



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Mariana Bermejo Augusco

EDIFÍCIO INACABADO, MÉTODOS DE REABILITAÇÃO:
ESTUDO DE CASO

Dissertação de Mestrado em Reabilitação de Edifícios no Ramo Estrutural,
orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e apresentada ao
Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra.

Outubro de 2021

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Mariana Bermejo Augusco

EDIFÍCIO INACABADO, MÉTODOS DE REABILITAÇÃO: ESTUDO DE CASO

UNFINISHED BUILDING, REHABILITATION METHODS: A CASE STUDY

Dissertação de Mestrado em Reabilitação de Edifícios (Ramo Estrutural), orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Outubro 2021



1 2 9 0

UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

RESUMO

O estado de conservação das construções, em geral, depende de fatores internos e externos. A presença de água, sujidade, poluição, variação de temperatura e movimentos não previstos, são alguns agentes de degradação presentes nos edifícios.

É então, necessário, analisar as anomalias geradas por esses fatores, entender suas causas e as possíveis técnicas de reabilitação de cada elemento. As técnicas de diagnósticos e reabilitação devem ser consideradas e executadas de forma rigorosa, pois são tarefas complexas, e há a dificuldade de estabelecer ligação entre ambas.

Para a reabilitação, além do estado de degradação do edifício, é importante analisar custos, tempo de execução, transtornos e desconfortos gerados para os ocupantes. No Brasil, o segmento de reabilitação de obras antigas, vem se desenvolvendo com metodologias tradicionais e com trabalho informal. Porém com a evolução de técnicas e a maior iniciativa de contratação de profissionais habilitados, o segmento da reabilitação tende a ser mais eficiente e necessário para a conscientização da importância e redução de custos com a manutenção.

Além dos edifícios antigos, há na cidade de Campo Grande, Brasil, algumas edificações as quais foram abandonadas e que necessitam de reabilitação para que voltem a ter funcionalidade. Para iniciar obras de reforço e reabilitação em obras inacabadas, é imprescindível analisar todas as estruturas, realizar relatórios de patologias existentes e assim formular os métodos de reabilitação.

Palavra chave: métodos de reabilitação de edifícios, patologias de obras e degradação de edifícios antigos.

ABSTRACT

The constructions, in general, depend on internal and external factors for their conservation. The presence of water, dirt, pollution, temperature variation and unforeseen movements are some of the degrading agents present in buildings.

It is then necessary to understand the anomalies generated by these factors, define their causes and the possible techniques of rehabilitation of the building. Diagnostic techniques and rehabilitation techniques must be considered and executed in a rigorous way, because they are complex tasks, and there is the difficulty of establishing a connection between them.

For the rehabilitation, besides the state of degradation of the building, it is important to analyze costs, execution time, inconveniences and discomfort generated for the occupants. Brazil, the segment of rehabilitation of old works has been developing with traditional methodologies and informal work. However, with the evolution of techniques and the greater initiative to hire skilled professionals, the rehabilitation segment tends to be more efficient and necessary for the awareness of the importance and reduction of maintenance costs.

In addition to old buildings, there are in the city of Campo Grande, Brasil, some buildings that have been abandoned and need rehabilitation in order to bring them back to functionality. In order to start strengthening and rehabilitation works on unfinished buildings, it is essential to analyze all their structures, perform existing pathology reports and thus formulate the rehabilitation methods.

Key word: methods of building rehabilitation, construction pathologies, degradation of the old building.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO-----	1
1.1 Enquadramento geral do trabalho e objetivos -----	1
1.2 Estrutura do trabalho-----	2

CAPÍTULO 2

2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS-----	3
2.1 Reabilitação do espaço construído-----	3
2.2 Enquadramento da reabilitação em Portugal-----	3
2.2.1 Programas de Apoio à Reabilitação -----	4
2.2.2 Legislação de Reabilitação de Edifícios-----	5
2.3 Enquadramento da Reabilitação No Brasil-----	5
2.3.1 Legislação de Reabilitação de Edifícios-----	6
2.4 Graduação das intervenções-----	7
2.5 Fases da reabilitação-----	9
2.6 Custos de Reabilitação-----	11
2.6.1 TCPO- Tabela de Custos de Manutenção E Reformas-----	12
2.6.2 CUB-Custo Unitário Básico-----	13

CAPÍTULO 3

3. PRINCIPAIS PATOLOGIAS ASSOCIADAS AOS EDIFÍCIOS-----	15
3.1 Patologias em betão armado-----	17
3.1.1 Carbonatação do betão-----	17
3.1.1.1 Determinação de Presença De Carbonatação-----	19
3.1.2 Corrosão de Armaduras-----	20
3.1.2.1 Determinação de Presença de Corrosão -----	21
3.1.3 Manifestações patológicas- Fissuração-----	21
3.1.3.1 Fissuração devida a movimentação de fundações-----	22
3.1.3.2 Fissuração devida a ação de cargas não previstas-----	24
3.1.3.3 Fissuração devida à deformação do suporte -----	26
3.1.3.4 Fissuração Devida Às Variações de Temperatura-----	26
3.1.3.5 Fissuração devida à ação da humidade-----	27
3.1.4 Humidades-----	28
3.1.4.2 Humidade de precipitação -----	29
3.1.4.3 Humidade por condensação-----	30
3.1.4.4 Humidade Ascensional-----	30
3.1.4.5 Humidade da construção -----	31
3.1.4.6 Higroscopicidade -----	32

CAPÍTULO 4

4. PRINCIPAIS TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO-----	33
4.1 Técnicas construtivas para reabilitação de fissuras-----	33
4.1.1 Metodologia de injeção de fissuras-----	34
4.1.2 Selagem das Fissuras-----	37
4.1.3 Técnica em “ponte”-----	38
4.1.4 Técnica de grampeamento-----	39

4.1.5 Técnica de recuperação de fissuras com inserção de armaduras-----	41
4.2 Reabilitação de elementos estruturais-----	42
4.2.1 Limpeza e polimento da superfície do betão-----	42
4.2.2 Betão e argamassas como material de reabilitação-----	44
4.2.2.1 Reforço estrutural-----	44
4.2.3 Adição de chapas metálicas-----	45
4.2.4 Encamisamento de betão armado-----	46
4.2.5 Tratamento de corrosões-----	47
4.3 Tratamento de humidades-----	47
CAPÍTULO 5	
5. ESTUDO DE CASO-----	50
5.1 Caracterização do edifício -----	50
5.2 Metodologia de recuperação do edifício-----	51
5.2.1 Reabilitação de processos de carbonatação e corrosão-----	51
5.2.2 Reabilitação de fissuras-----	57
5.2.2.1 Selagem e injeção das fissuras -----	58
5.2.2.1.2 Materiais utilizados na reabilitação-----	59
5.2.2.2 Estabilização de fissuras-----	59
5.2.3 Aumento de resistência em estruturas de betão armado-----	60
5.2.3.1 Materiais utilizados na reabilitação-----	61
5.2.4 Recuperação de patologias associadas à humidade -----	62
5.2.4.1 Manchas e eflorescências -----	62
5.2.4.2 Materiais utilizados na reabilitação-----	65
CAPÍTULO 6	
6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES-----	67
CAPÍTULO 7	
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	68

1 -INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral do trabalho e objetivos

As grandes cidades brasileiras passaram ao longo dos anos, por um processo de abandono de obras, particulares por parte dos construtores e públicas pelos órgãos públicos. Nas edificações da cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul, Brasil, é nítido observar o abandono que inúmeros edifícios sofreram no decorrer dos anos.

A cidade de Campo Grande apresentava em 2017, segundo a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SISEP), oitenta obras paradas. Apesar de não haver dados sobre obras particulares abandonadas, esses dados auxiliam a visualização do cenário em que as obras municipais se encontram.

Porém no ano de 2019 a Prefeitura incentivou a continuação das obras públicas com uma verba estimada em R\$442 milhões (€ 6.461.226,21- cotação de janeiro 2021), segundo a administração municipal, e facilitou a aprovação de projetos de reabilitação, construção e adequação de projetos antigos.

O cenário brasileiro de reabilitação de edifícios, também, começou a desenvolver-se e ser incentivado nos últimos anos, enquanto na Europa, segundo Marques de Jesus (2008), o cenário de reabilitação já se iniciou no final da década de 70, quando alguns países definiram estratégias de intervenção nas áreas dos centros urbanos, com objetivo de revitalizar a área sócioeconómica da cidade através de modernização das infraestruturas, recuperação de edifícios públicos e privados, de património histórico e também comerciais e habitacionais.

Portugal, por exemplo, apresenta já grande desenvolvimento na área da reabilitação de edifícios. Os planos de reabilitação, em alguns centros das cidades portuguesas, têm o objetivo de contribuir para o desenvolvimento e aplicação dos métodos de gestão urbana, considerando o desenvolvimento de várias relações. Um bom exemplo é a existência de alguns programas que englobam a recuperação de imóveis habitacionais públicos ou privados com a melhoria de zonas verdes, incentivo a passeios locais, justamente para desenvolver as atividades locais. A reabilitação beneficia não apenas aos habitantes dos edifícios, mas também a toda população local, o que ocasiona assim maior desenvolvimento e investimento na área (Bomfim, 2007).

Sendo assim, o principal objetivo do presente trabalho é analisar um edifício específico cuja construção foi abandonada antes do seu término, estudar as manifestações patológicas presentes e propor métodos para a reabilitação das patologias, entretanto desenvolvidas, pois

há a real intenção de execução de um projeto de recuperação para devolver a funcionalidade ao edifício. Por se tratar de um edifício antigo (25 anos) com intervenções sofridas, propõe-se analisar alguns custos dessa reabilitação.

1.2 Estrutura do Trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, sendo que o presente capítulo representa uma parte introdutória do assunto abordado, contextualização do objeto do estudo de caso, além de apresentar os objetivos do trabalho.

O segundo capítulo apresenta um enquadramento bibliográfico dos conceitos fundamentais para o conhecimento de um processo de reabilitação de edifícios. Ainda nesse capítulo, procura fundamentar-se o estudo em regulamentações portuguesas e brasileiras, afim de entender as legislações para a aplicabilidade do projeto ser viável.

O terceiro capítulo é dividido em várias partes, onde são introduzidos conceitos relacionados patologias associadas a edifícios antigos. A primeira parte refere-se às dificuldades encontradas em processos de reabilitação, pois por ser um sector da engenharia civil menos usual, apresenta maiores adversidades para execução. Em seguida, aborda-se o processo de análises de patologias.

No quarto capítulo, são apresentados conceitos de reabilitação de patologias das edificações, e são apresentados os principais processos de reabilitação de patologias presentes no edifício em estudo, e as suas possíveis técnicas de reabilitação.

O quinto capítulo refere-se ao estudo de caso, em seguida são apresentadas as patologias presentes nos elementos da edificação e é exposta a metodologia de reabilitação que se julga necessária.

O sexto e o sétimo capítulos apresentam as discussões e conclusões do trabalho e as bibliografias utilizadas para base deste estudo, eles resumem as principais conclusões e se indicam possíveis futuros trabalhos relacionados com o estudo de caso, além de demonstrarem a importância do atual trabalho para o processo de reabilitação do edifício.

2 -REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.1 Reabilitação do espaço construído

O termo reabilitação é o termo usado no meio acadêmico para identificar as intervenções realizadas para a recuperação dos elementos danificados de um edifício. (Marques de Jesus, 2008).

Existem inúmeras razões para realizar uma obra de reabilitação em edifícios antigos, entre elas, aumentar o desempenho das estruturas e assim melhorar o conforto dos habitantes e também introduzir novas tecnologias para impedir novas degradações, aumentando assim a vida útil do edifício antigo.

Além dos objetivos do processo de reabilitação de edifícios antigos, a equipe técnica de planejamento e de projeto devem-se atentar em enquadrar o “novo” nos padrões exigidos das novas regulamentações, como por exemplo, a melhoria de conforto ambiental, acústico, térmico, adequação de acessibilidade e segurança das estruturas, e também em obter conhecimento da técnica construtiva empregue , a disponibilidade dos materiais utilizados na construção, o conhecimento da cultura construtiva local e a inserção do bem edificado no patrimônio histórico. (Qualharini, 2012).

Por fim, a reabilitação de edifícios, engloba inúmeras definições e objetivos, que serão referências para o estudo deste trabalho. O processo de reabilitação de edifícios não visa, apenas, a valorização financeira do imóvel, que seundo Barrientos (2004), pode chegar a ordem de 30% mas restaura o ambiente dos moradores e da vizinhança. A degradação do edifício, no caso de estudo, inviabiliza e dificulta a popularização da localidade, tanto pelos futuros moradores, como por parte do poder público.

Para auxiliar a definição da escolha do processo de reabilitação, é necessário se entender a legislação que o projeto está inserido. Sendo assim, buscou-se apurar as legislações vigentes em Portugal e no Brasil.

2.2 Enquadramento da reabilitação em Portugal

Ao longo dos anos Portugal sofreu inúmeras oscilações em relação à quantidade de construções e conseqüentemente reabilitações efetuadas. Como exemplo, refiram-se os anos 70 a 90 com um forte crescimento habitacional, com aproximadamente 20% de aumento do número de

edifícios, mas de acordo o último Censo do INE (2011), existem em Portugal 10. 562.178 habitantes distribuídos por 5.878.756 alojamentos em 3.544.389 edifícios.

Estas situações evidenciam um contexto marcado por épocas de elevada construção de edifícios familiares, mas também, um provável descuido com os edifícios existentes, com a falta de manutenção e reparação. O que revela um vasto campo para obras de reabilitações. Segundo o INE (2014) as obras de reabilitação aumentaram de 29% em 2013 para 34% em 2014, em relação ao total de obras realizadas.

É importante salientar que o apoio do Estado, com a criação de programas de incentivo, tem influenciado o aumento de obras de reabilitação realizadas em Portugal. Esses programas dão apoio financeiro, benefícios fiscais, taxas e licenças municipais. O principal objetivo destes incentivos é a modernização e beneficiação dos imóveis, para melhorar o seu desempenho e corrigir anomalias acumuladas ao longo da vida da edificação. Apesar disso, o resultado está distante do esperado, o peso da reabilitação no setor da construção em Portugal é de 6,5%, face aos 36,5% que se verificam na Europa.

2.2.1 Programas de Apoio à Reabilitação

O Estado criou medidas que apoiam os municípios e construtores através de meios financeiros que estimulam a atividade de reabilitação dos edifícios. Além da criação de alguns programas para a reabilitação de edifícios antigos e públicos, os quais tem premissa de financiamento para os municípios, há também a isenção de algumas taxas como:

- Taxa reduzida de IVA: a 6% para, salvo regras, obras reabilitação urbana, e de imóveis;
- Isenção de IMI (Imposto Municipal sobre Imóveis): para os prédios classificados como Monumento Nacional ou de interesse público, prédios urbanos objeto de reabilitação urbanística, salvo regras, pois o enquadramento depende da deliberação da Assembleia Municipal de cada localidade.
- Isenção do IMT (Imposto sobre Transmissões Onerosas de Imóveis): prédios classificados como Interesse Público, e também, prédios destinados a reabilitação urbanística, salvo regras.
- Isenção de IRC (Imposto sobre o rendimento coletivo): ficam isentos os rendimentos obtidos por fundos de investimento imobiliário, salvo regras;

- Redução de IRS (Imposto sobre o rendimento singular): para proprietários que realizaram reabilitações em edifícios, salvo regras; (PORTAL DA HABITAÇÃO, 2016).

2.2.2 Legislação de Reabilitação de Edifícios

A legislação existente é predominantemente direcionada para novas construções, havendo pouca legislação para a reabilitação de edifícios. É necessário, então adaptar as reabilitações no enquadramento legislativo de novas obras juntamente com a legislação, mesmo que pequena, vigente de obras de recuperação.

Segundo Pereira (2013), por vezes, no decorrer da obra de reabilitação, é praticamente impossível cumprir os requisitos abrangentes estabelecidos nas legislações, as quais referem quais as circunstâncias que as obras precisam cumprir especificadamente, o que pode afetar o custo da operação. Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 170/2017, foi criado o Projeto ‘Reabilitar como Regra (RcR)’, tendo como principal objetivo proceder à apresentação de propostas para revisão regulamentar aplicável às intervenções de reabilitação, atendendo às exigências atuais de segurança, habitabilidade, conforto e principalmente simplificação do processo de reabilitação.

Como conclusão deste projeto, foi aprovado o Decreto-Lei n.º 95/2019, que reconhece o papel central da reabilitação de edifícios para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes. Este DL refere que “o Governo definiu como um dos seus objetivos estratégicos criar as condições para que a reabilitação seja a principal forma de intervenção ao nível do edificado e do desenvolvimento urbano”. (DECRETO-LEI, 95/2019)

Os benefícios introduzidos pelo Decreto-lei 95 são de elevada importância, pois definem-se princípios fundamentais que as ações de reabilitação devem ter presentes, visando conciliar a melhoria das condições de habitabilidade de maneira responsável.

2.3 Enquadramento da Reabilitação No Brasil

Até a década de 60 houve um crescimento muito elevado e descontrolado nas cidades brasileiras. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1940, a população brasileira era 41.236.315, em 1960, 70.070.457, em 1980, 119.002.706 e em 1991, 146.825.475.

Este aumento de população, segundo Marinho (2011) trouxe inúmeros problemas, entre eles, a necessidade de construção de habitação para toda a população, além de auxílio financeiro para suprir o déficit habitacional. Nas décadas de 60 e 70 o governo brasileiro criou o BNH (Banco Nacional de Habitação), para incentivar, através de facilidades financeiras, a execução de novas construções, porém a parcela das habitações mais carentes enfrentou problemas no financiamento, causados, entretanto pelas dificuldades burocráticas impostas, o que levou essa população a executar a própria habitação de maneira irregular.

Desde a década de 80, houve o fim do BNH, e o país passou, assim, por dificuldades em amparar toda população no sector de construção de habitações. E apenas em 2005 entrou em vigor o Sistema Financeiro de Habitação Social (SFHIS), com o objetivo de melhorar a condição habitacional do país.

Com o cenário habitacional e económico trágico que se inseriu no Brasil, é reconhecido que houve muitas construções que sofreram com falta de manutenção e com frequentes paralisações, o que ocasionou o aparecimento de inúmeras edificações degradadas ao longo dos anos.

Os edificios mais antigos foram projetados para se adequar às famílias numerosas e arquitetura da época, porém com a mudança das famílias (menos numerosas) e modernização da arquitetura, passou a ser necessário realizar alterações para adequação às novas utilizações.

No Brasil, está a aumentar o interesse pela área de reabilitação de edificios. São realizados eventos anualmente, sobre temas ligados a reabilitação, há a criação de associações, como é caso da ALCONPAT BRASIL- Associação Brasileira de Patologias das Construções. Essas ações alcançam gradualmente um maior número de interessados que vão interiorizando a necessidade de intervir e reabilitar os edificios.

2.3.1 Legislação da reabilitação de edificios

Assim como em Portugal, há na legislação Brasileira, pouco espaço dedicado à reabilitação de edificios. Há alguns programas de incentivo e auxílio para obras de reabilitação, o principal deles é o PAR- Programa de Arrendamento Residencial, que, mesmo não sendo o seu objetivo principal o auxílio às obras de reabilitação, presta assistência para esse sector.

A falta de uma legislação específica para obras de reabilitação no Brasil dificulta e amedronta o sector privado a investir na manutenção e reabilitação dos edificios. Porém, há no Brasil normas que guiam as construções brasileiras, formuladas pela Associação Brasileira de Normas

técnicas (ABNT). Algumas NBRs (Normas Brasileiras) que podem ser adequadas ao processo de reabilitação e restauro que são:

- NBR 15575: norma que aborda o desempenho das edificações habitacionais e apresenta aspetos que são indispensáveis para o conforto, acessibilidade, segurança, higiene e vida útil das construções;
- NBR 5674/2012: Indica os procedimentos necessários para a organização de um sistema de manutenção de edifícios.
- NBR 14037/2014: Regulariza o uso, operação e manutenção das edificações, com a elaboração de manuais para cada edifício.

Apesar de não ser o único fator, a falta de legislação específica para as obras de reabilitação dificulta o crescimento desse sector. O próximo item indica uma visão geral sobre alguns obstáculos que a execução de obras de reabilitação pode apresentar.

2.4 Graduação das intervenções

A escolha do tipo de intervenção no edifício depende de vários fatores, como a sua localização geográfica, a tipologia arquitetónica, técnicas mais ou menos intrusivas que alteram a arquitetura, grau das manifestações patológicas e suas principais características.

As ações de beneficiação têm o objetivo de conferir aos edifícios, algumas funcionalidades que não existiam inicialmente ou aumentar o desempenho a nível das condições mínimas de habitabilidade, segurança estrutural, organização dos espaços e adequação do edifício às novas necessidades e aspirações dos moradores, decorrentes da alteração dos modos de vida e de alteração na legislação atual. Relativamente às ações de reparação/reabilitação, estas dependem da avaliação das patologias nos diferentes elementos do edifício. Quanto mais grave for a anomalia, maior será o grau de intervenção da reparação/reabilitação. (Paiva et.al,2006 apud Marinho, 2011).

Assim as anomalias podem ser classificadas da seguinte forma: (Paiva et.al,2006 apud Marinho, 2011).

- **Anomalias pequenas:** de correção simples. Prejudicam o aspeto visual do edifício, contudo uma limpeza ou pequenas correções resolvem. Quando presentes em elementos primários são patologias superficiais. Nos vãos e instalações têm caráter estético. Nos acabamentos correspondem a desgaste, pequenas fissuras e sujidade destes elementos.

• **Anomalias médias:** afetam o conforto dos moradores, e sua intervenção é realizada com pequenas substituições. Podem afetar as estruturas e nos vãos apresentam alguns defeitos funcionais que diminuem a durabilidade, além de deterioração dos materiais.

Anomalias grandes: podem acontecer alguns acidentes nas estruturas e as suas correções podem implicar substituição ou reparação dos elementos. Nas paredes, pavimentos, coberturas e vãos os efeitos são perigosos. Nos revestimentos podem apresentar riscos de queda e em instalações, a degradação pode afetar seu desempenho.

• **Anomalias muito grandes:** as consequências podem ser acidentes graves, colocando em risco a saúde e segurança dos moradores. Nas paredes, pavimentos e cobertura, há perda de elementos e deterioração avançada, as condições de segurança e habitabilidade estão em risco. Vãos apresentam grande deterioração, havendo risco quanto a segurança e invasões. Revestimentos estão ausentes em grandes áreas e há risco de queda de placas de grandes alturas. Para correção das patologias são necessárias substituições ou reparações totais. Nas instalações, a deterioração é grande a ponto de impedir o funcionamento do sistema.

Os níveis de intervenções podem ser divididos em: (Paiva et.al,2006 apud Marinho, 2011).

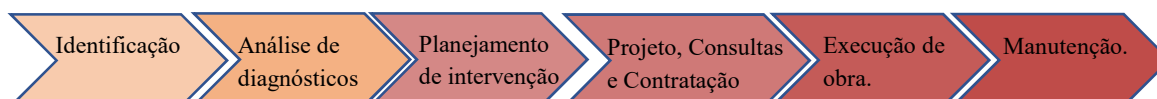
- **Nível 1:** Reabilitação pequena- estética, pequenos reparos;
- **Nível 2:** Reabilitação intermediária- reforma parcial ou total dos elementos;
- **Nível 3:** Reabilitação avançada: demolições, reconstruções, substituições nos elementos degradados;
- **Nível 4:** Reabilitação imediata: intervenção que necessita estudo para garantir segurança do trabalhador e moradores. Geralmente ligadas a aumento de resistência.

A graduação das anomalias é relevante para que as etapas de execução da reabilitação possam ocorrer de maneira correta e coordenada, e executá-las do nível 4 ao 1.

Com o estudo de classificação das intervenções, é necessário planejar a obra para que não haja desperdício de tempo e dinheiro. Sendo assim, existem fases que devem ser cumpridas para que a execução seja feita de forma minuciosa e mais exata possível.

2.5 Fases da reabilitação

O processo de reabilitação não está relacionado apenas com execução da obra, mas também com etapas prévias a ela. Etapas essas que estão organizadas, geralmente, de acordo com o indicado no fluxograma a seguir.



Cada uma das etapas possui sub-itens, os quais podem ser divididas (Quadro 01), segundo Pereira (2013):

Quadro 01 Fases da reabilitação. Pereira (2013).

Etapas	Sub-item
1- Identificação da necessidade de intervenção	
2- Análise de diagnósticos	<p style="text-align: center;">Preliminar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeção Visual • Enquadramento Legal • Relatório de Diagnóstico Preliminar <p style="text-align: center;">Diagnóstico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspectos Construtivos • Aspectos Arquitetónicos • Aspectos Históricos • Aspectos Sociais • Estabelecimento de Hipóteses • Relatório de Diagnóstico
3 - Planeamento estratégias de intervenção	<ul style="list-style-type: none"> • Definição dos Objetivos • Propostas Preliminares • Decisão de Intervenção
4 – Projeto Consulta e Contratação	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos e revisões • Autorização de Licenciamento
5 - Execução da Obra 6 – Utilização e Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamento dos Trabalhos • Organização e Instalação do Estaleiro.

A reabilitação engloba vários processos que serão divididos no presente trabalho, pois servirá como guia para a elaboração da metodologia futura.

- Realização de diagnóstico do imóvel e identificação dos agentes degradados;

- Essa etapa do processo construtivo consiste na identificação das patologias presentes, o nível de degradação, e a consequente decisão da necessidade de reabilitar;
- Inspeção preliminar
 - A inspeção visual ocorre na primeira visita ao edifício, a qual pretende absorver informações das condições gerais do edifício, aspetos arquitetônicos, patologias presentes. É importante, também, no decorrer da primeira visita, a obtenção de documentações existentes, assim como toda informação que a equipe técnica considerar indispensável. Durante essa etapa preliminar é imprescindível que seja documentado todos os dados através de fichas catalográficas.
 - As documentações obtidas na primeira visita são importantes para o enquadramento legal da reabilitação, para obter conhecimento das obrigações urbanísticas, administrativas. (Pereira, 2013). O contacto com a Câmara Municipal é essencial para obter informações sobre novas leis vigentes e compreender o processo de em enquadramento da reabilitação.
 - O Relatório de Diagnóstico Preliminar é um documento no qual a equipe técnica deve informar ao Dono de Obra as patologias presentes, seu nível de degradação, as possibilidades de reabilitação e as restrições técnicas e económicas impostas.
- Diagnóstico
 - Durante o diagnóstico as estruturas deverão ser analisadas e testes deverão ser realizados, principalmente, nas estruturas de betão armado do edifício existente. Recomenda-se a elaboração de relatórios de possíveis causas.
 - Além dos aspetos históricos, dados socioeconômicos podem ser cruciais para obras de reabilitação, pois há pormenores que podem ser fatores primordiais, tais como: superlotação, abandono, marginalidade, etc..., por exemplo.
 - Com os relatórios preliminares e testes elaborados, faz-se, por fim, o relatório geral de diagnóstico do edifício.
- Planeamento de estratégias de intervenção:
 - Com o conhecimento profundo do edifício pela equipe técnica, inicia-se o estudo de estratégias de intervenção, com base nas necessidades e possibilidades

económicas serão analisadas as potencialidades do edifício existente e será selecionada a estratégia de intervenção. (Pereira, 2013).

- Depois das estratégias definitivas estabelecidas, cabe ao dono da obra aprová-las e assim elaborar as estratégias de início da obra.
- O projeto de reabilitação reúne todas as informações colhidas durante as etapas anteriores, sendo assim, trata-se de um projeto bem elaborado com os diagnósticos e processos de reabilitação.
- A elevada especialização das obras de reabilitação requer um planeamento, organização e controle extremamente definidos. Ainda que o setor de planeamento da obra seja exigente, imprevistos e novidades acontecem, e a equipe projetista deve ser flexível, para rever o projeto e alterar a metodologia face às novas descobertas.
- Alguns aspetos devem ser analisados para executar obras de reabilitação, principalmente relacionados ao estaleiro, pois o espaço dificulta sua instalação. Zmitrowicz e Bomfim (2007) recomendam que os trabalhos de remoção de entulhos necessitem ocorrer no estaleiro e este ser constantemente limpo.
- A manutenção de edifícios é imprescindível ocorrer com periodicidade, pois a utilização gera degradação. Sendo assim, recomenda-se a elaboração de manuais para auxiliar a utilização e manutenção do edifício, os quais devem definir as inspeções necessárias e sua periodicidade.

Essas diretrizes apresentadas serão utilizadas como forma de guia para a análise dos custos da reabilitação do edifício estudado.

2.6 Custos de Reabilitação

O setor da construção civil desempenha um papel importante na economia brasileira. Segundo o Jornal Estadão, em 2019, o sector representou 7,3% de geração de empregos, ou seja, um a cada 14 pessoas empregadas, trabalha na construção civil.

Por ser uma indústria de alta competitividade, o planeamento e controle de custos é fundamental. Assim como construções novas, os processos de reabilitação de edifícios, pela sua complexidade, necessitam cada vez mais de um controle orçamental. Para Mckim et al., (2000 apud Rodrigues 2011), os projetos de reabilitação desenvolvem-se diferentemente aos da construção civil referente não apenas à execução, mas no controle e orçamento da obra.

A estimativa de custos relacionados com a reabilitação de edifícios apresenta uma dificuldade acrescida. Isto porque cada intervenção é única, assim como o trabalho de diagnóstico das patologias presentes no edifício, por isso a criação de um modelo orçamental é praticamente inviável.

Porém alguns custos gerais podem ser elencados, como Bezelga e Neto (1985, apud Rodrigues, 2011), esquematizam:

- Custo de reconhecimento do estado real da edificação (através de sondagens, levantamentos e projectos, entre outros);
- Custos de estudos especiais (verificação de segurança, verificações de isolamentos térmicos, acústicos, entre outros);
- Custos com operações de mudanças de uso;
- Custos que podem acontecer durante a execução, por descobrir patologias não diagnosticadas previamente;
- Custos de mão de obra especializados;
- Custos de eventuais danos em edificações vizinhas;

2.6.1 TCPO- Tabela de custos de manutenção e reformas

A Tabela de Custos de Manutenção e Reformas (PINI, 2006) – para serviços de manutenção, reformas, ampliações e reparos de edificações – é um conjunto de parâmetros disponível, no Brasil. Nela, a composição de custos é apresentada tal como a de uma obra nova, porém com produtividade reduzida usualmente à metade. (Jesus e Barros, 2011).

A tabela é umas das principais referências de custos no Brasil. Iniciou os estudos em 1955, com 100 serviços publicados, porém, atualmente conta com mais de 8.500 composições de Serviços e preços de referência.

No seu estudo Jesus e Barros (2011) referem que independentemente da forma de elaboração do orçamento, o uso de fontes como a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (PINI, 2009), ou mesmo alguns softwares desenvolvidos especificamente para elaboração de orçamento e planeamento de obras auxiliam a sua elaboração, estabelecendo parâmetros de consumo de materiais, de equipamentos e de mão de obra.

Araújo e Alves (2010) definem que para a Composição de Preço Unitário deve haver os seguintes itens:

- Bens (materiais, mão-de-obra, equipamentos, terceirização de serviços), com suas unidades;
- Quantidades de cada produto;
- Preços unitários de cada produto;
- Taxas e Leis sociais (mão-de-obra);

Existem estudos sobre custos da reabilitação que serão usados como referência, porém o estudo se aprofundará será a tabela da TCPO (Tabela de Composição de Preços para Orçamentos) e sua comparação com a realidade, referindo nos itens de serviços, mão de obra e equipamentos utilizados na reabilitação de uma construção.

Com posse dos insumos necessários para a execução de uma obra, independentemente de sua tipologia determina-se o custo direto unitário de cada serviço, e o somatório de todos, resultará no custo direto global da obra. Os demais gastos (custos extras e indiretos) não são obtidos através da tabela, podem ser obtidos através do uso do BDI (Bonificação e Despesas Indiretas), que será detalhado posteriormente.

2.6.2 CUB-Custo Unitário Básico

O Indicador CUB (Custo Unitário Básico) é utilizado na construção civil para obter uma estimativa do custo de obra por metro quadrado. Aplicado, principalmente, na determinação de custo de imóveis.

A Lei Brasileira n.º 4.591, de 16 de dezembro de 1964 (artigo 54), normatiza que os Sinduscon (Sindicato da Indústria da Construção Civil) de todo o país têm o dever de publicar mensalmente os custos unitários de construção adotados na em cada região do país. Sendo assim, consegue-se obter base de dados de meses e anos anteriores.

O cálculo do CUB por metro quadrado é a somatória de combinações de preços e pesos de cada insumo. Para cada especificação, são definidas classificações por padrão de acabamento e número de pavimentos. A classificação é ilustrada no quadro (02).

Os dados apresentados no quadro 2 representam o estudo do mês de novembro de 2020 do Sinduscon do Mato Grosso do Sul. Alguns itens não estão inclusos nesses cálculos.

A fim de obter mais conhecimentos sobre reabilitação de edifícios, além de adentrar no âmbito de referências bibliográficas, se faz necessário aprofundar em estudos de patologias e técnicas de reabilitação, e é sobre esses assuntos que os capítulos três e quatro tratarão.

Quadro 02-classificação das edificações com seu respectivo CUB Residencial. (Sinduscon, 2021)

PROJETOS	Padrão de acabamento	R\$/m²	var.% mês
Residenciais			
R-1 (Residência Unifamiliar)	Baixo	1.272,74	0,85%
	Normal	1.488,88	1,04%
	Alto	1.858,90	1,16%
PP-4 (Prédio Popular)	Baixo	1.233,24	1,17%
	Normal	1.447,97	1,14%
R-8 (Residência Multifamiliar)	Baixo	1.171,45	1,29%
	Normal	1.270,38	1,14%
	Alto	1.537,95	1,36%
R-16 (Residência Multifamiliar)	Normal	1.237,52	1,16%
	Alto	1.615,13	1,09%

3 -PRINCIPAIS PATOLOGIAS ASSOCIADAS AOS EDIFÍCIOS

Patologia das estruturas é o ramo da Engenharia Civil o qual estuda as origens, formas de manifestação, consequência e mecanismos de ocorrência das degradações dos elementos construtivos. (Souza e Riper, 1998),

A ocorrência de patologias nos edifícios tem sido comum nos edifícios e alguns fatores potencializam a manifestação em edifícios construídos ou até em obras inacabadas. Fatores que segundo Marinho (2011) são:

- Qualidade dos materiais usados durante a execução da obra, pois os defeitos de fabrico podem afetar o produto final;
- Uso inadequado dos materiais, aliado à falta de cuidado na execução;
- Falta de manutenção cria despesas extras aos utilizadores, que muitas vezes em menos de cinco anos necessitam realizar reparações;
- Má execução do sistema de impermeabilização, que gera problemas de infiltração, corrosão das armaduras, etc;

Além dos fatores catalizadores, há elementos como, temperatura, água, humidade, ar, luz poluição, microrganismos, são, muitas vezes os principais causadores de patologias nas edificações. (Barrientos, 2004). O quadro (3) refere os fatores, agentes e os mecanismos de ataques ao edifício.

A ação dos fatores pode ter origem em qualquer etapa do processo construtivo, como:

- Planeamento/Projeto;
- Materiais;
- Execução;
- Utilização;
- Condicionantes de velocidade de execução, como prazo e custo;
- Mão-de-obra;

O presente capítulo procura apresentar as principais manifestações patológicas existentes nos edifícios. Ressalta-se que o principal objetivo é apresentar uma noção geral, principalmente das patologias encontradas no caso de estudo.

Nince (1996) aponta que, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, local do estudo de caso, a maior porcentagem de edificações degradadas estão em construção, e aponta que a obra com

idade superior de 30 anos pode ter sua porcentagem defasada já que há difícil acesso às informações antigas.

Quadro 3 - Elementos causadores de patologias (Barrientos, 2004).

Fator	Agentes	Mecanismo
Temperatura	Temperatura	A elevação da temperatura provoca um deslocamento de fachadas, ressecamento de madeiramento, cristalização rápida e consequente expansão de sais na alvenaria.
Água	Chuva- causam infiltrações em fachadas e telhados e piora com chuvas ácidas. -- Lençol freático elevado provocando aparecimento de sais	Fator mais nocivo, causador de degradação através de intemperismos e corrosão biológica e química, pelo transporte de sais.
Humidade	Água presente na forma de vapor	Humidade acima de 70% é crítica
Ar	Gás carbônico, dióxido de enxofre (SO ₂), poeira e fumaça.	Formação de crosta negra principalmente sobre as fachadas,
Agente Biológico	Qualquer animal, desde microrganismos até o ser humano.	Os fungos e bolores atacam madeiras e pedras. Os pombos através de seus excrementos provocam alterações químicas nos materiais

No presente estudo, foram analisados vinte e duas obras da cidade de Campo Grande e constatou que os principais elementos afetados foram:

- Fundações (36,4%);
- Pilares (33,3%);
- Lajes (28,6%)
- Cobertura (4,5%);
- Paredes (4,5%);
- Outros (22,7%-Consolos, marquises e tubulações).

Sendo assim, as principais patologias analisadas serão as do betão armado, sistema de vedação e sistemas prediais. Há inúmeros estudos relacionados com outras patologias encontradas nos edifícios, mas por se tratar de uma edificação antiga e inacabada, serão analisadas de maneira mais profunda, as patologias encontradas durante as visitas técnicas do estudo de caso.

3.1 Patologias em betão armado

A existência de patologias em estruturas de betão armado é gerada por processos de deterioração, geralmente, motivadas por falta de cuidados na fase de planeamento, projeto, escolha dos materiais ou manutenção pouco frequente. A durabilidade das estruturas pode ser definida como o tempo que as estruturas desempenham sua função satisfatoriamente. A Norma Brasileira 6118: 2003 define durabilidade como a capacidade de as estruturas resistirem às influências ambientais previstas no início da elaboração do projeto.

A falta previsão de durabilidade, e execução de manutenção e/ou execução incorreta das estruturas, podem favorecer o aparecimento de fissuras que potencializam a ação do processo de carbonatação do betão e corrosão em armaduras.

3.1.1 Carbonatação do betão

A carbonatação é um processo químico que ocorre da interação entre o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e os hidróxidos do betão e como resultado do processo há a formação de uma camada alcalina no interior da estrutura que enfraquece as ligações do betão e ao estar em contacto com as armaduras potencializam o início do processo de corrosão.

Em Andrade (2001), há a ratificação de que as superfícies do betão expostas à alcalinidade do cobrimento podem ser diminuídas pela penetração do gás carbónico (CO₂), através dos poros dos materiais, e reage com o hidróxido de cálcio [Ca (OH)²] dando origem ao processo de carbonatação. A reação é representada pela Equação 01 e a figura (3.1) ilustra o processo de carbonatação do betão



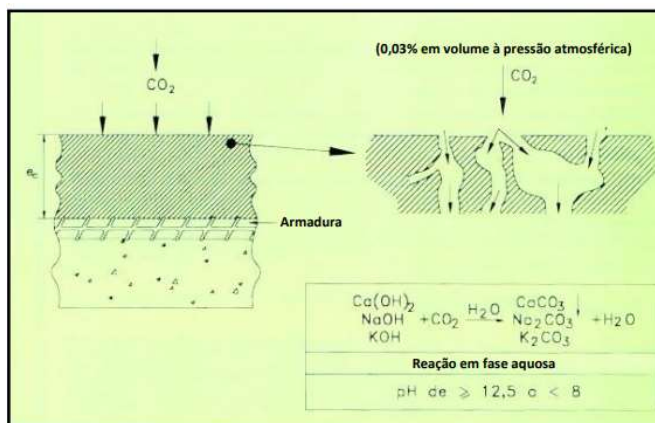


Figura (3.1)– Processo de carbonatação. Santos (2014, apud Andrade, 1998)

O gás carbônico reage com um dos produtos resultantes da hidratação do cimento (hidróxido de cálcio) e reduz o Ph do líquido para nove, o que enfraquece a película passivadora que envolve a armadura. Além disso, a carbonatação influencia na liberação de cloretos que estão na pasta de cimento, o que como afirmado anteriormente potencializa a iniciação do processo de corrosão.

O presente capítulo se baseará no estudo geral das principais patologias e suas subdivisões. A carbonatação do betão é um processo que está relacionado com a corrosão de armaduras, assim, procurou-se estudar e evidenciar alguns fatores que influenciam o processo de carbonatação. O Quadro (04) descreve alguns desses fatores.

Quadro (04) - Fatores que influenciam a carbonatação Adaptado Helene (1993; Andrade 2001).

Fator	
Concentração de CO ₂	Carbonatação aumenta com maior concentração de CO ₂ . Em ambiente rural admitem-se valores de 0,03% em volume; em cidades grandes admite-se 0,3% em volume.
Humidade Relativa (HR)	Influencia a quantidade de água contida nos poros e assim condiciona a velocidade de difusão do CO ₂ . Se a HR for baixa o CO ₂ difunde nas regiões mais internas, sem dificuldade. Mas quando os poros estão saturados a velocidade de carbonatação é lenta. E se a HR estiver entre 60% e 80% a velocidade é maior, pois o ambiente é perfeito para o processo.

Relação a/c	Quanto maior a relação A/C maior será a porosidade e a permeabilidade o que aumenta a penetração do CO ₂ .
Tempo de cura	Quanto maior o tempo de cura, maior a hidratação do cimento, o que diminui a porosidade e a carbonatação do betão.

3.1.1.1 Determinação de Presença De Carbonatação

Helene (1993) explica que para determinação de presença do processo de carbonatação podem ser empregados indicadores químicos, como o uso de fenolftaleína ou produtos equivalentes, os quais alterem o pH para um intervalo de oito e onze. Um betão perfeitamente são, tem um pH na ordem dos treze. À medida que a carbonatação vai ocorrendo, uma das consequências é a diminuição do pH. A partir de valores próximos de nove considera-se que o betão está carbonatado e é precisamente a partir desta gama de valores que a fenolftaleína passa de incolor para uma tonalidade rosa-carmim.

É necessário ressaltar que o uso dos elementos químicos tem caráter destrutivo, então deve haver planeamento dos locais onde serão realizados os ensaios para que não haja interferência no quesito estético e estrutural. O autor indica a metodologia para realização do ensaio, que será exemplificado a seguir:

- Extrair um carote do local;
- Aplicar solução com a aspensão da solução de fonolftaleína;
- A solução, ao ser aplicada, tem mudança de cor (rosado) em locais básicos e incolor em locais ácidos.

Assim, a permanência da coloração, indica uma área carbonatada, pois, há mudança de pH. O quadro (05), demonstra a relação de pH com a situação do betão.

Quadro (04) - Relação de PH com situação do betao. Santos (2014, apud Andrade, 1998)

PH	Coloração	Situação
<8,2	Incolor	Carbonatada
9,8	Rosa	Não Carbonatada

O processo de carbonatação está diretamente ligado à corrosão de armaduras, as características porosas do betão, com a difusão do dióxido de carbono, permitem a entrada de cloretos que propagam a despassivação do aço, potencializando a corrosão das armaduras.

3.1.2 Corrosão de armaduras

Helene (1993) define corrosão como a interação degradada de um material com o meio ambiente, seja por ação química, física, eletroquímica ou a combinação delas. As ações podem ser definidas como:

- **Físicas:** erosão e cavitação;
- **Eletroquímica:** processo corrosivo de metais em meios aquosos;
- **Químicas:** reações e expansão e lixiviação.

Existem dois processos de corrosão do aço, tais como, corrosão eletroquímica e oxidação direta. A corrosão eletroquímica é o processo que ocorre nas armaduras do betão armado, nela o fenómeno ocorre devido à presença de humidade na superfície das barras ou no betão, os quais trabalham como eletrólito. A dissolução do aço ocorre nas regiões anódicas e o desenvolvimento não são regulares. (Helene, 1993).

Santos (2014) indica que a corrosão eletroquímica é a principal causa da deterioração das armaduras do betão, a qual resulta em uma célula eletroquímica e assim o betão atua como eletrólito e as armaduras como condutores eletrónicos. A figura (3.2) representa a ação da corrosão nas armaduras:

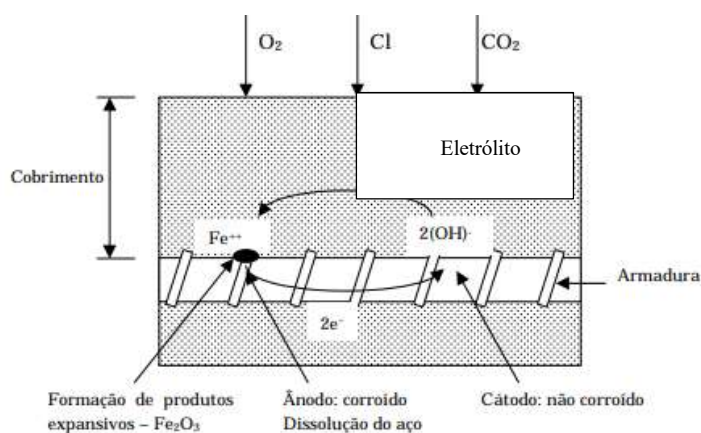


Figura (3.2) - Ação da corrosão de armaduras. Santos (2014).

Os principais agentes responsáveis da corrosão eletroquímica são o dióxido de carbono, o qual provoca a redução da alcalinidade do betão (carbonatação) e como consequência destruição da camada de passivação e os íons cloreto que, mesmo que não tem interferência na alcalinidade

do betão, quando excedem um teor limite nos poros cimentício, provocam a reatividade anódica e a rutura pontual da película de passivação. (Santos, 2014).

O betão tem uma característica porosa, e o resultado das reações eletroquímicas, que ao se acumularem na superfície aço-betão, geram um aumento no volume das armaduras que causam fissuras no recobrimento do betão e compromete a resistência da estrutura.

3.1.2.1 Determinação de presença de corrosão

Assim como o uso da solução de fenolftaleína é utilizada para a determinação da presença e carbonatação, a solução é utilizada, também, para a caracterização da corrosão. Como um processo é precedente do outro, admite-se que se há presença de carbonatação, a probabilidade de existir processo de corrosão é maior.

Além do uso da solução de fenolftaleína, há vestígios visuais que podem determinar a presença da corrosão em armaduras. A coloração avermelhada pode indicar o processo de corrosão da armadura.

O processo de corrosão e carbonatação presentes no betão armado pode gerar a manifestação de fissuras, porém não são causas exclusivas dessas patologias.

3.1.3 Manifestações patológicas- Fissuração

A NBR 15.575:2013 define fissura de um elemento como sendo o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal do elemento, provocado por tensões normais ou tangenciais. Ocasionalmente são de gravidade menor e superficial, podendo se manifestar em diversas direções e em elementos estruturais ou não estruturais.

As fissuras de estruturas em betão armado e de paredes de alvenaria podem expressar danos prejudiciais ao edifício, como a interferência nas propriedades dos elementos construtivos, como: durabilidade, estanqueidade, conforto térmico e acústico.

As causas do aparecimento de fissuras ao longo das paredes e elementos não estruturais, segundo Medeiros e Sabbatini (1999), são resultados de uma combinação de fatores que podem ser:

- Propagação de fissuras das estruturas de betão armado;
- Inexistência de juntas de dilatação;
- Erro de execução de assentamento de revestimento;

- Erro em execução de alvenaria de encunhamento.

Para Magalhães (2004) as fissuras em alvenarias podem ser resultado de movimentações da própria parede ou pela movimentação de estruturas adjacentes, tais como: pilares, vigas e lajes; elementos estruturais de fundações; componentes de coberturas; pisos; esquadrias, etc.

Apesar de ser comum o aparecimento de fissuras, a análise e investigação das suas causas é essencial para haver entendimento sobre as ações que estão a ocorrer nos elementos.

Durante a fase de análise dos elementos do edifício fissurados, primeiramente deve-se elaborar um mapeamento de fissuras de cunho gráfico para melhorar a visualização durante a etapa de diagnóstico, e classificá-las conforme sua atividade, que podem ser:

- **Ativa:** quando a fissura ainda está em formação e em movimentação;
- **Inativa ou estável:** quando a fissura não tem movimentação mais atuante, está estabilizada. (Figueiredo, 1989).

Serão dissertadas, de maneira sucinta, nos próximos itens algumas causas do aparecimento de fissuras nos elementos das edificações.

3.1.3.1 Fissuração devida a movimentação de fundações

Como as estruturas da fundação recebem os esforços do edifício, a má execução das mesmas podem causar danos em todos os elementos construtivos. Sendo assim, o planejamento e acompanhamento de todo o processo de execução da fundação, é de extrema importância, a fim de mitigar patologias causadas pelas movimentações das mesmas.

O presente estudo abordará as pequenas movimentações recorrentes nos elementos de fundação e sua envolvente, excluindo as movimentações causadas por sismos ou grandes eventos da natureza. As patologias de fundações podem estar associadas a diversos fatores, entre eles pode-se referir a falta de estudo geotécnico e investigação do tipo e das características do solo, pois o projeto deve ser elaborado a partir das indicações fornecidas pelo laudo, o qual permite saber o tipo do solo, sua homogeneidade, resistência, compressibilidade, entre outros.

Segundo Mendes da Silva (1998), alguns eventos que podem ocorrer no solo devem ser avaliados para evitar a manifestação de fissuras ao longo do edifício, são eles:

- Assentamento do solo devido à carga aplicada pelo edifício através das fundações;
- Assentamento de aterros por ação das cargas aplicadas ou por ação de agentes naturais ao longo do tempo (não previsto);

- Expansão ou empolamento das partículas do solo, associados à descompressão resultante de escavações, não compensada pelo carregamento posterior em serviço;
- Variação do teor de humidade de solos argilosos - com consequente contracção ou expansão – resultados da incidência de estáticas exteriores de longa duração, da mudança do nível freático (por causas naturais ou artificiais), da alteração da permeabilidade das camadas de solo (em particular da camada superficial) ou, ainda, da alteração das condições de percolação.

O assentamento do solo gerado por cargas aplicadas pelo edifício, segundo Laranjeiras (2015), independente da ação (uniforme ou diferencial), pode afetar o bom funcionamento do edifício, e criar instabilidade que diminui a segurança e conforto dos moradores. Figura (3.3) ilustra como os assentamentos afetam o edifício.

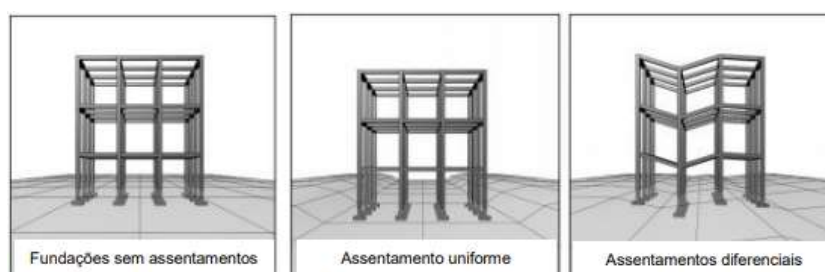


Figura (3.3): Assentamentos dos solos. Laranjeiras (2015).

Usualmente, as fissuras geradas por assentamentos diferenciais, tem configuração em diagonal, como é demonstrado nas figuras (3.4 e 3.5).

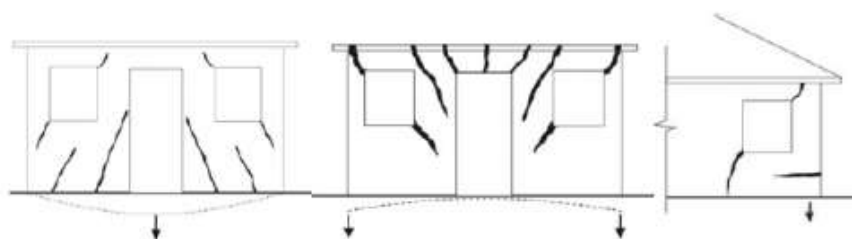


Figura (3.4)- Configurações de fissuras causadas por movimentação de solos. Costa (2015).

Segundo Mendes da Silva (1989), o fenómeno do assentamento de fundações directas ocorrem nos primeiros anos de vida da edificação, porém as posteriores alterações funcionais e

estruturais- aumento de carga adicionada às fundações, criação de novas ligações estruturais, podem conduzir também a assentamentos diferenciais.

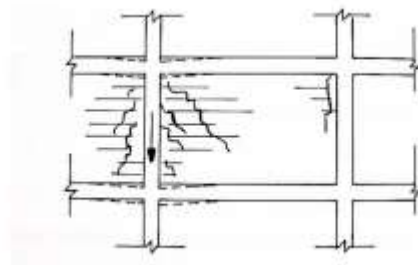


Figura (3.5) -Fissuração de paredes divisórias causada pelo assentamento diferencial das fundações (estrutura reticulada de betão armado apoiada em sapatas isoladas). Sousa e Sousa (2014).

Já os fatores de variação da humidade do solo, movimentações das partículas presentes no solo e a ação de fenómenos naturais podem ser evitados na fase de projeto e com a correcta execução do estudo do solo. Mas, também, em um processo de reabilitação de fissuras ocasionadas por movimentação de fundações, recomenda-se um novo estudo do solo, para que a metodologia seja a adequada para o tipo de solo.

Face à complexidade das patologias presentes nas edificações causadas por erros relacionados a execução de fundações, é necessário o conhecimento geral de áreas como mecânica dos solos, da teoria das fundações e da análise estrutural, que ultrapassam o objetivo deste estudo - julga-se necessário recordar apenas as informações relativas a algumas das causas pertencentes ao edifício do estudo de caso e assim apresentar os princípios básicos das reabilitações correspondentes.

3.1.3.2 Fissuração devida a ação de cargas não previstas

Além das movimentações do solo/ fundações, há configurações de fissuras causadas devidas às ações de cargas externas. Nas paredes (sem função estrutural), as cargas aplicadas deveriam ser resultantes apenas do seu peso próprio (com os seus revestimentos), fixação de pequenos equipamentos, mobiliário e de ações correntes de utilização, cuja reduzida ordem de grandeza não deveria gerar, em princípio, fenómenos de fissuração. Porém, é frequente o aparecimento de anomalias, neste tipo de paredes, sob ação de cargas excessivas, excêntricas ou concentradas. (Mendes da Silva, 1998).

A concentração de cargas, segundo Mendes da Silva (1998) pode provocar fissuração localizada nas paredes, e é o fenómeno mais preocupante para as paredes, as quais não desempenham funções estruturais. Esta concentração de esforços pode ocorrer, quer por concentração de cargas, quer por redução da secção resistente, como se indica no Quadro 6.

Em estruturas de betão armado do edifício estão naturalmente sujeitas a ações, e são projetadas para lhes resistir. Durante a execução do projeto de estruturas, além das cargas de projeto (peso próprio, alvenarias, equipamentos, etc...), há outras ações que devem ser tidas em consideração, como por exemplo, em países da Europa, há o cálculo de ações causadas por sismos, mas no Brasil como há pouco ou quase nenhum evento sísmico, o coeficiente de segurança não é calculado para esses eventos naturais, porém há em algumas regiões o uso de um coeficiente maior, pela constante frequência de ventanias.

Quadro (06) - Causas e consequências relacionados à fissuração de concentração de cargas. Mendes da Silva (1998).

ORIGEM	EFEITO	PREVENÇÃO	CORRECÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Viga que atravessa transversalmente uma parede e lhe transmite carga elevada e localizada. 	<p>→ Esmagamento localizado com fissuras fazendo um ângulo com a vertical entre 30° e 45°.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Evitar a existência de ligação rígida na zona de passagem da viga ou construção da parede após a deformação inicial da viga. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Separar a viga em relação à parede ou criar apoios suplementares.
<ul style="list-style-type: none"> • Viga que é apoiada transversalmente numa parede e lhe transmite carga elevada e localizada. 	<p>→ Idem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Interpor elemento de betão armado no plano da parede para distribuição da carga. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Criar apoios suplementares ou introduzir elementos de distribuição de cargas.
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de cargas excêntricas elevadas (fixação de armários, equip. sanitários, etc.) 	<p>→ Idem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Diminuir a excentricidade da carga, através duma melhor fixação e de elementos de distribuição da carga em betão armado. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Remover os equipamentos, reforçar a parede localmente e recolocar os equip. com excentricidade reduzida.
<ul style="list-style-type: none"> • Lintel sobre um vão de porta ou outro com apoios de dimensão reduzida. 	<p>→ Fissuração inclinada, seguindo as juntas entre blocos das extremidades do lintel em direcção à abertura do vão.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Dimensionar os apoios para garantir uma eficaz distribuição de esforços ou usar vergas pré-fabricadas com junta resiliente. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Substituir o lintel ou melhorar distribuição no apoio com interposição de chapas de aço; armar revestimentos confinantes.
<ul style="list-style-type: none"> • Lintel sobre um vão de porta ou outro, com insuficiente rigidez. 	<p>→ Idem, com eventual descolamento dos blocos e empolamento dos revestimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Criar lintéis com a rigidez e resistência adequadas ou utilizar vergas pré-fabricadas com junta de assentamento resiliente. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Idem.
<ul style="list-style-type: none"> • Reduções localizadas da secção da parede (roços para canalizações, condutas e tubos). 	<p>→ Fissuração com desenvolvimento mais provável ao longo das zonas enfraquecidas pela redução de secção.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Evitar as reduções de secção mais severas e bruscas; armar a alvenaria e os revestimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Realizar um revestimento armado, nomeada-mente nas zonas enfraquecidas.

3.1.3.3 Fissuração devida à deformação do suporte

As paredes de alvenaria não estruturais apresentam, frequentemente, fissuras, pois são pontos frágeis dentre as estruturas dos edifícios, e, além de estarem confinadas entre as estruturas de betão armado- que possuem coeficientes de variações diferentes dos blocos cerâmicos-.

Sousa e Sousa (2014) definem que normalmente este tipo de fissuração nas paredes divisórias não causa problemas de instabilidade, porém podem afetar outros aspetos funcionais. Não afeta apenas o aspeto estético, mas pode enfraquecer a capacidade de isolamento acústico e térmico e nos piores casos diminuir a resistência ao fogo e estanqueidade.

Visto que são pontos frágeis, as principais causas da fissuração das paredes confinadas associam-se à deformação da estrutura de suporte (vigas, lajes e pilares). Esta deformação normalmente é causada pelas cargas aplicadas na estrutura e podem ser agravadas por fenómenos de fluência. Esta situação está ilustrada na figura (3.6).

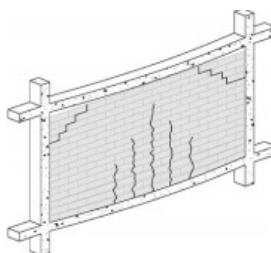


Figura (3.6) -: Fissuração de paredes divisórias causada pela deformação vertical da sua estrutura de suporte. Sousa e Sousa (2014)

A fim de limitar a fissuração da parede, é necessário, segundo Mendes da Silva (1998), realizar as seguintes tarefas, em projeto:

- Prever o tipo e a magnitude da deformação do suporte. Os elementos iniciais ou de longo prazo antes e depois da construção da parede de alvenaria;
- Definição do nível de fissuração aceitável da parede de alvenaria;
- Determinar a força gerada na parede sob a ação da deformação do suporte e a subsequente fissuração, levando em consideração suas características de resistência.

3.1.3.4 Fissuração devida às variações de temperatura

Assim como a deformação do suporte, a variação de temperatura que acontece ao longo dos dias no edifício pode causar a manifestações de fissuras nos elementos construtivos.

Segundo Dal Molin (1988), os elementos construtivos podem sofrer variações de temperatura devido a influências externas, como mudanças causadas por condições ambientais (naturais ou não naturais), ou devido a influências internas (como aumento de temperatura durante a hidratação do cimento). Essas mudanças de temperatura irão produzir encolhimento nos componentes estruturais, portanto, a tensão de tração atua sobre o betão. Se a tensão de tração for maior que a resistência do betão em qualquer momento, podem aparecer fissuras. Quando essas mudanças de temperatura têm um efeito compressivo sobre o betão, quase nada tem a ver com o efeito de tração, pois o betão tem maior tensão de compressão.

As fissuras por movimentações térmicas no betão são influenciadas também pelo elemento ao qual o betão está ligado, devido aos coeficientes de dilatação térmica ser diferentes, por exemplo, “O coeficiente de dilatação térmica linear do betão é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias de uso corrente, considerando aí a influência das juntas de argamassa” (Casotti, 2007), sendo assim, estas fissuras em questão podem ser mais significativas (Figura 3.7)

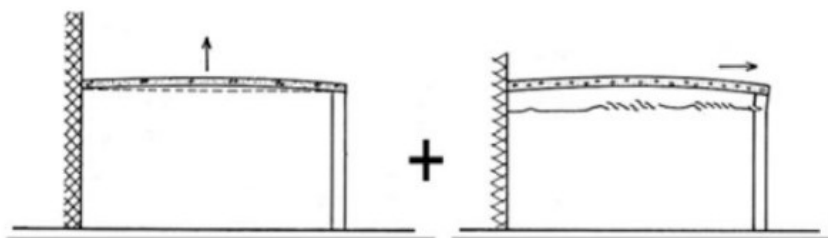


Figura (3.7) - Fissura ocasionada por movimentação térmica. Sousa e Sousa (2014)

Geralmente, as fissuras causadas pela movimentação térmica em elementos estruturais, tem configuração horizontal. Esse aspeto é um bom sinal para auxílio da análise da fissuração e escilha do processo de reabilitação. Porém em regiões mais enfraquecidas, como por exemplo, janelas e portas, a movimentação térmica pode causar fissuras verticais.

3.1.3.5 Fissuração devida à ação da humidade

A ação da água é classificada como patologia quando não há controlo de sua movimentação pelas estruturas do edifício. A humidade, considerada em sentido lato, pode estar presente nos problemas de fissuração das paredes de alvenaria resultantes dos movimentos higroscópicos dos materiais, da expansão do tijolo, da retracção da argamassa e dos blocos de betão, entre outros (Mendes da Silva, 1998).

Segundo Thomaz (1996), as fissuras provocadas por variação de humidade dos materiais de construção civil são muito parecidas com as provocadas por variações térmicas. Podem ocorrer, em casos específicos, aberturas variando em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou humidade.

Há também, comumente, a manifestação de fissuras horizontais nas bases de paredes causadas pela má execução de impermeabilização, e assim os blocos cerâmicos em contato direto com o solo, absorvem humidade e geram movimentações diferenciadas com o topo da parede. Thomaz (1996) ilustra esse fenómeno na Figura (3.8).

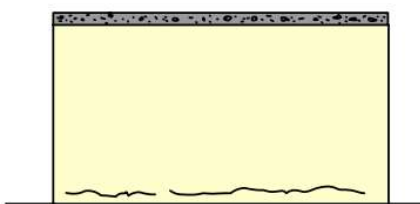


Figura (3.8) Fissuras horizontais causadas pela movimentação do solo com a alvenaria. Thomaz (1996)

A humidade é uma característica permanentemente presente nos elementos construtivos e também é fator de origem de outras patologias. Seguidamente, esse fenómeno será mais bem explicado.

3.1.4 Humidades

A presença de água nas edificações é comum, pois a água está presente nos materiais e superfícies, além disso, segundo Torres (1998), a água possui propriedades que influenciam na ação da humidade nas construções, são elas:

- Grande poder de penetração;
- Grande poder de dissolução;
- Grande mobilidade devido à baixa tensão superficial;
- Capacidade para transportar sólidos, líquidos e gases.

No estudo de patologias associadas à presença de humidade nas edificações, além de se atentar às propriedades da água, é indispensável avaliar as suas formas de manifestação e a maneira que agem nos elementos construtivos. Sendo assim, o quadro (07) apresenta as principais causas da presença de humidade em edificações.

Quadro 07: principais causas de infiltrações em edificações.

Tipo de Humidade	Descrição
1. Precipitação	Presença de água nas paredes provenientes de chuvas com incidência direta ou proveniente de cobertura.
2. Humidade por condensação	Proveniente de formação de vapores no interior do edifício que tendem a condensar em contacto com a parede
3. Humidade ascensional	Pela característica de capilaridade a água ascende pelos poros dos blocos cerâmicos
4. Humidades da construção	Humidade proveniente da água usada na execução de obra
5. Higroscopicidade	Higroscopicidade é a propriedade que os materiais possuem de absorverem a humidade do ar.

A humidade manifesta-se de maneiras distintas nas paredes, e a análise da manifestação é imprescindível para o entendimento da origem das suas patologias. Assim como explanado anteriormente, se faz necessário realizar um breve aprofundamento relacionado às formas de manifestação da humidade em paredes.

3.1.4.2 Humidade de precipitação

A água proveniente de chuvas não é o principal fator de aparecimento de patologias nas paredes, pois a construção é projetada para resistir a esse tipo de ação, porém é comum observar um agravante, a má execução de aplicação dos revestimentos de parede externa.

Segundo Freitas e Torres (2008), a execução de um revestimento exterior das paredes que seja totalmente impermeável ao vapor, impede que o vapor de água se transfira para o exterior do edifício, o que pode gerar o aparecimento de bolhas no revestimento.

O intuito de impermeabilizar os revestimentos, não deve ser de deixá-los totalmente impermeáveis, mas com a possibilidade de haver transferências de formas de água de maneira correta e não prejudicial.

3.1.4.3 Humidade por condensação

As condensações sobre as paredes ou no interior dos elementos de construção constituem uma das causas mais vulgares da existência de humidade nos edifícios. O arrefecimento de uma massa de ar pode provocar a condensação do vapor de água existente.

Segundo Freitas e Torres (2008) a queda de temperatura no paramento interior das paredes exteriores acontece quando a temperatura exterior diminui e as perdas térmicas através das paredes são grandes. Quanto maior o coeficiente de transmissão térmica (K), maior as perdas térmicas.

E para a autora a temperatura do parâmetro do interior da parede pode ser definida como:

$$\theta_i = t_i - 1 h_i K (t_i - t_e)$$

θ_i - temperatura do paramento interior [°C]

t_i, t_e - temperaturas do ar, interior e exterior [°C]

$1 h_i$ - resistência térmica superficial interior [m² °C/W]

K - Coeficiente de transmissão térmica [W/m² °C]

Sendo assim para evitar as condensações deve-se adequar a temperatura interior, com aumento da ventilação interna e com aumento do isolamento térmico das paredes.

Além da presença de água provenientes das precipitações ou da condensação da água nos parâmetros das paredes, há a manifestação de humidades provenientes do solo e também dos próprios materiais da construção.

3.1.4.4 Humidade ascensional

Como referenciado anteriormente, os materiais da construção civil estão em contacto com água freática, e a característica de capilaridade dos mesmos, pode elevar a humidade a grandes alturas. A humidade ascensional ocorre sempre que os materiais constituintes apresentam elevada capilaridade e quando não existe um corte hídrico. A ascensão capilar ocorre até que se verifique o equilíbrio entre a evaporação e a absorção.

O fenómeno da humidade ascensional ocorre, segundo Torres (1998), quando se reúnem os seguintes fatores:

- Existência de paredes ou fundações em contacto com água ou solo húmido;
- Características dos materiais constituintes dessas paredes com elevada capilaridade;
- Inexistência ou deficiente posicionamento do corte-hídrico.

Um fenómeno que prejudica o equilíbrio da evaporação e absorção e pode aumentar a altura de ascensão, é a presença de sais no terreno e nos materiais de construção. O que vai acontecer nestas situações é que a água durante a sua ascensão capilar irá “arrastar” consigo sais para níveis mais elevados. Ao atingir o ponto de evaporação, apenas a água evapora, os sais cristalizam com aumento de volume e se depositam nos materiais, diminuindo a porosidade dificultando a evaporação da água, e consequentemente aumentando a ascensão capilar.

3.1.4.5 Humidade da construção

Os materiais construtivos porosos, após sua execução, apresentam uma quantidade de água superior à necessária. Sendo assim, durante um período há a evaporação ou saída de água do elemento, e essa evacuação pode acarretar o aparecimento de patologias.

Para Torres (1998) “humidade da construção” o teor de humidade que os elementos de construção apresentam que decorrem da introdução de água nos processos durante a execução da obra essa água poderá ter duas origens:

- Ser proveniente do processo execução dos diversos materiais, como por exemplo, da execução de betões e argamassas,
- Resultante da precipitação que ocorre durante todo o período da construção (em que a mesma está desprotegida).

Além disso, como a cima citado, a porosidade de um material também é fator importante para a presença de humidade nos materiais construtivos. Swgundodo Souza (2008) pode ser definida como a razão entre o volume total de vazios (poros e canais) e o seu volume total aparente. Praticamente todos os materiais de construção têm uma porosidade, ou seja, comportam vazios na sua massa. Verifica-se, que, em sua maioria, mas não na totalidade, a facilidade de embebição dos materiais pela água está directamente relacionada com a sua porosidade.

Verçoza (1991) e Klein (1999) afirmam que a humidade proveniente da execução da construção é aquela necessária, porém que desaparece com o tempo.

Ainda assim, com o estudo das humidades presentes nas edificações se fazem necessário referenciar uma propriedade, a qual se julga importante para o estudo das patologias, chama-se higroscopicidade.

3.1.4.6 Higroscopicidade

Assim como referenciado anteriormente, os sais são “arrastados” pela da humidade, até a superfície dos elementos construtivos, quando a água que os arrastou evapora, eles cristalizam no interior dos poros dos materiais.

Os sais dissolvem-se quando a humidade relativa do ar se eleva e cristalizam de novo quando essa humidade baixa. Essa cristalização dá-se com um aumento de volume. (Torres, 1998)

O aumento de volume pode ocasionar aparecimento de microfissuras e assim os sais se manifestarem nas superfícies dos materiais. Como há variação de humidade ao longo do dia, os sais presentes, agora, nas superfícies, absorvem – pela propriedade da higroscopicidade- a humidade relativa do ar se dissolvendo em água, e a água se evapora. Esse ciclo de absorção, dissolução e evaporação, acarreta o aparecimento de manchas e eflorescências.

Com o conhecimento das patologias presentes nos edifícios pode-se, assim, avaliar os métodos de reabilitação coerentes para sanar tais manifestações patológicas.

4 - TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

Antes de se proceder à descrição do estudo de reabilitação das patologias, é importante ter um entendimento completo das causas, mecanismos, e ações das patologias presentes na edificação. Com a concretização das causas das patologias, a próxima etapa é definir os métodos de recuperação correctos para sanar a origem dos problemas, mas como o processo de reabilitação é um processo de maior complexidade, recomenda-se a elaboração detalhada da metodologia de recuperação - desenhos, procedimento de execução, acompanhamento, desempenho, entre outras - a fim de mitigar aumento de custo e retrabalho.

A definição do processo de reabilitação pode sofrer alterações a dependendo da situação encontrada na edificação, sendo assim, do ponto de vista operacional, as técnicas construtivas empregues neste trabalho serão usadas para designar, dentre o amplo espectro de abordagem que envolve o termo reabilitação, a melhor metodologia para o estudo de caso.

4.1 Reabilitação de fissuras

Souza e Riper (1998) expõem que a formulação do tipo de tratamento pode sofrer alterações em função da profundidade das fissuras, principalmente em relação ao material que será utilizado na reabilitação, pois em casos mais superficiais o material pode ser mais simples, diferentemente de fissuras mais profundas, que em algumas situações é necessário recorrer à injeção de resinas epoxídicas as quais pertencem a um processo mais oneroso e complexo.

As técnicas de reabilitação de fissuras que serão expostas terão como base as seguintes causas como:

- Concentração de cargas: a concentração de cargas é importante ser analisada, pois como citado anteriormente pode causar fissuração nas paredes adjacentes. sendo assim, é necessário diminuir a tensão na zona fissurada. Essas fissurações podem ser reabilitadas com o preenchimento com material elástico, técnica de grampeamento, inserção de chapas, execução de revestimento armado ou até execução de novos apoios da viga (serão exemplificada posteriormente).
- Deformação do suporte: as fissuras causadas pela deformação de suporte apresentam configurações distintas que devem ser analisadas previamente e de maneira meticulosa para obter a melhor escolha de reabilitação. Posteriormente a avaliação, a reabilitação de fissuras estabilizadas pode ocorrer com o preenchimento de mástique elástico, revestimento com reboco armado, grampeamento, entre outros;

- **Variação térmica:** a reabilitação de fissuras causadas por variação de temperatura é um processo complexo, pois são fissuras não estabilizadas, sendo assim devem ser reparadas com materiais e revestimentos de alta elasticidade. Nas fissuras de grandes dimensões deve-se colocar revestimento elástico e armado, porém dessolidarizado das fissuras, ou um revestimento independente. Segundo Mendes da Silva (1998), em fissuras com grande variação de abertura, pode-se optar pela transformação da mesma em juntas de retração, tratando as bordas com “tapa-juntas” adequado.
- **Presença de humidades:** a reabilitação de fissuras causadas pela presença de humidades nas paredes assemelha-se à indicada pela variação térmica. A diferença é que pode haver fissuras estabilizadas e assim o processo difere. Porém a principal ação de reabilitação de fissuras ligadas à presença de humidade é a eliminação da causa. Eliminada a presença de humidades, pode-se tratar as fissuras, com execução de novos revestimentos, colmatação das aberturas, porém indica-se a execução de colmatação com materiais que tenham adequada impermeabilidade, mas sejam permeáveis ao vapor de água.
- Para a reabilitação de fissuras resultantes de assentamento diferencial das fundações, segundo Mendes da Silva (1998) é necessário verificar a estabilização dos movimentos, se estão estáticos ou dinâmicos, e assim proceder um reforço ou consolidação das fundações. Porém é significativo avaliar as dimensões que as fissuras apresentam, caso sejam de grande dimensão, é viável considerar uma reconstituição da parede, além, obviamente, de estabilizar a causa da patologia.
- As tensões de tração e cisalhamento são responsáveis pela maioria dos casos de fissuras nos elementos da edificação (Lordsleem Jr, 1997 apud Thomaz, 1990). Sendo assim, o sistema de reabilitação das fissuras deverá avaliar essas tensões, e executar a reabilitação de acordo com esses princípios e prevendo futuras tensões adicionais. Além disso, o tratamento está diretamente relacionado com a correcta identificação das causas, tipo e atividade das fissuras.

A seguir, serão exemplificadas as técnicas, que se julgam necessárias para reabilitação de fissuras, principalmente aquelas avaliadas na edificação de estudo de caso.

4.1.1 Metodologia de injeção de fissuras

No ramo de reabilitação de fissuras, há a inserção de masticos elastoméricos, os quais absorvem pequenas deformações dos elementos e previnem manifestações de novas fissuras. Porém há a metodologia de injeção de produtos no interior das fissuras, alguns desses produtos

podem ser as chamadas resinas epoxídicas, as quais são capazes de absorver e infiltrar de maneira mais eficientes nas aberturas de paredes e elementos estruturais.

A injeção de resinas sintéticas, com alto poder adesivo, permitem restabelecer a monoliticidade de elementos de betão fissurados. Para a melhor escolha do tipo de resina – acrílicas, poliéster e epoxídica - a ser aplicado, algumas características do material devem ser levadas em conta, são elas :

- Viscosidade;
- Tempo de secagem;
- Aderência do material;
- Poder de penetração; (Souza e Ripper, 1998).

Segundo o ACI E706 (2009) a viscosidade apropriada da resina epóxi é dependente do tamanho da fissura, da espessura do betão e do acesso da injeção. Para fissuras com abertura de 0,3 mm ou menores, recomenda-se o uso de resinas com baixa viscosidade (500 cps, ou menores), mas para dimensões maiores ou em situações onde o acesso da injeção é limitado a uma superfície, uma resina com viscosidade superior é mais recomendada. Além desses critérios, também se deve considerar o módulo de elasticidade, tempo de trabalho (pot life), tolerância à humidade, cor e resistência à compressão, flexão e tração do produto.

As características da resina permitem avaliar qual a melhor escolha para determinada fissura, em fissuras com abertura maior de 0,1 mm podem ser injetadas com resina a baixa pressão ($\leq 0,1$ MPa), exceto em casos que as aberturas são maiores que 3,0 mm e pouco profundas, situações em que se admite o uso de enchimento com resina, por gravidade (Souza e Ripper 1998).

Depois de analisada a fissura e definido o tipo de resina a aplicar, pode-se seguir com processo de injeção que deve seguir os seguintes passos: (ACI 224.1,2017):

1. Limpeza das fissuras: A limpeza das fissuras para remoção de óleo, graxa, sujeira e partículas finas, as quais podem atrapalhar a penetração do epóxi e eficácia do reparo. A limpeza pode ser realizada aspirando e em seguida aplica-se ar comprimido, podendo novamente aspirar os grãos que ficarem soltos.
2. Selagem da superfície: A selagem das fissuras se torna importante para que não ocorram vazamentos de epóxi durante a aplicação, para a execução da selagem, Souza e Ripper (1998) recomendam a aplicação com cola epoxídica bicomponente.

- a. Instalação dos “bicos de injeção”, pela fixação de tubos plásticos, com diâmetro inferior ao da furação, pelo qual é injetado o produto (SOUZA; RIPPER, 1998). Os autores recomendam comprovar a eficiência do sistema, aplicando-se ar comprimido para testar a intercomunicação entre os furos e a efetividade da selagem.
3. Mistura do epóxi: A execução da mistura dos produtos para o preparo do sistema epóxi deve ser realizada conforme orientações do fabricante, com uso de agitador mecânico.
4. Injeção de epóxi: A injeção de epóxi deve ter pressão controlada, pois o aumento de pressão acelera a taxa de injeção e pode propagar as fissuras existentes, de forma a criar danos adicionais. Em fissuras verticais ou inclinadas, o processo de injeção deve começar no ponto de menor elevação e finalizar no ponto mais superior. Para as fissuras horizontais, a injeção deve proceder do final da fissura até o outro lado, sendo necessário repetir o processo até o selamento da fissura.

A figura (4.1) ilustra o processo de aplicação de resinas.

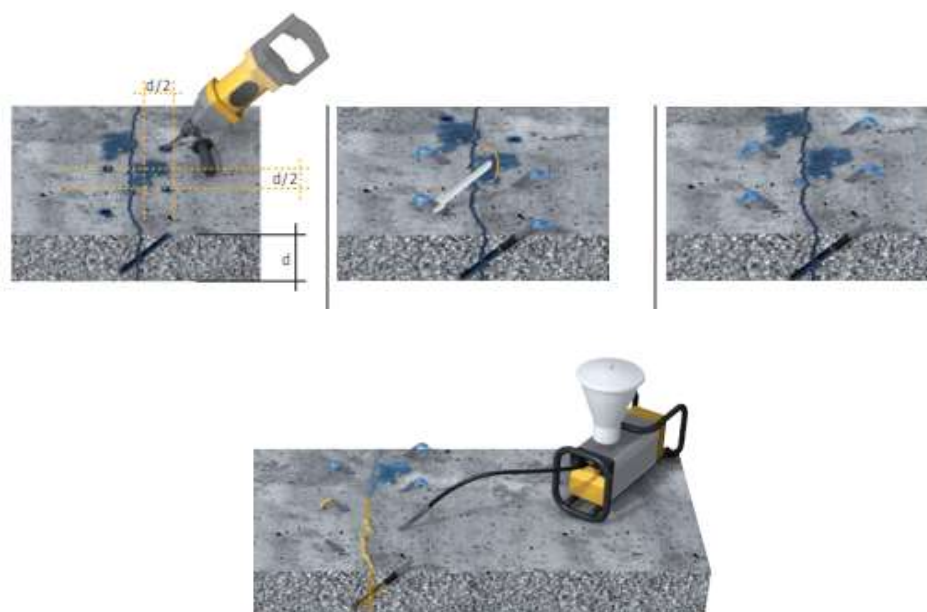


Figura (4.1). Processo de injeção. SIKA(acesso 2021)

Quando o processo estiver finalizado, o controle de qualidade deve ser realizado e ser atendido segundo as seguintes ações:

- Conferência dos materiais e suas especificações correctas;
- Comprovação da efetividade da injeção, com retirada de corpos de prova. Para Souza e Riper (1998) a injeção é satisfatória quando atinge pelo menos 90% do comprimento da fissura. A Figura (4.2) ilustra aspectos das fissuras que receberão a injeção de resinas.

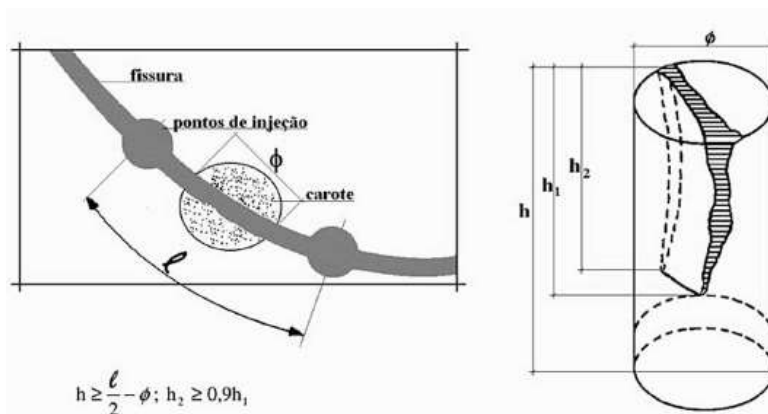


Figura (4.2). Aspectos das fissuras que receberão a injeção de resinas. (Souza e Riper,1998)

Além da técnica de injeção de resina epóxi em fissuras, o processo de selagem de fissuras também pode ser considerado uma metodologia para recuperação das mesmas, no próximo item será dissertado sobre o processo.

4.1.2 Selagem das Fissuras

A selagem é uma técnica de vedação de fissuras através da aplicação de um material de boa aderência, durável e com módulo de elasticidade suficiente para adaptar-se à deformação da fendilhação.

A selagem das fissuras com a aplicação de *mastique* ou *grout* acontece, geralmente, em fissuras com abertura maiores de 10 mm, porém em aberturas maiores de 30 mm deve-se inserir um tubo de poliestireno extrudado, para isolar o fundo da fenda. A Figura (4.3) ilustra o processo de selagem.

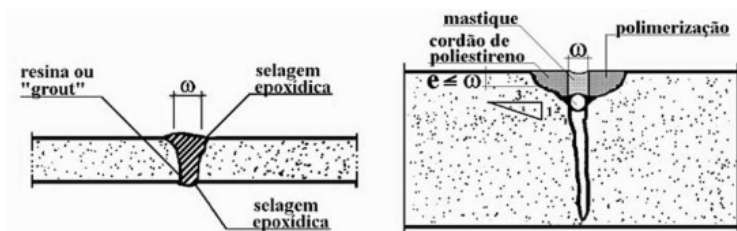


Figura (4.3). Selagem de fendas com abertura de 10 a 30 mm e vedação de fissuras com grandes aberturas. (Souza e Riper, 1998).

A técnica de selagem das fissuras, é um processo que pode ocorrer isoladamente, ou fazer parte de um outro processo, como é o caso da Técnica de colmatação de fissuras por “ponte”.

4.1.3 Reabilitação em “ponte”

A técnica designada reabilitação em “ponte” consiste basicamente, na quebra parcial do reboco ao redor das fissuras e adição de um material para dessolidarização ao redor das fendas (4 a 5 cm), com o objetivo de diminuir as tensões localizadas e dissipar as tensões existentes. Se há a necessidade de estancar o elemento, faz-se aberturas nas fissuras e aplica-se um mastique para realizar a técnica de selagem. (Abrantes e Mendes, 2013).

A aplicação em “ponte” pode ser executada em fissuras com abertura entre 2 e 3 mm e espaçamento de 1 a 3 metros, porem não pode ser executado em (Abrantes e Mendes, 2013):

- Fissuras finas (menores que 0,5 mm);
- Fissuras com formação de desenho em malha, (tipicamente resultante de retracção hidráulica das argamassas);
- Fissuras com distância média inferior a 1,00m;
- Fissuras vertical junto à aresta de cunhais;
- Fissuras paralela a bordos de laje ou muretes;
- Fissuras resultante de esforços de compressão excessivos;
- Fissuras com rotura trespassante das paredes;
- Fissuras com movimentos muito significativos;
- Fissuras com deslocamento transversal ao plano da parede e provável evolução deste deslizamento.

Assim como a definição, Abrantes e Mendes (2013) ilustram a recuperação de fissuras com o método de “ponte” através da Figura (4.4), o processo é caracterizado por :

1. Remoção do reboco com faixa de 20 a 25 cm, aproximadamente;
2. Realização de uma abertura em “V” com disco de corte;
3. Vedação com o mastique elastométrico;
4. Aplicação de fita de dessolidarização com 2 a 4 cm de largura, geralmente em papel “kraft”;

5. Execução de reboco de argamassa curativa com aditivos impermeabilizantes.
(Abrantes e Mendes, 2013).

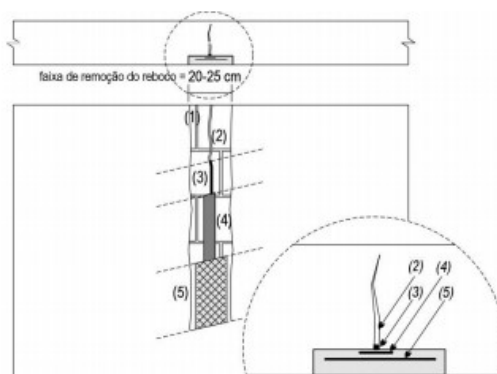


Figura (4.4): Recuperação de fissuras com o método de “ponte”. (Abrantes e Mendes, 2013)

Legenda:

- 1- Abertura da fissura;
- 2- Abertura em “V”;
- 3- Mastique elastomérico;
- 4- Fita de dessolidarização;
- 5- Reboco impermeabilizante.

A figura (4.5) ilustra de maneira prática a execução do método em “ponte” para recuperação de fissuras.



Figura (4.5) :Recuperação de fissuras com o método de “ponte”. (SILVA, 2002)

4.1.4 Técnica de inserção de agrafos

Assim como a técnica de reparação de fissuras acima citadas, a inserção de “agrafos” é uma técnica utilizada como forma de estabilização do plano de parede. A colocação de “agrafos” perpendiculares às fissuras, com cravação na parede e posteriormente seladas com resinas, conferem à essa técnica a estabilização transversal que as paredes deterioradas necessitam (Abrantes e Mendes, 2013).

O uso de armaduras em estruturas permite às partes fissuradas sejam juntapostas e restaurem à estrutura uma estabilização e resistência às tensões actuantes. Para Souza e Riper (1998) essa técnica aumenta a rigidez localmente, e caso o esforço gerador das fissuras existirem constantemente, poderá manifestar novas fissuras em lugares adjacentes, por isso a análise completa deve ser realizada.

Para os autores a técnica segue alguns procedimentos para que se obtenha grau satisfatório, tais como:

- Limpeza das estruturas;
- Execução de aberturas para o assentamento das ferragens, inclusive as furações para as extremidades das barras;
- Injeção das fendas epoxídicas ou cimentícias, com execução de selagem na parte inferior das aberturas;
- Colocação dos grampos e execução de recobrimento com resinas;
- As fendas devem ser costuradas dos dois lados, caso sejam peças tracionadas.

A figura (4.6) ilustra o processo de reabilitação de fissuras com a inserção de “agrafos” :

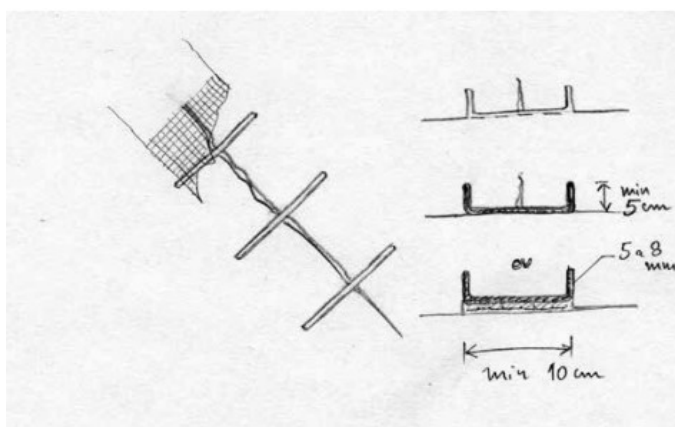


Figura (4.6)- Inserção de “agrafos” para estabilização de fissuras. Mendes da Silva e Abrantes(2013)

Com os procedimentos realizados, deve-se realizar imediatamente a mastigação antes da inserção de “agrafos”, para que fiquem embebidas nos produtos, e garantir a execução perfeita da técnica.

As fissuras podem, também, ser reabilitadas através da inserção de armaduras no plano da parede. Essa técnica será dissertada a seguir. **4.1.5 Técnica de recuperação de fissuras com inserção de armaduras**

A técnica de inserção de armaduras em que a fissura apresenta direção inclinada ou vertical em relação ao plano da parede, e a metodologia de “ponte” não se faz possível (pela largura das fissuras, irregularidades ou cargas aplicadas), a estabilização do plano da parede acontece através da inserção de armaduras treliçadas.

Para a execução desta técnica é necessário entender o comprimento dos rasgos e compreender que não devem ter o mesmo comprimento, visto que isso influencia em zonas de tensão e acarretar fissuras em zonas adjacentes. A figura (4.7) representa a inserção de armaduras em cunhais.

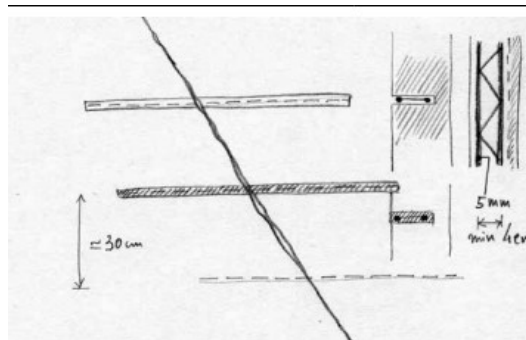


Figura (4.7)- ilustração de inserção de armaduras em cunhais. Fonte (Arquivo pessoal, 2020)

As armaduras inseridas como materiais de reabilitação devem, segundo Souza e Riper (1998), ser protegidas contra ação de corrosão, e serem executadas com espaçamento 30 e 50 cm, aproximadamente, e serem fixadas com argamassas de alta resistência e baixa retração.

Em fissuras inclinadas há a inserção de armaduras horizontais, também com espaçamento de 30 a 50 cm, porém é importante salientar a necessidade de se atentar a não utilizar armaduras

do mesmo comprimento, pois pode gerar zonas de tensão e causar mais fissuras aparentes. A figura (4.8) ilustra a forma como as armaduras devem ser inseridas



na forma como as armaduras no plano da parede.

Figura (4.8)- Ilustração de técnica de inserção de armadura em fissuras diagonais. Mendes da Silva e Abrantes (2019).

Assim o estudo de técnicas de reabilitação de fissuras se encerra na presente dissertação, há inúmeras técnicas para a recuperação de paredes fissuradas, porém foram expostas aquelas que se julgam importantes para o futuro estudo de caso. A seguir serão representadas as técnicas de recuperação de elementos estruturais.

4.2 Reabilitação de elementos estruturais

A reabilitação de elementos estruturais se baseia na recuperação da estrutura para recuperar a resistência da peça a qual suporta as tensões existentes.

Neste item serão abordadas técnicas que têm relação direta com a recuperação de estruturas de betão, seja com aumento de secção, adição de materiais, tratamento de corrosão e manchas, ou um simples polimento. As intervenções que serão representadas não são indicadas com acabamento das estruturas, apenas com o objetivo de recuperação.

4.2.1 Limpeza e polimento da superfície do betão

A primeira técnica a ser exposta, é a limpeza das superfícies de betão armado pois servem, principalmente, para preparar a superfície do betão para outras técnicas de reabilitação ou para retirar imperfeições e algumas manchas superficiais.

As técnicas de limpeza podem ser realizadas de inúmeras maneiras, Souza e Riper (1998), descrevem algumas, com suas funções e procedimentos. Aqui serão indicados como forma de conhecimento geral:

- **Aplicação de soluções ácidas:** objectivo de remoção de tintas, ferrugens, resíduos, manchas de cimento. Deve-se saturar o elemento com água para impedir a entrada de ácido no betão sadio.
- **Com jatos d'água e ar:** Técnica muito utilizada para limpeza e preparação do substrato para melhorar a aderência da superfície e receber as metodologias de recuperação.
- **Escovação manual:** A escovação manual é executada com uma escova de aço para limpeza superficial do betão, além de ser utilizada em caso de extensões de barras de aço que contenha evidência de corrosão. É necessário ressaltar que após a execução da escovação deve-se realizar uma limpeza com jatos de ar comprimido.
- **Remoção do betão degradado:** O corte no betão é utilizado quando há corrosão já implantada e então corta-se o betão para o tratamento ou retirada das armaduras corroídas, por isso os autores recomendam que o corte avance, pelo menos 2 cm além das barras de aço. A profundidade e quantidade de m² necessários para serem retirados devem ser estudadas para que não torne a técnica custosa e demorada. Em muitos casos o corte não permite a colocação de uma nova armadura, sendo assim, é comum realizar furos no betão, onde insere as novas armaduras submergidas de epóxy ou grout. A figura (4.9) ilustra essa técnica;

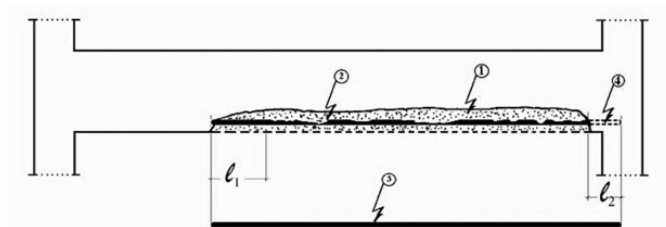


Figura (4.9) - Inserção de nova barra de ferragem. Souza e Riper (1998)

Legenda:

- 1 Betão degradado removido
- 2 Trecho corroído
- 3 Barra sã
- 4 Furação para ancoragem da barra

-A extensão 11 representa o comprimento que será utilizado como emenda da barra de complementação.

-À direita, a furação permite a ancoragem da nova barra.

Apesar da limpeza e polimento serem processos que auxiliam a reabilitação de fissuras, são processos simples, que podem não eliminar na totalidade as patologias do betão armado. Sendo assim, se faz necessário estudar outros processos que podem reabilitar as patologias, como a adição de novos materiais nas estruturas.

4.2.2 Betão e argamassas como material de reabilitação

A adição de betão e argamassas como materiais de reabilitação tem a finalidade de preencher vazios em sítios que não foram concluídos na época da construção, ou que já se encontram degradados, porém, muitas vezes, apenas argamassa e betão, não são suficientes para eliminar a patologia, sendo assim, recorre-se a aditivos.

Os materiais que podem ser incorporados em argamassas e betão e que influenciam em algumas propriedades são capazes de alterar a resistência mecânica e química dos materiais além de melhorarem a aderência do betão e barras de aço, adesivo PVA e epóxi são alguns exemplos de aditivos do betão e argamassa. O Quadro (08) compara as propriedades mecânicas que componentes epoxídicos conferem ao betão, quando adicionados, para exemplificar a necessidade de aditivos para a reabilitação de elementos estruturais danificados.

Quadro (8) - Comparação de propriedades mecânicas com componentes epoxídicos Souza e Riper (1998)

	Flexão (MPa)	Tração (MPa)	Compressão (MPa)
Concreto estrutural (típico)	3,5 - 7,0	2,1 - 4,9	21,1 - 70,3
Componentes epoxídicos (típicos)	10,5 - 35,1	3,5 - 35,1	35,0 - 84,0

Apesar da adição de compostos para aumento de resistência e melhoria de aderência, há técnicas específicas para reforço de elementos estruturais. Algumas técnicas serão exemplificadas a seguir.

4.2.2.1 Reforço estrutural

Além da adição de aditivos na confecção do betão e argamassa, o reforço estrutural pode ser realizado através de adição de outros materiais, a aplicação das técnicas de reforço pressupõe a necessidade de:

- Aumentar a resistência;
- Aumentar rigidez;
- Aumentar ductilidade;

- Reduzir esforços;
- Reduzir deformações.

As técnicas de limpeza, indicadas, assim como dito anteriormente, auxiliam novas técnicas de reforço estrutural.

4.2.3 Adição de chapas metálicas

Existem algumas metodologias de reforços de elementos estruturais, as quais, a adição de chapas metálicas, que tem como objectivo aumentar a resistência à flexão. Essa técnica é utilizada quando há deficiência de armaduras nos elementos de betão armado, mas as dimensões das peças estão adequadas.

As chapas metálicas podem ser fixas ao betão através de colagem ou injeção de resina epóxi, parafusos ou buchas metálicas, porém é um processo que requer precauções e execução meticulosa, desde a limpeza da superfície para retirar impurezas até a colagem das chapas de acordo com a fabricante da mesma. As figuras (4.10 e 4.11) exibem a técnica utilizada.

Mesmo no processo da colagem, o uso de buchas metálicas é normalmente necessário, pois estas contribuem para o reforço das ligações. Assim, recomenda-se o uso de buchas, pelo menos nas extremidades das chapas, afim de evitar rupturas.

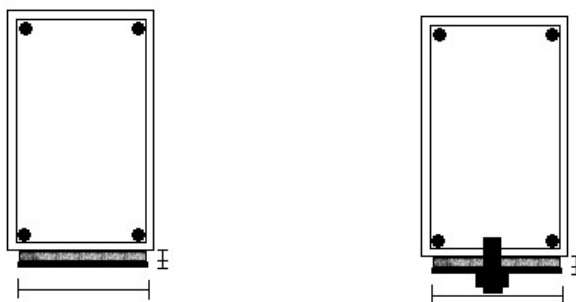


Figura (4.10) - Reforço com chapas metálicas Providência (2019, notas de aula)

O cálculo de momento resistente é efetuado de modo equivalente ao do dimensionamento de novos elementos em betão.

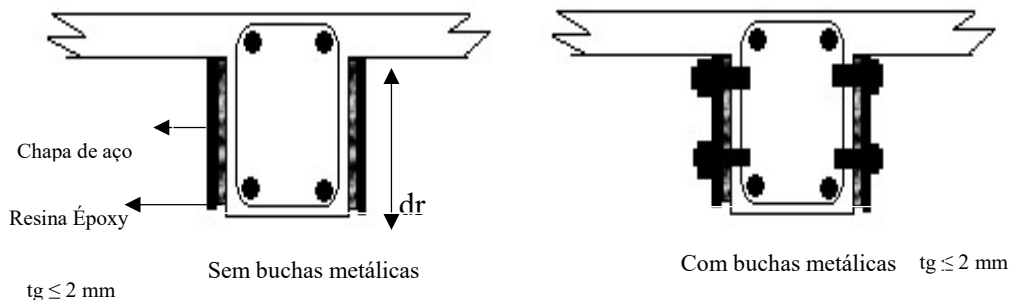


Figura (4.11) - Reforço com chapas metálicas Providência,(2019, notas de aula)

As dimensões recomendadas para se atingir a resistência ao esforço transverso é demonstrado na figura (4.12).

Os valores mínimos a adoptar para t no caso de vigas e t' no caso de lajes é

$$t \geq 50 \text{ mm}$$

$$t' \geq 50 \text{ mm}$$

e as armaduras mínimas são:

$$A'_s \geq \# \phi 8 / 10.20$$

$$A_{sr} \geq 3 \phi 12$$

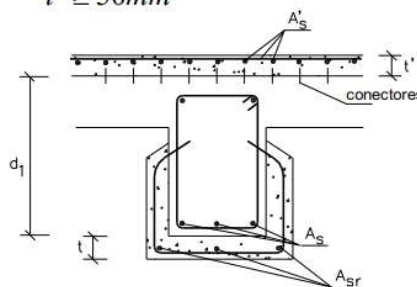


Figura (4.12) - Reforço com chapas metálicas. Providência (2019 notas de aula)

A adição de chapas metálicas aumenta a resistência à flexão dos elementos estruturais, mas seguindo o mesmo de reforço estrutural, há um processo designado de encamisamento de betão armado, o qual será exemplificado a seguir.

4.2.4 Encamisamento de betão armado

O reforço realizado com o encamisamento de betão é necessário quando os elementos estruturais estão submetidos à esforços superiores aos projectados e consequentemente sofrem degradações dimensional e necessitam de reforço. Um dos objetivos do reforço é aumentar a capacidade resistente de flexão ou compressão, além da melhoria de ductilidade

A execução da metodologia é de base simples e apresenta custo inferior a outras técnicas. Porém esse procedimento aumenta as dimensões das peças, acima do que está em projeto, o que pode ser um obstáculo se tratando de espaços compactos, por exemplo.

Para a execução do processo, inicialmente deve-se criar superfícies de contato para o recebimento do novo betão, para isso procede-se com a remoção do betão deteriorado, tornando a superfície rugosa. Os elementos devem ser saturados com água receber o novo betão.

4.2.5 Tratamento de corrosões

Apesar dos reforços estruturais com adição de materiais, pode haver a necessidade de tratamento de corrosões, trata-se de um processo simples, porém de grande importância quando está inserido na recuperação de elementos estruturais. A reabilitação de armaduras corroídas devolve, não apenas a funcionalidade, mas impedem as conseqüentes degradações e devolvem a estanqueidade dos elementos.

O tratamento de armaduras corroídas está correlacionado com o tratamento de betão degradado; Sendo assim, para a recuperação de armaduras, deve primeiramente haver a limpeza com escovas de aço para serem retiradas as impurezas, e então aplicado um produto inibidor de corrosão, o qual protege e isola as armaduras de novos ataques. Posteriormente a recuperação do betão pode ser executada normalmente.

4.3 Tratamento de humidades

A reabilitação das manifestações patológicas como manchas, bolores e eflorescências pode ser um processo que atinge directamente betão armado e também paredes de alvenaria.

Nas construções afetadas por água provenientes de humidade ascensional, o principal objetivo da reabilitação é diminuir o processo de ascensão da água. Para Torres(2008) a metodologia de tratamento para humidade ascensional pode ser:

- Supressão da água em excesso;
- Execução de corte hídrico;
- Ocultação das anomalias.

A supressão da água em excesso pode ser executada com a realização de valas com enchimento ou sem enchimento, a figura (4.13) ilustra valas periféricas para diminuir a ascensão da água.

Para Torres (2008) as valas sem enchimento devem possuir alguma resistência mecânica. Estas valas deverão possuir inferiormente uma caleira de encaminhamento das águas recolhidas e superiormente é normal serem cobertas. A profundidade das fundações devem ser superiores à das valas.

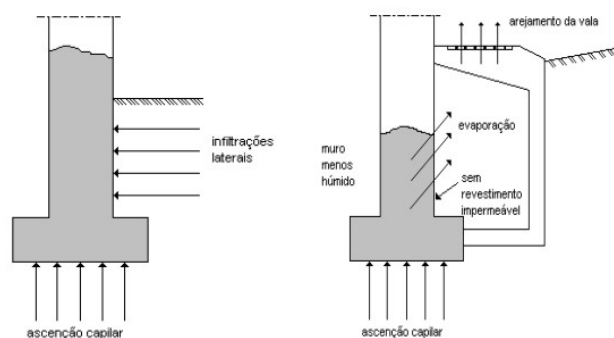


Figura (4.13)- Valas Periféricas. Torres (2008).

Além da execução de valas, podemos ter a execução do corte hídrico (figura 4.14), que tem o objetivo de interceptar o percurso do nível das águas freáticas, com a realização de barreiras físicas ou tubos capilares na base das paredes. (Torres,2008)

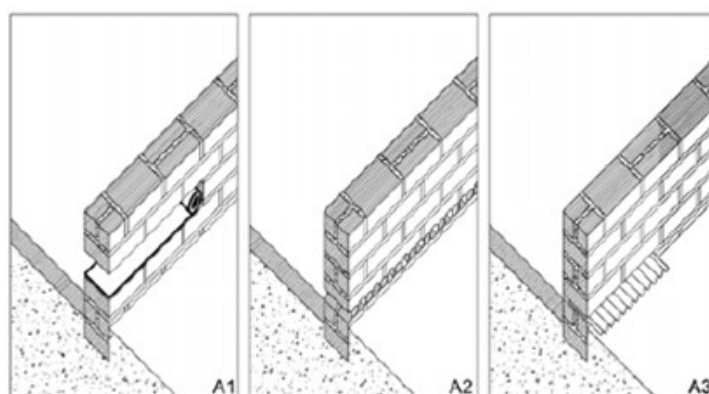


Figura (4.14)- Corte hídrico realizado na base das paredes. Freitas, V. P. e Guimaraes, A.S. (2007).

Freitas e Torres (2008) indicam uma metodologia de recuperação a qual consiste em substituir elementos de alvenaria por material estanque. Iniciando pela demolição da alvenaria, por pequenos troços de cerca de 20/30 cm de altura, e inserindo materiais impermeáveis. Esta substituição em toda a espessura da parede e em todo o comprimento. Este método, embora eficaz quando correctamente executado é difícil execução e aplicável apenas em paredes constituídas por elementos pequenos e regulares.

Em reabilitações das manchas e eflorescências, além da limpeza das superfícies, deve haver a reparação com impermeabilização dos elementos. Porém a análise da origem da água presente

nas estruturas do edifício é imprescindível para que haja a melhor escolha do produto a ser utilizado.

Por fim, todas as técnicas aqui descritas devem ser executadas com mão de obra especializada, e realizadas com equipamentos compatíveis. Durante o estudo bibliográfico foram analisadas inúmeras metodologias, as aqui representadas descrevem aquelas que melhor se enquadram no edifício estudado.

O edifício Xaraés apresenta alguns sítios de corrosão e carbonatação, representados nas figuras (5.3 e 5.4) a seguir. Além das lajes, com presença de corrosão e carbonatação, algumas zonas nas vigas também apresentam tais patologias, especialmente nos pavimentos superiores. Assim como evidenciado na figura (5.5), as esquadrias do edifício não possuem fechamento, propiciando a maior infiltração de águas, por exemplo.



Figura (5.3) - Lajes com indícios de corrosão .Arquivo Pessoal (2020)



Figura (5.4) - Lajes com armadura expostas. Arquivo pessoal (2020)



Figura (5.5) – Edifício Xaraés. (Arquivo pessoal, 2020)

Para a metodologia de recuperação de estruturas de betão armado carbonatados ou com corrosão, é necessário estudar técnicas de análise dos efeitos que a infiltração gera na estrutura de betão armado. Assim, recomenda-se seguir os procedimentos de realização de ensaios de esclerometria e de profundidade de carbonatação para averiguar a intensidade da ação da corrosão e carbonatação do betão armado, através de aplicação do composto de fenolftaleína em pontos críticos do elemento.

Independente do resultado da aplicação de fenolftaleína, o processo de reabilitação é meticuloso, então, recomenda-se a limpeza das armaduras com escovas de aço e aplicação de um produto inibidor de corrosão, que são compostos químicos com capacidade de retardar o progresso corrosivo, o qual adere às moléculas ao sólido e assim surge uma película de proteção. Ao fim deste processo, executa-se a selagem de reboco com impermeabilizantes a fim de evitar degradações futuras.

Mesmo com pontos críticos de betão armado carbonatados e com processos de corrosão, há sítios com apenas corrosão de armaduras expostas, e a metodologia recomendada de reabilitação desses sítios, será exemplificada a seguir. As armaduras têm a função principal de

resistir a esforços de tração aplicados no betão armado, assim, a diminuição de sua seção acarreta diminuição na resistência e também o desconforto psicologico.

Há, na extensão do edifício, alguns pilares com fragmentos expostos, e determinadas áreas de lajes totalmente expostas com consequência de destacamento de betão, como é mostrado nas figuras (5.6 e 5.7).



Figura (5.6) - Armaduras expostas e com corrosão, destacamento de betão. Arquivo pessoal (2020).

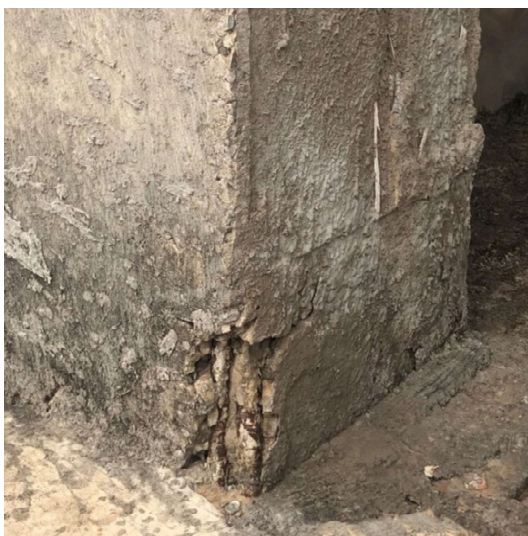


Figura (5.7) - Armaduras expostas e corroídas. Arquivo pessoal (2020).

A metodologia estudada para recuperação se baseia no aumento de seção dos pilares quando há perda significativa de seção das armaduras, com embasamento na limpeza das ferragens para a retirada das partículas de ferro, aplicação de inibidores de corrosão.

Porém, diferentemente do processo com carbonatação, durante o processo de corrosão há perda de seção das armaduras, sendo assim, é necessário devolver ao elemento estrutural, a resistência à tração. Para isso, é importante ancorar novas armações à antiga no envoltório dos pilares ou vigas, e aplicação de graute para conferir ao elemento não apenas resistência à tração, mas também à compressão. As figuras (5.8, 5.9, 5.10, 5.11) demonstram a situação de alguns sítios do edifício.



Figura (5.8) - Armaduras Expostas. Arquivo pessoal (2020).

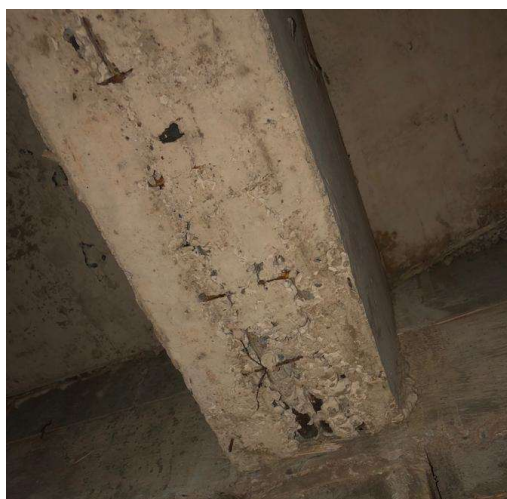


Figura (5.9) - Armaduras Expostas. Arquivo pessoal (2020).

Em zonas que apresentam grande ausência de betão, deve-se executar a recuperação de maneira mais cautelosa. Executa-se assim, um novo cálculo de betão armado para resistir às cargas solicitantes do edifício, além de haver a preocupação de realizar a ligação do betão antigo com o novo. As figuras (5.10 e 5.11) demonstram zonas que apresental falhas no edifício.

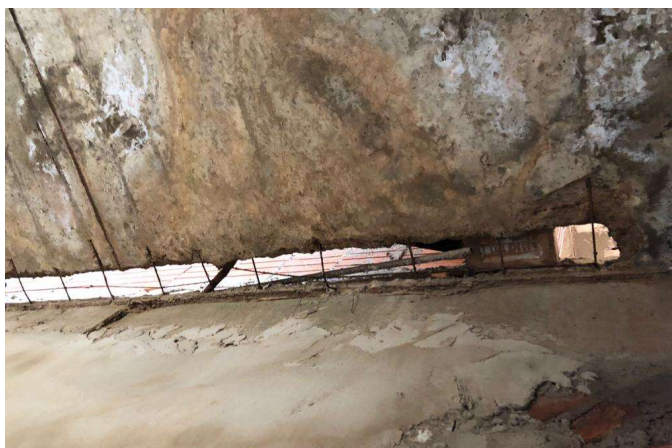


Figura (5.10) - Armaduras Expostas. Arquivo pessoal (2020).



Figura (5.11) - Armaduras Expostas. Arquivo pessoal (2020).

O processo de reabilitação de betões armados, atingidos por corrosão ou carbonatação, contemplados nesse estudo, se encerram nas duas metodologias referenciadas, porém o betão

armado do edifício é degradado com outras patologias presentes, e esse será o foco dos próximos itens.

5.2.2 Reabilitação de fissuras

A presença de fissuras no edifício é frequente e as causas dessa manifestação ou falta delas não serão evidenciados nesta dissertação, porém para a metodologia de recuperação das patologias, as diversas causas serão tomadas como bases de estudo. Ao decorrer da análise da edificação verificou-se que até o pavimento quatro há manifestação de fissuras de espessuras pequenas, recorrentes de instalação errônea das tubulações elétricas, as figuras (5.12, 5.13, 5.14 e 5.15) demonstram as fissuras na região das tubulações.



Figura (5.13) - Fissuras. Arquivo pessoal (2020).



Figura (5.14) - Fissuras. Arquivo pessoal (2020).



Figura (5.15) – Fissuras provenientes de instalações. Arquivo pessoal (2020).

A partir do quinto pavimento, as fissuras apresentam espessuras maiores, principalmente em lajes. Essa manifestação pode ser resultado de má execução do betão aplicado a partir do quinto pavimento, pois como explicado anteriormente, a construção do edifício foi realizada com paralizações e isso pode ser uma das causas das patologias, ou também a aplicação de materiais de baixa qualidade.

Para a recuperação das fissuras aparentes, principalmente, nas lajes da edificação, recomendam-se duas metodologias devido à sua espessura, porém é imprescindível relatar que outros processos podem ser bem-sucedidos, caso durante a etapa de planeamento se julgue necessário.

5.2.2.1 Selagem e injeção das fissuras

As fissuras com espessura de menor expressão, assim como referenciado anteriormente, podem ser reabilitadas, guardadas as devidas precauções, com a selagem simples.

Mas para o tratamento de fissuras com maior espessura recomenda-se o tratamento através da injeção de resinas com pressão, o procedimento permite aumentar a resistência da estrutura, principalmente das lajes, que se encontram em estado de degradação.

A injeção de resinas, neste caso, é recomendada para a reabilitação de lajes e vigas fissuradas, pois se considera um processo mais tangível, visto que estão no plano horizontal do edifício.

Assim como referenciado no capítulo três, o processo de injeção de resinas requer prudências, e além de todo o cuidado durante a execução, é crucial salientar a importância de aguardar a cura da resina para que o produto adentre os poros do betão por completo.

É imprescindível ressaltar que apesar da reabilitação de fissuras, na zona dos elementos estruturais há outras patologias (carbonatação, corrosão) as quais deverão ser recuperadas independentes, porém planejadas previamente para que a reabilitação total seja garantida.

5.2.2.1.2 Materiais utilizados para reabilitação

Os materiais referenciados são expostos de maneira informativa, a título de absorver a importância do processo e dos custos unitários de cada item, necessários para o processo.

Quadro (11) – Custos unitários dos materiais necessários para execução da técnica.

Descrição de materiais na região de Campo Grande- 2021- Injeção e selagem de fissuras		
Descrição	Unidade	Preço Unitário
Resina de base epóxi para injeção de fissuras	Kg	43,61
Bicos e válvula de adesão para injeção	unidade	6,00
Central de injeção de resina com tanque regulador de pressão e compressor de ar	loc/un/h	5,13

5.2.2.2 Estabilização de fissuras

A partir do quinto pavimento, há a manifestação de fissuras de maior dimensão. Visto que podem ter sofrido com movimentação do edifício, há a necessidade de estabilizá-las para não afetar a construção futuramente. A figura (5.16) demonstra uma parede afetada por uma fissura de grande dimensão.

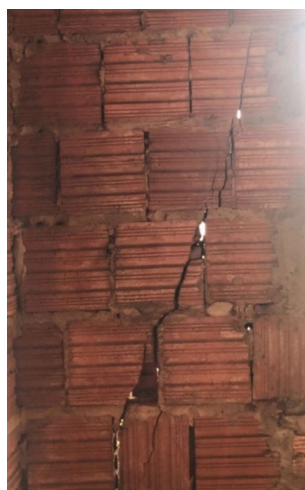


Figura (5.16) - Fissuras em alvenaria. (Arquivo Pessoal, 2020).

Para a estabilização de fissuras de grande dimensão, recomenda-se avaliar duas situações. Se a demolição da parede é viável, caso não haja mais movimentações que podem causar novas fissuras.

Mas para alguns casos do edifício, recomenda-se utilizar a inserção de armaduras ou agrafos nas fissuras. A utilização de agrafos é viável em fissuras para que a armadura consiga absorver as tensões que as movimentações causam nas paredes, porém a alvenaria não tem resistência para absorvê-las.

Além do aumento de resistência nas alvenarias através de inserção de armaduras, seja com barras ou com a execução de agrafos, há o aumento de resistência em estruturas de betão armado, assunto que será abordado a seguir.

5.2.3 Aumento de resistência em estruturas de betão armado

No edifício, pelas conseqüentes paralisações da obra, há muitas estruturas inacabadas, e com a degradação há a diminuição da resistência das mesmas à esforços de tração e compressão. A metodologia prevista para a execução da reabilitação das estruturas degradadas poderá ser o aumento de seção ou reforço com o uso de chapas metálicas.

A adição de chapas e perfis metálicos é uma opção viável, pois é eficiente e de rápida execução. O reforço é realizado no exterior dos elementos estruturais, por colagem ou chumbamento, com o auxílio de resinas injetadas. A figura (5.17) representa como as chapas metálicas são coladas (a) e chumbadas (b).

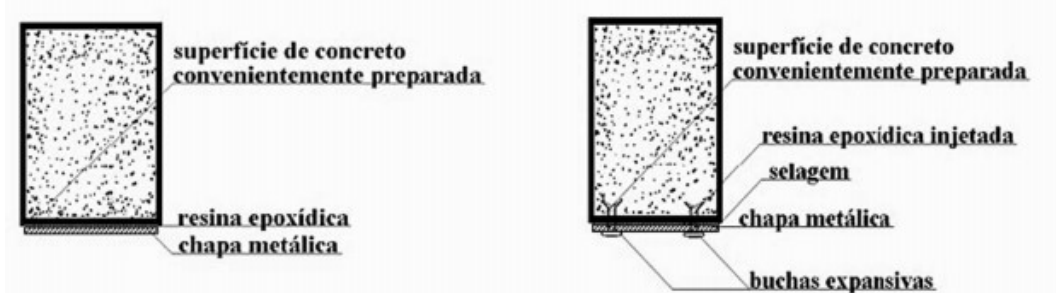


Figura (5.17) - Chapas metálicas coladas para aumento de resistência. Providência, notas de aula (2019).

Assim como referido anteriormente, a reabilitação de estruturas em betão armado com o uso de chapas metálicas garante o aumento de resistência dos elementos degradados.

O processo é iniciado com a limpeza da superfície e a retirada da rugosidade da peça, pois a presença de irregularidades pode diminuir a aderência das chapas com o elemento estrutural durante a colagem. Mas uma superfície muito lisa pode dificultar a compatibilidade da estrutura com as chapas metálicas, visto isso, o ideal é uma superfície áspera, capaz de obter uma colagem ideal e resistente.

A escolha da resina de alta capacidade de aderência e resistência mecânica a ser utilizada, deve ser um processo cuidadoso pois é fundamental para o resultado satisfatório da metodologia, visto que essa etapa é a que confere a maior resistência ao elemento danificado.

As chapas metálicas que ficarão expostas devem receber tratamento anti-corrosivo afim de evitar algum tipo de corrosão e caso seja necessário, é interessante introduzir os chumbadores nas extremidades dos perfis.

Para a metodologia se baseou no livro de Souza e Riper (1989) que indicam métodos de colagem e processo da reabilitação com chapas metálicas e referenciam a normativa com o boletim C.E.B (Design Guide for Concrete Durable Structures). Dentre as especificações, que devem ser seguidas no processo de reabilitação do estudo de caso, algumas serão expressas nos itens:

- A espessura da cola não excede 1,5 mm (se a camada for mais espessa, menor é a resistência à tração);
- A espessura da chapa não excede 3 mm, caso seja necessário, mais espesso, deve-se propor um sistema de ancoragem;
- O incremento a obter com a implantação de chapas quando for comparada com a resistência original, não deve exceder 50% em flexão e cisalhamento.

Para o cálculo de reforço das estruturas reabilitadas, é imprescindível que as estruturas resistam às novas solicitações, por isso é necessário o conhecimento de desenhos e projectos, além da pesquisa “in loco”.

5.2.3.1 Materiais utilizados para reabilitação

Com base no quantitativo obtido nas visitas ao local, a levantamento de custos do processo baseia-se nos dados da tabela TCPO e de orçamentos realizados em empresas da cidade de Campo Grande-MS.

Quadro (12) - Custos unitários de reabilitação por unidade consumida. TCPO (2021)

Descrição de materiais na região de Campo Grande- 2021- Aumento de seção		
Descrição	Unidade	Preço Unitário (R\$)
Chapas de aço galvanizada	Kg	19,75
Resinas de colagem	kg	55,00
Chumbadores	sc	35,5
Compressor de ar de ar portátil rebocável diesel capacidade: 678 pcm / 269 HP	Locação	200,00

5.2.4 Recuperação de patologias associadas à humidade

Apesar de a recuperação de armaduras visar, também, o retardo da ação da infiltração, há patologias associadas às humidades, para as quais existem metodologias específicas de reabilitação.

Essas patologias foram expostas anteriormente e, aqui, será descrita uma maneira de recuperação que se considera adequada perante as manifestadas no edifício em estudo.

5.2.4.1 Manchas e eflorescências

As eflorescências aparecem no edifício, principalmente, em lajes e vigas, e podem ter suas causas atreladas à ação da água em estruturas não protegidas. As lajes do edifício apresentam irregularidades, figuras (5.17 e 5.18), e como consequência há pontos de infiltração onde a água penetra e atravessa por toda largura da estrutura.



Figura (5.17) - Manchas e eflorescências nas alvenarias. Arquivo pessoal (2020).



Figura (5.18) - Manchas e eflorescências nas alvenarias. Arquivo pessoal (2020).

Segundo Taguchi (2010) a humidade- em conjunto com elementos de natureza química ou orgânica existentes nas alvenarias, na atmosfera ou no subsolo- provoca a formação de eflorescências, as quais, a longo prazo, geram o destacamento de materiais das estruturas.

Seguindo as referências e os ensaios estudados, pretende especificar uma metodologia adequada, para o estudo de caso, de recuperação das patologias causadas pela ação da água.

Puim (2010) nomeia alguns princípios e métodos para o controlo das patologias, os que condizerem com os problemas do edifício estudado, serão apresentados a seguir:

Recomenda a remoção das manchas através de escovação da superfície para todas as eflorescências existentes. Em seguida, é importante remover em sua totalidade os materiais contaminados, como por exemplo, remoção de argamassa, reboco ou betão que apresentam

constante deslocamento e/ou pontos corroídos. Contudo, é preciso verificar se não houve migração de sais para materiais adjacentes. As figuras (5.19, 5.20 e 5.21) ilustram os pontos de deslocamento e manchas presentes no edifício.

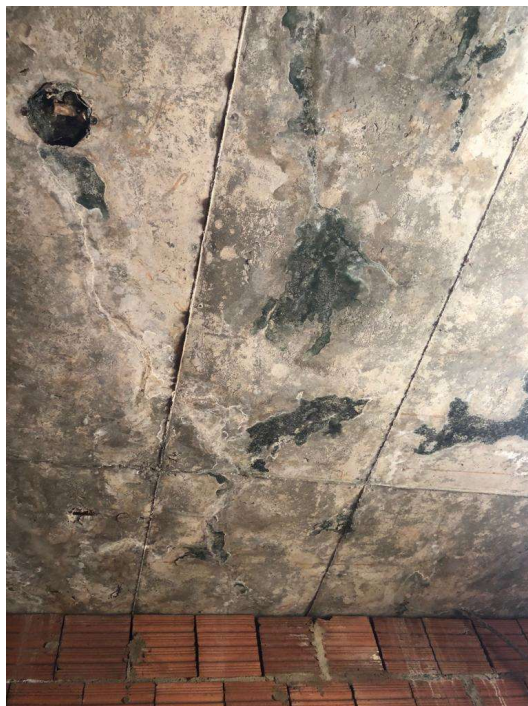


Figura (5.19) - Manchas e eflorescências na laje. Arquivo pessoal (2020).

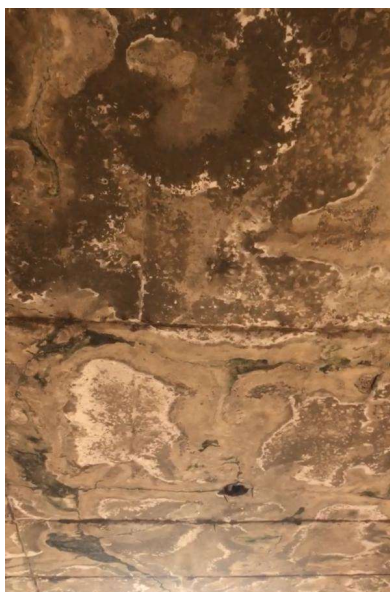


Figura (5.20) - Manchas e eflorescências na laje. Arquivo pessoal (2020).

Assim que se completar a limpeza e remoção, deve-se inibir passagem de umidade entre as estruturas, seja com execução de barreiras físicas, como injeção de impermeabilizantes, resinas ou a execução novo reboco aditivado com impermeabilizantes.

Apesar da aplicação da metodologia referida, é necessária a averiguação se há ainda presença de sais nas estruturas. Puim (2010) complementa a metodologia com alguns pormenores, por exemplo, caso haja, depois da remoção de materiais contaminantes, a presença de sais, pode efectuar-se uma dessalinização complementar destes (através de rebocos sacrificiais, compressas, remoção electroquímica ou microrganismos).

Com a execução desta metodologia, se espera alcançar a recuperação das manchas e eflorescências, além de impedir a ação da água nas estruturas, e assim conseguir dar continuação para a finalização da obra do edifício. É preciso comentar que a metodologia especificada tem êxito apenas, se os ensaios resultarem dados que apontem a necessidade de realizar os procedimentos.



Figura (5.21) - Manchas e eflorescências nas alvenarias. (Arquivo pessoal,2020).

5.2.4.2 Materiais utilizados para reabilitação

A metodologia de recuperação de patologias referentes às infiltrações de água é exclusiva para cada conjunto de manifestações presentes no edifício. Porém, para explicação geral das dificuldades encontradas, elaborou um levantamento de custos dos principais processos do estudo de caso. O Quadro (12) indica os dados relevados.

Quadro (12) - Custos unitários de reabilitação por unidade consumida. TCPO (2021)

Descrição de materiais na região de Campo Grande- 2021- Manchas, eflorescências e bolores		
Descrição	Unidade	Preço Unitário (R\$)
Escova com cerdas de aço 53x190 x 27 mm	1	19,5
Impermeabilizador	1	127,81

Apesar do edifício estudado apresentar idade avançada e não haver proteção de intempéries, as patologias encontradas estão nas esferas do apresentado anteriormente. Sendo assim, se finda os processos recomendados para a reabilitação do edifício, porém, é imprescindível relatar a necessidade de novos estudos afim de executar com maestria a real reabilitação.

6 -DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O estudo deste edifício surgiu com a necessidade de lhe devolver funcionalidade a ele, pois deixá-lo sem funcionalidade, causa não apenas prejuízos ao proprietário (com custos de impostos, por exemplo), mas polui visualmente o ambiente e dificulta o desenvolvimento da região.

O intuito deste trabalho foi analisar o edifício cuja construção foi paralisada há aproximadamente 25 anos, com algumas retomadas, mas não concluíram a obra por completo. A análise se baseou nas patologias aparentes presentes nas estruturas de betão armado e blocos cerâmicos.

O levantamento de referências bibliográficas referentes às principais patologias de estruturas de betão armado e alvenarias é de extrema importância para que se consiga seguir um caminho mais coerente para a melhor escolha de reabilitação.

Apesar do que foi exemplificado ao longo deste trabalho de maneira superficial, a pesquisa e a busca pelo conhecimento foi incessante e fundamental. Assim, as visitas ao edifício e a seleção do processo de reabilitação se tornam mais norteadas.

Os resultados obtidos com o estudo das diversas patologias presentes em edifícios de sistema construtivo comum foram as seleções de métodos de reabilitação do edifício. E como o grande objetivo deste estudo é executar realmente a reabilitação do edifício, essa dissertação servirá como guia para o processo de reabilitação do edifício.

Sendo assim, se conclui um resultado satisfatório, de grande valia para a obra que o terá como alicerce. Com o interesse real de execução de obra de reabilitação, serão contratadas empresas que realizarão inúmeros testes pelas estruturas do prédio e assim validar as metodologias estudadas nesta dissertação.

Porém reabilitar é vitalizar a edificação, é reparar estruturas que possuem vida útil para resistirem e serem funcionais. Assim, conclui-se que executar uma obra de reabilitação apesar do trabalho minucioso é uma opção viável e de extrema importância para o cenário local, pois assim a disseminação de trabalho de reabilitações está mais inserida na realidade da população brasileira.

7 - REFERÊNCIAS

- Abnt, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2003). NBR 9575: Impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro.
- Abnt, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2021). NBR 15575 Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro.
- Abnt, Associação Brasileira De Normas Técnicas (1999). NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento . Rio de Janeiro.
- Aguiar, J., Cabrita, A. M., Appleton, J. Guião de Apoio à Reabilitação de Habitação, LNEC, Lisboa, 2002.
- Araújo, A. B. (2003). “Humidade e degradação nos edifícios: considerações sobre projeto, os materiais, a execução, a utilização, a manutenção e deterioração” Revista Internacional Construlink, Vol .3, Issue.8, pp. 1-10.
- Araújo, N. M.C.(2010). “Orçamento na construção civil. Construção civil: uma abordagem macro da produção ao uso”. João Pessoa: IFPB: Sinduscon-JP, 2010.
- Araújo , N. M. C., Alves G. S.(2008). Composições de custos unitários: tpo x apropriação in loco.
- Barrientos, M., Qualharini, E. (2002). “Intervenção e reabilitação nas edificações”.V Congresso de Engenharia, Minas Gerais, Brasil.
- Casotti, D. E. (2007). “Causas e Recuperação de Fissuras em Alvenaria”. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Francisco, Itatiba, Brasil.
- Clapper, J.(2008). “Reabilitação de Edifícios para a Habitação Social: Uma abordagem da Gestão do Conhecimento no Processo de Projecto”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Correia, G. B. (2009). “ Estudo de Casos – Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto,.
- Costa, António; Appleton, Júlio. (2002). “Case studies of concrete deterioration in a marine environment in Portugal. Cement and Concrete Composites”. Vol. 24, Issue 1, p. 169–179.
- Dal Molin, D.C.C.(1988). “Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul”, Tese de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Dias, S. J. G. (2008) “Intervenções de Reabilitação em Património Construído – Projecto de Beneficiação do Castelo de Alter do Chão”. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Figueiredo, E. J. P., Greven, H. A., Helene, P. R. L. (1989). “Terapia das Construções - Metodologia para Avaliação de Sistemas Epóxi Destinados à Injeção de Fissuras Passivas do Concreto”. Dissertação Mestrado em Engenharia Construção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

Freitas, V.P. de, Torres, M.I.M. and Guimarães, A. S. (2008) “Humidade Ascensional”, FEUP edições, 1.ª edição, Porto, Portugal.

Freitas, V.P.de, Guimarães, A. S. (2008). “Characterization of a hygro-regulated Wall Base Ventilation System for Treatment of Rising Damp in Historical Buildings”. Proceedings of the 2nd Nordic Symposium on Building Physics, pp. 911-919 – Copenhagen, Denmark.

GLOBO@ (2017). <http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2017/01/prefeitura-de-campo-grande-tem-154-obras-inacabadas-137-delas-paradas.html>.

Guimarães, A.S. (2011). “Dimensionamento de Sistemas de Ventilação da Base das Paredes para Tratamento da Humidade Ascensional”. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Porto, Portugal.

Helene, P. R. L. (1992). “Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto”. 2ª ed - São Paulo: PINI, Brasil.

IGESPAR@ (2012). <http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/CartadeAtenas.pdf>. Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico

IGESPAR@ (2012). <http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf/>

Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico.

INE, I.P.(2020). “Estatísticas da Construção e Habitação 2019”. Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa, Portugal.

INE, I.P (2012). “Censos 2011 Resultados Definitivos – Portugal”. Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa,Portugal.

Jones, D A. (1996). “Principles and prevention of Corrosion”. 2 nd ed. New Jersey, United States of America.

Laranjeira M.E (2010). “Patologias em edifícios existentes na Força Aérea, associadas à localização e aos solos de fundações”. Curso de Promoção a Oficial Superior da Força Aérea, IESM, Instituto de Estudos Superiores Militares, Lisboa, Portugal.

LISBOA@ (2012). http://www.porlisboa.qren.pt/np4/file/1/faq_jessica.pdf, dia 12 de Janeiro de 2012.

Liu, C., Lyle, B., and Langston, C. A. (2003). “Estimating demolition costs for single residential buildings”. *Australian Journal of Construction Economics and Building*. Vol.3, Issue 2, pp.32-42.

Lordsleem Jr., Alberto, C. (1997). “Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação”. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Luiz, M. G. (2005). “Medição da Umidade no sistema concreto- madeira”. Dissertação de Mestrado . Escola Superior de Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

Lima, B. S. (2015). “Principais Manifestações Patológicas em Edificações Residências Multifamiliares”. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

Mckim, R., Hegazy, T., e Attalla, M. (2000). “Project performance control in reconstruction projects.” *Journal of Construction Engineering and Management* , pp.137-141.

Marques, J. De. C. R. (2008). “Análise de custos para reabilitação de edifícios para habitação”. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Magalhaes, E. F. De.(2004). “Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidência no Estado do Rio Grande do sul”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, Porto Alegre, Brasil.

Medeiros, J. S., F.H. Sabbatini (1999). “Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios”. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, Brasil.*

Milititsky, J., Consoli, N. C. and Schnaid, F. (2015). “Patologia das Fundações”. 2.ed. São Paulo, Brasil.

Paiva, J. V., Aguiar, J., Pinho, A.(2006). “Guia Técnico da Reabilitação Habitacional” .Instituto Nacional de Habitação, e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa,Portugal.

Pereira, R. R.A. (2013). “ Operações de Reabilitação De Edifícios Antigos -Organização de um Sistema de Informação Transversal a Todo o Processo”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, FEUP, Porto, Portugal.

HABITAÇÃO@<https://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/reabilitacao/apoios/incentivosfiscais.html>-10 de dezembro 2020.

Portugal – Leis, Decretos, etc. Decreto-Lei n.º 95/2019, “Novo Regime de Reabilitação de Edifícios”.

Puim, P. G. A. C.(2010) “Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos”. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Resende, P.B., Martins, R.M.F. and Freitas M. S (2018). “Fissuras causadas por movimentações térmicas no concreto” Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, Centro Universitário de Mineiros, Goiás, Brasil.

Rodrigues, M. S. P (2011). “Orçamentação de Obras de Reabilitação de Edifícios: um Modelo de Regressão para melhoria da Fiabilidade”. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Santos, C. M. S. (2010). “Análise dos indicadores do TCPO e de empresas construtoras de edificações verticais utilizados na elaboração de orçamentos por empresas de João Pessoa”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Santos, T. M. H. Dos.(2014). “Corrosão das armaduras do betão armado: causas, consequências, prevenção e projeto de durabilidade”. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

SECTOR DA HABITAÇÃO PORTUGAL@ (2004) http://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/8_PC2005.pdf.

SIENGE@ (2020). <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/-->. (página internet oficial), Brasil.

SIKA@(2021). <https://bra.sika.com/pt/construcao/colagem-estrutural/resina-epoxi-parainjecaodefissuras/sikadur-43-he-h.html>. (página internet oficial), Brasil.

SINDUSCON@ (2021). https://www.sindusconms.com.br/cubs/cub/_ (página internet oficial), Brasil.

SOBRATEMA@ <https://www.sobratema.org.br/CustoHorario/Tabela>. Associação Brasileira de Tecnologia para Construção e Mineração.

Souza, F. C. De.(2017). “Avaliação do preenchimento com sistema epóxi de fendas induzidas em estruturas de concreto pela análise do sinal ultrassônico”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

- Taguchi, M. K. (2010). Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Thomaz, E.(1989). “Trincas em edifícios - Causas, prevenção e recuperação”. .Pini Ltda, São Paulo, Brasil.
- Torres, M.I.M. (2004). “Humidade Ascensional em Paredes de Construções Históricas”. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, FCTUC, Coimbra, Portugal.
- Torres, M.I.M., Freitas, V.P. (2003). "Rising damp in historical buildings - Research in Building Physics, Proceedings of the 2nd international conference on building physics, pp 369-375 - Leuven, Belgium.
- Torres, M.I.M., Freitas, V.P. (2006). Avaliação da eficiência da ventilação da base das paredes em função da sua espessura no tratamento das humidades ascensionais”. Patorreb, Porto, Portugal.
- Zmitrowicz, W., Bomfim, V.(2007). “Directrizes para a Reabilitação de Edifícios para HIS – As experiências em São Paulo, Salvador e Rio de Janeiro, Projecto Reabilita” São Paulo, Brasil.