



Ministério da Educação
Secretaria de Educação
Profissional e Tecnológica

DIRETORIA DE ENSINO DO *CAMPUS* SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

JÚLIA GOMES DA SILVA BARBOSA

REFORÇO ESTRUTURAL NA MODIFICAÇÃO DE MERCADO
VAREJISTA PARA ATACADISTA EM SALVADOR - BA

SALVADOR
2023

JÚLIA GOMES DA SILVA BARBOSA

**REFORÇO ESTRUTURAL NA MODIFICAÇÃO DE
MERCADO VAREJISTA PARA ATACADISTA EM
SALVADOR - BA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IFBA-*Campus*
Salvador, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Técnico em
Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Silva
Fortes

SALVADOR

2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

JÚLIA GOMES DA SILVA BARBOSA

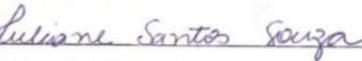
REFORÇO ESTRUTURAL NA MODIFICAÇÃO DE MERCADO VAREJISTA
PARA ATACADISTA EM SALVADOR - BA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, pela seguinte banca examinadora:



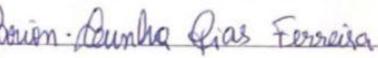
Adriano Silva Fortes

Doutor em Engenharia Civil pela UFSC/Universidade do Minho - Portugal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador.



Juliane Santos Souza

Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela UEFS
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador.



Marion Cunha Dias Ferreira

Mestra em Engenharia Ambiental Urbana pela UFBA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador.

Salvador, 28 de novembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao professor Adriano Silva Fortes, meu orientador, cujo acompanhamento, apoio e aconselhamento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Seu compromisso e profissionalismo para a produção de algo valioso foram uma inspiração constante.

Ao coletivo do departamento de construção civil, expresso minha profunda gratidão aos professores que, de maneira excepcional, contribuíram para minha formação ao longo desta jornada acadêmica. Obrigada por fazerem parte de um momento tão significativo em minha vida. Desejo que possam reconhecer os impactos positivos dos quais são responsáveis na vida de seus alunos.

À minha família e amigos, que estiveram ao meu lado durante todo esse período desafiador, meu mais profundo agradecimento. O apoio emocional e incentivo constante foram essenciais para superar obstáculos e alcançar este marco acadêmico.

Não posso deixar de expressar minha gratidão à equipe da obra do mercado, em especial ao engenheiro Diego Brito. Sua colaboração e atenção durante minha experiência prática foram inestimáveis. Agradeço a todos pela generosidade em compartilhar conhecimentos e pela paciência demonstrada ao responder minhas dúvidas.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico, meu muito obrigada. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio essencial de cada um de vocês.

GOMES, JULIA. Reforço estrutural na modificação de mercado varejista para atacadista em Salvador - BA. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – *Campus Salvador*, Salvador, 2023.

RESUMO

Com o passar dos anos, a busca de caminhos para suprir a necessidade de manutenção da vida útil das edificações engatou em um crescente desenvolvimento, atrelado principalmente às extensas ferramentas tecnológicas de que dispomos hoje. Paralelo a isso, o reforço estrutural mostra-se como um conjunto de técnicas flexíveis que conseguem estabelecer soluções diretas para problemas acarretados a qualquer fase da concepção estrutural e em casos diversos, garantindo a segurança de forma cada vez mais rápida e simples. Por isso, esse trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo de caso em um mercado varejista que, ao mudar a funcionalidade da construção para um mercado atacadista, precisou do reforço para aumentar a capacidade de carga da estrutura e possibilitar remanejamento do projeto arquitetônico. Para a redação do exposto, foi realizada pesquisa bibliográfica, análise dos dados, vistorias para registro e documentação dos procedimentos, também houve o levantamento documental de projetos arquitetônicos, de projetos estruturais e acompanhamento de ensaios, além de discussões com os profissionais responsáveis pela obra. Com isso, faz-se presente a descrição de diferentes métodos de reforço e suas aplicações, do processo executivo do caso e da apresentação do sucesso das alternativas escolhidas, que conseguiram suprir as demandas necessárias.

Palavras-chave: Reforço Estrutural. Vida útil. Mercado. Remanejamento.

GOMES, JULIA. Reforço estrutural na modificação de mercado varejista para atacadista em Salvador - BA. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – *Campus Salvador*, Salvador, 2023.

ABSTRACT

Over the years, the search for ways to meet the need to maintain the lifespan of buildings has engaged in increasing development, linked mainly to the extensive technological tools we recently have. Regarding this, structural reinforcement appears to be a set of flexible techniques that can establish direct solutions to problems arising at any stage of structural design and in different cases, guaranteeing safety in an increasingly faster and simpler way. Therefore, the present work presents a study case of a retail market establishment that, while changing the functionality of the construction to a wholesale market, required reinforcement to increase the load capacity of the structure and enable the architectural design to receive modification. In order to realize the redaction, bibliographical research, data analysis, inspections to record and document the procedures were made, there was also a documentary collection of architectural projects, structural projects and monitoring of tests, in addition to discussions with the responsible professionals. Therefore, the description of different reinforcement methods and their applications, the executive process of the case and the presentation of the success of the chosen alternatives, which managed to meet the necessary demands, are presented.

Keywords: Structural Reinforcement. Lifespan. Market. Modification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Nova sobrecarga de utilização na estrutura	8
Figura 02	Relatório de sondagem	10
Figura 03	Cadastro da armaduras da estrutura	11
Figura 04	Traço do novo concreto	13
Figura 05	Ensaio de carregamento dinâmico	14
Figura 06	Tabelas de resultados do ensaio dinâmico	15
Figura 07	Escavação em fundações	18
Figura 08	Estacas metálicas adicionadas	19
Figura 09	Outras estacas metálicas adicionadas	20
Figura 10	Armaduras de blocos de coroamento	20
Figura 11	Blocos de coroamento concretados	21
Figura 12	Parte do projeto estrutural de pilares	22
Figura 13	Outra parte do projeto estrutural de pilares	22
Figura 14	Verificação de pilares	23
Figura 15	Disposição das armaduras em pilares	24
Figura 16	Processo de concretagem em pilares	24
Figura 17	Capitel sendo perfurado	25
Figura 18	Capitel sendo armado	26
Figura 19	Forma de concretagem para capitel	26
Figura 20	Capitéis concretados	27
Figura 21	Laje sendo perfurada	28
Figura 22	Armaduras sendo arrumadas na laje	29
Figura 23	Processo de concretagem da laje	29
Figura 24	Instrumento de medição de espessura	30
Figura 25	Viga chata existente	30
Figura 26	Armadura de vigas	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
NBR	Norma Brasileira Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFORÇO ESTRUTURAL COMO ALTERNATIVA	11
3 OBJETO DE ESTUDO	18
3.1 DESCRIÇÃO SUCINTA DA ESTRUTURA ORIGINAL	19
3.2 MODIFICAÇÕES PROPOSTAS NO MERCADO	19
3.3 ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA ANÁLISE DO REFORÇO	20
3.3.1 Sondagem	20
3.3.2 Extração de testemunhos de concreto	21
3.3.3 Cadastro da estrutura	21
3.3.4 Prova de carga em lajes	22
3.4 PRINCIPAIS ENSAIOS REALIZADOS	23
3.4.1 Ensaio de compressão	24
3.4.2 Ensaio de carregamento dinâmico	25
4 INTERVENÇÕES NA ESTRUTURA EXISTENTE	27
4.1 FUNDAÇÕES	27
4.2 REFORÇO DA SUPERESTRUTURA	32
4.2.1 Pilares	32
4.2.3 Capitéis	36
4.2.4 Lajes	39
4.2.5 Vigas	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O reforço estrutural pode ser definido como uma série de técnicas aplicadas em construções a fim de solucionar questões como capacidade portante insuficiente, alteração das funções do edifício, correção de erros dados em qualquer fase da execução e até reparar patologias de origens diversas. Tais técnicas se tornaram cada vez mais abrangentes nas últimas décadas ao aderir novos dispositivos e métodos em seus processos, fazendo da tecnologia grande aliada para torná-las mais acessíveis e de fácil escolha em obras que necessitam dessas intervenções.

Por isso, a serventia dessas medidas se fez muito importante para viabilizar as modificações realizadas no objeto de estudo, que se trata de um mercado varejista que, ao alterar suas funções à vista de se transformar em um mercado atacadista, precisou projetar meios que garantam uma estrutura que suporte substancial aumento de sobrecarga, além de suprir diferenças significativas no projeto arquitetônico. O reforço estrutural realizado na edificação se flexibilizou para atender essas exigências ao providenciar contribuições na estrutura dos elementos como: fundações, pilares, capitéis, lajes e vigas.

O presente trabalho tem como objetivo reunir e apresentar as intervenções concebidas ao utilizar do reforço estrutural para a transformação da edificação em estudo. Como objetivos específicos, apresentar técnicas de reforço para cada elemento estrutural, descrever as técnicas construtivas empregadas e analisar os resultados finais do estudo de caso. Dessa forma, busca-se validar a viabilização e êxito do remanejamento através dos métodos empregados.

Diante disso, para elaboração e alcance dos objetivos, foi realizada pesquisa bibliográfica para produção do estudo de caso e foi feita a análise dos dados junto a vistorias para registro e documentação dos procedimentos. Nesse decurso, também houve o levantamento documental de projetos arquitetônicos, de projetos estruturais e acompanhamento de ensaios, além de discussões com os profissionais responsáveis pela obra.

2 REFORÇO ESTRUTURAL COMO ALTERNATIVA

O reforço estrutural é uma técnica utilizada em casos de edificações que necessitam de procedimentos que concedem à estrutura a capacidade de atender novas funções ou uma restituição da resistência portante por diversos motivos, a fim de evitar manifestações patológicas ou solucioná-las. Um exemplo comum para sua utilização e que se faz presente neste estudo de caso é o acréscimo de carregamento. Assim, torna-se necessário um vasto conhecimento técnico especializado, considerando-se que não há realmente uma normatização para esses procedimentos e eles ficam, portanto, dependentes do discernimento e experiência do profissional responsável.

Não havendo normatização vigente, há, no entanto, bibliografias que por meios empíricos consolidaram uma das primeiras recomendações que foram de vasta importância no ramo da engenharia civil, como o boletim Nº 162 (1983) da C.E.B (Comité Euro-International du Béton) que tratou da avaliação de estruturas de concreto e procedimentos de projeto para melhorias, como o título indica.

Com isso, seus benefícios consolidam-se ao aumentar o fator de segurança e valorização do empreendimento, ao poupar possíveis intervenções mais invasivas como a demolição e reconstrução, normalmente indicadas em casos de última necessidade - dependendo da situação de negligência na manutenção ou do grau de deficiência que a estrutura apresenta -, ao concretizar o aumento da vida útil e ao possibilitar mudanças estéticas que não teriam viabilidade sem tais métodos. É pensando nessas considerações que justifica-se uma procura significativa a estes serviços, tendo em vista a gradual ascensão de postos especializados na remodelagem e readaptação de projetos existentes.

As estruturas de concreto contam, em grande parte, com a associação de armaduras para melhor recepção dos esforços solicitantes da edificação, tendo em vista sua baixa resistência à tração. O aço é de uso majoritário, mas há também a utilização de fibras como vidro e nylon. como é exposto por Vicente Souza:e Thomaz Ripper:

Concretos com fibras são materiais resultantes da mistura do concreto comum com fibras descontínuas, geralmente esparsas na massa do concreto, sendo também denominados de concretos reforçados com fibras. As fibras mais correntemente utilizadas têm sido as fibras de aço, de vidro e de polímeros orgânicos, mas as vegetais, como a juta e o sisal, também podem ser usadas. (Ripper; Souza, 2009, p.100)

Quando estas estruturas manifestam sinais de desgaste e enfermidades, há diferentes tipos de reforço que podem ser aplicados, visando reconstituição completa ou acrescida de sua função. Dentre os métodos mais comuns, são eles: aumento de seção com ou sem adição de armaduras, uso de perfis e chapas metálicas, colagem de materiais compósitos do tipo FRP (polímeros reforçados com fibra) e protensão externa.

No aumento de seção pode haver adição de armaduras metálicas nas faces mais comprimidas ou tracionadas do elemento estrutural, quando dispensável o reforço total de seu perímetro.

Faz-se a preparação do substrato do concreto com o desgaste da estrutura a fim de promover rugosidade que provoque a melhor interação possível com o novo revestimento, isso se dá ao alterar o ângulo de contato do líquido à superfície, distribuindo essas partículas mais adequadamente no sólido. Após esse procedimento, a perfuração para inserção das barras é seguida por limpeza, de modo que os resíduos não prejudiquem a ação da cola química que vai envolver e fixar a barra à estrutura. Com as novas armaduras devidamente posicionadas e incorporadas ao objeto, é feita a concretagem com auxílio de fôrmas que sustentam o conjunto até que obtenha resistência satisfatória.

Segundo Andrea Reis (1988, p.62) “Recomenda-se ainda que o concreto ou a argamassa de reforço tenham resistência mecânica, módulo de elasticidade e coeficiente de dilatação compatíveis com os do concreto existente.”

Esse procedimento é de utilização bem comum por se apropriar dos materiais mais populares, consolidados no Brasil como os principais constituintes de grande

parte das construções, tecendo facilidade ao encontrar mão de obra capacitada além de apresentar baixo custo.

Suas desvantagens se concentram na esfera dos problemas com aproveitamento da área útil, com a sobrecarga induzida pelo peso da estrutura e a necessidade de espera até que o material atinja a resistência prevista. Esse método é mencionado por Lília Reis (2001):

Casos práticos de reconstituição de pilares e consolos danificados, podem ser verificados em COSENZA (1998) e SHEHATA & TEIXEIRA JÚNIOR (1997), respectivamente, que ensaiaram modelos através da remoção total do concreto danificado e das armaduras existentes, substituindo-os por concreto e armadura semelhantes aos originais. Em ambos trabalhos observou-se que o comportamento em serviço e na ruptura das peças reparadas foi similar ao comportamento original, entretanto tendo como ponto fraco, a região de ligação entre concreto novo e o existente. Desta forma, os autores sugerem que a preparação adequada das superfícies de ligação é primordial para o bom desempenho das peças reconstituídas. (Reis, Lília, 2001, p. 80)

O uso de chapas e perfis metálicos pode ser realizado por colagem ou chumbamento, diferenciando-se entre si pelo modo de fixação dos elementos reforçantes ao substrato:

O método de reforço com colagem de chapas de aço, externas à peça estrutural baseia-se na colagem de chapa de espessura adequada através de adesivo e uso de parafusos auto-fixantes, criando uma armadura secundária solidária à peça estrutural. (Reis, Lília, 2001, p. 82)

Primeiramente, provoca-se o desgaste da superfície para que a resina seja efetivamente aderida, logo depois o local é limpo e seco. Nesse momento, é essencial observar se existe algum tipo de fissura, pois tal incidente deve ser selado antes de prosseguir a execução para que o material colante não percorra nenhuma possível abertura existente.

Anterior ao momento de aplicação das chapas, essas devem permanecer cobertas por alguma película protetora que as resguarde em condições favoráveis para o procedimento, evitando agressão ambiental até que sejam transportadas ao

local e dispostas na substância fixante.

O procedimento é finalizado com a aplicação de certa pressão uniforme, que pode ser feita por escoras metálicas ajustáveis, sucedendo-se no completo endurecimento da resina. Há a opção de chumbamento de placas com buchas expansivas ou outras ferramentas que possam ser fincadas através da perfuração e injeção de resina.

Contíguo a isso, o método dos perfis metálicos prepara a superfície do concreto da mesma forma e utilizam do chumbamento invariavelmente, exigindo uma resina mais fluida para a injeção. Ao fim do posicionamento e aperto das buchas nos perfis, estes são inteiramente vedados, em certos casos os chumbadores também adotam essa medida de proteção.

Quanto às vantagens, a mais notável é a facilidade de instalação já que são elementos leves e secos que não interferem em uma parte tão considerável da estrutura durante a execução.

Seu ponto fraco localiza-se na má adaptação a altas temperaturas porque passam a apresentar baixa resistência, tanto na chapa e perfil como na resina, o método também pode prejudicar a visualização de deterioração na parte oculta da estrutura causada por eventual penetração de umidade entre a chapa e o plano ocupado. Em sua redação sobre o método, Lília Reis retoma considerações de Souza e Ripper:

Conforme SOUZA & RIPPER (1998), no estado limite último, as peças reforçadas se comportam como peças tradicionais e com armadura total idêntica à soma das armaduras exteriores e interiores. 82 No dimensionamento deve-se observar se a seção do concreto existente apresenta alguma capacidade portante. Caso não haja, o reforço deverá substituir totalmente o elemento portante, absorvendo a totalidade dos esforços. (Reis, Lília, 2001, p. 81)

Os polímeros reforçados com fibra fornecem uma alternativa mais leve, durável e resistente que as chapas e perfis de aço, um deles é o polímero reforçado com fibra de carbono que é encontrado na forma de manta, laminado e em barras:

Os materiais compósitos são aqueles formados por dois ou mais materiais com características mecânicas distintas dos componentes individuais. São constituídos pelas fibras e pela matriz, na qual as fibras estão inseridas. A função principal das fibras é servir de reforço mecânico para a matriz. As matrizes usuais são os poliésteres (usados para as fibras de vidro), vinilester, epóxi (usado para fibras de carbono).(Reis, Lília, 2001, p. 87)

Essas fibras são formadas pela oxidação de fibras antecedentes e de tratamento térmico, processando o material em altas temperaturas, dessa forma faz-se um produto com átomos de carbono que apresentam perfeito alinhamento e, juntas, oferecem excelente resistência mecânica.

Em situações de reforço estrutural com manta e/ou lâmina, como em qualquer sistema de reforço com aplicação externa, a priori o substrato do concreto deve ser preparado com um primer epoxídico em um processo chamado de imprimação, onde a substância estabelece uma película que melhora a transmissão dos esforços entre o composto e a superfície reforçada. Logo depois, a peça é nivelada para corrigir irregularidades na superfície do concreto, por meio da lixação ou de pasta epoxídica que contém grande quantidade de sólidos para criar um plano desempenado. Assim, o composto está pronto para ser aplicado intercalando com o tanto de camadas de resina e material reforçante necessárias de acordo com as especificações do projeto e do fabricante.

Ao fim do procedimento de colagem é recomendável a aplicação de uma película de acabamento que protege e designa serventia estética e proteção para o sistema, o que garante sua integridade e previne o efeito “peeling off” ou descolamento, causado por rupturas na ligação estrutura-reforço.

Essa técnica é de rápida execução e utiliza materiais leves, os quais em muitos casos não têm o peso próprio levado em consideração nos cálculos de projetos estruturais, além de acrescentar ductilidade e resistência à flexão e ao cisalhamento.

Apesar da rápida execução, exige mão de obra especializada, os materiais apresentam um custo elevado, sua resistência ao fogo depende majoritariamente da

qualidade da resina utilizada e pode sofrer danos por vandalismo ou falta de conhecimento técnico.

Na protensão com cabos externos a preocupação é mais frequentemente direcionada a correção de fissuras e deformações de elementos que enfrentam grandes vãos e, por falhas em projeto ou pela incapacidade das armaduras convencionais em vencer altas tensões, precisam de reforço. Há também casos de necessidade de aumento de capacidade portante em situações em que o nível de solicitações muda.

O método soluciona esses problemas por meio da ancoragem de armaduras ativas na parte exterior da estrutura, não havendo interação entre o material original e o reforço ao ponto que utiliza de blocos de ancoragem e desviadores para comportar os cabos de aço que atuam na transmissão dos esforços. Dessa forma, o funcionamento baseia-se na inserção desses cabos tracionados às peças de concreto na intenção de acrescentar força de compressão interna – proveniente dos cabos que voltam ao seu estado relaxado – com sentido oposto dos carregamentos verticais no sistema, de maneira que consiga aumentar a resistência às forças de tração submetidas.

Para entender o processo de protensão, o conhecimento dos componentes instalados na técnica é de suma importância;

Os aços protendidos possuem alta resistência e muitas vezes são utilizados em conjunto, nas chamadas cordoalhas, que formadas por dois ou mais desses fios fabricados de forma helicoidal gerando um material compacto, sendo que os fios apresentam diferentes características dependendo do tratamento que recebem.

Os desviadores e as ancoragens são responsáveis por estabelecer pontos de contato do reforço com a estrutura, as ancoragens podem ser ativas ou passivas enquanto a mudança de direção proporcionada pelo desviador cria um mecanismo para a forma dos cabos que os fazem combater momentos positivos e negativos simultaneamente.

A montagem segue passos simples. Nos casos que não utilizam

pré-moldados e é aplicada a pós-tensão, a instalação inicia-se na disposição de painéis laterais que sustentam ancoragens ativas (por onde os cabos serão protendidos) junto a nichos de protensão e de ancoragens passivas (que atuam em conjunto com armaduras de fretagem para resistir à tração imposta). Depois, as cordoalhas são arrumadas em posição e altura projetuais com possível auxílio de suportes, antes ou depois das armaduras comuns e é realizada a concretagem.

Após a concretagem, se estabelece um tempo para retirar as formas e os nichos, até que exista resistência suficiente para protender os fios. A protensão é feita por macaco hidráulico pós limpeza das cavidades e colocação das cunhas. Normalmente os cabos são marcados para posterior medição e registro no relatório. Por fim, as cordoalhas são cortadas e protegidas por um “cap” para só então nivelar os orifícios com argamassa de alta resistência.

Das considerações de Lília Reis:

Quanto ao dimensionamento da protensão externa com o uso de cabos de aço ou FRP, deve-se considerar as normas de concreto armado e protendido, e observar que o reforço deve cumprir a finalidade de sustentar diretamente as cargas, entretanto com a possibilidade de surgir esforços secundários desfavoráveis. (Reis, Lília, 2001, p. 99)

Por meio disso, podemos destacar como vantagens desse método a facilidade de execução, a viabilidade de grandes estruturas constituídas de materiais mais leves economizando aço e concreto, e facilidade de inspeção e manutenção em necessidade de substituição dos cabos. Em contrapartida, esses cabos estão suscetíveis a corrosão, ação do fogo e impactos mecânicos, gerando uma demanda de maior proteção, também exige uma mão de obra especializada e há modificação do sistema estrutural no ponto em que o bloco de ancoragem e desviadores contam como cargas permanentes no projeto.

3 OBJETO DE ESTUDO

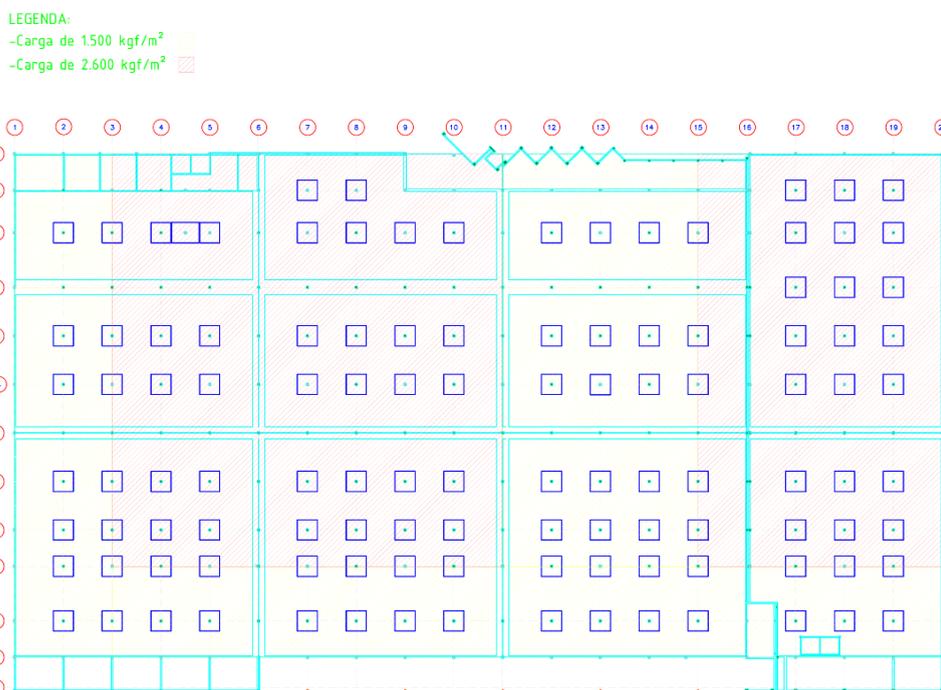
O objeto de estudo é um empreendimento que operava na venda de mercadorias em varejo, além de possuir associação com outras marcas agregadas para venda no interior do estabelecimento, como lanchonete, perfumaria, doceria e academia de ginástica.

No início do ano de 2023, iniciou uma requalificação da edificação para transformá-la em venda de mercadorias em atacado. Como consequência da mudança de função a sobrecarga de utilização passou de 7 kN/m² para 15 kN/m² em pequenos trechos dos caixas e 26 kN/m² na área de venda, conforme mostra a Figura 1:

Figura 1 - Nova sobrecarga de utilização na estrutura.

Planta de Sobrecargas

Esc - 1:500



3.1 DESCRIÇÃO SUCINTA DA ESTRUTURA ORIGINAL

A estrutura original conta com fundação executada em estacas metálicas composta por trilhos TR 68 e blocos de coroamento para duas, três ou quatro estacas. Os blocos servem de apoio para pilares retangulares, com seção de 24x40 cm na região de juntas de movimentação e 40x40 cm nas demais regiões.

A laje de piso do térreo apoiada nesses pilares foi dividida em 8 planos, devido a existência de juntas de movimentação. Nessas regiões de juntas existem vigas justapostas com seção 19x40 cm distantes cerca de 20mm entre elas. Nas demais regiões a laje foi apoiada diretamente nos pilares, no entanto, devido ao elevado esforço de cisalhamento, foi necessária a criação de capitéis e aumento da espessura da laje na região dos pilares.

A distância entre pilares foi projetada com 8,0 m entre eixos. As lajes foram confeccionadas com 20 cm de espessura e nas regiões de capitéis ficaram com 40 cm de espessura. Alguns pilares sobem até o nível da cobertura para servir de apoio a estrutura da cobertura composta por treliças metálicas.

3.2 MODIFICAÇÕES PROPOSTAS NO MERCADO

Para o remanejamento da edificação muitas mudanças ocorreram em sua extensão, tais mudanças precisam constar nas avaliações feitas no projeto estrutural em detrimento da capacidade portante dos elementos:

- Houve a modificação do telhado ao acrescentar balanço na frente e atrás do mercado, utilizando-se telhas *roll on* adequando a estrutura metálica para sua implantação.
- O poço do elevador foi fechado para que pudesse ser relocado.
- Novas escadas e elevadores foram incluídos no projeto.
- A doca foi transferida para a fachada principal do mercado.
- Todas as instalações antigas foram substituídas por novas instalações.

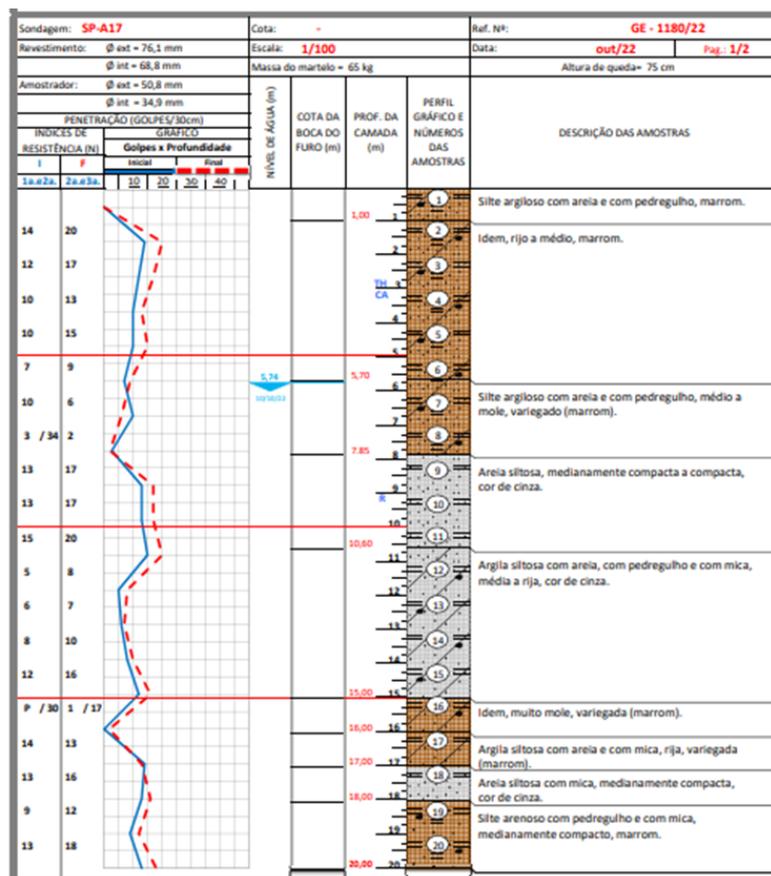
3.3 ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA ANÁLISE DO REFORÇO

3.3.1 Sondagem

As prospecções geotécnicas realizadas no terreno buscaram definir as especificidades sob as quais aquelas fundações estavam submetidas, assim, o uso da sondagem foi essencial para determinar que tipo de reforço pode ser implantado de forma mais efetiva no elemento.

A sondagem utilizada foi a de sondagem à percussão, como é possível observar na figura 2:

Figura 2 - Relatório de sondagem



Fonte: Acervo FORTESAS, 2023.

3.3.2 Extração de testemunhos de concreto

A extração de testemunhos de concreto são realizadas principalmente para ensaio de compressão que será mais especificamente abordado adiante. O método consiste em fixar o equipamento de corte de forma ortogonal ao lançamento da concretagem na estrutura escolhida e retirar do corpo de prova, sua resistência sofre influência em função do nível de profundidade em que a amostra é retirada.

A norma mais utilizada para extração de testemunhos é a ABNT NBR 7680: 2015, enquanto conforme a NBR 12655 determina-se a necessidade de extração de porção do elemento estrutural ou não:

Aplicável quando a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) não for atingida a partir dos critérios previstos na ABNT NBR 12655 para aceitação automática do concreto no estado endurecido. Neste caso, para evitar danos desnecessários à estrutura, antes da realização da extração, deve ser solicitado ao projetista estrutural que verifique a segurança estrutural a partir do valor da resistência característica à compressão estimada ($f_{ck,est}$), calculada com base nos resultados obtidos a partir dos ensaios dos corpos de prova moldados, conforme previsto na ABNT NBR 12655.(ABNT NBR 7680: 2015)

Como a edificação original precisou ser reforçada, a f_{ck} estimada não é de grande importância para os estudos do acréscimo de resistência estrutural, tendo em vista que precisamos da resistência real que o concreto oferece para definir o novo traço de concreto de maior resistência. Com isso, a situação exigiu que extrações fossem feitas sem comprometer significativamente a estrutura.

3.3.3 Cadastro da estrutura

Devido a falta do projeto estrutural foi necessário realizar um levantamento cadastral para obtenção da forma e armaduras das fundações, pilares, capitéis, vigas e lajes.

As formas foram obtidas medindo-se os elementos estruturais e as distância

entre eles. Já as armaduras foram obtidas realizando-se cortes no concreto até atingir as barras, possibilitando a medida do seu diâmetro e os espaçamentos entre elas.

Após o levantamento cadastral as formas e armaduras foram desenhadas com auxílio de programas computacionais, possibilitando a proposta de modificação estrutural. A Figura 3 ilustra o cadastro das armaduras da estrutura:

Figura 3 - Cadastro da armaduras da estrutura



Fonte: Acervo da FORTESAS, 2023.

3.3.4 Prova de carga em lajes

A prova de carga é realizada para registro da capacidade portante de certo trecho da laje. Esse método se dispõe em casos como o estudado, quando não há informações e dados da obra anterior ao reforço.

A prova de carga é feita aplicando um carregamento na face superior da laje, embaixo há o equipamento que registra o nível de deformação em função da força aplicada, terminando ao atingir um valor próximo ao limite último em controle do profissional específico e responsável pelo procedimento.

3.4 PRINCIPAIS ENSAIOS REALIZADOS

Em primeira mão, ao reconstituir a capacidade esperada de algum elemento estrutural é necessário avaliar aspectos diversos; as deformabilidades devido às ações de longa duração ou variáveis, em especial ao dar-se por expectativa outra função à edificação, os fatores externos relacionados à atmosfera ambiente, os quais possibilitam um planejamento mais específico dos materiais para uso, o conhecimento empírico das capacidades últimas dos materiais inclusos em qualquer etapa da construção, suas características de deformação e retração e seu comportamento aderente à novas camadas reforçantes, o que entende-se como solidariedade entre as peças.

É pelos ensaios que nos comprometemos com a revisão dos itens acima, gerando os requisitos assertivos para o planejamento e obtenção de materiais com aptidão construtiva específica ao caso.

Na edificação estudada, é possível dar enfoque a alguns ensaios notáveis para obtenção de dados e determinações exigidas pelos projetistas a fim de tornar o dimensionamento o quão preciso e seguro como for necessário. Destes, há o ensaio de compressão e o ensaio de carregamento dinâmico.

3.4.1 Ensaio de compressão

Para os ensaios de compressão, além das extrações de testemunhos feitas para teste, é necessário uma avaliação coletiva, entre os responsáveis pela execução da obra, dos projetos estruturais e do concreto que é utilizado. Essas extrações seguem estritamente recomendações técnicas, o que demonstra a precisão destas determinações.

Nos testes feitos em obra, o concreto obtido de testemunhos retirados da estrutura apresentou resistência média de 35MPa.

Com esse resultado os responsáveis técnicos puderam constituir um novo traço para concretagem do reforço de lajes, pilares e vigas. O novo concreto de alta resistência possui fck de 50 MPa com acréscimo de aditivos para características que agregam maior resistência e alcançam boa continuidade com o concreto original, na figura 4 há especificações do traço utilizado:

Figura 4 - Traço do novo concreto

CLIENTE: ANDRÉ GUIMARÃES CONSTRUTORA LTDA				REVISÃO: 0			
OBRA: AS PARALELA							
AGREGADO	MESCLA (%)	MASSA (Kg/dm ³)		CÓDIGO DO TRAÇO: TC 50 B 19			
AREIA (F)	38	-	REAL	CONDIÇÃO DE PREPARO: A			
AREIA (G)	-	-	2,63	f _{ck} : 50MPa			
BRITA 3/8 mm	-	-	-	BLUMP: 120±20 (mm)			
BRITA 5/8 mm	62	-	2,75	FATOR A/C: 0,45			
BRITA 5/8 mm	-	-	-	AR INCORPORADO: 2,0%			
CIMENTO		-	-	LANÇAMENTO: BOMBADO			
DENSIDADE DOS ADITIVOS	ADITIVO	-	-	ADENSAMENTO: MECÂNICO			
	ADITIVO	-	1	TEOR DE ARGAMASSA: 49,2%			
	ADITIVO	-	-	A%: 8,2			
MATERIAIS	TRAÇO EM PESO PARA 1m ³		TRAÇO		TRAÇO PARA 1 SACO DE CIMENTO		
	(kg)	UNITÁRIO	MASSA (kg)	VOLUME Ø	Nº DE PADIOLAS	ALTURA (h) DAS PADIOLAS (cm)	
CIMENTO	408	1,000	50	-	-	-	
AREIA (F)	702	1,721	86	-	-	-	
AREIA (G)	-	-	-	-	-	-	
BRITA 3/8 mm	1140	2,808	140	-	-	-	
BRITA 5/8 mm	-	-	-	-	-	-	
ÁGUA	185	0,451	23	-	-	-	
HIPERKEN 65	2,448 (2,448 Litros)	0,000%	0,300	-	-	-	
POLIKEN	2,448 (2,448 Litros)	0,000%	0,300	-	-	-	
MACROFIBRA	6,000	-	-	-	-	-	
MICROFIBRA	600 gr	-	-	-	-	-	
MICROSSILICA DRY	15	-	-	-	-	-	
OBSERVAÇÕES: (1) NBR 12655, Item 5.5.4.2.1							
(2) Utilizar Cimento CPV							
FORMA DAS PADIOLAS							
OBS.: No cálculo do volume da areia já foi considerada a influência do inchamento da mesma. Deve-se, contudo, descontar a água correspondente à unidade dos agregados.							
 Marcelo Vieira de Almeida Engenheiro Civil							

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

3.4.2 Ensaio de carregamento dinâmico

O ensaio de carregamento dinâmico consiste em aplicar uma força nas estacas e seus resultados fornecem informações como a capacidade de carga, as tensões nas estacas, a integridade da fundação e o atrito lateral distribuído no elemento.

A NBR 6.122:2019 define em que tipo de obra há obrigatoriedade da execução de provas de carga estática e a NBR 13.208:2007 define o método para realização desse ensaio.

O procedimento trabalha com o computador que, com sensores de força e velocidade conectados à estaca, coleta os sinais transmitidos pelos golpes que um sistema de impacto aplica no elemento. Esses golpes fornecem ondas de compressão que percorrem a estaca e retornam até o nível dos sensores, o que torna possível a geração de gráficos provenientes dos valores obtidos, como é visto na figura 5:

Figura 5 - Ensaio de carregamento dinâmico



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Sob essas circunstâncias, esse ensaio foi realizado nas estacas metálicas adicionadas as fundações da obra como meio de reforço e por meio disso pudemos

verificar os resultados obtidos em relatórios, como no exemplo da figura 6:

Figura 6 - Tabelas de resultados do ensaio dinâmico

TABELA 2

Estaca	Tipo	Carga Máxima Trabalho (tf)	Golpe	RMX (tf)	DMX (mm)	Hq (m)	SET (mm/g)	EMX (txm)	% EMX	FMX (tf)	Tensão Comp. (kg/cm ²)	Fmin (tf)	Tensão Tração (kg/cm ²)	J
P61-E1	TR57	55	1	66	7	0,4	0	0,22	45,8	48,7	672	22,7	313	0,54
			2	88	11	0,8	0	0,59	61,5	69,7	961	28,0	386	
			3	90	14	1,2	3	0,94	65,3	84,0	1159	30,5	421	
			4	96	17	1,6	6	1,36	70,8	110,6	1525	31,8	439	
			5	104	19	2,0	8	1,72	71,7	119,6	1649	35,6	491	
			6	106	22	2,2	10	2,03	76,9	132,3	1825	33,1	457	
P61-E2	TR57	55	1	60	7	0,4	0	0,22	45,8	45,5	627	20,5	283	0,27
			2	81	11	0,8	1	0,53	55,2	63,1	871	24,5	338	
			3	89	16	1,2	5	1,08	75,0	92,2	1272	23,0	317	
			4	90	18	1,6	6	1,35	70,3	105,8	1459	24,9	343	
			5	91	21	2,0	12	1,64	68,3	111,7	1540	23,7	327	
			6	92	24	2,2	14	2,02	76,5	124,5	1717	23,2	320	
P108-E2	TR68	65	1	55	5	0,4	0	0,13	27,1	44,2	513	12,4	144	0,44
			2	82	8	0,8	0	0,32	33,3	67,7	786	17,5	203	
			3	109	10	1,2	0	0,54	37,5	90,1	1047	11,1	129	
			4	119	12	1,6	0	0,79	41,1	96,1	1116	25,2	293	
P193-E2	TR68	65	1	75	5	0,5	0	0,19	47,5	48,6	564	17,7	206	0,51
			2	103	7	1,0	0	0,37	46,3	68,6	797	25,9	301	
			3	120	9	1,5	0	0,58	48,3	90,1	1047	31,0	360	
			4	131	10	2,0	0	0,79	49,4	107,2	1245	32,8	381	
			5	133	11	2,5	1	0,85	42,5	109,0	1266	33,9	394	
P131-E1	TR57	55	1	78	8	0,8	0	0,31	32,3	55,6	767	17,8	246	1,00
			2	86	10	1,2	0	0,41	28,5	59,3	818	20,2	278	
			3	101	11	1,6	0	0,61	31,8	72,4	999	21,3	294	
			4	113	12	2,0	0	0,72	30,0	83,6	1153	23,3	321	
			5	119	14	2,4	1	0,91	31,6	87,0	1200	24,4	337	

TABELA 3

Estaca	Tipo	Carga Máxima Trabalho (tf)	Golpe	RU (tf)	QAL (tf)	% QAL	QP (tf)	% QP	J
P61-E1	TR57	55	6	106,0	69,4	65,5	36,6	34,5	0,54
P61-E2	TR57	55	6	93,1	61,8	66,4	31,3	33,6	0,27
P108-E2	TR68	65	4	119,0	74,7	62,8	44,4	37,3	0,44
P193-E2	TR68	65	5	131,0	68,6	52,4	62,4	47,6	0,51
P131-E1	TR57	55	5	118,7	74,1	62,4	44,6	37,6	1,00

TABELA 4

Estaca	Força de Compressão (tf)	Tensão de Compressão (kg/cm ²)	Força de Tração (tf)	Tensão de Tração (kg/cm ²)
P61-E1	136,4	1.881,4	29,6	408,3
P61-E2	132,5	1.827,6	20,2	278,6
P108-E2	107,3	1.246,2	30,1	349,6
P193-E2	119,3	1.385,6	26,7	310,1
P131-E1	110,6	1.525,5	27,5	379,3

Fonte: Fornecido pela equipe da obra, 2023.

4 INTERVENÇÕES NA ESTRUTURA EXISTENTE

Com a devida documentação e análise dos dados de ensaio e categorização das necessidades da construção, os encarregados pelos sistemas de reforço tornam-se capazes de propor suas intervenções e iniciar o processo de cálculo e lançamento dos projetos, como é elucidado por Vicente Souza e Thomaz Ripper:

O projeto de reforço deve levar em conta uma série de fatores, entre os quais a concepção original da estrutura, sua história, os defeitos ou as novas exigências e a disponibilidade de mão-de-obra e de materiais, mas, antes de tudo, ele dependerá da formação técnica e da criatividade do projetista, devendo, portanto, ser confiado apenas a profissionais especializados em trabalhos desta natureza (Ripper; Souza, 2009, p.142)

Assim, no caso da obra onde o estudo foi realizado, o reforço deu-se necessário em todas as principais peças da estrutura, são elas: fundações, pilares, capitéis, lajes e vigas.

4.1 FUNDAÇÕES

Fundações são os elementos da estrutura responsáveis por transmitir os esforços da edificação ao solo. Sua escolha depende de diversos fatores, entre eles estão: carga da edificação, tipo de estrutura, tipo de solo e sua capacidade de carga, nível d'água, topografia, entre outros aspectos. Por esse motivo, existem diversos tipos de fundações, divididas em dois grandes grupos, fundações rasas ou superficiais e fundações profunda.

Com isso, o método de reforço para as fundações necessita da compatibilidade entre as condições dos seus principais constituintes para que a execução obtenha sucesso:

É necessário que haja uma perfeita compatibilidade entre as condições do solo, da estrutura e do reforço. Assim, por exemplo, o tempo para a execução dos reforços deve ser compatível com a resposta da obra quanto à velocidade do seu ganho de estabilidade. Outro exemplo consiste em verificar se as peças que receberão os esforços adicionais estariam aptas

para tal, ou se seria necessário proceder-se à execução de reforços estruturais das mesmas. (Gotlieb, 1998, p.483)

Entre as possibilidades mais utilizadas para reforço de fundações estaqueadas estão a utilização de estacas mega, microestacas injetadas, jet grouting e adição de estacas metálicas. Podemos também considerar o aumento de seção do bloco de coroamento um integrante do último tipo de reforço, tendo em vista que a adição dos perfis metálicos faz-se dependente dessa medida.

Na aplicação do método de estaca mega há a cravação de estacas de 0,5 a 1,0 metro com o equipamento macaco hidráulico, estas são constituídas em concreto armado vazado ou perfis metálicos sendo que a abertura do concreto armado pode ser preenchido por barras de aço e concretadas para prover maior continuidade. O risco de instabilidade desse procedimento é baixo já que não há indução de vibrações.

Para microestacas, a implantação de uma rede de pequenas estacas com capacidade de carga reduzida o mais próximo possível da fundação existente - em alguns casos, o reforço é intersectado à estrutura original - ligada por vigas de recalçamento torna essa alternativa uma boa escolha, tendo em conta que é aplicável em lugares menores, tem flexibilidade técnica para inserção em diferentes casos conforme exigências e responde imediatamente às cargas estruturais, reduzindo o recalque. Sua desvantagem se apresenta no seu alto custo.

O Jet grouting é mais um processo de modificação do solo para melhora das propriedades mecânicas do solo - em especial a permeabilidade - que um meio de reforçar a fundação em si. Nele, ocorre a perfuração e degradação do solo até a camada desejada, em seguida o jato de caldo de cimento leva à mistura de parte das partículas do solo à massa, o endurecimento dessa mistura forma um corpo único. Quando a técnica é utilizada para reforço, os processos são os mesmos, no entanto a coluna ou o painel de cimento é realizado sob a fundação existente e permite que os esforços sejam descarregados a uma maior profundidade.

Finalmente, o processo de implantação de novas estacas metálicas junto ao aumento de seção do bloco de coroamento têm o propósito de aumentar a

capacidade de carga da edificação e ampliar a área de contato da fundação com a superfície do solo em que ela está inserida, respectivamente. Dessa forma os esforços atuantes não desempenham sobrecarga na estrutura e preservam continuidade:

Em geral, é caracterizado pelo chumbamento de ferragens na peça existente, apicoamento de suas superfícies e o uso de resinas colantes, bem como traços especiais do novo concreto a ser aplicado que, por exemplo, garanta uma forte retração para a melhor ligação entre o concreto antigo e o novo (GOTLIEB, 1998).

Como os mercados, geralmente, estão submetidos a cargas elevadas e, no caso em estudo, a capacidade de carga do solo é baixa, além do nível d'água ser superficial, esta foi a opção adotada para a fundação, com blocos de coroamento de duas, três ou quatro estacas. Vale ressaltar que, apesar de sua importância, os blocos são utilizados como estruturas complementares, já que o objeto de volume age restritamente na transferência das cargas dos pilares para as estacas.

O processo de aplicação exigiu, além das estacas metálicas, trilhos executados por cravação. A laje existente foi perfurada para permitir a passagem da estaca e o bate-estacas, colocado sobre a laje, efetuou a cravação. Esse método agrega capacidade portante à estrutura sem que sua instalação precise de grandes vibrações e sem que o solo seja retirado, por serem pré-fabricadas e capazes de atravessar lentes de pedregulho e concreções.

Para garantir o perfeito funcionamento da fundação, durante a fase de projeto deve-se considerar a quantidade de estacas, suas dimensões, as dimensões do pilar e do bloco de coroamento, além do estudo geotécnico do solo e dos esforços solicitantes. Essa alternativa foi adotada em função da melhor capacidade de manutenção e melhor custo comparado com outras alternativas:

Figura 7 - Escavação em fundações



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Primeiramente, faz-se a escavação e verifica-se o estado material da fundação e o nível de deterioração. Após a cravação das novas estacas ao redor do bloco existente são realizados os ensaios de carga dinâmica nas novas composições de fundação para precisão dos resultados obtidos.

Figura 8 - Estacas metálicas adicionadas



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

As dimensões da escavação também contemplam espaço para a armadura que vai ser montada em função do aumento volumétrico dos blocos.

Depois da cravação e prova de carga, as estacas são arrasadas. A etapa demanda que a cota de arrasamento seja bem planejada para garantir perfeita ligação entre os elementos estruturais

Figura 9 - Outras estacas metálicas adicionadas



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Figura 10 - Armaduras de blocos de coroamento



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Em seguida a armadura é preparada e arranjada ao redor da estrutura existente, possibilitando a montagem das formas e posterior concretagem. O concreto utilizado é elaborado para exercer alta resistência e em medida ideal para que a retração seja conveniente à aderência da nova estrutura de reforço. Podemos observar blocos com diferentes formas:

Figura 11 - Blocos de coroamento concretados



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

4.2 REFORÇO DA SUPERESTRUTURA

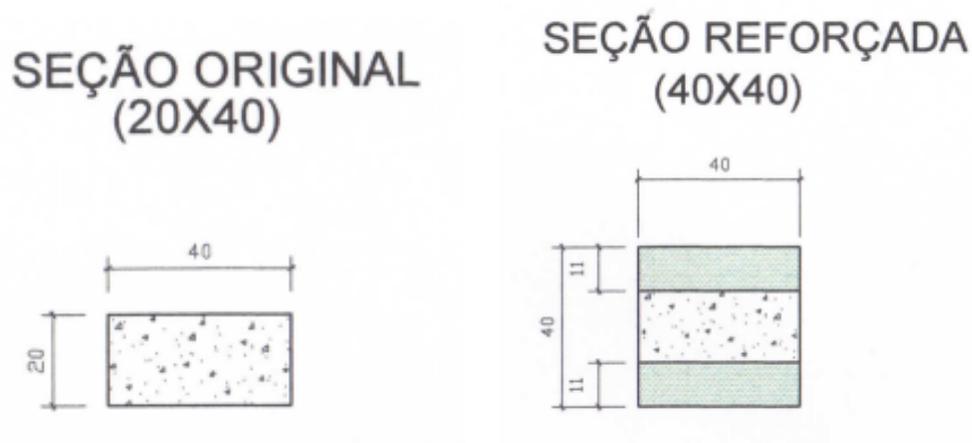
4.2.1 PILARES

Pilares são estruturas lineares de eixo reto com duas dimensões expressivamente menores que a terceira. Segundo a NBR 6118/2003, estão usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.

Esse componente é responsável pela transmissão das cargas verticais à fundação, as quais são reunidas pelos esforços dispostos por capitéis, vigas, lajes e outros carregamentos acidentais ou não acidentais da estrutura. Por isso, é de suma importância que o seu reforço seja bem dimensionado, já que os sistemas contam com seu bom desempenho para que os reforços das demais peças sejam efetivos.

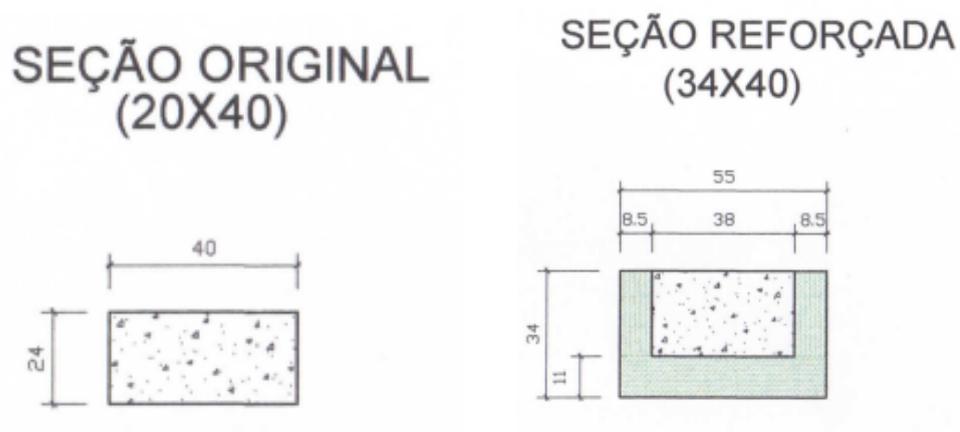
No projeto de reforço, que determinou o método de aumento de seção, as armaduras adicionais foram projetadas em diferentes formas, conforme a necessidade encontrada. Isso se dá pela capacidade de dispensar o reforço em faces do pilar que haja incidência de obstáculos fixos, resultando também em um meio flexível de aplicar a alteração projetada. Isso pode ser observado nesse detalhamento de um dos reforços projetados para a edificação analisada:

Figura 12 - Parte do projeto estrutural de pilares



Fonte:Acervo da FORTESAS, 2023.

Figura 13 - Outra parte do projeto estrutural de pilares



Fonte: Acervo da FORTESAS, 2023.

O conjunto é depositado e consegue aderir à antiga estrutura por meios que serão abordados a seguir, contemplando a execução, em fases, do procedimento:

Figura 14 - Verificação de pilares



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Inicialmente é importante que ocorra a verificação de todos os elementos que demandam interferência. Dessa forma, o nível de degradação das armaduras é avaliado após a retirada da camada de cobertura - processo de apicoamento -

tornando possível a exposição de uma seção considerável sem prejudicar seu desempenho, ao fim de cada checagem foi sinalizado com um “Ok” os que estavam em boas condições, como é visto na figura 10.

A superfície fragmentada passa por uma limpeza rigorosa antes que novas barras sejam posicionadas, com isso, um dos processos de qualidade que promovem uma aderência melhor à antiga peça é aferido.

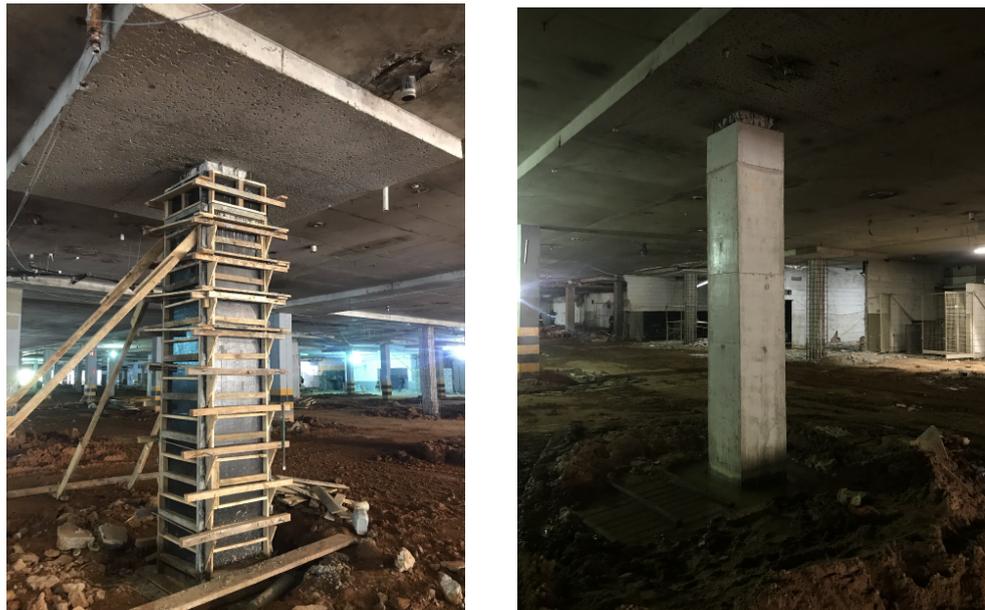
Figura 15 - Disposição das armaduras em pilares



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Posteriormente dispõem-se os estribos e barras em furos de encaixe preenchidos por resina epóxi fluida de rápida secagem. A fôrma é confeccionada em dois dias e então a nova seção do pilar está preparada para receber a concretagem.

Figura 16 - Processo de concretagem em pilares



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

4.2.3 CAPITÉIS

Capitéis são elementos estruturais que facilitam o comportamento resistente regular da ligação laje-pilar. Nele, há a transferência de esforços e o combate aos efeitos de punção e colapso progressivo, os quais são causa comum da ruptura de lajes do tipo cogumelo, isto é, lajes que são inteiramente apoiadas diretamente por pilares e não possuem um sistema de vigas.

Os efeitos consequentes da ação das cargas nesses pontos de apoio são cuidadosamente pensados antes da etapa de concepção estrutural, como os capitéis são elementos de volume reduzido e o aumento de seção soluciona essas questões da forma mais econômica, esse foi o método escolhido.

O estudo de caso acompanhou a aplicação na obra, em detrimento das novas solicitações que o edifício pretende suportar:

Após o dimensionamento da nova seção de concreto armado que vai operar no reforço do capitel, a superfície do elemento é irregularizada, isto é, utilizam de ferramentas para tornar em um plano irregular que permita a melhor aderência possível.

Figura 17 - Capitel sendo perfurado



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Após a preparação do substrato, realizam a limpeza e perfuram o material, por onde há o preenchimento com resina epóxi e distribuição das novas barras de aço.

Figura 18 - Capitel sendo armado



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

A resina epóxi cola e preserva a posição da armadura com eficiência no momento em que entra em contato com as barras, até a secagem, quando atinge sua resistência final.

Figura 19- Forma de concretagem para capitel escorada



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Montam-se as formas e as escoram para o início da concretagem. Logo após a retirada dos caixotes podemos observar nitidamente o aumento de seção dessas peças:

Figura 20 - Capitéis concretados



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

4.2.4 LAJES

Lajes são elementos planos bidimensionais de largura e comprimento muito maior que sua espessura, essas superfícies planas são responsáveis por constituir os pavimentos de grande parte das edificações, encontradas em madeira, aço e concreto armado ou protendido. Além disso, são também responsáveis por receber e transmitir maior parte das ações em uma construção, de maneira que esse carregamento incide de forma perpendicular à sua extensão.

A laje cogumelo (ou fungiforme), utilizadas na obra em questão, tem um método simples de execução e, com sua produção em concreto de alta resistência e armadura de aço, conseguem suprir os grandes vãos promovidos pelo projeto arquitetônico. Paralelo a isso, o aumento de esforços que o novo empreendimento previu suportar exigiu reforço da estrutura, fez-se o uso de encamisamento, registrado em passos no estudo de caso:

Figura 21 - Laje sendo perfurada



Fonte: Elaborada pela autora, 2023

A laje é reforçada em seções, após elevação do nível da laje adjacente

perfura-se a sua extremidade para adição das armaduras. Essas cavidades são limpas e preenchidas pelo adesivo que fixa as barras adicionadas à estrutura. Antes disso, porém, todas as barras são arrumadas para o processo de chumbamento.

Figura 22 - Armaduras sendo arrumadas na laje



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Figura 23 - Laje armada

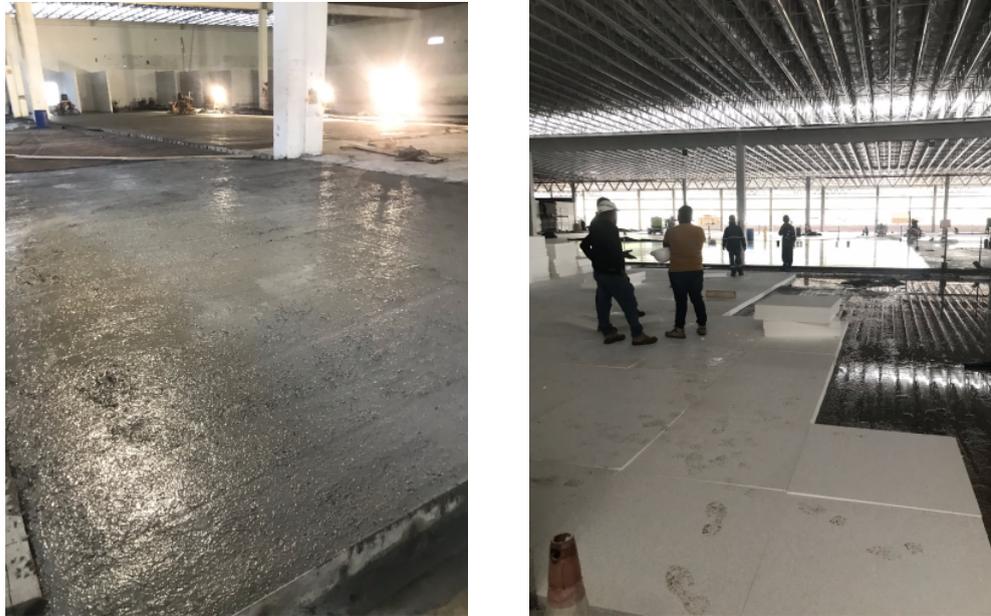


Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

As lajes armadas são interrompidas nos locais que as juntas de dilatação aparecem, nestas são colocados separadores que contribuirão para que a

concretagem se adeque a sua forma.

Figura 24 - Processo de concretagem da laje



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Em certos casos o novo nível adotado em projeto é maior que a seção ocupada pelas armaduras. Por isso, para garantir uniformidade na superfície plana, são dispostas placas de isopor que diminuem a quantidade de concreto necessário para garantir o cobrimento.

Figura 25 - Instrumento de medição de espessura



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Após a concretagem os desníveis são aferidos por um equipamento.

4.2.5 VIGAS

A viga é um elemento linear horizontal sujeito majoritariamente a cargas transversais e de largura mínima de 12 cm, prescrita pela NBR 6118/2004. Tem como função contribuir na transmissão dos apoios de lajes e paredes aos pilares, podendo ser constituída por madeira, aço ou concreto armado.

Na edificação em análise, foram utilizadas vigas de concreto armado, as quais necessitavam de reforço em combate a tensões de flexão, posteriormente acrescentadas pelo aumento da carga que o novo projeto visou suportar.

No encamisamento, como já abordado, as vigas ganham uma nova seção composta de concreto e novas barras, criando uma peça solidária que estabelece comunicação eficiente entre o antigo material e o que foi adicionado. Podemos observar a aplicação desse método na posterior exposição de estudo de caso:

Figura 26 - Viga chata existente



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Como especificado e projetado, a armadura das vigas são arranjadas em conjunto com as da laje para uma concretagem mais conveniente e maior aproveitamento de tempo e recursos

Figura 27 - Armadura de vigas



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

É considerável notar que a junta de dilatação passa pela seção do elemento estrutural, assim como as estacas adicionadas nas fundações abaixo delas

transpassaram-as, tudo isso é contemplado na concretagem que permite o nivelamento da laje em função da ampliação destas estruturas.

Figura 28 - Concretagem de vigas



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho abordou o reforço estrutural feito em um mercado varejista a fim de transformá-lo em um mercado atacadista, a alteração de função na construção original colocou em prova a viabilidade dos métodos de reforço tendo em vista a dimensão e demanda que esse tipo de remanejamento exige dos técnicos especialistas na área. Sendo assim, o estudo de caso inspirou a realização de pesquisa bibliográfica, vistorias à obra, análise de projetos e relatórios de ensaio, discussões com os profissionais responsáveis e registro de todas as fases do processo para exposição na redação aqui divulgada.

Para atingir o objetivo de apresentar as escolhas de intervenção técnica na estrutura definiu-se três objetivos específicos norteadores. O primeiro consiste em descrever os métodos de reforço existentes comumente utilizados em cada elemento estrutural, com isso, verificou-se a diversidade de opções que há no ramo e com que critérios elas são escolhidas no que diz respeito à exigência presente. O segundo

objetivo foi descrever as técnicas construtivas empregadas, o que se concretizou na extensão do trabalho ao desenvolver especificamente sobre a execução do reforço em cada elemento estrutural. Por fim, o terceiro objetivo focou em garantir a análise dos resultados finais, também concebido na escrita do desenvolvimento de forma efetiva, pois constatou o pleno funcionamento da estrutura reforçada.

Logo, a hipótese de que o reforço estrutural de fato é capaz de proporcionar e viabilizar a mudança de grandes estruturas sob diferentes condições é confirmada e, além de tudo, anuncia uma área de propício desenvolvimento ao ponto em que não apenas se restringe a uma alternativa sólida, como também uma que está em constante evolução e em busca de tecnologias produtivas para que se torne cada vez mais rápida e acessível.

Sendo assim, foi de grande importância utilizar de dados como as vistorias, que através de um contato próximo com o desenvolvimento prático do projeto, viabilizou também a interação e discussão com diferentes setores de profissionais especializados e dispostos a atribuir seus conhecimentos de forma conjunta no intuito de atribuir a maior eficácia e segurança no remanejamento da edificação.

Além disso, o levantamento de plantas arquitetônicas e estruturais e obtenção dos relatórios técnicos possibilitaram uma expansão da noção de necessidade de integração de todas as áreas na atuação de planejamento e execução coerentes e efetivos, isto é, as decisões tomadas só são viáveis a partir da comunicação que as variadas esferas da construção civil estabelecem, o que também determinou o sucesso do reforço estrutural implantado.

REFERÊNCIAS

- AOKI, Nelson. **Determinação da capacidade de carga última de estaca cravada em ensaio de carregamento dinâmico de energia crescente.** São Paulo, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.118/2023: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014
- CAMPOS, Luiz Eduardo Teixeira et al. **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de aço.** Rio de Janeiro, 2006.
- CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado.** Pini, 1988.
- DE ALMEIDA, Tatiana Gesteira Martins. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos.** São Carlos, 2001.
- DE SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.
- DEUS, Larissa Karina Vaz de. **Tipos de fundações.** Taubaté, 2020.
- FARIA, Duarte Miguel Viúla. **Reforço de lajes de betão armado usando pós-tensão com ancoragens por aderência.** Lisboa, 2011.
- HELENE, Paulo RL. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo, 1992.
- JUNIOR, Alex Fonseca Vila Nova; DE OLIVEIRA RODRIGUES, Glauco José; RIBEIRO, Danielle Malvaris. **A Eficiência da Utilização de Capiteis em Lajes Planas—Um estudo de caso.** Rio de Janeiro, 2021.
- LIMA NETO, Aarão Ferreira. **Punção em lajes cogumelo de concreto armado com capitéis.** Brasília, 2012.
- OLIVEIRA, Mariana Borges et al. **Reforço estrutural de pontes rodoviárias em concreto armado utilizando protensão externa.** Uberlândia, 2020.
- REIS, Andréa Prado Abreu. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho.** São Carlos. 1998.
- REIS, Lilia Silveira Nogueira. **Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado.** Belo Horizonte, 2001.
- SARAIVA, Victor Alexandre Henrique Silva. **Sistema de recuperação e reforço estrutural de concreto armado.** Minas Gerais, 2016.
- SILVA, Paula et al. **Vigas de concreto armado reforçadas por meio de**

encamisamento. REEC, 2012.

SOUSA, Gabriela Gonçalves de et al. Influência dos procedimentos de ensaio à compressão de corpos-de-prova cilíndricos no controle de qualidade do concreto. Florianópolis, 2012.

SOUZA¹, R. K. Q. et al. VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NODAIS EM BLOCOS SOBRE ESTACAS. 2017.

TAVARES, Lucas et al. Reforço Estrutural de Fundações e sua Importância para a Reabilitação e Conservação do Patrimônio Histórico. Florianópolis, 2014.