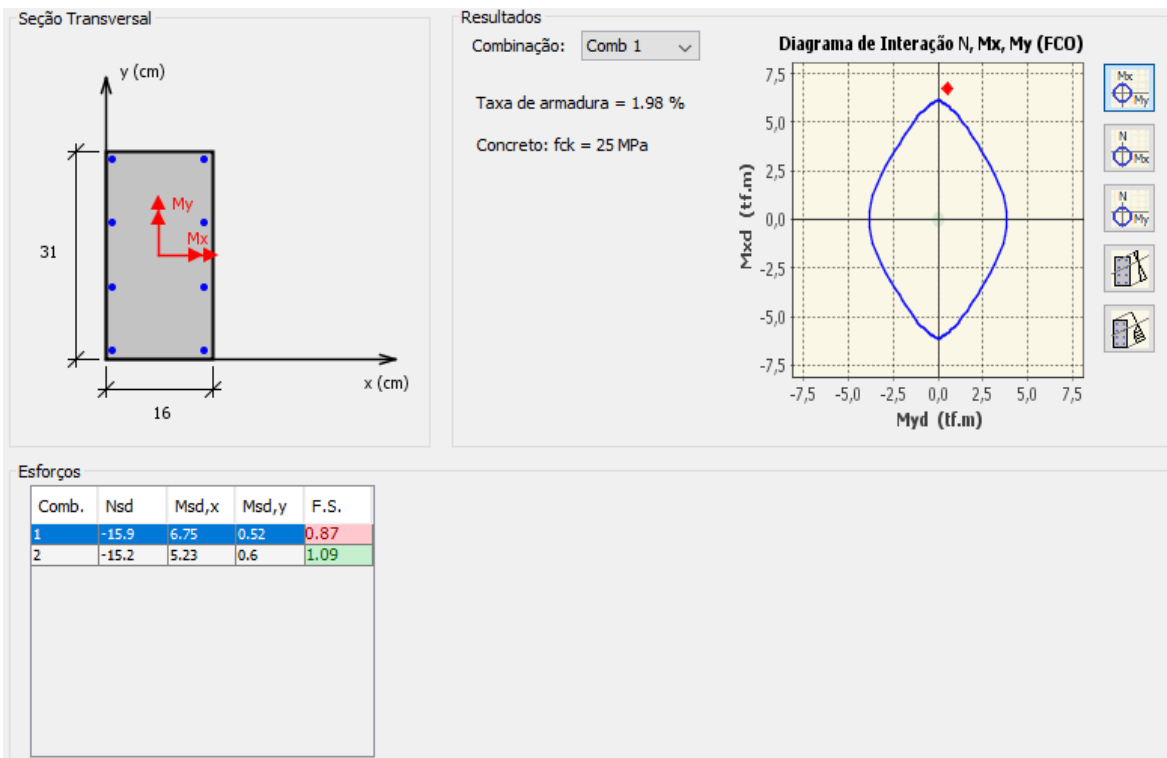


Figura 57 – Verificação do pilar 20x35 degradado.

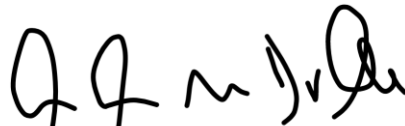


Pode-se observar na Figura 57 que o pilar apresenta um coeficiente de segurança inferior ao prescrito pelas normas adotadas, o que demonstra que o processo de deterioração já interferiu de forma significativa na segurança estrutural da edificação. Torna-se necessário a realização de um processo de recuperação estrutural.

8. 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;
- Foram observadas diversas patologias, provocadas principalmente pelo vento marinho (maresia), o que culminou num processo de oxidação das armaduras levando as estruturas a um elevado grau de deterioração, com fissuras de aberturas bastante significativas e o deslocamento do concreto;
- O elevado grau de deterioração que as estruturas apresentam provocou danos graves que reduziram o coeficiente de segurança das estruturas ao longo do tempo, estando as mesmas atualmente com um fator de segurança estrutural abaixo do recomendado pelas normas vigentes;
- São necessárias ações para recompor a segurança das estruturas, sendo que uma delas seria um processo de recuperação estrutural conforme o sugerido no Anexo I, além das demais recomendações tecidas ao longo do texto;
- Em relação às marquises do edifício, é necessário interditar o tráfego de pedestres sob as mesmas ou realizar um escoramento ao longo de seu comprimento para se evitar um acidente eventualmente provocado por um colapso devido ao seu elevado grau de deterioração; após essa ação, proceder o processo de recuperação estrutural da mesma;
- Outra alternativa seria a demolição da edificação.



Eng. Antonio Sergio M. Dalla Valle

Crea – 5069510672-SP

CIVIL PROJECTS ENGENHARIA

ANEXO I - PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DE OXIDAÇÃO E DESPLACAMENTO DO CONCRETO

Devido ao estado de deterioração apresentado nas estruturas vistoriadas, a intervenção se faz extremamente necessária.

O procedimento de recuperação engloba basicamente a sequência mostrada abaixo.



1. Limpe a área criando uma superfície aderente. Com um martelo, apicoe e elimine todas as áreas deterioradas ou não aderidas, formando arestas retas.



2.

Retire o concreto em volta das armaduras corroídas, deixando, no mínimo, 2 cm livres em seu contorno. Se a armadura estiver muito deteriorada e com perdas, troque-a por armadura em tela soldada Q335.



3.

Se a armadura estiver com uma agressão apenas superficial, limpe a ferrugem com uma escova de aço. Aplique sobre toda a armadura, com pincel, uma camada de um produto inibidor de corrosão (PCF ou similar).



4. A superfície deve estar resistente, rugosa, limpa e isenta de partículas soltas, pintura ou óleos que impeçam a aderência do produto.



5. Molhe a área a ser recuperada.



6. Aplique o reparo com argamassa estrutural 240 da Vedacit (ou similar) e, depois, molde com colher ou mesmo com as próprias mãos protegidas com luvas. Utilizar uma espessura de 5 cm no mínimo.



7. O adensamento e a regularização são feitos com régua de madeira ou alumínio.



8. Aplique em camadas de 2 cm, no máximo. Para espessuras maiores que 2 cm, fazer em camadas, com espaço de tempo entre as camadas de, no máximo 1 h. Após a regularização da superfície, aplicar cura química com TRI-CURING (ou similar).
9. Seguir as instruções dos fabricantes dos produtos utilizados.