



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Victoria Bonatti Medeiros

AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE
EDIFÍCIO DEVOLUTO EM BETÃO ARMADO
STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF VACANT
REINFORCED CONCRETE BUILDING

Dissertação II de Mestrado em Reabilitação de Edifícios, Especialização no Ramo Estrutural orientada por Paulo Providência e Costa e Anísio Andrade e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Fevereiro de 2023

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

Victoria Bonatti Medeiros

AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO DEVOLUTO EM BETÃO ARMADO

STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF VACANT REINFORCED CONCRETE BUILDING

Dissertação II de Mestrado em Reabilitação de Edifícios, Especialização no Ramo Estrutural,
orientada por Paulo Providência e Costa e Anísio Andrade 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.

Fevereiro de 2023



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Realizar um curso de mestrado em um país completamente diferente e longe de casa foi uma experiência incrível e de um aprendizado imensurável. Claro, passamos por vários momentos desafiadores durante todo o curso, mas tudo valeu a pena.

Por isso queria agradecer primeiramente a Deus, por estar sempre comigo, me levantando e mostrando o melhor desse mundo.

Agradecer aos professores que me transmitiram tantos conhecimentos e aprendizados, me permitindo chegar até aqui.

Aos professores Paulo Providencia e Costa e Anísio Andrade pela confiança em mim e orientação dada para este trabalho, e por todos os ensinamentos passados em suas aulas.

Aos meus pais, Sergio e Sonia, pela oportunidade de viver essa experiência incrível, e por sempre confiarem e me apoiarem. E a minha irmã por estar sempre comigo, me fortalecendo.

A todos os meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, e também os que estiveram comigo nesta passagem por Portugal, foi muito importante.

E, por último, todos que estiveram ao meu lado e mandaram pensamentos positivos para este momento.

RESUMO

Frente ao aumento do número de edificações abandonadas e sem a manutenção adequada, observa-se a necessidade da sua reabilitação, para as tornar utilizáveis ou melhorar a sua habitabilidade, mas também por questões estéticas e sociais do entorno, renovando e robustecendo o conjunto. Com este objetivo principal, no presente trabalho é desenvolvido um estudo em um edifício devoluto com estrutura de betão armado. Esse estudo iniciou-se com uma inspeção preliminar in situ, que permitiu encontrar e observar as anomalias presentes, tendo sido feitos registros fotográficos das principais patologias. Procedeu-se, em seguida, a uma análise desta informação. Os danos foram classificados de acordo com os andares em que foram detetados, para melhor visualização e comparação. As patologias foram depois graduadas de acordo com a sua gravidade e extensão, e, para cada uma das principais patologias determinou-se a causa e o procedimento preferível para a reabilitação, o qual foi detalhado passo a passo. Por fim, foi elaborado um orçamento básico para se ter uma ideia da ordem de grandeza de uma possível reabilitação. Resumindo, o estudo apresentou alguns problemas que podem ser encontrados em edifícios abandonados ou com má construção, e algumas soluções que podem ser adotadas.

Palavras-chave: Reabilitação estrutural. Edifício devoluto. Patologias na construção. Orçamento. Inspeção Visual.

ABSTRACT

Faced with the increase in the number of abandoned buildings without proper maintenance, there is a need to make them usable or improve their habitability, but also for aesthetic and social issues of the surroundings, renovating and strengthening the set. With this main objective, in the present work, a study is developed in a vacant reinforced concrete building. This study began with a preliminary in situ inspection, which made it possible to find and observe the anomalies present, with photographic records of the main pathologies being made. This information was then analyzed. The damages were classified according to the floors where they were detected, for better visualization and comparison. The pathologies were then graded according to their severity and extent, and, for each of the main pathologies, the cause and the preferable procedure for rehabilitation were determined, which were detailed step by step. Finally, a basic budget was prepared to get an idea of the order of magnitude of a possible rehabilitation. In summary, the study presented some problems that can be found in abandoned or poorly constructed buildings, and some solutions that can be adopted.

Keywords: Structural rehabilitation. Vacant building. Pathologies in construction. Budget. Visual inspection.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Enquadramento.....	11
1.2. Objetivos	12
1.3. Estrutura do trabalho.....	13
2. PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DO BETÃO ARMADO	14
2.1. Betão.....	14
2.1.1. Processo Físico e Estrutural	14
2.1.2. Processo Químico	19
2.1.3. Ações Biogénicas	21
2.2. Armaduras	22
2.2.1. Corrosão da armadura.....	22
2.2.2. Carbonatação.....	26
2.2.3. Ataque por cloretos	27
3. INSPEÇÃO VISUAL	29
4. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO	32
4.1. Reparação de fissuras	32
4.1.1. Injeção de fissuras (NP EN 1504-5)	32
4.1.2. Selagem de fissuras.....	34
4.1.3. Grampeamento de fissura.....	36
4.2. Reparação ou restauração dos elementos estruturais (NP EN 1504-3)	36
4.2.1. Corte (remoção profunda de betão degradado)	37
4.2.2. Lavagens	38
4.2.3. Tratamento de ferragem (armadura).....	40
4.2.4. Materiais para preenchimento do concreto	41
4.3. Reforço de estruturas.....	41
4.3.1. Armadura para reforço.....	42
4.3.2. Adição de chapas metálicas	42
4.3.3. Adição de laminado de fibra de carbono (FRP).....	43
4.4. Custos para reabilitação	44
4.4.1. CUB (Custo Unitário Básico)	44
4.4.2. SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).....	45
5. CASO DE ESTUDO	47

5.1. Caracterização	47
5.2. Análise da estrutura existente à luz da legislação em vigor.....	51
5.3. Inspeção Visual.....	52
5.3.1. Térreo.....	53
5.3.2. Primeiro andar - mezanino.....	56
5.3.3. Segundo andar.....	58
5.3.4. Terceiro andar.....	60
5.3.5. Quarto andar.....	62
5.3.6. Quinto andar.....	63
5.3.7. Sexto andar.....	65
5.3.8. Sétimo andar.....	67
5.3.9. Oitavo andar.....	69
5.3.10. Outros problemas na construção.....	71
5.4. Métodos indicados para reabilitação.....	73
5.4.1. Descolamento do betão nos pilares.....	73
5.4.2. Reparo nas juntas de dilatação.....	75
5.4.3. Reabilitação das lajes.....	77
5.4.4. Reabilitação das vigas.....	78
5.5. Orçamento da Reabilitação.....	78
5.6. Limitações do Estudo.....	82
6. CONCLUSÃO.....	84
7. REFERÊNCIAS.....	86
Anexo A.....	90
Anexo B.....	91
Anexo C.....	92
Anexo D.....	93
Anexo E.....	94
Anexo F.....	95
Anexo G.....	96
Anexo H.....	97
Anexo I.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Várias causas de fissuras no betão armado, adaptado de Cóias (2009).....	15
Figura 2 - Fissuração por assentamento plástico - efeito de parede (Souza, 1998).....	16
Figura 3 - Fissurações devido a movimentação de fôrmas e escoramento (Souza, 1998).....	17
Figura 4 - Fissuras por imposição de ações (Adaptado de Cóias, 2009)	18
Figura 5 - Exemplos de fissuração de origem estrutural em lajes (Souza, 1998)	19
Figura 6 - Elementos anódicos e catódicos, reações de oxidação e hidratação para corrosão do aço, Broomfield (2007).....	23
Figura 7– Corrosão na superfície do aço. (A) Reações anódicas e catódicas e corrente elétrica. (B) Fluxo de eletrões e iões durante o processo de corrosão Bentur et al. (2005).....	24
Figura 8 - Desenho esquemático da corrosão do aço envolvido em concreto (Tuuti, 1982).....	26
Figura 9 - Tipos de corrosão do aço em meio a betão (Souza e Ripper, 1998)	26
Figura 10 - A quebra da camada de passivação e cloretos "reciclados" (Broomfield, 2005).....	28
Figura 11 - Danos no betão originados por corrosão das armaduras (Salta, 1990)	30
Figura 12 - Inspeção visual do betão (Adaptado de Salta, 1990)	30
Figura 13 - Furos para injeção (Souza e Ripper, 1998).....	34
Figura 14 – Exemplos de selagem da fissura após enchimento e de transformação em junta (Souza e Ripper, 1998)	35
Figura 15 – Transformação de fissura em junta com neoprene (Souza e Ripper; 1998)	35
Figura 16 - Ilustração de grampeamento na fissura (Souza e Ripper, 1998) ...	36
Figura 17 - Corte de betão: profundidade a remover para além da armadura (Fonte: Souza e Ripper, 1998).....	38
Figura 18 - Limpeza por jato de água (Souza e Ripper, 1998).....	40
Figura 19 - Emenda por transpasse (Fonte: Marcelli, 2007).....	43
Figura 20 - Aplicação de FRP na estrutura (Fonte: S&P apud Providência, 2021)	44
Figura 21 - Projeto do Edifício América (Fonte: @BlumenauAntiga).....	47
Figura 22 – Esqueleto inacabado do prédio (Fonte: Adalberto Day)	48
Figura 23 - Frente do edifício (Fonte: Google Maps (2021)).....	49
Figura 24- Rua e entorno a frente do edifício (Fonte: Google Maps (2021))	49
Figura 25 - Clube de Remo em funcionamento	50
Figura 26 - Pilar P14: (A, B) referênciação; (C) pormenor das patologias.....	54
Figura 27- Pilar P25b e poça: (A, B) referênciação; (C) pormenor das patologias.....	55
Figura 28 - Viga V26-35: (A, B) referênciação; (C) pormenor das patologias... 55	
Figura 29 – Falta de junta: (A, B) referênciação; (C) pormenor.....	57
Figura 30 - Pilar P49: (A e B) localização; (C) pormenor do destacamento (Fonte: Autora)	57

Figura 31 - Viga V51-32: (A, B) localização; (C) pormenor do destacamento.	58
Figura 32 - Junta de dilatação (J2) no pavimento inferior do 2º andar.....	59
Figura 33 - Destacamento de betão: (A e B) localização; (C) pormenor.	60
Figura 34 - Laje L49-23 de patamar de escadas (A e B) localização; (C) detalhe com musgos.	60
Figura 35 – Pilar P34 com destacamento de betão	61
Figura 36 – Junta J2: (A e B) localização; (C) pormenor.	61
Figura 37 - Pilares P23 e P22: (A) localização; (B e C) danos observados.	62
Figura 38 - Patologias no quinto andar, laje P29, P30, P38, P39: (A) betão com buracos (P31); (B) laje inferior: musgos; (C) laje superior: infiltrações e blocos cerâmicos quebrados.	63
Figura 39 - “Viga” dividida pela junta J1: (A e B) localização; (C) patologia.	64
Figura 40 - (A) Localização do pilar P16; (B) destacamento; (C, D) pormenor.	65
Figura 41- Laje de escada L51- 32: (A, B) localização; (C) musgos e plantas.	65
Figura 42 - Pilar P18: (A e B) localização; (C) pormenor.	66
Figura 43 - Viga J1: (A,B) localização; (C) pormenor.....	66
Figura 44 - Pilar P49: (A e B) localização; (C) pormenor.	67
Figura 45 - (A) Localização (P12); (B) patologia aproximada.	68
Figura 46 - (A e B) Localização da patologia (entre P22, P23 e P11); (C) Detalhe.	68
Figura 47 - (A) Localização da patologia (escada entre P51 e P32); (B) detalhe.	69
Figura 48 - (A e B) Localização da patologia (P32); (C) detalhe.....	69
Figura 49 - (A) Localização da patologia (P12); (B) detalhe.	70
Figura 50 - Patologias encontradas.	71
Figura 51 - Patologias encontradas nas escadas	72
Figura 52 - Patologias pelo edifício	73
Figura 53 - Vistas exteriores do edifício: (A) parte interna do edifício entre lajes (L51-24 e L33-42); (B) fundos; (C) alçada frontal.	73
Figura 54 - Exemplo de encamisamento de pilar (Fonte: Techniques Soluções em Engenharia).....	76
Figura 55 - Instalação de adesivo e banda em junta de dilatação (Fonte: Manual Sikadur-Combiflex).	77
Figura 56 - Selagem de junta de dilatação (Fonte: Desenhado pela autora)....	77
Figura 57 - Planta do Térreo	90
Figura 58 - Planta 1º andar	91
Figura 59 - Planta do 2º andar	92
Figura 60 - Planta do 3º andar	93
Figura 61 - Planta do 4º andar	94
Figura 62 - Planta do 5º andar	95
Figura 63 - Planta do 6º andar	96
Figura 64 - Planta do 7º andar	97
Figura 65 - Planta do 8º Andar	98

Índice de Quadros

Quadro 1 - Procedimentos de corte do substrato (Helene, 1992).....	37
Quadro 3 - Orçamento aumento da secção dos pilares (Fonte: Autora)	80
Quadro 4 - Orçamento selamento das juntas (Fonte: Autora)	81
Quadro 5 - Orçamento aumento da laje (Fonte: Autora).....	81
Quadro 6 - Orçamento da limpeza do prédio (Fonte: Autora).....	81
Quadro 7 - Orçamento reabilitação do edifício.....	81

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Atualmente, as estruturas dos edifícios são geralmente dimensionadas para uma vida útil de 50 a 100 anos, mas para assegurar que esta duração é atingida deve-se seguir as manutenções indicadas no respetivo plano manutenção e muitas vezes reparações são necessárias. Neste período ou após o mesmo, as estruturas começam a apresentar patologias maiores, por o plano de manutenção não ser seguido, devido a ações imprevistas, erros de projeto ou construção, ou até mesmo por estarem abandonados.

Em Santa Catarina, no sul do Brasil, foi realizado em 2018 um levantamento pelo Corpo de Bombeiros para identificar os imóveis que se encontravam em estado de abandono, o qual detetou 170 imóveis abandonados. O estudo foi feito para verificar quantos prédios estariam em condições de desapropriação (prédios abandonados há mais de 5 anos e que poderiam ser tomados pelo governo), isto para evitar que os prédios chegassem a uma condição tão desfavorável que ficassem em risco de desabar. Em Blumenau, que será a cidade objetivo deste estudo, naquele ano foram detetados 4 imóveis abandonados, sendo um deles o caso de estudo considerado nessa dissertação (NSC TV, 2022).

Grande parte destes abandonos são obras que foram embargadas pelo governo, e depois de muitos anos na justiça, as construtoras acabam desistindo do empreendimento. Segundo o dicionário Priberiam embargo é o "Impedimento de continuar uma obra". Isto acontece pela construtora normalmente violar as diretrizes indicadas no plano diretor da cidade, fazendo construções com recuos em relação a rua menor do que permitido, construções próximas a áreas de preservações permanentes, construções próximas a rios, edifícios maiores que o permitido ou outros fatores que não seguem a lei.

No Brasil a reabilitação de edifícios ainda não se encontra tão disseminada como em Portugal, onde existem diversas políticas e leis para incentivo das reabilitações. Mais recentemente diversas cidades e estados do Brasil vêm criando leis e projetos de lei próprios que estimulam a reabilitação, através de

incentivos para os proprietários, como por exemplo mudança nos recuos permitidos, variação na cobrança de impostos, entre outros.

Essa mudança recente é de grande importância para o país, não apenas para as obras que estão paradas, mas também porque grande parte das construções são de décadas atrás, e acabam tendo uma grande disparidade comparando-se as obras recentes, gerando um aspecto visualmente desagradável.

Conforme os edifícios vão sendo reabilitados, todo o entorno melhora, a economia local se desenvolve, pois, as pessoas desejam um local agradável para morar. Isso tudo também gera um aumento na qualidade de vida, pois com maior população na região a infraestrutura aumenta, com a vinda de hospitais, escolas, igrejas, postos de saúde, farmácias, mercados, entre outros.

Com isto o presente trabalho propõe-se a realizar a análise de um edifício inacabado que se encontra em condições de abandono, há mais de 26 anos, para verificar as patologias e a possibilidade de uma reabilitação, tendo em vista a sua recuperação e a melhoria do entorno e da qualidade de vida da região.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma análise em campo sobre uma obra na cidade de Blumenau, Estado de Santa Catarina, Brasil, que se encontra embargada há cerca de 26 anos, por conta de uma lei ambiental. A mesma necessita de uma intervenção, e aparenta estar em um estado crítico de conservação, devido ao longo período de interrupção da obra. Em virtude desta situação, será feito um estudo de caso, em que serão identificadas e investigadas as patologias estruturais deste edifício, e serão listados alguns métodos de reabilitação que poderão ser aplicados, para viabilizar a sua reabilitação.

Este estudo, além da análise da reabilitação desta obra específica, também poderá trazer ideias e auxiliar outros edifícios que se encontram em um estado crítico semelhante, e também demonstrará como a reabilitação em muitos casos é possível e economicamente competitiva, promovendo a sustentabilidade (ambiental econômica e social), proporcionando mais oportunidades e

favorecendo o desenvolvimento e, finalmente, permitindo melhorar a imagem de diversas zonas urbanas.

Espera-se através da análise referida, chegar a uma solução, de como essa edificação poderá ser reabilitada de forma segura, técnica, objetiva e de acordo com a legislação em vigor, permitindo a sua execução.

1.3. Estrutura do trabalho

O caso de estudo será o Residencial América, sendo analisada in situ a situação da sua estrutura, e sendo propostos métodos para se proceder a sua reabilitação.

O primeiro passo é realizar a coleta da documentação e outras informações relativas ao edifício e ao método construtivo. Os principais documentos a serem obtidos são os projetos do edifício, e informações das obras incluindo a sua calendarização.

Na segunda parte serão realizados os trabalhos em campo, sendo visitado o local para identificar as patologias existentes, e o estado de conservação da edificação, assim como o seu entorno. Nesta etapa serão realizados registros fotográficos, e desenhos esquemáticos para identificar os locais onde estão os maiores problemas. Pela falta de recursos, esta etapa não contará com ensaios laboratoriais, mas ao final será indicado os ensaios que seriam necessários para melhor avaliação de cada patologia.

Na terceira etapa os dados obtidos em campo serão analisados, transcrevendo os desenhos para o computador, e unindo estes com as imagens, podendo então verificar de forma mais clara e cuidadosa todas as patologias existentes. Serão reunidos os problemas encontrados, a sua distribuição espacial e gravidade.

O quarto passo será propor soluções para a reabilitação da edificação, ou seja, para cada patologia, a solução proposta, o procedimento para a implementar e a urgência e importância para a obra.

Caso seja viável, num quinto passo será feita uma análise de custo para permitir comparar, por exemplo, com a demolição e construção de um edifício similar, a fim de contribuir para a análise da viabilidade da intervenção proposta.

2. PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DO BETÃO ARMADO

2.1. Betão

2.1.1. Processo Físico e Estrutural

Diversos processos físicos podem causar danos no betão, como ciclos gelo-degelo, ações térmicas, cristalização de sais nos seus poros, erosão, abrasão, retração plástica, corrosão do concreto, movimentação das fôrmas (cofragens), calcinação (em caso de incêndio), vibrações, etc. Estes processos podem causar degradação do aspecto, encurtamento, dilatação, outras deformações, fendilhação, escamação, delaminação, desagregação, destacamento, etc., no betão (Providência, 2021).

O ciclo gelo-degelo acontece quando a água entra nos poros do betão, e a temperatura no local diminui muito, fazendo com que esta água congele, aumentando o seu volume, alterando o campo de tensões, nomeadamente com incremento local da tensão de tração circunferencial, seguindo-se o regresso ao estado líquido e redução do volume quando a temperatura aumenta, etc. Mesmo que a variação do estado de tensão em cada ciclo não seja muito significativa, vários ciclos destes acabam fadigando o betão e fazendo com que fendilhe. O efeito da cristalização de sais nos poros é algo parecido, eles crescem e acabam fissurando o betão.

A erosão é um desgaste causado pela ação do vento, água ou gelo, que acaba retirando o material superficial através de partículas carregadas, fazendo em algumas ocasiões que o cobrimento diminua, deixando a armadura em certas ocasiões exposta, colaborando para a corrosão desta. A intensidade do dano será proporcional ao tamanho e formato e dureza destas partículas arrastadas pelo fluido e, claro, às características superficiais do próprio betão.

Processos estruturais que podem causar danos são, por exemplo, sobrecargas excessivas, assentamentos, impactos, explosões e vibrações, sismos, etc., que podem causar deformações excessivas, fissuração, deformações permanentes e o colapso (Cóias, 2009).

Uma das “patologias” mais frequentes no betão é a fissuração, que ocorre sempre que é excedida a sua resistência à tração. Esta resistência varia com a

idade, a velocidade de aplicação da tensão e com o próprio campo de tensões. Note-se que sendo o betão um material frágil a sua fissuração é uma característica intrínseca, só devendo ser considerada patológica quando não controlada ou quando os seus efeitos são nefastos. Algumas das possíveis causas da fissuração são reunidas no esquema em árvore da Figura 1, elaborado por Córias (2009).

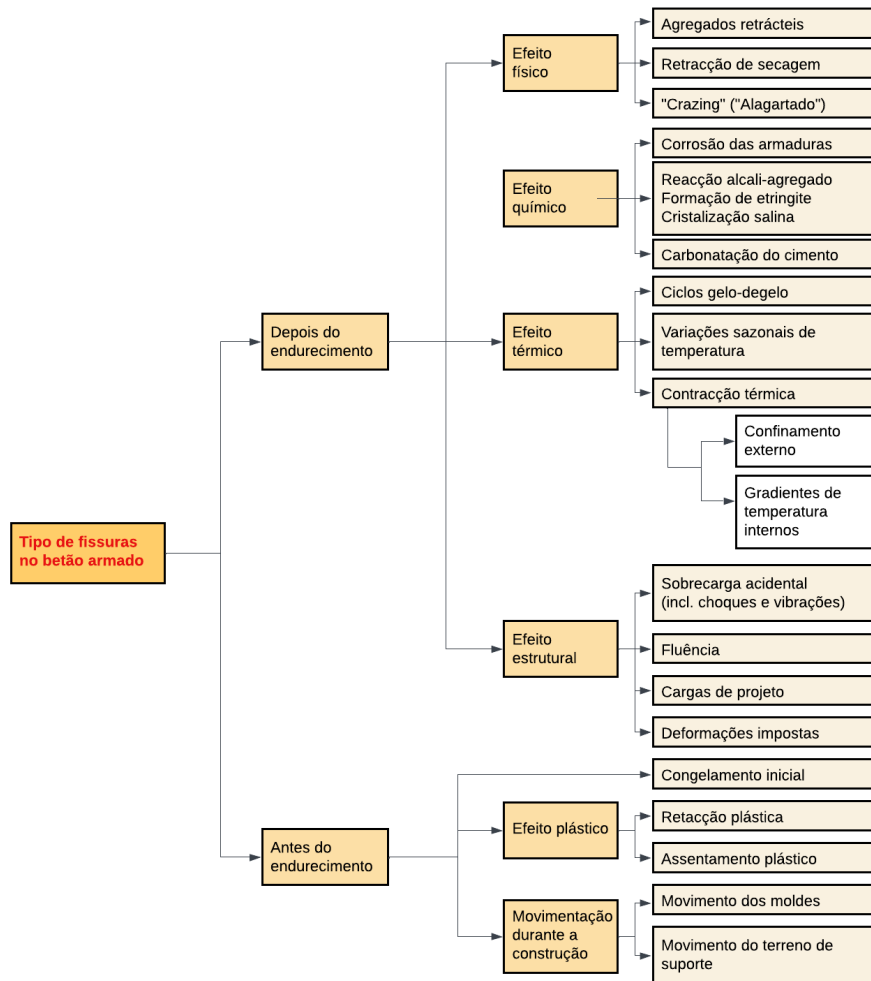


Figura 1- Várias causas de fissuras no betão armado, adaptado de Córias (2009)

O betão tem uma característica natural de fissurar, portanto é algo antevisto, mas se as ações de tração aplicadas forem maiores do que a sua resistência à tração os níveis de fissuração podem atingir níveis que comprometem a durabilidade e/ou a segurança da estrutura (Córias, 2009).

Antes do endurecimento, o betão pode fendilhar por retração plástica. Neste fenómeno, a água que foi utilizada na mistura evapora rapidamente

causando a retração do betão. Porém, a armadura, os agregados e a própria cofragem podem dificultar ou mesmo impedir retração, gerando tensões de tração, fazendo então com que se criem fissuras normalmente superficiais. Por exemplo, em lajes, podem surgir fendas fazendo cerca de 45 graus com os cantos.

Outro motivo para a fissuração, ou fendilhação, do betão antes do endurecimento é o assentamento plástico, onde as partículas sólidas ou em processo de solidificação do betão, que são mais pesadas que a água, acabam impedidas de assentarem pela armadura ou fôrma, causando um assentamento diferencial que gera grandes extensões e tensões e, assim, fendas. A abertura destas fissuras será proporcional à espessura vertical do elemento betão, porque quanto maior for esta dimensão maiores serão os assentamentos e, portanto, os assentamentos diferenciais. Algumas destas fissuras acabam acompanhando a disposição dos varões gerando o efeito parede, onde um vazio em baixo do aço é formado, reduzindo a aderência ao concreto. Uma modalidade ainda mais preocupante deste fenómeno ocorre quando se tem uma grande quantidade de barras (varões) dispostas num plano horizontal e com espaçamento reduzido, podendo originar uma fissura neste plano com completa separação e delaminação do betão, e, portanto, perda total de aderência, figura 2 (Souza, 1998).

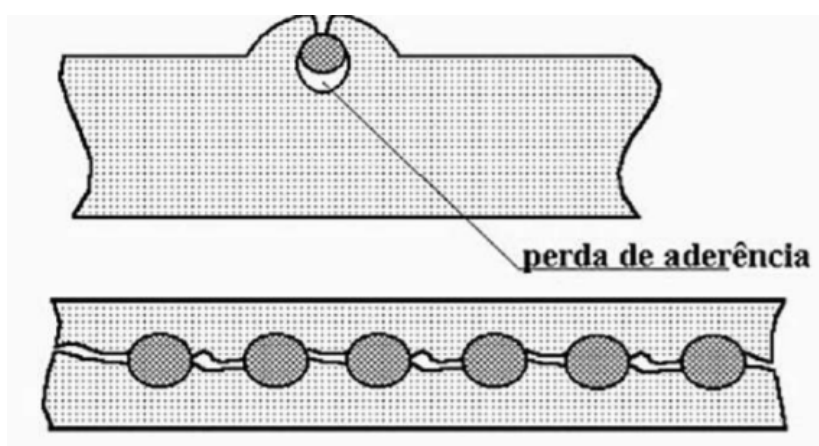


Figura 2 - Fissuração por assentamento plástico - efeito de parede (Souza, 1998)

A movimentação de fôrmas, devido a escoramento deficiente, pode gerar modificações à geometria desejada para o elemento estrutural, reduzindo a sua resistência, o que pode levar a geração de fissuras ainda durante o processo de

presa, figura 3a. Caso a fôrma esteja mal posicionada ou sofra deformação também, por rigidez insuficiente, pode também originar juntas de concretagem não previstas, que geram em sua maioria fissurações, figura 3b (Souza, 1998).



Figura 3 - Fissurações devido a movimentação de fôrmas e escoramento (Souza, 1998)

Uma das causas de fendilhação do betão é a retração por secagem, que é uma deformação a longo prazo. A causa dela também está na diminuição de volume por perda de água, tal como na retração plástica. Também de forma semelhante à retração plástica, se no momento em que no betão tende a ocorrer redução nas suas dimensões, mas esta redução estiver impedida, agora exteriormente, por exemplo pelas fundações ou outros elementos estruturais, causando uma variação do campo de extensões no betão, com acréscimo da extensão normal na direção da deformação impedida, originando fendas de separação quando se ultrapassa a extensão última do betão. O motivo desta redução volumétrica pode ser uma queda na umidade relativa ambiente durante um período de tempo suficientemente longo. No caso de muros ou paredes com desenvolvimento longitudinal muito grande, este fenômeno pode originar fissuras verticais longas (Providência, 2021).

As fissuras surgidas depois que o betão está endurecido podem ser devidas a erros no projeto, a má execução ou a materiais de qualidade insuficiente. São exemplos de erros de projeto a avaliação inadequada de cargas, detalhamento insuficiente, desconformidade ao ambiente, consideração incorreta da interação solo-estrutura, adoção incorreta de juntas de dilatação e modelo de estrutura incorreto.

Falhas de projeto podem originar fissuras com configurações próprias, em função das cargas aplicadas ou deformações impostas. Por exemplo, a Figura 4 esquematiza alguns tipos de fissuras em peças lineares de betão armado (Cóias, 2009).

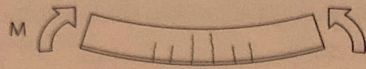
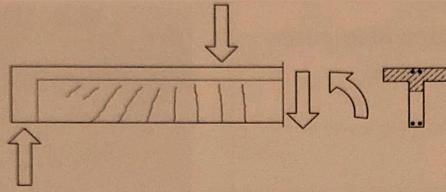
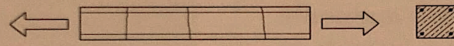

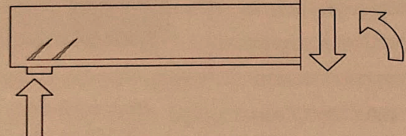
Causa principal	Aspecto	Descrição
Flexão pura		A direção das fissuras é perpendicular às armaduras.
Corte		As fissuras são inclinadas, desenvolvendo-se nas zonas onde o esforço de corte é dominante em relação ao de flexão.
Tracção pura		As fissuras atravessam toda a secção.
Torção		As fissuras têm inclinações opostas em lados opostos do elemento.
Perda de aderência		As fissuras formam-se nas zonas de amarração das armaduras. A sua direcção pode ser próxima da das armaduras.

Figura 4 - Fissuras por imposição de ações (Adaptado de Cóias, 2009)

Também nas lajes, quando a capacidade resistente é atingida, existem padrões de fissuração mais habituais, ver Figura 5 (Souza, 1998). Lajes muito alongadas, possuindo armadura apenas paralela ao lado menor (embora a armadura mínima na outra direção não deva ser nunca dispensada), terão fissuração paralela apenas ao maior lado, com um comportamento tipo viga (Souza, 1998).

Quando acontece fendilhação no betão, que, como se referiu, é natural no betão e até certo ponto não preocupante, as tensões tendem a redistribuir-se, mas, se tal não for possível, ocorre o colapso do elemento (Souza, 1998).

Outro motivo habitual para a formação de fendas no betão já endurecido é o deslocamento relativo dos apoios, causado, por exemplo, pelo assentamento diferencial do terreno de fundação. Este fenómeno causa frequentemente fissuras mais ou menos paralelas a uma das diagonais do painel das paredes (em virtude da tendência para alongar segundo a outra diagonal) (Souza, 1998).

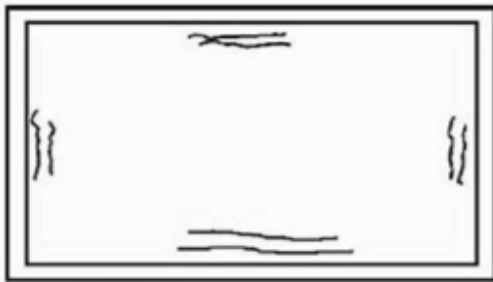


Figura 1.28 - Fissuração por esmagamento do concreto, por reduzida espessura da laje. As fissuras surgem na face inferior, por deficiência diante dos momentos negativos

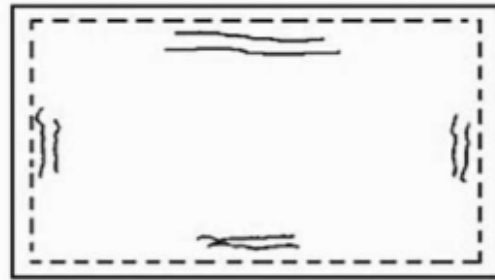


Figura 1.29 - Fissuração de flexão, devida à insuficiência de armadura para os momentos negativos. As fissuras surgem na face superior.

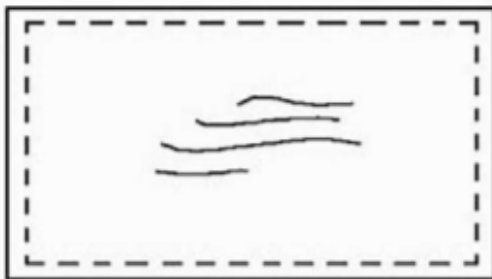


Figura 1.30 - Fissuração por esmagamento do concreto, devido à reduzida espessura da laje. As fissuras surgem na face superior, por deficiência diante dos momentos positivos.

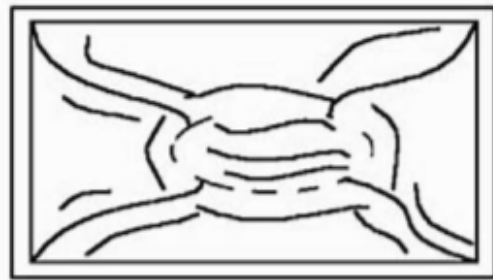


Figura 1.31 - Fissuração por flexão, devida à insuficiência de armadura para os momentos positivos. As fissuras surgem na face inferior



Figura 1.32 - Fissuração por deficiência de armaduras para combater aos momentos volventes, na face superior da laje

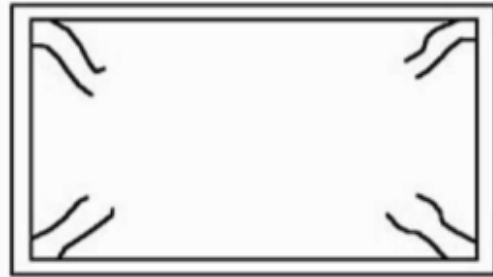


Figura 1.33 - Fissuração por deficiência de armaduras para combater aos momentos volventes, na face inferior da laje

Figura 5 - Exemplos de fissuração de origem estrutural em lajes (Souza, 1998)

2.1.2. Processo Químico

Há diversos processos químicos de degradação do betão, por exemplo devidos a reações álcali-agregados, reações sulfáticas de origem interna, ataque

por sulfatos, ácidos, etc., que podem causar desintegração, expansão, fissuração e lixiviação (Cóias, 2009).

As reações álcali-agregados são reações expansivas de origem interna, ou seja, associada a agregados siliciosos reativos e aos alcális (Na^+ , K^+ e hidróxido $(OH)^-$) do cimento ou agregados, com produção de gel que tende a causar o aumento do volume original, e que se agrava com a incorporação de água dos poros, acabando por agravar as tensões de tração no betão, causando fendilhação e exsudação do gel e eflorescências no betão (Cóias, 2009).

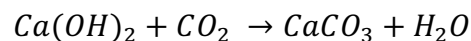
Os efeitos nocivos das reações álcali-agregados tendem a demorar muito a ser detetados, por exemplo, 20 a 30 anos após a construção. Esta reação depende do tipo de mineral nocivo contido nos agregados, como sílica amorfa ou mal cristalizada (Cóias, 2009).

Os efeitos das reações sulfáticas de origem interna aparecem normalmente antes de 10 anos após a construção. Resultam da formação de etringite (sulfoaluminato tricálcico), com a combinação de compostos do cimento com alumina ($3CaO \cdot Al_2O_3$) e compostos do betão com sulfatos (SO_4^{2-}). A origem pode ser quando o calor é não determinante, formando então a etringite, ou então, quando o calor é determinante, formando assim a etringite retardada. O calor pode ser determinante no caso do tratamento térmico durante a pré-fabricação ou no caso do calor de hidratação elevado associado a elementos com grande volumetria ou dosagem de cimento (Cóias, 2009).

O ataque por sulfatos (de cálcio, potássio, sódio ou magnésio) deve-se a sulfatos solúveis e presentes na produção do betão, no terreno, na água ou em efluentes industriais. A etringite retardada acaba descalcificando o betão endurecido, enfraquecendo este, e com a água se expande e fissa o betão.

Dada natureza alcalina do cimento e do betão, estes materiais são suscetíveis ao ataque por ácidos, que dissolvem e corroem o cimento, com exceção de ácidos fracos e exposição ocasional. Com efeito, estes ácidos dissolvem os compostos de cálcio hidratados do cimento e agregados calcários, produzindo sais de cálcio solúveis em grande quantidade que são lixiviados. Isto se torna pior caso o ácido tenha pH menor que 6,5, sendo que o betão quase não resiste para ácidos com pH menor que 3.

Um dano habitual no betão são as eflorescências, que são manchas, normalmente esbranquiçadas, que se depositam na superfície do betão. Isto acontece quando sais e CaO, de origem interna ou externa, se solubilizam na água dos poros ou exterior, e quando esta se desloca para a superfície do betão, frequentemente mais seca, fazendo com que os sais ali se depositem quando a água evapora. A cor esbranquiçada acontece quando a CaO se deposita na superfície em formato de hidróxido de cálcio, entrando em contato com o CO_2 , gerando uma carbonatação, formando calcite, que é esbranquiçada,



Estas eflorescências acabam sendo um indício da entrada de água em algum ponto da estrutura ou fundações, e os danos causados acabam sendo majoritariamente estéticos, mas a manutenção desta infiltração a longo prazo acaba podendo causar alguma consequência mais grave no betão (Cóias, 2009).

2.1.3. Ações Biogénicas

As ações biogénicas são causadas por organismos vivos, como plantas, animais, seus constituintes ou secreções, entre outros. Causam degradação na superfície do betão, por exemplo, devido a atividades biológicas. No caso dos líquens e musgos, isto ocorre principalmente em zonas húmidas, com pouca exposição solar, em contato com o solo, etc.

Embora a origem seja biológica, as causas da deterioração do betão podem ser químicas, por exemplo, quando estes agentes fazem com que o pH do betão diminua, mecânicas, como quando as raízes se desenvolvem em fendas preexistentes e as agravam, ou então de aspecto, causando uma mudança visual que pode ser desagradável aos usuários (utilizadores) ou terceiros.

A ação nociva destes agentes quando a profundidade é limitada acaba não sendo significativa, alterando apenas o aspecto visual, o que em alguns casos pode ser aceitável ou, dependendo do ambiente e do design, até desejável.

O maior problema com este tipo de ações está na rede de esgoto, onde em um ambiente anaeróbio com enxofre, as bactérias acabam produzindo

sulfuretos que originam o gás ácido sulfúrico (H_2S), que se dissolvem no vapor de água, e no ambiente aeróbio essas bactérias acabam convertendo isto no ácido sulfúrico (H_2SO_4) que é altamente corrosivo do betão.

2.2. Armaduras

2.2.1. Corrosão da armadura

A corrosão do aço vem sendo um dos problemas mais recorrentes nas estruturas de betão armado. Por este motivo existem muitos estudos sobre este tema, incluindo sobre como combater ou mitigar, e retardar este processo, para que a estrutura tenha uma maior durabilidade.

Concreto é um material alcalino, pois em seus poros contem hidróxido de cálcio (e também de sódio e potássio), que hidratados são substâncias altamente alcalinas (por volta de Ph 12 à 13). Esta alcalinidade gera uma camada que passiva a armadura, protegendo o aço de uma futura corrosão (Broomfield, 2007).

Assim, um dos melhores sistemas de proteção do aço contra a corrosão é a passivação do aço pelo betão que o envolve. Mas, por este ser poroso, a barreira acaba não sendo perfeita, deixando que agentes agressivos acabem por entrar em contato com o aço em algum período da vida útil da construção (Salta, 1990).

Segundo Tuuti (1982), na superfície do aço a passivação forma, com os produtos da corrosão, cuja dissolução é muito difícil, uma camada que tem uma permeabilidade tão reduzida que a taxa de corrosão é praticamente nula.

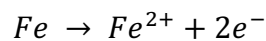
Existem dois fenômenos que podem fazer com que ocorra uma despassivação do aço no betão: a carbonatação e o ataque por cloretos (Broomfield, 2007).

Para Tuuti (1982), substâncias ativas como cloretos, que penetram no aço, podem reverter o processo de passivação localmente mesmo que o eletrólito (a água nos poros) seja muito alcalino. De forma semelhante, o concreto que protege a armadura altera quimicamente quando o CO_2 penetra o betão, neutralizando a, inicialmente alcalina, solução aquosa no poro, no processo designado carbonatação.

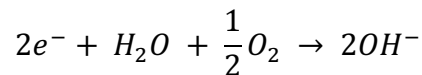
Corrosão é um processo eletroquímico, e ocorre quando o aço está em contacto com ar e uma solução aquosa que possua sais dissolvidos, que constitui o eletrólito, sendo possível a condução de eletricidade pelo próprio aço (Providência, 2021).

Para ocorrer a corrosão é necessária a presença de um eletrólito, diferença de potencial, oxigênio em estado gasoso e podem existir agentes agressivos. Neste fenômeno existe um ânodo, um cátodo, um condutor metálico e um eletrólito. O eletrólito em sua maioria é a água, e os produtos da hidratação do cimento como o $CaOH_2$ (hidróxido de cálcio), nela dissilvidos (Helene, 1986).

Quando ocorre a despassivação da armadura, começam as reações químicas que causam corrosão, e estas são as mesmas para os dois fenômenos (carbonatação e ataque por cloretos). Quando o aço corrói gera uma reação anódica (Broomfield, 2007):



Os dois elétrons que sobram terão que ser consumidos de alguma maneira para um equilíbrio. E para isso ocorre uma reação catódica (Broomfield, 2007):



As Figuras 6 e 7, de Broomfield (2007) e Bentur et al. (2005), respetivamente, esquematizam este processo.

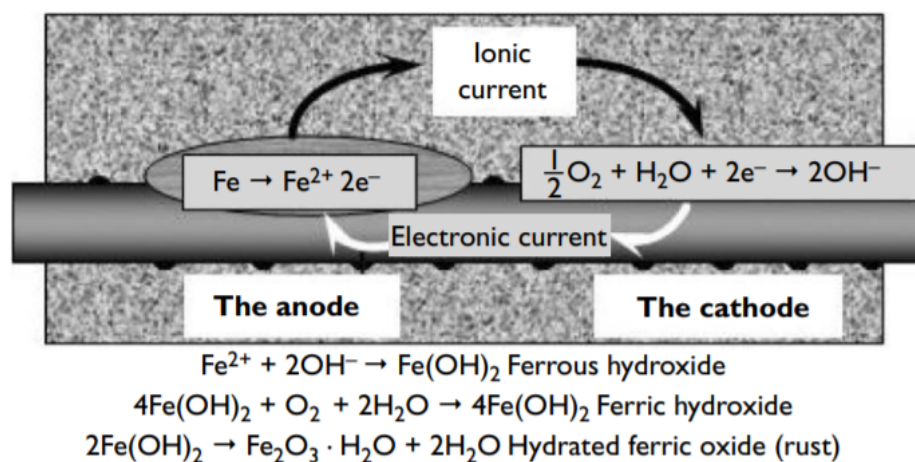


Figura 6 - Elementos anódicos e catódicos, reações de oxidação e hidratação para corrosão do aço, Broomfield (2007).

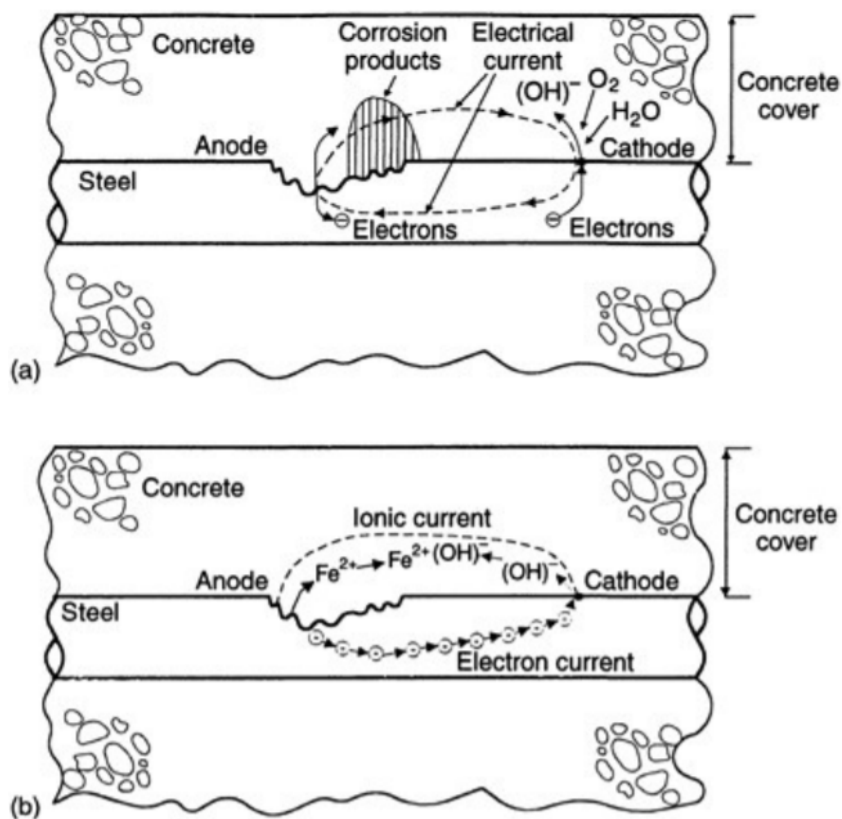


Figura 7– Corrosão na superfície do aço. (A) Reações anódicas e catódicas e corrente elétrica. (B) Fluxo de elétrons e íons durante o processo de corrosão Bentur et al. (2005).

Na reação catódica, redução do oxigênio, formam-se íons de hidróxido, que aumentam a alcalinidade do concreto e protegeriam o aço da corrosão. Porém, como é possível observar nas equações abaixo da figura 1, o íon hidróxido liga-se ao íon ferro gerando hidróxido de ferro, este posteriormente em contato com a água e o oxigênio (que são fundamentais para a ocorrência de corrosão), formam o hidróxido férrico que hidratado. Estes e outros hidróxidos e óxidos de ferro constituem a ferrugem (Broomfield, 2007). Esta ferrugem desenvolve-se em torno do varão, entre este e o concreto, causando trações circunferenciais no concreto, que acabam fazendo com que ele quebre, resultando na sua deterioração (Bentur *et al.*, 1997)

O óxido de ferro (Fe_2O_3), por exemplo, tem um volume duas vezes maior que o aço que consumiu, e, em contato com água, aumenta de seis a dez vezes mais. O que acaba levando a fissuras e fendilhação do concreto, manchas de

ferrugem no concreto e a armadura acaba ficando quebradiça (Broomfield, 2007).

Segundo Bentur et al. (2005), o processo de corrosão consiste em uma remoção progressiva de átomos de ferro do aço, por ação eletroquímica, e sua dissolução na solução aquosa, aparecendo então como íons de ferro (Fe^{2+}). No aço envolvido por concreto, essa dissolução se forma na água contida nos poros do concreto. Através dessa dissolução a armadura se dissolve e diminui. Se a redução de secção for significativa e as tensões na estrutura elevadas, o risco é alto e pode dar-se o seu colapso.

Na presença de agentes agressivos a corrosão pode acabar sendo acelerada. São exemplo, entre outros, os íons sulfeto (S^{--}), íons cloreto (Cl^-), nitritos (NO_3^-), gás sulfídrico (H_2S) e o íon amônio (NH_4^+). Estes agentes acabam quebrando a passivação ou até impedem a sua formação. Por exemplo, se uma substância ácida entrar em contato com a armadura aumenta o risco de corrosão (Helene, 1986).

Quando a corrosão tem início, a velocidade do ataque é determinada pelo fluxo das reações de ânodo e cátodo e pela maneira em que ocorre o contato físico (por um lado, no eletrólito e, por outro, na armadura) entre aquelas duas regiões. Essa velocidade pode ser baixa, alta ou muito alta (Tuuti, 1982).

O ciclo de vida de uma estrutura de concreto no que respeita a corrosão, pode ser dividido nos estágios inicial e de propagação. O estágio inicial é determinado é o período que vai da construção até ao momento em que, por acumulação de substâncias nocivas junto à armadura, ela se despassa criando as condições necessárias para começar a corrosão. Pode ser difícil identificar essa etapa de forma precisa (Tuuti, 1982).

O estágio de propagação é aquele em que decorre a corrosão, dependendo a taxa de corrosão de diversos fatores: a temperatura em volta das áreas de corrosão, a porosidade do concreto, o tamanho do cobrimento do concreto, a composição química da solução nos poros do concreto, a humidade relativa, etc. (Tuuti, 1982).

A corrosão do aço pode ocorrer por três formas: (i) a corrosão generalizada, causada pela carbonatação do betão, (ii) a corrosão localizada,

ocasionada por contaminação do betão por cloretos e (iii) a corrosão causada por fissuras (Souza e Ripper, 1998).

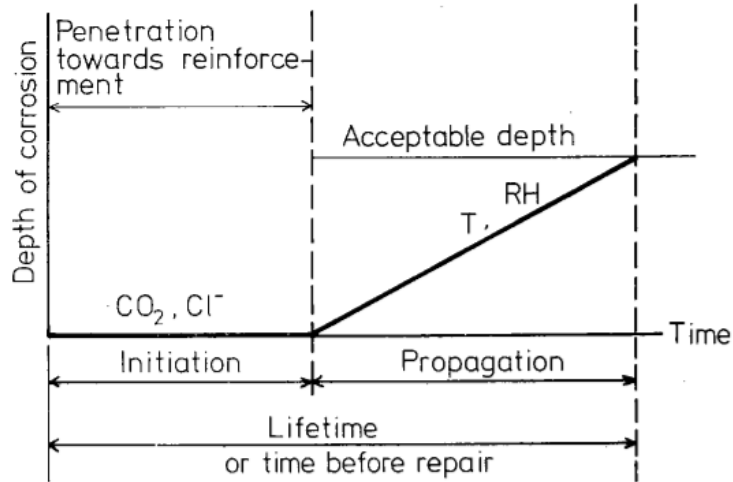


Figura 8 - Desenho esquemático da corrosão do aço envolvido em concreto (Tuuti, 1982).

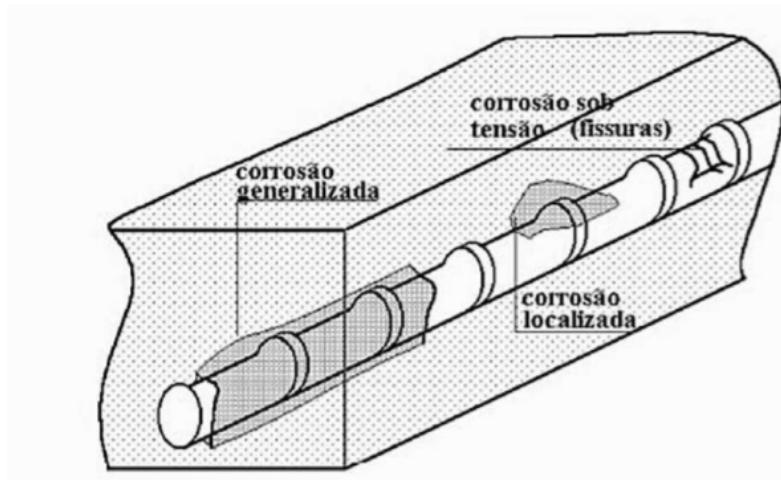
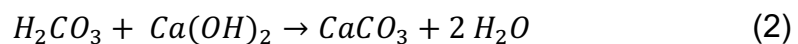


Figura 9 - Tipos de corrosão do aço em meio a betão (Souza e Ripper, 1998)

2.2.2. Carbonatação

Como explica Helene (1986), a elevada alcalinidade na superfície do concreto devida à presença de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), que é liberado na reação de hidratação do cimento, pode acabar diminuindo com o tempo. O dióxido de carbono (gás carbônico, CO_2), se dissolve em água formando o ácido carbônico (H_2CO_3), tendo outros gases ácidos como SO_2 e H_2S , um efeito

semelhante. Os ácidos assim formados não atacam a pasta de cimento, mas reagem com o hidróxido cálcio (e outros hidróxidos) em solução nos poros, formando calcite (cálcio carbonatado, $CaCO_3$) que se precipita e, como possui um pH mais baixo, reduz o pH nos poros para um nível que despassiva a armadura e possibilita que se inicie a corrosão. Este fenômeno ocorre com mais rapidez caso o recobrimento seja baixo e também se os poros possuírem uma estrutura mais aberta, equivalente a uma maior permeabilidade (Broomfield, 2005).



Portanto este é um fenômeno que tem relação a permeabilidade aos gases, devendo tomar-se cuidados quanto a composição do concreto de modo a reduzi-la (Helene, 1986).

A profundidade em que ocorre a carbonatação, determinada pela frente de carbonatação, é função do tempo (Providência, 2021), de acordo com a seguinte expressão, que rege os fenômenos de difusão,

$$z = k_1 \sqrt{t} \Leftrightarrow t = \left(\frac{z}{k_1}\right)^2 = k_2 z^2, \text{ em que } (k_2 = \frac{1}{k_1^2})$$

Já a taxa (velocidade) de carbonatação, depende do teores de umidade da estrutura e humidade relativa do ambiente (40-75%), da concentração atmosférica de CO_2 , e da porosidade e idade do betão Providência (2021).

2.2.3. Ataque por cloretos

Quando o início da corrosão é por ataque de cloretos o problema é mais complexo. Este ataque pode resultar normalmente da concentração de cloretos existente no meio envolvente. No entanto, por vezes, na produção do próprio betão são adicionados materiais (como aceleradores de pega, impurezas na água, entre outros) que contêm percentagens elevadas de cloretos, o que aumenta o risco deste tipo de corrosão (Tuuti, 1992).

Neste ataque, os cloretos não são reagentes, mas sim catalisadores da corrosão. Ou seja, não são consumidos no processo (ou melhor, são primeiro consumidos, mas depois libertados, Figura 10), apenas ajudam a acabar com a

passivação (mas não diminuem o pH do betão como na carbonatação) da armadura, permitindo assim que ocorra a corrosão, e acelerando-a (Broomfield, 2005).

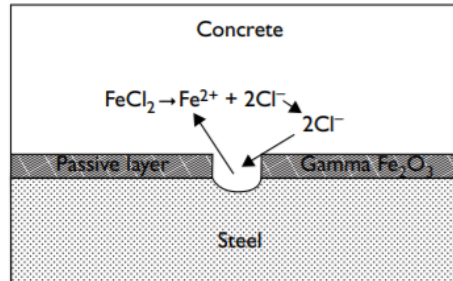
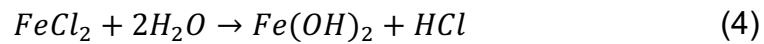


Figura 10 - A quebra da camada de passivação e cloretos "reciclados" (Broomfield, 2005)

A corrosão se inicia quando no betão junto à armadura atinge o teor crítico de cloretos, o que despassa a armadura. Formam-se então íões de ferro (Fe^{2+}) que se ligam com os cloretos em excesso ($2Cl^{-}$), constituindo o cloreto de ferro. Este cloreto reage com a água, gerando o hidróxido de ferro e ácido clorídrico (Providência, 2021), cujos íões cloreto promovem a continuação desta reação,



3. INSPEÇÃO VISUAL

Para se determinar se uma estrutura está com patologias significativas é necessário realizar uma vistoria muito detalhada ao local, onde se avalia a integridade dos elementos, as anomalias, suas causas e gravidade, e se avalia a necessidade de empregar métodos e técnicas mais intrusivos para caracterização. O conjunto de informação assim recolhido, combinado com a informação documental, permitem estabelecer modelos, para proceder à análise e avaliação da estrutura existente, e determinar se há necessidade de reforço, se é suficiente a reparação da estrutura, ou seja, a reposição das suas características originais ou se não é necessária uma intervenção de teor estrutural.

Esta primeira vistoria é uma inspeção preliminar, também dita inspeção visual, porque nela a observação cuidadosa joga o papel principal, que permite detetar e caracterizar diversas anomalias. Por exemplo, manchas acastanhadas de ferrugem geradas pela corrosão do aço, fissuras paralelas, ou não, à armadura, desagregação, empolamento, delaminação e/ou destacamento do betão em áreas mais ou menos extensas. Um especialista experimentado também já consegue determinar as causas de algumas das anomalias observadas. Por exemplo, as últimas anomalias referidas podem ser causadas pelo aumento do volume da armadura devida à corrosão, gerando então deformações no betão muitas vezes acompanhadas de tensões de tração superiores à resistência deste material. A figura 11, retirada do livro de Salta (1990), ilustra de forma esquemática estes fenómenos.

A qualidade de uma inspeção visual depende do profissional que irá executá-la, é extremamente delicada e precisa do máximo de rigor possível. Portanto quando se procede a uma vistoria, deve-se sempre levar os materiais adequados e calibrados.

Salta (1990) propõe o esquema da Figura 12 para a deteção de corrosão das armaduras com base numa inspeção visual (sendo que aquele autor considerou a possibilidade de o betão sofrer ataques por sulfatos).

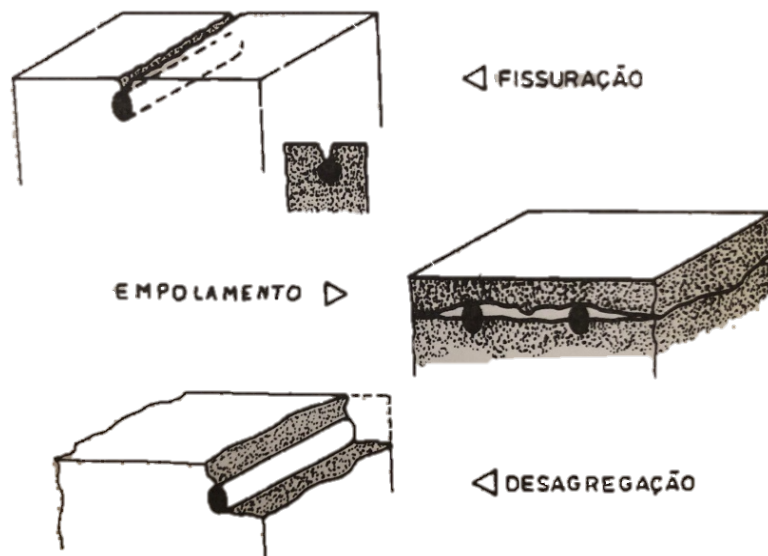


Figura 11 - Danos no betão originados por corrosão das armaduras (Salta, 1990)

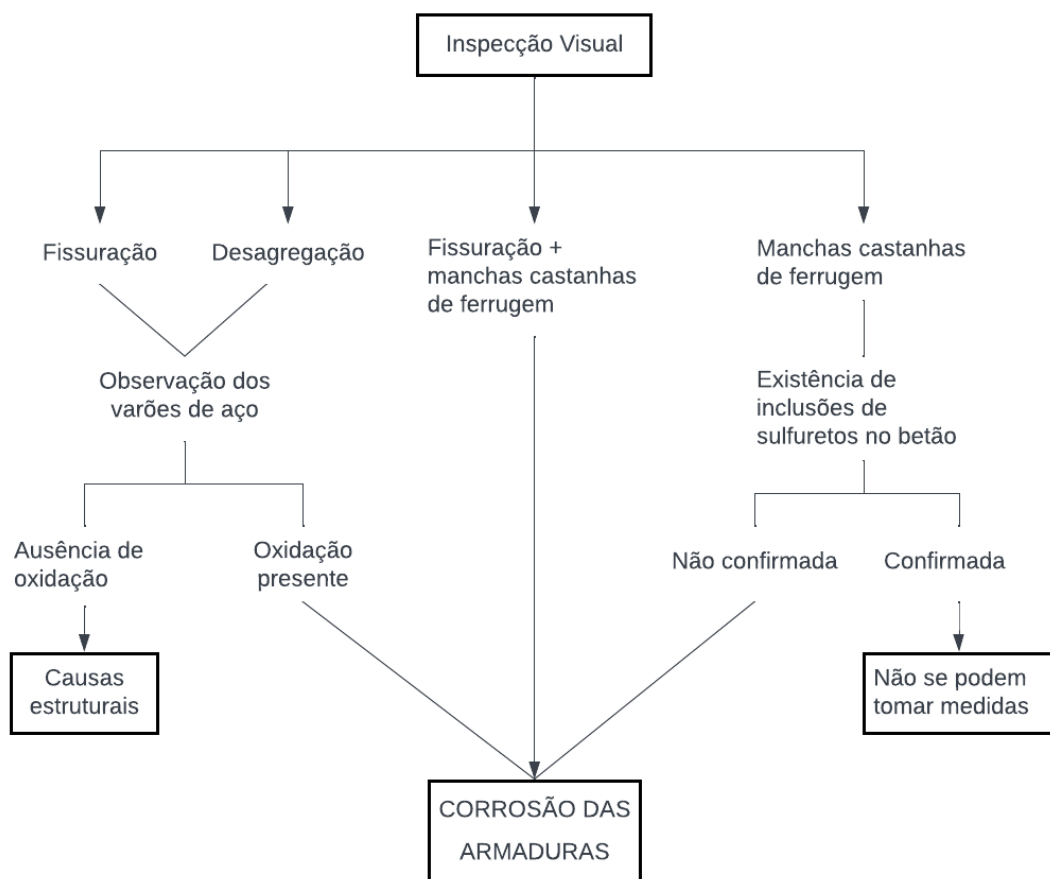


Figura 12 - Inspeção visual do betão (Adaptado de Salta, 1990)

Para a realização de uma inspeção visual são necessários equipamentos como máquina fotográfica, comparador de fissuras, lupa, lanterna, régua, fita métrica (ou equivalente), martelo, bloco de notas, canivete suíço, entre outros (Cóias, 2009).

A inspeção visual pode ser combinada com outros sentidos, como a sonoridade, que através, por exemplo, da percussão permite detetar eventuais anomalias como vazios e outros defeitos. Até o olfato, pode ser útil para detetar certas condições, por exemplo associadas a umidade elevada (Cóias, 2009).

É também possível utilizar alguns equipamentos pouco intrusivos e fáceis de manusear em conjunto com a observação visual, para então se obter um diagnóstico em situações mais simples ou então para determinar da necessidade de realização de ensaios mais complexos.

4. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

4.1. Reparação de fissuras

Para seleccionar o tratamento necessário para uma fissura, deve-se identificar qual a causa da mesma, verificar sua atividade (quantificar a variação temporal da sua espessura), e se é necessário realizar reforço estrutural. O material que será adotado para fazer o reparo, também depende da profundidade da fissura. (Souza e Ripper, 1998).

4.1.1. Injeção de fissuras (NP EN 1504-5)

Injeção é a técnica que preenche perfeitamente o espaço entre as bordas da abertura. Requer uma correta seleção de material, do aplicador e da bomba de injeção, que variam de acordo com a espessura e profundidade.

Resinas epoxídicas são materiais com alta capacidade resistente e aderência, e que também endurecem rapidamente, fazendo com que sejam um dos materiais mais utilizados para se injetar nas fissuras. Mas pode ser utilizado poliuretano flexível ou rígido, epóxi, gel acrílico e mesmo microcimento, caso a fissura seja passiva (ou seja, com atividade muito reduzida, abertura praticamente constante). Usar sempre um produto que satisfaça os requisitos da NP EN 1504-5.

Na seleção do tipo de produto a usar deve-se considerar três aspectos:

- Viscosidade;
- Módulo de elasticidade;
- Coeficiente de polimerização, regulado em função da temperatura ambiente.

Segundo Pimentel e Teixeira (1978) apud Souza e Ripper (1998), a viscosidade ideal varia com a largura da fenda. Se menor que 0,2mm (normalmente dispensando reparação), são necessárias resinas mais fluidas, portanto com viscosidade mais baixa próxima de 100cps (a viscosidade é comumente medida em centi Poise, cp ou cps, sendo que um Poise, a viscosidade da água, é, em unidades do SI, um décimo de Pascal segundo, 1 cp = 0,001 Pa s). Se a fissura tiver 0,2-0,6mm a máxima viscosidade deve ser de

500 cps, entre 0,6-3mm, viscosidade limite de 1500 cps, e caso seja maior do que 3mm podem utilizar-se resinas puras ou com carga.

Fissuras com largura superior a 0,1mm devem ser injetadas sob baixa pressão (menor ou igual a 0,1MPa). No entanto, as fissuras com largura maior que 3 mm e pouca profundas, podem ser enchidas por gravidade. A NP EN 1504-5 cobre produtos destes dois tipos (injecção e enchimento).

No processo de injecção, para o caso de injetores inseridos na própria fenda (alternativamente, poderiam fazer-se furos oblíquos ao “plano” da fenda e intersectam-no), pode-se seguir os seguintes passos (Souza e Ripper, 1998):

- 1) Primeiro são realizadas aberturas de furos com diâmetro aproximado de 10mm e não muito profundos, espaçadas de 50mm a 300mm, dependendo da abertura da fissura, mas não mais que 1,5 vezes a profundidade desta. Estes são feitos no próprio plano da fenda, ver Fig. 13;
- 2) Após a abertura dos furos é realizada a limpeza nas fissuras, com jato de ar comprimido, para retirar todas as partículas que se encontram na fissura e também nos furos realizados;
- 3) Nos furos coloca-se tubinhos plásticos (injetores), por onde a resina irá passar. Estes furos são ligados ao betão com o mesmo material usado para selar (superficialmente) o intervalo entre furos, ou seja, a fenda. Os produtores indicam frequentemente para este material uma cola epoxídica, que é aplicada com colher de pedreiro. Depois deste processo é indicado realizar um teste com ar comprimido para verificar a conexão dos tubos à fissura, e, portanto, a selagem daqueles.
- 4) São então misturados os componentes do produto de injecção seguindo a indicação do fabricante, até homogeneização completa. Com a mistura pronta, é iniciada a injecção tubo a tubo, começando, no caso de elementos verticais, com os que estão a cota inferior e subindo. Quando estiver injetando em um tubo deve-se fazer até sair material pelo tubo a seguir – quando isto acontece, interrompe-se a injecção, veda-se o tubo, e segue-se para o próximo.
- 5) Depois de um dia removem-se os tubinhos plásticos e preenche-se os respectivos furos com o produto de injecção.

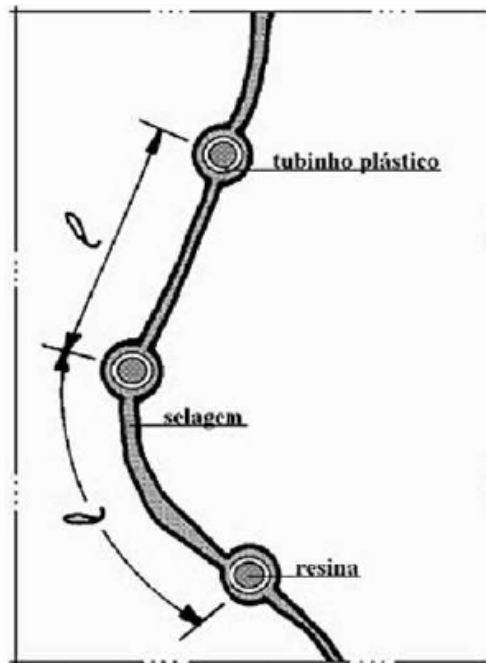


Figura 13 - Furos para injeção (Souza e Ripper, 1998)

Para garantir a qualidade da injeção deve-se analisar todos os materiais na hora do recebimento ou recepção (referência do produto, validade, características, cor, garantia...), e após o procedimento estar feito pode-se retirar um testemunho (carote) com a profundidade da fissura e se observar o enchimento: caso 90% dela estiver injetado pode-se considerar efetiva. No entanto este processo (extração de carote para avaliação) só faz sentido no caso de injeção intensiva de elementos estruturais; normalmente é suficiente o controle da quantidade de produto de enchimento utilizada (Souza e Ripper, 1998).

4.1.2. Selagem de fissuras

É uma técnica mais utilizada em fissuras ativas, portanto é uma vedação do bordo da fissura (junto à face exterior do elemento de betão), com um selante flexível que resiste mecanicamente e quimicamente, e com módulo de elasticidade adequado ao movimento da fenda.

Caso a abertura da fenda seja menor que 10mm, a selagem é feita com colher de pedreiro ou espátula, apenas colocando o selante. Com aberturas maiores que 10mm, mas menores de 30mm procede-se primeiro ao enchimento

da fenda com grout, e efetua-se seguidamente a sua selagem com um revestimento epoxídico, figura 14-A. Se a abertura for superior a 30mm, transforma-se a fenda numa junta (Método 1.5 da NP EM 1504): coloca-se um cordão de poliestireno extrudado, como na vedação de uma junta de dilatação, e depois o selante (Figura 14-B), devendo garantir-se a mobilidade requerida, por exemplo utilizando um mástique adequado (Souza e Ripper, 1998).

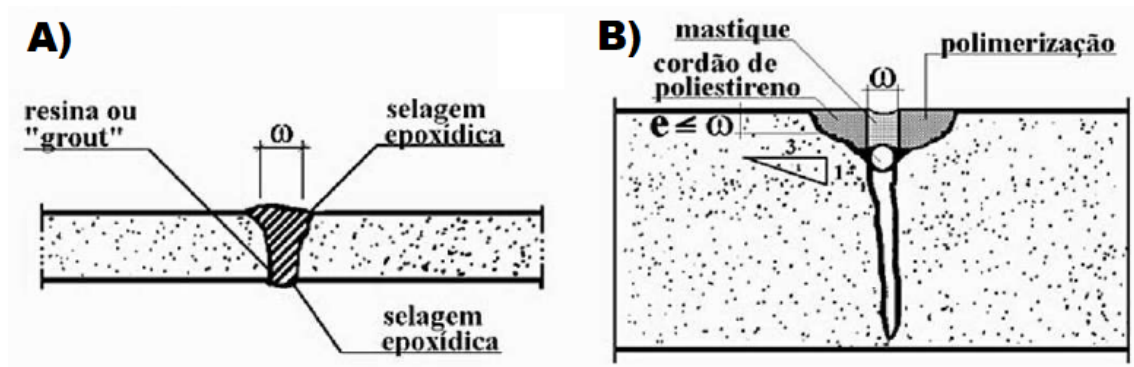


Figura 14 – Exemplos de selagem da fissura após enchimento e de transformação em junta (Souza e Ripper, 1998)

Outra opção para a transformação em junta caso a largura da fenda seja superior a 30mm é a colocação de neoprene, que é altamente deformável, como mostrado na figura 15.

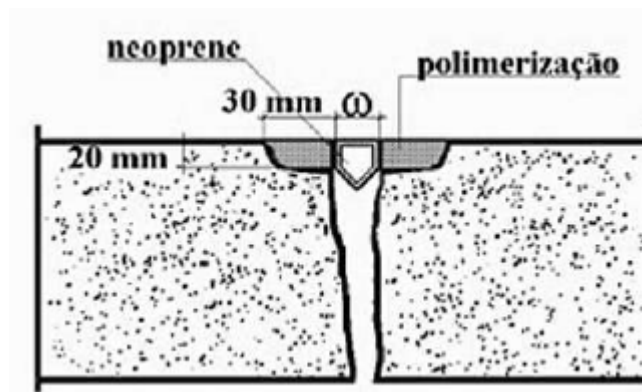


Figura 15 – Transformação de fissura em junta com neoprene (Souza e Ripper; 1998)

Para garantir a qualidade da aplicação deve-se fazer uma pincelagem nos bordos da fissura, normalmente com um produto epoxídico, para garantir aderência do concreto com o selante, já que está é uma região mais fraca do concreto (Souza e Ripper, 1998).

4.1.3. Grampeamento de fissura

Existe também a reabilitação com agrafos (figura 16), que é utilizada para fissuras ativas, e isoladas, portanto, quando não tem uma rede de fissuras. São colocados grampos perpendiculares a fissura, estes não devem estar em linha (paralelos) para evitar mais tração no betão com risco de rotura (Souza e Ripper, 1998). Note-se que este método não é contemplado na NP EN 1504, sendo de evitar a sua utilização.

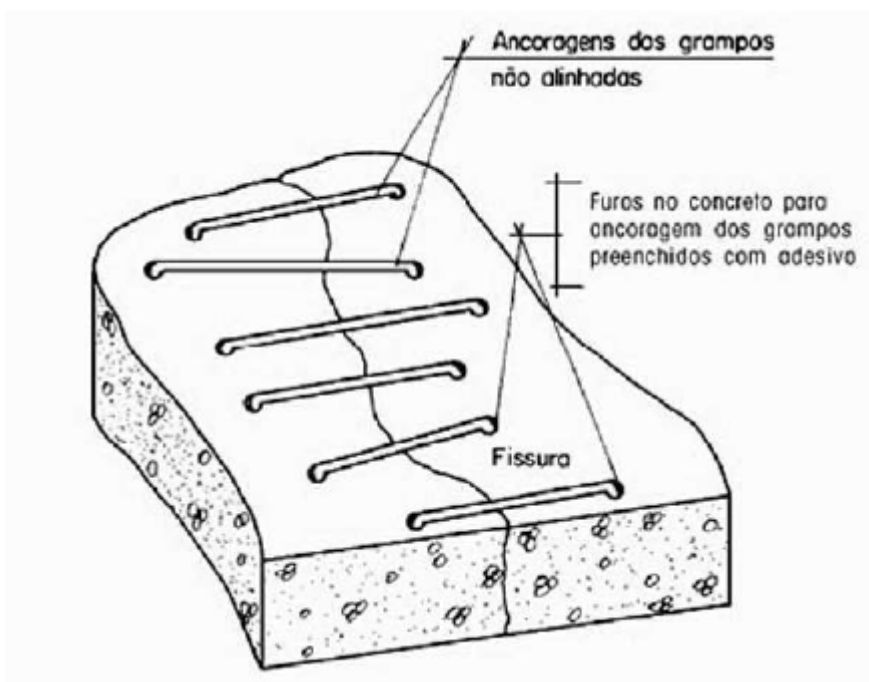


Figura 16 - Ilustração de grampeamento na fissura (Souza e Ripper, 1998)

Para a realização deste procedimento, deve-se descarregar a estrutura, para fechar um pouco as fissuras, para então realizar furos para ancorar os grampos, e por fim colocar os grampos com um selante. Caso seja necessário, deve-se usar selante na fissura também para esta não ficar sujeita ao ambiente exterior (Souza e Ripper, 1998).

4.2. Reparação ou restauração dos elementos estruturais (NP EN 1504-3)

Reparo ou restauro são soluções que não interferem na capacidade portante da estrutura, podem ser superficiais, semiprofundos ou profundos, com profundidade até 2,0cm, entre 2,0cm e 5,0cm (normalmente atingem a

armadura) e acima de 5,0cm, respectivamente (Souza e Ripper, 1998). Estas intervenções, e os produtos a usar na mesma, são cobertas pelo Princípio 3 da NP EN 1504, sendo os requisitos dos produtos indicados na NP EN 1504-3.

Caso seja atingida a armadura deve-se remover betão até, pelo menos, 2,0cm para além da mesma.

Para estes reparos existem algumas fases que devem ser seguidas, estas serão especificadas nos próximos itens.

4.2.1. Corte (remoção profunda de betão degradado)

A primeira etapa que deve ser realizada é o corte, que consiste em uma remoção do betão maior do que o apicoamento (limpeza mais superficial), mas também não chega a ser uma demolição. Existem vários procedimentos que se adequam de acordo com a superfície em que está inserido, seja ela seca ou úmida, como descrito no quadro 1.

Quadro 1 - Procedimentos de corte do substrato (Helene, 1992)

Item	Procedimento	Procedimento mais adequado para			
		concreto com superfície		aço com superfície	
		seca	úmida	seca	úmida
4.1.1	escarificação manual	adequado	adequado	inadequado	inadequado
4.1.2	disco de desbaste	aceitável	adequado	aceitável	aceitável
4.1.3	escarificação mecânica	adequado	adequado	inadequado	inadequado
4.1.4	demolição	adequado	adequado	inadequado	inadequado
4.1.5	lixamento manual	inadequado	aceitável	adequado	aceitável
4.1.6	lixamento elétrico	adequado	aceitável	adequado	aceitável
4.1.7	escovamento manual	adequado	aceitável	adequado	aceitável
4.1.8	pistola de agulha	inadequado	inadequado	adequado	adequado
4.1.9	jato de areia seco ou úmido	adequado	adequado	adequado	aceitável
4.1.10	disco de corte	aceitável	adequado	adequado	adequado
4.1.11	queima controlada	adequado	inadequado	inadequado	inadequado
4.1.12	remoção de óleo e graxa impregnados	inadequado	adequado	inadequado	adequado
4.1.13	máquina de desbaste superficial	aceitável	adequado	inadequado	inadequado

O procedimento mais utilizado é a escarificação manual, realizada com uma marreta (martelo de pedreiro) de 6 a 10 quilogramas e uma talhadeira (cinzel), removendo o betão degradado (de fora para dentro) até retirar tudo que poderia ser prejudicial ao aço. É indicado que se remova o betão para além da armadura em 2 cm, mas não menos que o diâmetro da barra (Souza e Ripper, 1998).

Caso o dano infligido na peça pelo corte seja muito severo, pode ser necessário escorá-la para evitar o seu colapso. Outra atenção que deve ser tomada é o fato da retirada do betão não atingir a parte sã deste, pois seria contra a segurança e aumentariam os gastos. Após ser realizado o corte, se faz uma lavagem que será descrita na secção 4.2.2.

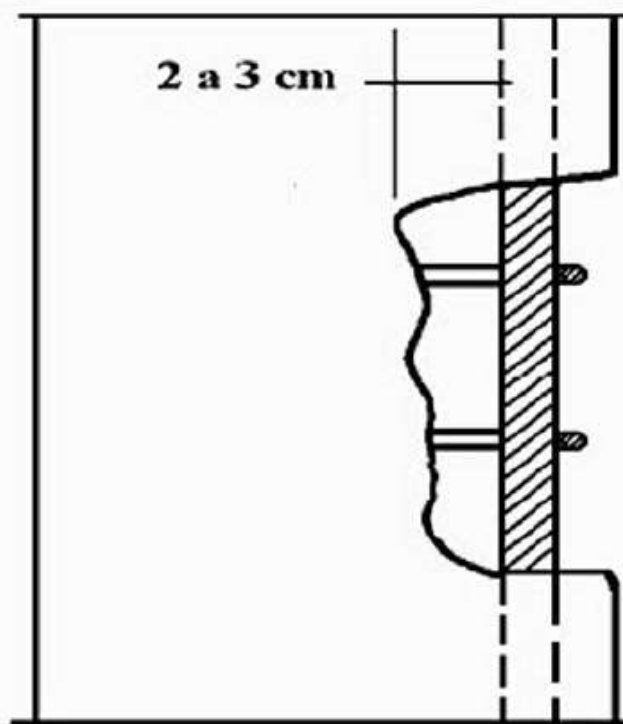


Figura 17 - Corte de betão: profundidade a remover para além da armadura (Fonte: Souza e Ripper, 1998)

4.2.2. Lavagens

Esta técnica serve para remoção de gordura, tinta, ferrugem, graxa, carbonatos, resíduos, materiais biodegradáveis e outras manchas que se encontram à superfície (Souza e Ripper, 1998).

Podem utilizar-se soluções ácidas (como ácido muriático, ou seja, ácido clorídrico comercial, mistura de ácido fosfórico e glicólico, plasmas de nitrato de sódio e glicerina, entre outros), sendo necessário que o concreto esteja saturado com água, para não ocorrer a penetração deste ácido no concreto “saudável”. Aplica-se de forma gradual em pequenas áreas, por aspersão ou com broxa (escova), e o ambiente precisa estar ventilado, para segurança do pessoal. Caso o revestimento (recobrimento) seja de espessura reduzida, esteja perto de juntas de dilatação ou outro dispositivo que seja suscetível a degradação, não é indicada esta solução, pois se tem risco de degradar mais o concreto. Após término do borbulhamento, deve ser feita uma lavagem primeiro com solução neutralizadora de amônia em água e depois jato de água, assegurando a total remoção do ácido (Souza e Ripper, 1998).

Outra opção seria a utilização de soluções alcalinas, onde se realiza uma limpeza antes da aplicação e se aplica de forma gradual similar aos ácidos. Esta tem o mesmo objetivo só alteram os cuidados, pois neste caso não se tem preocupação com a proximidade da armadura, mas sim com a possível alteração nas características do betão. Portanto também requer abundante lavagem depois da aplicação, e acaba não limpando produtos provenientes da corrosão (Souza e Ripper, 1998).

E, por último, existe a lavagem por jato de água e jato de areia, que é utilizada para limpeza e também como preparação do substrato para receber posteriormente o material de reparação. Normalmente é utilizado água fria com jato de areia, mas quando a superfície está com muita gordura ou mancha forte, se utiliza água quente com removedor biodegradável. A lavagem pode ser feita em faixa ou em área. Quando é utilizada para remoção de sujeiras se utiliza um jato direcional, e quando misturada com areia essa mistura ocorre em um injetor montado entre o bico e a mangueira. É necessário fazer a manutenção das mangueiras para que se tenha o resultado desejado (Souza e Ripper, 1998).

Existem ainda algumas lavagens especiais, como jatos de vapor, de ar comprimido, de areia e de limalha de aço. Também existe a queima a maçarico e escovação manual, estas não serão utilizadas e, portanto, não serão explicadas individualmente, porque são menos eficazes que as anteriormente citadas.

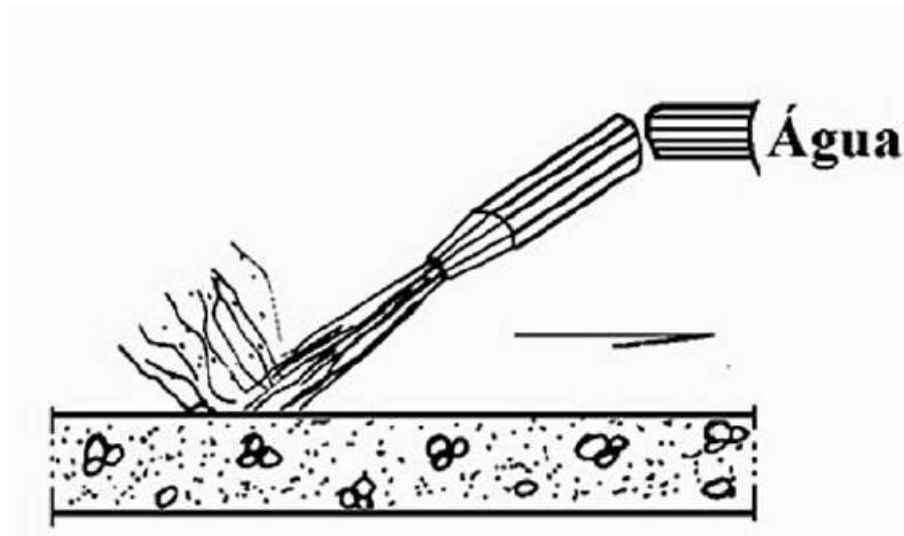


Figura 18 - Limpeza por jato de água (Souza e Ripper, 1998)

Qualquer procedimento de lavagem do concreto deve ser realizado com muita cautela e paciência, pois o sucesso do reparo pode ser comprometido por esta etapa se não for bem realizada.

4.2.3. Tratamento de ferrugem (armadura)

Quando o aço se encontra corroído, a limpeza deve ser realizada quer por escovação manual/mecânica com escovas de aço para conseguir remover toda a ferrugem da armadura, quer por jato de areia, que também consegue retirar a ferrugem. Qualquer destes procedimentos deve também remover toda a impureza que se encontra à superfície da armadura.

Após a realização desta limpeza verifica-se se ocorreu redução de seção da barra; se for este o caso e a redução for significativa (maior que 15%) é realizado um reforço na armadura ou então substituída a barra (Mas se após a limpeza se concluir que a redução é pouco significativa, é feita uma pintura contra a corrosão e, posteriormente, o preenchimento do concreto novamente, em ambos os casos com produtos que cumpram os requisitos da NP EN 1504-7.

4.2.4. Materiais para preenchimento do concreto

Existem diversos produtos no mercado para esta etapa, onde cada um possui características particulares que são indicadas para determinada situação (e que devem cumprir os requisitos da NP EN 1504-3, são eles:

- a) Graute (grout): Produto auto-aderente, de fácil aplicação e que não retrai, mas em contrapartida necessitam de formas (cofragem) para aplicação. São indicados para reparos semiprofundos e profundos, quando a superfície é húmida.
- b) Concreto projetado: É utilizado para áreas maiores, particularmente superfícies verticais, mas não só, tem boa aderência, portanto não necessita de adesivo e nem fôrma. Porém, possui alto custo e perda de material pois quando é projetado ele os agregados ressaltam um pouco.
- c) Adesivo à base de epóxi: colas para aderência do concreto velho para o novo, ajuda contra os agentes agressivos, indicada para reparos profundos. Porém, no caso de betões ou argamassas convencionais (hidráulicos) o uso de adesivos é geralmente desaconselhado;
- d) Argamassa: para reparos superficiais de qualquer área, normalmente para enchimentos de falhas ou regularização de lajes. Necessita fôrma (exceto talvez na face superior de lajes) e é de alto custo, mas possuem boa aderência e estética agradável.
- e) Microconcreto ou concreto comum: Profundidade além das armaduras, com grandes volumes. Possuem custo baixo, mas uma aplicação cautelosa para ser eficiente. A resistência deve ser igual ou superior ao concreto que ali está. Elevada fluidez e baixa retração são também normalmente requisitos no caso da reabilitação.

4.3. Reforço de estruturas

O reforço serve para corrigir falhas, seja de execução ou projeto, para aumentar a capacidade portante do edifício, ou regenerar esta (que por desgaste ou deterioração foi diminuída) e pode servir para modificações estruturais necessárias, por estética ou outro motivo.

4.3.1. Armadura para reforço

O modo mais utilizado para reforço é o aumento do número de barras de aço (varões), por exemplo, se as barras originais sofreram corrosão que levou a uma diminuição da secção de mais de 15% (do conjunto das barras com a mesma função, por exemplo armadura longitudinal de tração), causando uma redução significativa da capacidade resistente do elemento (Souza e Ripper, 1998).

Este método necessita de muita cautela, pois deve-se analisar o espaçamento entre barras, cobrimento das armaduras, ângulos e como será realizado a ancoragem desta barra a estrutura.

Normalmente o comprimento da barra adicionada é menor que o da original, pois dificilmente a existente foi totalmente inutilizada e também pelo processo de colocação no elemento preexistente.

O principal método de emenda é o transpasse (sobreposição), em que é posto uma armadura nova onde está corroído, com um comprimento extra que transpasse a armadura antiga (comprimento de sobreposição), ficando as duas encostadas, ver Figura 19 (Souza e Ripper, 1998).

Também pode ser feito com luva (acoplador mecânico), neste caso se retira a parte da barra corroída e une uma nova barra através de uma luva de pressão com a antiga. Ou então pode ser utilizado solda, onde ambas as barras devem ter as mesmas características e o cuidado ao ser realizada deve ser muito grande, para não alterar as propriedades (Souza e Ripper, 1998). Há ainda a possibilidade de ancorar a armadura em furos à broca no betão preexistente utilizando um adesivo epóxi que deve cumprir os requisitos da NP EN 1504-6.

4.3.2. Adição de chapas metálicas

A adição de chapas metálicas, de acordo com o Princípio 4 da NP EN 1504, pode ser realizada por chumbamento ou colagem (com resinas de alta aderência que devem cumprir os requisitos da NP EN 1504-4) das placas no exterior da peça. Ela é adotada quando se necessita capacidade resistente e são emergenciais ou não se pode alterar muito a geometria da peça. Para a

aplicação da chapa a superfície deve ser uniformemente rugosa, mas plana, com uma grande capacidade de aderência. Isso pode ser obtido com jatos de areia ou com apicoamento da superfície. E caso a superfície possua fissuras, estas devem ser devidamente preenchidas, para posterior aplicação da placa (Souza e Ripper, 1998).

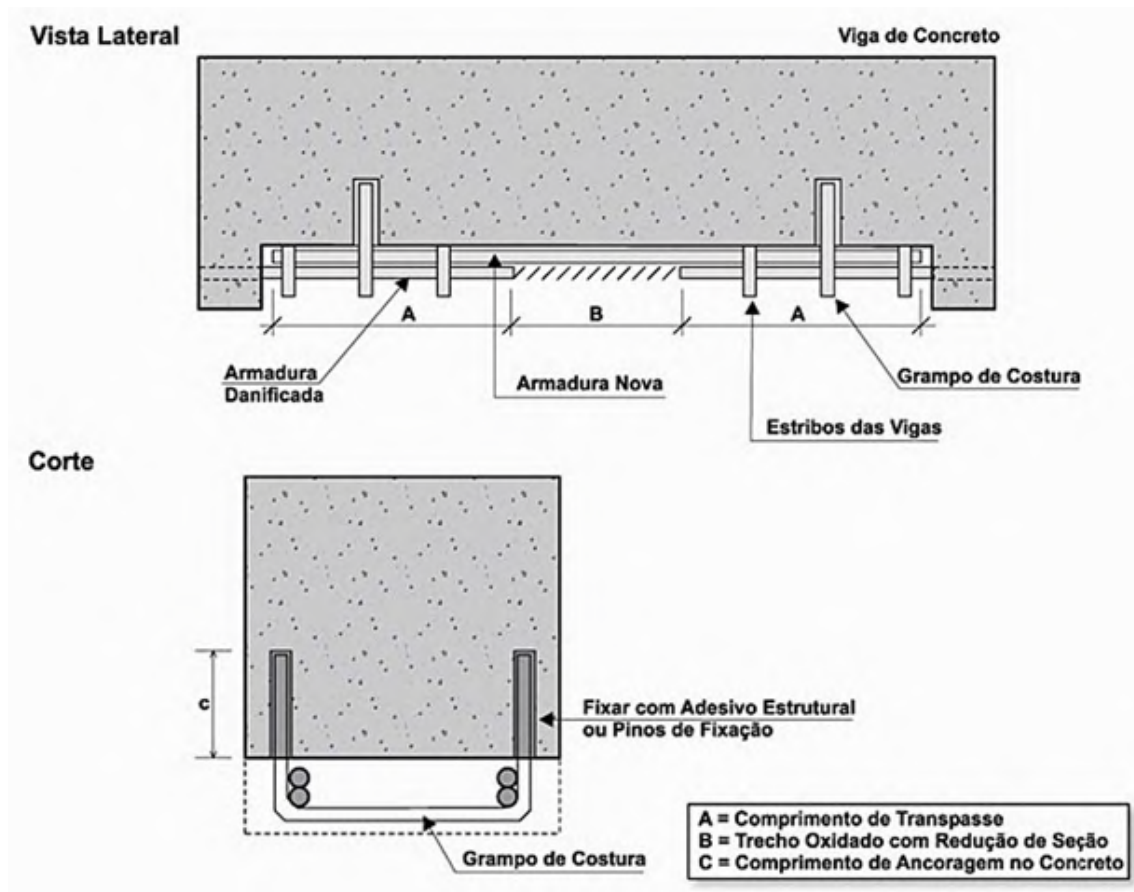


Figura 19 - Emenda por transpasse (Fonte: Marcelli, 2007)

4.3.3. Adição de laminado de fibra de carbono (FRP)

É um sistema mais atual, e é aplicado diretamente no elemento através da aplicação de resinas para colagem (que também devem cumprir os requisitos da NP EN 1504-4), funcionando por aderência, também de acordo com o Princípio 4 da NP EN 1504. Assim como na colagem de placas de aço, deve-se limpar a superfície e passar jatos de areia para uma boa aderência, sendo também fundamentais a garantia da planura e de uma boa resistência ao arrancamento

do betão. Pode ser aplicado nos elementos estruturais para reforço à flexão, reforço ao corte, aumento da ductilidade, etc., ver Figura 19 (Providência, 2021).

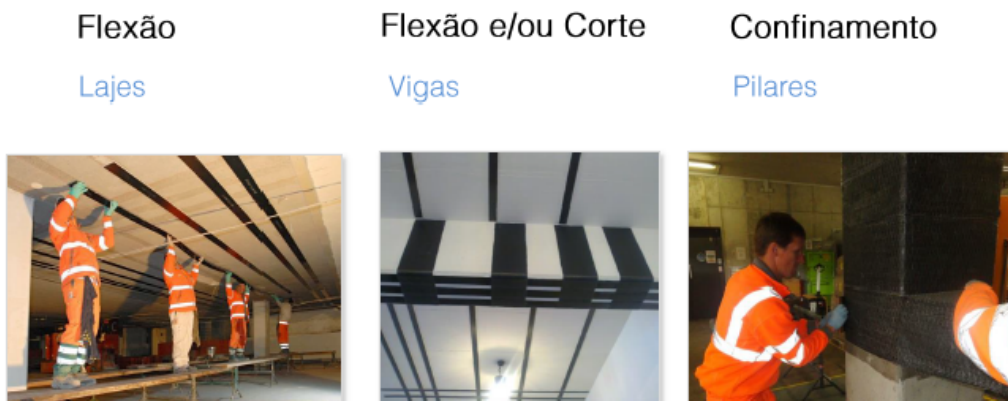


Figura 20 - Aplicação de FRP na estrutura (Fonte: S&P apud Providência, 2021)

4.4. Custos para reabilitação

Para realizar orçamentos e estimativas de custos de obras ou reformas em edificações, existem no Brasil dois indicadores mais utilizados, que são o Custo Unitário Básico, CUB, e a tabela de Composições e Preços para Orçamentos, TCPO.

4.4.1. CUB (Custo Unitário Básico)

O CUB foi criado em 1964 no Brasil com a Lei Federal 4.591. A lei obriga os Sinduscon (Sindicato da Indústria da Construção Civil) de cada região, a divulgarem mensalmente o valor unitário de construção e de diversos padrões de construção (Mattos, 2006). De forma simples pode se afirmar que o Custo Unitário Básico da Construção Civil é o custo por m² da construção, de acordo com o padrão do imóvel.

Os valores são calculados através da NBR 12.721 (Norma Brasileira), que possui uma tabela com coeficientes de preço unitário para os materiais e mão de obra (pesquisados pelo Sinduscon mensalmente), adicionando à última os encargos (impostos) definidos pela lei. Simplificadamente, o CUB é um valor obtido através da multiplicação do valor de cada insumo pelo peso, que é

definido de acordo com o padrão do edifício, determinando assim um custo médio (Mattos, 2006).

Para encontrar o Custo Unitário Básico foram considerados 8 tipos de edificações, utilizando projetos completos, onde foi encontrada a curva ABC (método para classificar os itens de maior importância na obra), e escolhidos 25 materiais, 2 categorias profissionais, 1 equipamento e o engenheiro (custo administrativo), que são os itens que tem seus preços pesquisados, para então encontrar o CUB de acordo com os cálculos que tem base na NBR 12721. (SINDUSCON, 2006).

4.4.2. SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, SINAPI produz séries mensais de custos e índices para o setor de habitação, e também séries mensais de salários de mão de obra medianos e preços médios de materiais, máquinas e equipamentos e serviços da área de construção, nos setores de saneamento básico, infraestrutura e habitação.

O índice é definido em um sistema conjunto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com a Caixa Econômica Federal (um banco federal), realizando o primeiro as pesquisas de valores, e a segunda a manutenção dos itens, como projetos, composição, entre outros.

Os principais objetivos da fixação de custos e preços é para a colaboração na análise e avaliação de orçamentos, além de que o índice é também utilizado na atualização dos valores em contratos e orçamentos.

São disponibilizados mensalmente através do site do IBGE, com uma periodicidade mensal, divididos pelos estados do Brasil, havendo duas opções, com ou sem desoneração, pois existe uma lei que indica que determinadas obras podem ter seu INSS (Instituto Nacional do Seguro Social, benefício previdenciário) recolhido mensalmente na folha de pagamento (sem desoneração), e outras não precisam (com desoneração).

Os valores são encontrados através de pesquisas realizadas através de questionários, mas como a tabela possui mais de 46 mil itens (pois é muito

detalhada), os insumos parecidos fazem parte de uma família, em que apenas um item é pesquisado mensalmente, e o valor dos outros encontrado a partir desse. Os custos podem ser por m², por metro linear, por kg, por hora, entre outros, dependendo do item.

5. CASO DE ESTUDO

5.1. Caracterização

O objeto de estudo deste trabalho é o Edifício América, localizado na cidade de Blumenau, estado de Santa Catarina, no sul do Brasil. Trata-se de um projeto de um condomínio residencial de luxo, com 15 andares, elevador de carros com estacionamento nos apartamentos e uma cobertura ampla, ver Figura 21.



Figura 21 - Projeto do Edifício América (Fonte: @BlumenauAntiga)

Este prédio, situado no centro histórico da cidade, teve sua construção iniciada em 1978 e ainda não foi concluído (Bonomini, 2020). De fato, logo no ano seguinte ao início da construção, o edifício teve o seu primeiro embargo, por infração ao plano diretor, uma vez que estava localizado a menos de 100 m da margem do rio Itajaí-Açu, que atravessa Blumenau.

Em 1985, seis anos após este embargo, a construtora alterou o projeto, convertendo-o num hotel com 18 andares. No ano seguinte retornaram as obras, mas, devido à falta de dinheiro, a construtora avança devagar na construção. Já em 1996, as obras são paralisadas por completo, com apenas 10 andares

construídos (estrutura) (Bonomini, 2020). Aliás, 10 andares em 18 anos dão para perceber que devem ter ocorrido muitas interrupções neste período.

A partir deste período outras construtoras mostraram interesse em assumir o projeto e finalizar a construção, mas nenhuma acabou realizando o serviço. Em 2011, o Ministério Público determina a demolição da obra, por estar em local legalmente irregular. Porém, a construtora conseguiu anular esta decisão. Já em 2018 foi feito um estudo, por um engenheiro florestal, nomeado pela Justiça Federal, para avaliar qual a melhor solução do ponto de vista do meio ambiente, se demolir ou manter a obra, tendo-se concluído que seria melhor manter o esqueleto já existente do prédio (Bonomini, 2020).

Em 2021, a justiça determinou novamente a demolição do prédio, mas recorreu-se novamente desta decisão, conseguindo novamente manter a parte já construída. Entretanto, no final desse ano, a lei brasileira alterou, e pode acabar permitindo a finalização da obra.

O prédio é próximo ao centro da cidade, em uma área muito movimentada, fazendo com que a população que mora nos arredores fique incomodada com a situação, pois contrasta muito com a zona onde está implantado, e acaba deixando uma imagem desagradável para todos.



Figura 22 – Esqueleto inacabado do prédio (Fonte: Adalberto Day)



Figura 23 - Frente do edifício (Fonte: Google Maps (2021))



Figura 24- Rua e entorno a frente do edifício (Fonte: Google Maps (2021))

Na parte de trás do edifício funciona atualmente o Clube de Remo da cidade, Figura 25. Isto acontece, pois o terreno utilizado na construção do prédio pertencia ao Clube Náutico América (por isso a designação de Edifício América), e, em negociações, o clube decidiu ceder o terreno em troca de metade dos dois primeiros andares, para instalação da sede do clube, que seria muito luxuosa. Infelizmente, como a construção do prédio foi interrompida, o clube teve que finalizar a sua parte para possuir uma sede, pois estavam sem.

O próprio clube procedeu, na sede, à construção das paredes e acabamentos necessários para seu funcionamento, ficando assim um local

esteticamente desagradável, mas funcional, Figura 25. Os membros do clube ainda fazem algumas melhorias e manutenções nos anos atuais. Ou seja, embora a construção do prédio tenha sido interrompida, esta metade dos dois primeiros pisos está ocupada e em serviço. Embora tivesse sido mais interessante analisar a totalidade da estrutura do edifício, só foi possível proceder à inspeção visual da parte não ocupada.



Figura 25 - Clube de Remo em funcionamento

Na parte estrutural o edifício conta com uma fundação de estacas e blocos de concreto, com profundidades não encontradas nos documentos acessados. A armadura indicada em projeto em sua maioria é composta por aço CA-50, com um diâmetro de 20mm, tanto nos pilares como vigas, e o betão utilizado é $\geq 18\text{Mpa}$, de acordo com os projetos. Já a laje é mista, com uma camada de betão de 3cm e tijolos de 4 furos com dimensão de 10x10x20cm, e próximo as vigas foi realizado uma aba com no mínimo 5cm (portanto laje somente de betão sem os blocos).

5.2. Análise da estrutura existente à luz da legislação em vigor

Foram realizadas algumas análises para verificação da necessidade de alteração ou adaptação da estrutura existente, ou alguns dos seus elementos, de modo a cumprir a legislação vigente no Brasil (NBR 6118:2002).

- 1) Laje: O projeto determina uma laje mista (maciça com lajotas cerâmicas na face inferior), com 13cm de altura. Mas, na inspeção visual, constatou-se que a espessura é de apenas 10cm.

Na norma atual o mínimo para lajes maciças é de 10cm para as que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30kN, e para lajes nervuradas esse valor é inferior. Neste caso foi adotado a espessura de lajes maciças pois o espaçamento entre eixos de nervura é maior que 110cm (no preto somente informa lajes mistas de betão com lajotas cerâmicas), portanto, o dimensionamento está de acordo com a Norma, e o executado apesar de não ser o calculado estaria dentro da legislação.

- 2) Aberturas do elevador: No projeto possui espaço para 2 elevadores, com dimensões de 1,85m de largura por 2,10m de profundidade.

A Norma para elevadores NBR13994, apresenta valores mínimos necessários para o espaço destinado ao elevador de acordo com a capacidade do elevador, considerando um elevador para 600kg (8 passageiros), a largura mínima interna da cabine deve ser de 1,1m e o comprimento de 1,4m, com abertura de porta de 80cm. Portanto a abertura necessária, considerando os cabos e componentes do elevador deve ser de 1,6m (largura) e 1,9m (comprimento), portanto os valores do projeto estão de acordo.

- 3) Cobrimento: O cobrimento indicado em projeto é de 1,5cm.

Mas atualmente segundo a NBR6118, para a classe de resistência C2 (classe moderada de agressividade, ambiente urbano), o cobrimento mínimo é de 3cm, e quando possui um controle de qualidade rígido pode ser alterado para 2,5cm. Portanto o projeto não está de acordo, e com isso seria indicado verificar este cobrimento in loco, e se necessário aumentar em todas as dimensões pelo menos 2cm, os pilares e vigas, e analisar se o aumento do peso afeta as fundações.

4) Escadas: Na escada 1 a largura indicada é de 1,44m, e na escada 2 é 1,32m, o espelho das duas vale $e = 17\text{cm}$, e piso $p = 28\text{cm}$, de acordo com o projeto.

O indicado pela NBR 9050 para largura é de 1,20m, portanto não são necessárias alterações. Além disso, a norma apresenta valores de referência para pisos e espelhos, cumpridos individualmente pelos valores existentes, e ainda uma equação que combina ambos, $63\text{ cm} \leq p + 2e \leq 65\text{ cm}$, que parece *não* ser cumprido (62 cm). Mas, de facto, a norma permite um bocel (ou seja, avanço do piso para além da face do espelho) até 1,5cm. Ora com 1cm, já vem $p = 28 + 1 = 29\text{ cm}$, de modo que $p + 2e = 63\text{ cm}$, cumprindo pois todos os requisitos da norma.

Para verificação da possibilidade de construção com possivelmente algum item em desacordo com a legislação atual, foi contactado o Corpo de Bombeiros de Santa Catarina. Referiram-me que, como mais de 50% do edifício ainda está por construir, é considerado uma nova construção, portanto o projeto terá de cumprir as normas vigentes. Mas caso seja necessária uma mudança que não seja possível realizar, pois necessitaria a demolição, essa poderá eventualmente ser compensada de outra forma, por exemplo, com placas luminosas e avisos, estando todas as possíveis compensações indicadas nas normas do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina. Como o estudo aprofundou-se mais nas patologias, não foram verificadas essas hipóteses a fundo, mas parecem indicar que é possível a reabilitação, de acordo com as leis.

5.3. Inspeção Visual

Foi realizada uma inspeção visual ao edifício, durante a qual foram realizados registros fotográficos e coletados dados, para análise posterior das patologias encontradas.

Verificou-se na inspeção que os valores de cobrimento estão de acordo com os projetos, portanto 1,5cm. Já nas lajes em que a medição da espessura foi possível, obteve-se um valor de 10 cm, como citado anteriormente. Também foi possível verificar visualmente, pois não foi viável medir todos os elementos,

que as dimensões das secções dos elementos estruturais eram bem próximas as descritas e algumas vezes até maiores. Outra análise foi na verificação da existência de furações para instalações técnicas, que foram deixadas nas lajes, e foram de fácil visualização.

Adicionalmente, se observou algumas mudanças em projeto, como o acréscimo de 3 pilares no térreo (indicados por um retângulo vermelho como I1, I2 e I3, na Figura 57, Anexo A). E a introdução de aberturas na laje (L12-50) no primeiro e no segundo andar, onde existia laje em projeto, e a partir do terceiro não era mais necessário pois a laje já não existe nem em projeto. Estas aberturas parecerem não ter sido previstas em projeto, e parecem não ter as necessárias faixas de reforço nos bordos. Além disso, a forma aparentemente improvisada de proceder à abertura já depois de construídas as lajes, deixou os varões cortados a descoberto o que causou a sua corrosão.

Em relação as patologias, como existem muitas na obra, serão apresentadas apenas algumas, consideradas mais relevantes, bem como apenas algumas das fotos captadas para análise, sendo as restantes apenas contabilizadas. A maior parte das anomalias encontradas é devida a humidade, má construção, e, principalmente, à corrosão das armaduras.

Para análise das patologias, as fotografias captadas serão divididas por andar, depois compiladas e indicadas as reparações propostas.

5.3.1. Térreo

Como se explicou, este pavimento é dividido em duas partes: uma está embargada (Figura 57 no anexo A) e na outra está em funcionamento o Clube do Remo (quadrado sombreado a verde na figura referida). Na parte onde está localizado o clube têm vindo a ser realizadas intervenções de manutenção e melhorias ao longo dos anos, enquanto que a outra parte – que será a estudada e a que se reportará a análise realizada – foi deixada ao abandono.

A Figura 26, apresenta o pilar P14 (P14 é a referência na planta, ver anexos, onde os pilares referidos no texto estão assinalados com um retângulo vermelho) com destacamento de betão (ou, mais provavelmente, betonagem mal

realizada não envolvendo adequadamente a armadura), corrosão da armadura e musgos na parte inferior (evidentes na Figura 26.C).



Figura 26 - Pilar P14: (A, B) referência; (C) pormenor das patologias.

Esta patologia foi encontrada em alguns pilares do térreo, muito provavelmente por estarem em contato com o solo, e também por ser um local com aberturas, permitindo a entrada da chuva, fazendo com que o local fique húmido, o que propicia a proliferação de algas e plantas. Com isto, as armaduras ficaram expostas ao contacto direto com água e ar, gerando o processo de corrosão (fase de propagação), com formação de óxidos e hidróxidos de ferro que vão expandindo até à fissuração e descolamento, ou destacamento, do betão de recobrimento.

Em alguns pilares o processo de corrosão se encontra mais avançado do que outros, com o aço não apenas enferrujado, mas já se desfazendo facilmente (com a utilização de uma lâmina) e com perda significativa de secção (assim considerada sempre que superior a 15%).

Identificámos um local de acumulação de água no térreo, junto a um pilar que não consta do projeto, situado entre os pilares P25 e P34, Figura 27, ao qual atribuímos a referência P25b. Esta poça de água acabou causando grandes danos neste pilar, com o destacamento do betão de forma mais profunda.



Figura 27- Pilar P25b e poça: (A, B) referência; (C) pormenor das patologias.

Como as paredes de enchimento ainda não foram construídas, a água das chuvas entra pelas laterais, e acaba ficando acumulada em locais que não possuem caimento ou em zonas irregulares, como negativos, que a conservam por longos períodos, durante os quais se vai infiltrando na laje (e evaporando), e juntam sujeira, acelerando a deterioração do pilar.



Figura 28 - Viga V26-35: (A, B) referência; (C) pormenor das patologias.

A Figura 28 mostra a viga V26-35 (assinalada com um retângulo azul na planta, ver anexo, indicando a referência os pilares que a delimitam, P26 e P35) localizada em um mezanino no térreo. É possível observar nesta viga a corrosão

da armadura e um grande descolamento, ou destacamento, de betão, deixando a armadura totalmente exposta, e acelerando a sua deterioração.

As outras vigas encontradas neste andar não possuem descolamento de betão, mas isso não exclui a possibilidade de a sua armadura apresentar corrosão, apenas indica que, a existir, estará num estado de desenvolvimento (fase de propagação) menos avançado.

Portanto, grande parte dos pilares do andar térreo se encontram com descolamento (destacamento) de betão e corrosão das armaduras, pelo menos na sua parte inferior. Por outro lado, na parte superior parecem apresentar um bom estado de conservação, pelo menos na inspeção visual e no ensaio de martelo, não apresentando ocos.

Apesar da viga apresentada, a maioria das vigas não apresentava corrosão nem descolamento. Tal pode dever-se à viga V26-35 ser a mais exposta, causando possivelmente uma lixiviação muito frequente, agravada por detritos e plantas que vêm do andar superior, mas é igualmente bastante provável que a qualidade do recobrimento e/ou a execução originais fosse fraca.

5.3.2. Primeiro andar - mezanino

Como se explicou, parte deste andar está ocupada pelo clube e sujeita a manutenção. O estudo debruçou-se apenas na restante parte do andar.

É possível observar uma junta de dilatação (J1) separando o corpo delimitado pelos pilares P10, P11, P39 e P40, do outro, a qual também está representada na planta do primeiro pavimento (Anexo B – Figura 58), localizada em planta exatamente sobre a que se pode observar no térreo. Também se encontraram fissuras na laje deste pavimento ao longo do que deveria ter sido uma junta (J1).

Neste andar, detetámos outro fator preocupante, ilustrado pelas fotos da Figura 29. Estas fotos permitem observar a falta de uma junta de dilatação (que seria a J1) na laje deste mezanino. Ou seja, embora a junta J1 seja visível no pilar, preenchida com isopor (designação no Brasil do poliestireno expandido, EPS, mais conhecido em Portugal por esferovite), quando se analisa o piso conclui-se que não foi feita, levando a que ele tenha fissurado, gerando uma

enorme fissura, com abertura de aproximadamente 1 cm. Porém, espreitando esta laje por baixo, ou seja, olhando para cima no piso térreo, constata-se a existência de uma junta. Portanto, a junta foi realmente realizada, mas quando foi betonada a camada superior não foi tido o cuidado de delimitar a junta. O que levou à referida fissura nessa camada superior.

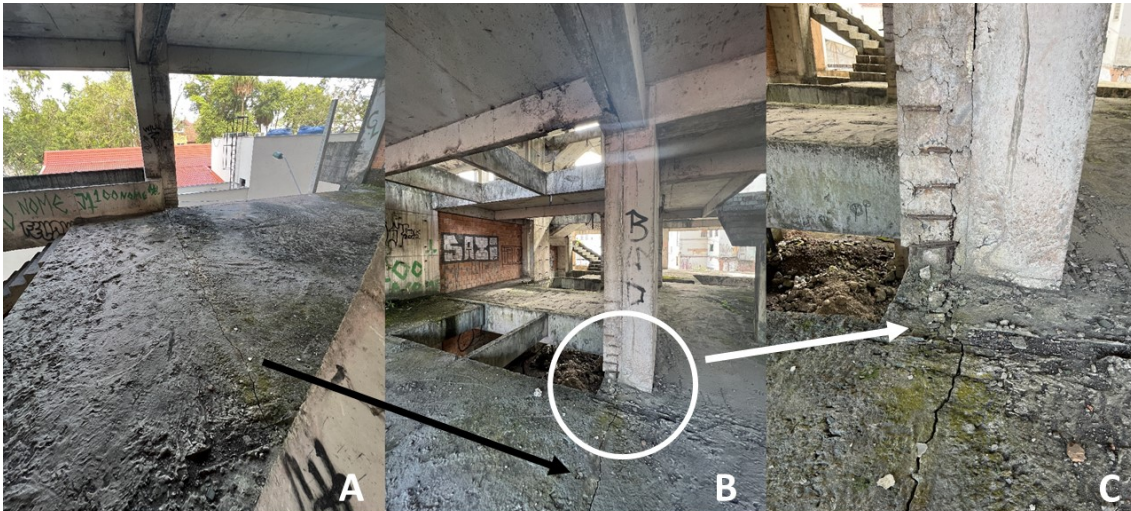


Figura 29 – Falta de junta: (A, B) referência; (C) pormenor.

Tendo-se detetado este problema no mezanino, portanto no térreo, decidiu-se também inspecionar os outros andares na mesma zona, entre estes pilares, para verificar se o erro se repetia em todas as lajes, apresentando-se o resultado dessa inspeção específica nas secções relativas a cada andar.



Figura 30 - Pilar P49: (A e B) localização; (C) pormenor do destacamento (Fonte: Autora)

A Figura 30 mostra o pilar P49 do primeiro pavimento (ou seja, pavimento inferior do primeiro andar), com grande destacamento de betão e corrosão da armadura em sua base. Na inspeção in loco, constatou-se que o descolamento se deveu à corrosão, pois em alguns lugares em que ainda tinha betão, emitia um som oco, sugerindo destacamento iminente. Esta situação repetiu-se em pelo menos metade dos pilares deste andar, mas sempre apenas na base.



Figura 31 - Viga V51-32: (A, B) localização; (C) pormenor do destacamento.

Já na viga V51-32 de apoio do patamar da laje da escadaria (entre o P51 e o P32) também se constatou existir descolamento de betão, ver Figura 31, sendo muito visível o aço corroído e o betão desagregado. Isto ocorreu apenas na extremidade do patamar. A causa mais provável, já que também é possível observar musgos, é a lixiviação onde a água levou sujeiras, gerando atrito com betão, fazendo com que este se descolasse e acelerando a corrosão da armadura. Mas, também neste caso, é possível que a qualidade da execução e do recobrimento originais fossem insuficientes.

5.3.3. Segundo andar

O segundo andar (Anexo C, Figura 59) é o primeiro não partilhado com o Clube de Remo, possuindo uma área como mezanino onde foi construída a piscina do edifício.

Este andar é o mais atingido por patologias, justamente por existirem algumas partes construídas em que nos andares de cima não tem laje, o que acaba deixando mais suscetível aos danos causados pelos agentes atmosféricos, como chuva, granizo, geada e outros.



Figura 32 - Junta de dilatação (J2) no pavimento inferior do 2º andar

O problema com a junta, mostrado na figura 32, foi o mesmo encontrado no 1º andar. Aliás, em todos os outros andares se observou esta situação, sendo que naqueles em que a junta não era visível na face superior da laje, era visível na inferior. Assim, devido ao fato de existir a junta, esta fissura acabou sendo considerada de baixa gravidade, sendo apenas que está coberta por betão, o que não causará qualquer problema estrutural no edifício. Ou seja, é uma falsa junta, bastando transformá-la em junta na reabilitação (com serra de disco, preparação dos bordos e impermeabilização).

Assim como nos outros andares, os pilares do segundo andar possuem destacamento de betão na sua base, com corrosão do aço, e perda significativa de sua seção, como é o caso da parede W34-43 construída entre os pilares P34 e P43, e que não consta do projeto, junto à qual algumas plantas cresceram, Figura 33. Esta parede só existe nos andares inferiores ao 3º. Nos andares superiores foi feito um elemento diagonal, da base de um pilar até ao topo do pilar vizinho, formando um triângulo com a laje.



Figura 33 - Destacamento de betão: (A e B) localização; (C) pormenor.

5.3.4. Terceiro andar

O terceiro andar tem menor área que os demais (ver planta no Anexo D, Figura 60), correspondendo ao arranque dos pisos residenciais.

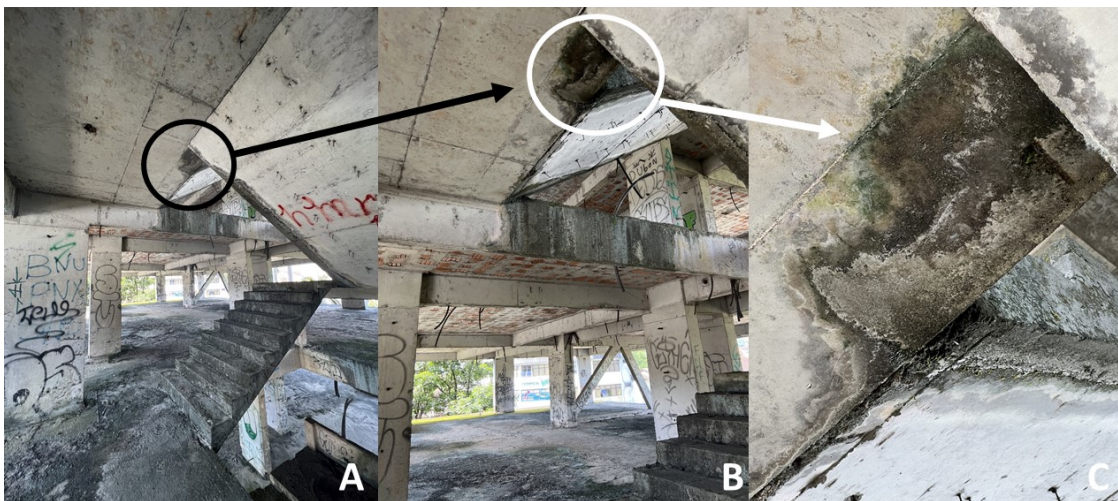


Figura 34 - Laje L49-23 de patamar de escadas (A e B) localização; (C) detalhe com musgos.

Na laje L49-23 (entre pilares P49 e P23) do patamar da escadaria foi possível detetar musgos e algas nas bordas, que em alguns pontos geraram um pequeno descolamento do betão, mas não chegando a expor a armadura, Figura 34.



Figura 35 – Pilar P34 com destacamento de betão

Como nos outros andares, neste também foi possível observar destacamento de betão na base de pilares, embora este seja o segundo menos atingido com este problema. Na Figura 35, relativa ao pilar P34, é possível verificar que o betão, embora já se destacando (A), ainda estava no local. No entanto, com uma lâmina e pouca força foi possível soltá-lo (B), mostrando o quão frágil está, e sem resistência.



Figura 36 – Junta J2: (A e B) localização; (C) pormenor.

A junta de dilatação J2 (entre os pilares P40,41 e P4,P5) do 3º andar possui o mesmo problema das demais, tendo sido coberta com concreto na altura da construção, o que levou a que desde então se tenha gerado uma

rachadura, Figura 36 . Nesta figura também se consegue observar uma junta preenchida com isopor (EPS), mostrando mais uma vez que esta foi construída no prédio inteiro. Mas a figura mostra outro problema: o pilar com junta (ou seja, os pilares P31 e P32 separados pela junta) apresenta deslocamento de apenas um dos lados (que também pode ter resultado de uma má cofragem), gerando um desencontro e, portanto, deixando o pilar não regular na sua lateral.

5.3.5. Quarto andar

O quarto andar (anexo E, Figura 61) é o que evidencia menor número de patologias, o que era o esperado, já que este se encontra bem no centro da construção, ou seja, coberto em planta pelos superiores, estando assim mais “protegido” dos agentes atmosféricos. A Figura 37 apresenta o pior caso de descolamento de betão encontrado neste andar.



Figura 37 - Pilares P23 e P22: (A) localização; (B e C) danos observados.

Nos pilares P23 e P22, separados por uma junta, existe destacamento de betão que expõe a armadura longitudinal, em ambos os lados na parte inferior. Neste andar apenas três outros pilares (P12, P24 e P25) evidenciam este problema. A junta de dilatação aparece coberta apenas em uma parte de sua extensão, sendo visível o EPS no restante desta.

Neste andar também foram identificados pontos com água estagnada, nos quais o musgo e as algas cresceram. Ou seja, embora 90% das lajes do edifício apresentem pontos de água, este é o andar em que este problema é mais grave.

5.3.6. Quinto andar

No quinto andar (anexo F, Figura 62) foi possível observar patologias não detetadas nos outros e muito acentuadas, Figura 38. Na foto A nota-se que na concretagem do pilar alguns pontos não foram preenchidos, aparentemente por falta de vibração do betão, ou betão fresco demasiado consistente, ou mesmo um betão de fraca qualidade ou mal colocado, pois o pilar P31 possui muitos agregados graúdos em sua base. Isto para uma construção em andamento não gera tanto problema, pois, quando detetado pela equipa de controle ou pela fiscalização, pode ser corrigido. Mas, neste caso, não se procedeu a essa correção, e, com a construção interrompida por tantos anos, a armadura exposta acabou por sofrer corrosão.

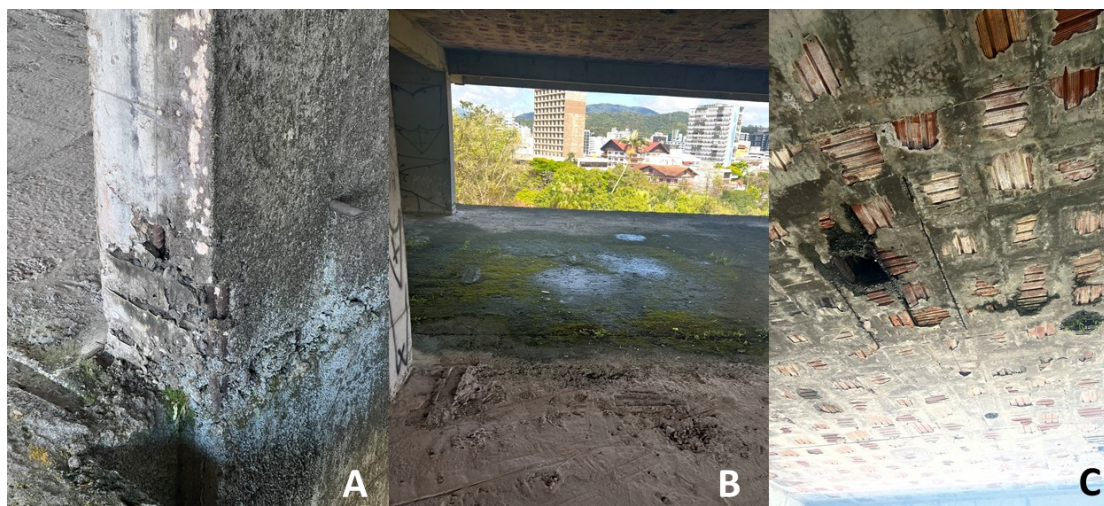


Figura 38 - Patologias no quinto andar, laje P29, P30, P38, P39: (A) betão com buracos (P31); (B) laje inferior: musgos; (C) laje superior: infiltrações e blocos cerâmicos quebrados.

Na foto B, observa-se água estagnada e formação de musgos e limo no pavimento. Como isto vem ocorrendo desde há muitos anos, a água pode estar infiltrando na laje e gerando problemas que podem causar danos graves.

Portanto, é indicado que seja aberta uma janela de inspeção e realizados ensaios, com amostras do betão da laje, para verificar a gravidade do problema. Por exemplo, a foto C mostra que a laje superior já possui uma abertura que a água atravessa. Pode ser que já existisse um furo para passagem de tubulações, mas se este for o caso, a água acabou alargando-o.



Figura 39 - “Viga” dividida pela junta J1: (A e B) localização; (C) patologia.

A junta J1 neste andar apresenta no pavimento inferior o mesmo problema que os outros andares, mas no pavimento superior, na viga (entre P40, P41 e P31, P32), a água proveniente do piso superior levou ao desenvolvimento de musgos, Figura 39, e possivelmente estragos ao isopor que preenche a junta. Outro problema é a passagem de água e o acúmulo dela na laje do andar, gerando o problema referido anteriormente.

Como seria esperado, este andar também possui descolamento de betão na base de seus pilares, mas este é o único andar que dispõe desta patologia no pilar P16, Figura 40, que fica na parte de trás do edifício. E como é possível notar na fotografia, ocorre um grande descolamento que atinge as armaduras em dois pontos visíveis pela parte de dentro da edificação.

5.3.7. Sexto andar

No sexto andar (Anexo G, Figura 63) foram encontradas algumas patologias iguais às do inferior, mas que se manifestam de forma mais grave, como é possível verificar na Figura 41, relativa à laje de escada L51- 32 (entre os pilares P51 e P32). Nas fotos vê-se que o concreto acabou tendo o mesmo problema de falta de vibração, mas neste caso deixou muita armadura a mostra, gerando corrosão e maior perda de concreto na região. Isto também é mostrado na Figura 42 para o pilar P18, onde a aproximadamente 70cm do chão há uma parte sem concreto com o aço a mostra.

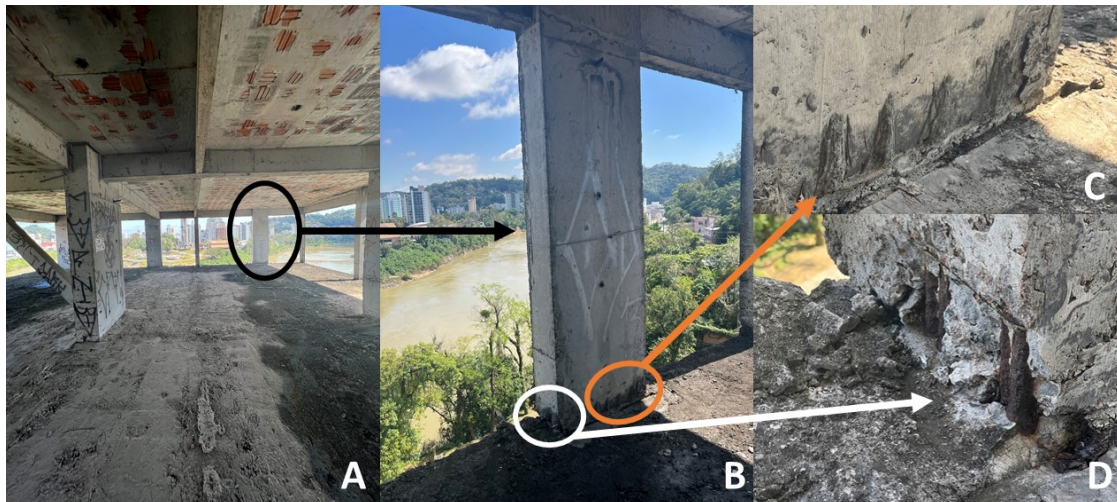


Figura 40 - (A) Localização do pilar P16; (B) destacamento; (C, D) pormenor.

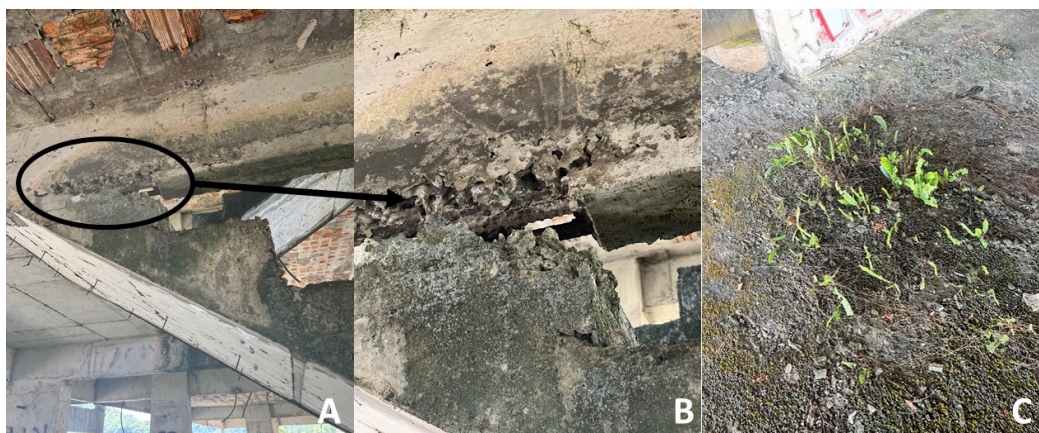


Figura 41- Laje de escada L51- 32: (A, B) localização; (C) musgos e plantas.

Voltando à Figura 41, na foto C observa-se que os musgos já viraram plantas, portanto criaram raízes mais profundas, e podem estar proliferando, podendo danificar significativamente o betão da laje, ou de outros elementos do edifício. Mas para melhor avaliar a gravidade deste ataque, deve-se remover a camada superior de sujidade e realizar ensaios.

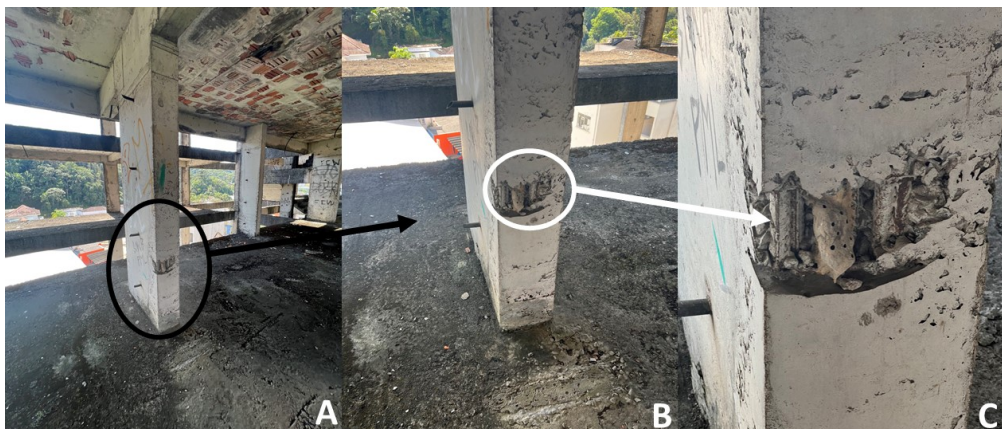


Figura 42 - Pilar P18: (A e B) localização; (C) pormenor.

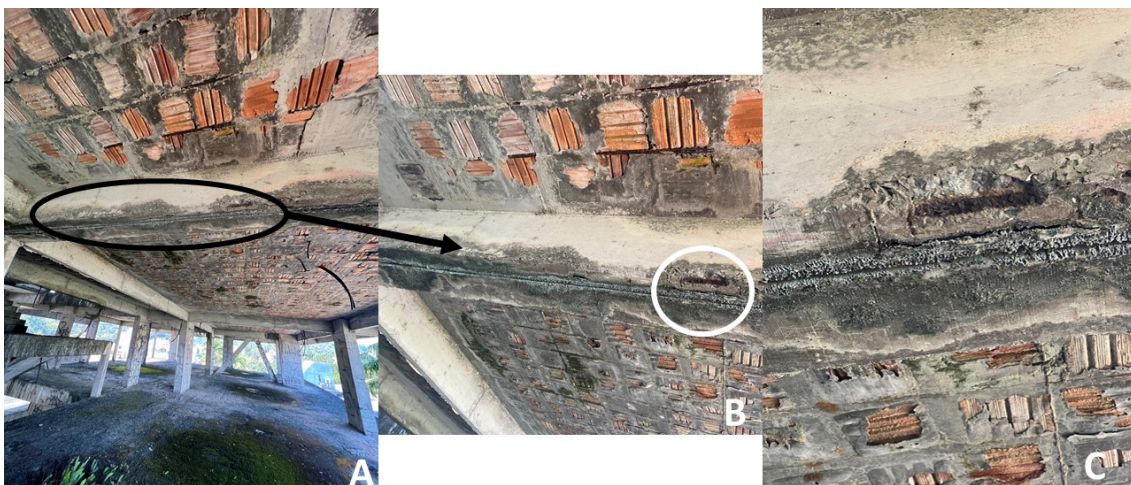


Figura 43 - Viga J1: (A,B) localização; (C) pormenor.

Neste andar repetiu-se em relação a junta o que foi encontrado no inferior, mas desta vez a água em conjunto com todas as impurezas que carrega infiltraram na laje e fizeram com que a armadura corresse gerando um destacamento do betão na viga (dividida pela junta) J1 (entre P31, P32 e P40, P41). Com isso confirma-se que serão necessários mais testes para a viga do andar inferior pois é possível que o aço já esteja corroído.

O problema da base dos pilares também pode ser encontrado aqui, pois 10 deles possuem a patologia de descolamento de betão gerado pela corrosão do aço, mostrado no anexo G.

5.3.8. Sétimo andar

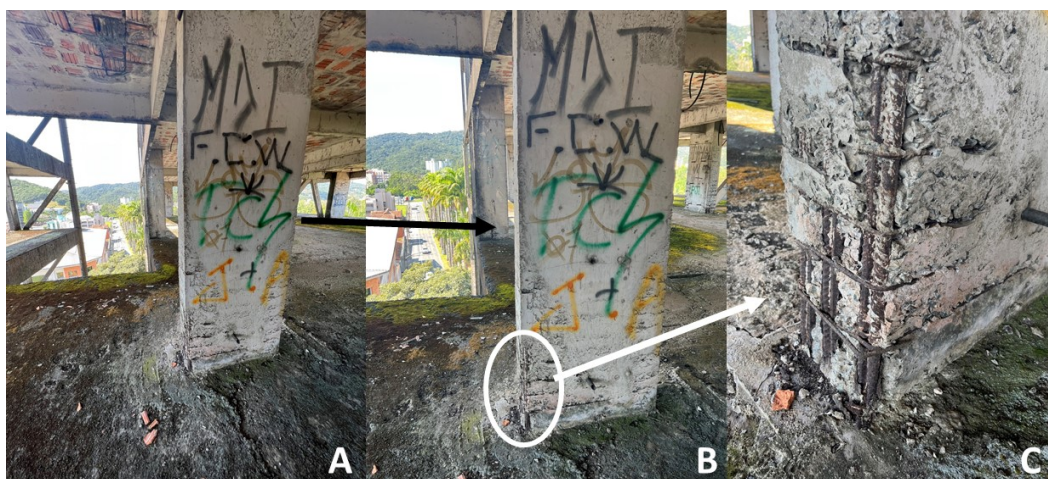


Figura 44 - Pilar P49: (A e B) localização; (C) pormenor.

Neste andar o número de pilares com descolamento de betão aumenta consideravelmente. A Figura 44 mostra que a betonagem foi mal realizada, deixando um cobrimento muito pequeno sobre a armadura, fazendo com que esta ficasse mais suscetível a corrosão. Que foi o que com o tempo ocorreu, aumentando a desagregação do betão na base do pilar.

Na figura 45 também se observa que, além do problema de cobrimento gerado pela má betonagem, possivelmente as armaduras estavam tortas dentro da fôrma (ou sem espaçadores), pois é notável que na parte interna do pilar as armaduras inferiores estão a mostra e com um recobrimento finíssimo, e, conforme se vai subindo, o cobrimento vai aumentando, até chegar na parte superior onde as barras não estão visíveis e, portanto, poderão estar em melhor estado de conservação e, eventualmente, sem corrosão.

Verifica-se novamente que a junta de dilatação existe, mas não possui selagem, possibilitando a passagem de água de um andar para outro, gerando escorrência, em que a água juntamente com sujeiras lixivia o betão, e, pela permanência da humidade, gera bolor na parte inferior da viga.



Figura 45 - (A) Localização (P12); (B) patologia aproximada.



Figura 46 - (A e B) Localização da patologia (entre P22, P23 e P11); (C) Detalhe.

No pavimento deste andar (anexo H, Figura 64) também foi verificado que a junta estava preenchida com betão, o que acabou causando uma fissura pela movimentação do edifício.

Nas escadas deste andar é possível verificar, Figura 47, que ocorreu lixiviação, onde a água carregando sujidade descamou parte do betão, e, com a humidade que permanece neste elemento, houve a proliferação de musgos,

deixando o aspecto desagradável, para além do dano mais severo ao betão e armadura, claro.



Figura 47 - (A) Localização da patologia (escada entre P51 e P32); (B) detalhe.

5.3.9. Oitavo andar

O oitavo e último andar (Anexo I, Figura 65), como seria de esperar é um dos andares mais atingidos pelas patologias, por possuir apenas uma laje acima e com vários buracos que foram feitos para espera de esgoto (dos pisos ainda por construir), por onde a água da chuva o pode atingir facilmente.



Figura 48 - (A e B) Localização da patologia (P32); (C) detalhe.

E assim como os demais andares, este também foi atingido em seus pilares, com corrosão de armaduras e posterior destacamento de betão. Na figura 48 esta patologia fica clara, sendo possível observar na base do pilar P32 as armaduras longitudinais (de sustentação), assim como os estribos, em estado de corrosão, sendo que os estribos foram tão atingidos que quando raspados com uma lâmina, de forma suave, perdem parte de sua secção.



Figura 49 - (A) Localização da patologia (P12); (B) detalhe.

O pilar P12 da figura 45 prolonga-se para o sétimo andar (ou seja, encontra-se na mesma prumada), figura 49, onde, apesar de aparentar uma grande quantidade de armaduras, possui um baixo recobrimento em sua parte inferior, e conforme vai subindo as armaduras não estão mais aparentes. Depois de tantos anos nestas condições, as armaduras foram atingidas enferrujando e se expandindo, destacando parte do betão que recobria as armaduras.

A figura 50, apresenta algumas patologias devidas a má construção, que se agravaram pelas condições atmosféricas a que esta construção esteve sujeita. Na parte A (P28) fica muito claro que a qualidade da construção estava muito abaixo do admissível, pois foi mal betonado e com isso o cobrimento no centro do pilar praticamente não existe, já que o pilar tem uma “barriga” para o seu interior (provavelmente devido a cofragens demasiado flexíveis ou deformadas).

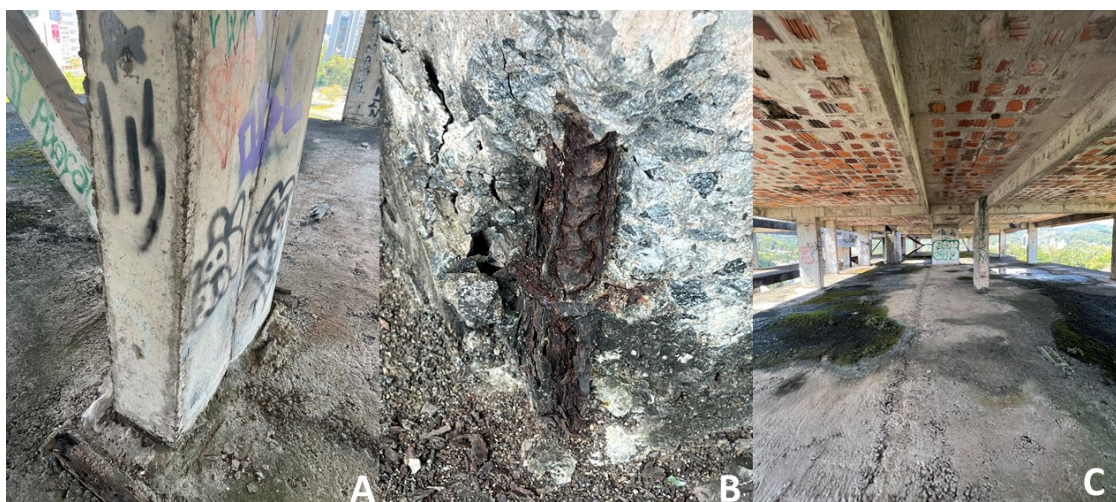


Figura 50 - Patologias encontradas.

Já na fotografia B (P49), foi possível verificar que o aço está corroído de tal maneira que começou a desagregar sem nenhum esforço. Isto se deve ao cobrimento incorreto aplicado neste caso, que foi medido e era de apenas 1,5 cm. O mínimo admissível hoje em dia é de 2,5 cm pela NPEN1992-1-1 e 3cm pela NBR (valor que pode alterar pela classe ambiental, mas deve seguir a NPEN1992-1-1 (2004) na Europa, e a NBR 6118 no Brasil, neste caso foi adotado um diâmetro de 20mm para o varão e classe de exposição XC3 e C2, respectivamente para aquelas normas), que em conjunto com água e outras ações levaram a corrosão do aço e posterior descolamento de betão.

E na parte C da figura é possível verificar a grande quantidade de musgos encontrada na laje deste pavimento, e também se nota que a laje superior possui muito pouco concreto para segurar os elementos cerâmicos, e algumas armaduras já estão corroídas, causando uma preocupação quanto a resistência desta laje, sendo esta a mais preocupante por não ter nenhuma proteção e ser diretamente atingida pelos agentes atmosféricos.

5.3.10. Outros problemas na construção

Em alguns andares e nas escadas foram encontradas algumas patologias, listadas e mostradas abaixo, causadas pela má construção do edifício e por estar tanto tempo em contato com os agentes atmosféricos sem qualquer proteção.

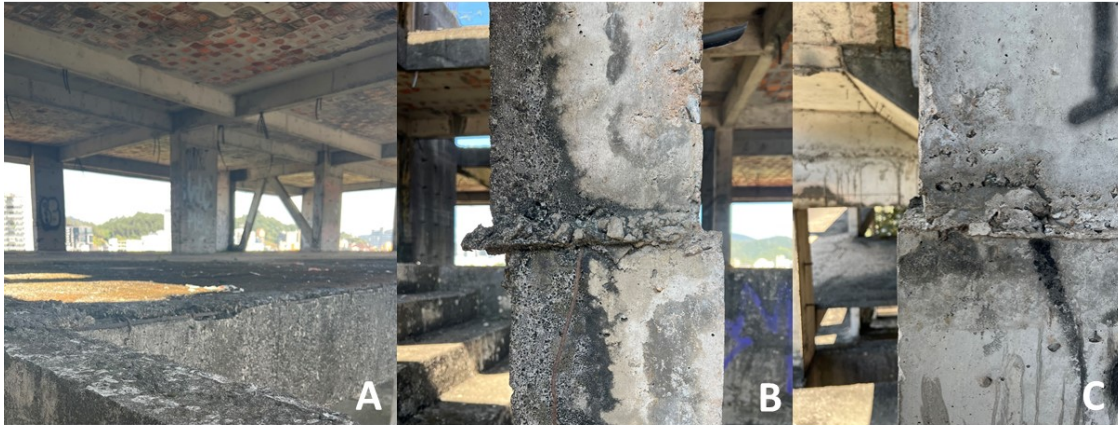


Figura 51 - Patologias encontradas nas escadas

A foto da figura 51A, mostra uma aresta da laje, que fica na lateral do prédio, onde são visíveis as armaduras da laje, que ficaram expostas pela lixiviação causada pela água.

Já nas fotos B e C da figura 51, relativas à prumada do pilar P14, constata-se uma má execução na construção da edificação, que de forma muito perceptível revela que os pilares das escadas (já que as fotos são em andares diferentes) foram betonados em duas etapas, o que é normal, mas feitos erroneamente, desalinhados. Este erro inviabiliza a transmissão direta de esforços, que foi certamente admitida no dimensionamento, introduzindo um momento fletor concentrado nesta secção, além de que levanta questões relativamente à posição da armadura longitudinal, altura útil da secção e recobrimento efetivo, podendo gerar graves problemas estruturais, de segurança, para além claro de deixar a estrutura malfeita de forma visual, só possível de concertar por demolição e reconstrução.

Tal como nos outros andares, detetou-se descolamento de betão e armaduras enferrujadas, nas estruturas da escadaria (Figura 52A e B) (prumada do pilar P10). Nas partes externas dos pilares (P41) também é possível encontrar estas patologias, visivelmente causadas pela betonagem mal executada, onde se tem um miúdo recobrimento, deixando o aço facilmente exposto (Figura 52C).

Nas fotografias apresentadas na figura 53, é notável o abandono da construção, e as sujeiras e manchas tanto no interior como no exterior. Outro ponto notável, já referido, são as manchas nas lajes, foto B, que acabam

chamando atenção. Tal como as escorrências geradas pela água e sais que estas carregam nos pilares e vigas.

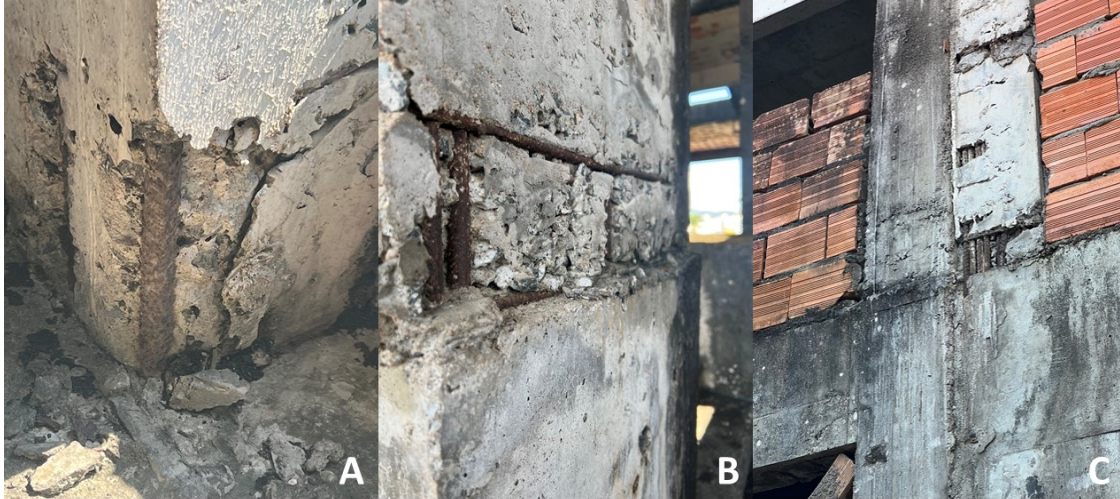


Figura 52 - Patologias pelo edifício



Figura 53 - Vistas exteriores do edifício: (A) parte interna do edifício entre lajes (L51-24 e L33-42); (B) fundos; (C) alçada frontal.

5.4. Métodos indicados para reabilitação

5.4.1. Descolamento do betão nos pilares

Nos casos mostrados acima, de acordo com a metodologia apresentada no capítulo 3, deve-se retirar o betão que envolve a armadura e fazer a limpeza desta, aplicar produto de protecção anódica ativa, método 11.1 da NP EN 1504

(por exemplo, SikaTop Armatec-110 EpoCem, que cumpre os requisitos da NP EN 1504-7), e restaurar a secção com uma argamassa que também satisfaça o Princípio 11 (por exemplo, Sika MonoTop-910 S). Como se referiu, é sempre necessário verificar se a perda de secção foi significativa, e, no caso afirmativo, proceder à substituição da armadura ou ao encamisamento do elemento. O encamisamento também será necessário se o recobrimento for inferior ao regulamentar.

Para identificar as zonas onde se deve proceder à substituição do betão superficial é necessário fazer um mapeamento da profundidade da frente de carbonatação, com o ensaio de fenolftaleína, e da profundidade da armadura, e estabelecer regras simples seguras que indiquem as zonas onde intervir, como seja, pelo menos, a base de todos os pilares no piso térreo até uma altura a definir. Nas zonas intervencionadas a armadura será exposta, sendo pois mais simples a obtenção de uma estimativa da perda de secção. Poderá ainda usar-se um método de percussão, tipo martelo, de uma forma mais generalizada para identificação de ocos superficiais, os quais podem estar associados a fenómenos de delaminação, destacamento e/ou corrosão, devendo também nestas zonas remover-se o recobrimento para expor a armadura e avaliar o seu estado.

Se a armadura conservar mais de 85% da área de sua secção, deve-se fazer apenas a sua limpeza e pintura, limpeza do betão que está em volta e posterior colocação de novo betão de reduzida retração com propriedades mecânicas parecidas às do existente e garantindo a aderência. Como se referiu, esta aderência requer a preparação do substrato com remoção de zonas mais frágeis ou danificadas, conferindo rugosidade à superfície, e garantindo uma boa humedificação da camada exterior do betão preexistente até ao momento da betonagem.

Como foi referido, sempre que o conjunto dos varões num dado local tenha sofrido uma redução da secção superior a 15%, devem adicionar-se varões novos (na secção preexistente ou, se possível, num encamisamento).

Neste caso, é necessário calcular a área de aço requerida e sua pormenorização, incluindo amarração, com um aumento de dimensões da secção do pilar (encamisamento), portanto colocando as barras (varões) adicionais exteriormente à secção existente, eventualmente colando as

extremidades em furos feitos na estrutura preexistente (NPEN1504-6). Deve-se usar uma fôrma (cofragem) adequada e um betão novo apropriado (boa aderência, pouco permeável, mas fluído, usando um superplastificante, que garanta a auto compactação, e de baixa retração, para evitar fendilhação posterior, e cumprindo os requisitos da NP EN 1504, particularmente o Princípio 3, método M3.2, mas possivelmente também o 7 e o 11). Isto será o indicado neste trabalho, pois acredita-se que nesta construção a qualidade do betão existente pode ter algumas limitações (sendo, no entanto, necessário garantir que satisfaz o mínimo, pelo menos em termos da resistência à compressão, que permita preservar a estrutura existente), e o aumento em sua seção pode ser necessário para garantir a segurança ao edifício. É, portanto, necessária a realização de ensaios de compressão em laboratório com corpos de prova retirados de vários membros da estrutura, que considere não só os critérios habituais, mas também o processo algo caótico de construção desta estrutura, para avaliar a resistência deste betão, e se esta está conforme o projeto. Se não estiver, é mais uma vez necessário avaliar se é possível colmatar essa deficiência com um reforço.

Na figura 54 tem-se um exemplo da aplicação de um encamisamento em betão armado a um pilar. Como as zonas mais afetadas no caso de estudo se encontram na base dos pilares, a armadura longitudinal adicionada deve atravessar a laje entre pisos contíguos para assegurar o momento resistente nas extremidades.

5.4.2. Reparo nas juntas de dilatação

Os reparos indicados para as juntas, levam em consideração o fato de a sua selagem ter sido realizada de forma incorreta, o que aliás é uma deficiência bastante usual. Primeiro deve ser retirado todo o betão que está dentro e sobre a junta, e em seguida limpa-se com jato de ar, para melhor aderência do material que será inserido. Caso tenha sido removido um pouco do betão das arestas da abertura, indica-se a colocação de uma argamassa hidráulica modificada com

aditivos poliméricos (PCC) para preencher este espaço, deixando somente a fresta da junta aberta para colocação do selante.



Figura 54 - Exemplo de encamisamento de pilar (Fonte: Techniques Soluções em Engenharia)

Existem diversos materiais e tipos de selante que podem ser colocados, como as bandas e adesivos, onde primeiro é aplicado o adesivo (por exemplo, Sikadur) em ambos os lados da junta utilizando uma espátula, e posteriormente instala-se a banda (por exemplo, Sikadur Combiflex SG) acima do adesivo com a ajuda de um rolo de pressão, finalizando com a camada de topo do adesivo sobre a banda, Figura 55.

Outra solução, sendo esta a mais comum e a indicada para este edifício, é o uso de mástiques, suficientemente deformáveis para poder acomodar as variações da abertura da junta de origem térmica. Para aplicação de mástique deve-se fazer uma limpeza na superfície, que não poderá conter sujeiras, gordura ou água, embora possa estar ligeiramente húmida ou seca. Preenche-se a junta com um cordão para delimitar a profundidade que vai ser atingida pela

mástique aplicada a seguir (por exemplo, SikaSwell S-2), fazendo a selagem da junta, figura 56.

Juntas de dilatação (movimento)

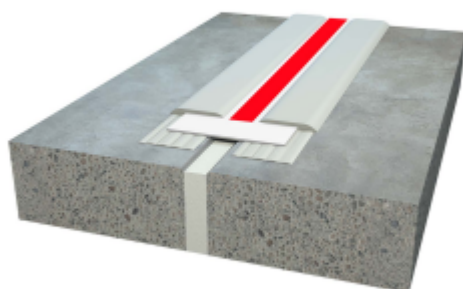


Figura 55 - Instalação de adesivo e banda em junta de dilatação (Fonte: Manual Sikadur-Combiflex).

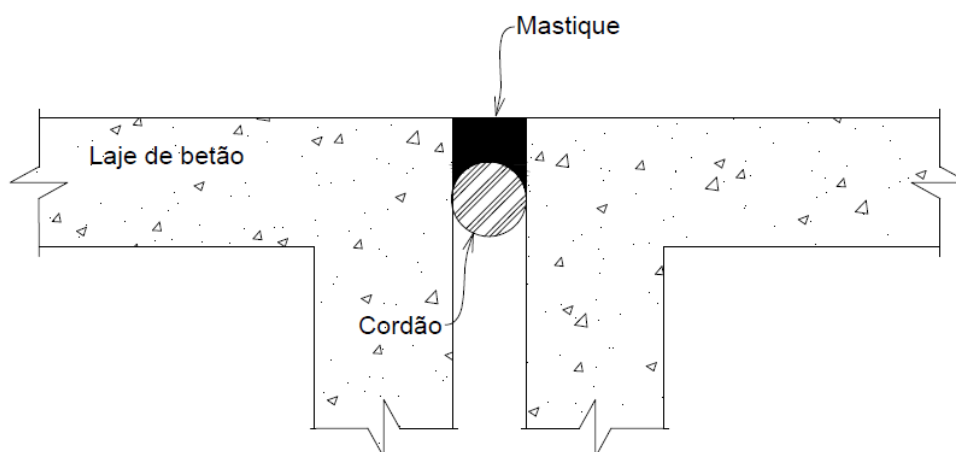


Figura 56 - Selagem de junta de dilatação (Fonte: Desenhado pela autora)

Este procedimento deve ser realizado em toda a extensão da junta, portanto na laje, nos pilares e nas vigas que ela transpassa.

5.4.3. Reabilitação das lajes

Conforme apresentado na secção 5.3, a maioria das lajes está com musgos e algas em sua superfície em decorrência de humidade. Para este problema, que nem é estético, porque estas superfícies serão revestidas, mas

pode envolver problemas de aderência ou danos mais graves, deverá ser realizado uma lavagem como descrito na secção 4.2.2, neste caso utilizando jato de areia, pois é de fácil aplicação e remove as sujeiras e manchas. Este mesmo procedimento deve ser utilizado em outros elementos do edifício que estão com este problema.

Estas manchas podem também indicar infiltrações na laje, visíveis nas fotografias mostradas onde a parte inferior das lajes apresenta blocos cerâmicos quebrados e armaduras expostas. E, com esta exposição, a corrosão pode estar muito avançada, devendo-se verificar se não coloca em causa resistência das lajes, que, a existir, requer uma solução de reforço, com uma camada de betão armado na face inferior ou, se tal não for possível, com laminados de FRP.

5.4.4. Reabilitação das vigas

Para a reabilitação das vigas também é indicado o encamisamento desses elementos, com adição de armaduras, naquelas que possuem o aço corroído perdendo mais de 15% da sua secção. Mas como na inspeção visual poucas vigas foram encontradas em um estado muito crítico, é indicado que sejam realizados testes de carotes e furos de inspeção para verificar as condições destas e assim chegar a uma melhor conclusão de que procedimento seguir para reabilitar estes elementos. Por isso no orçamento não será adicionado a reabilitação das vigas.

5.5. Orçamento da Reabilitação

Apresenta-se um orçamento realizado de forma geral, já que os valores obtidos levaram em conta apenas a inspeção visual e estimativas realizadas pela autora, apenas para poder ter uma noção da dimensão e dos gastos que seriam necessários. O orçamento será baseado na tabela SINAPI do estado de Santa Catarina, onde a obra se encontra, com desoneração pelo tipo de obra.

A primeira parte do orçamento (quadro 2) é a reabilitação dos pilares a partir do aumento de secção, portanto foram encontrados 112 pilares (indicados

com retângulo vermelho nas Figuras dos Anexos, e os pilares que tem a junta de dilatação foram considerados um só, para o orçamento) com este problema, e será considerado um aumento de 8cm de cada lado por pilar, considerando uma armadura extra de 4 barras de 20mm, aço CA-50, e um cobrimento de 3cm, por ser uma área C2 de acordo com a NBR6118. Neste orçamento não é considerada a limpeza do aço e do betão, nem a pintura anticorrosiva do aço, para posterior colocação de armadura extra e betão.

A segunda parte do orçamento (quadro 3) é composta pela selagem da junta de dilatação, que foi calculada com um cordão de polietileno para delimitar a profundidade e com selante a base de poliuretano (PU), no valor já está incluído o selante, o cordão, um primer de poliuretano e a mão de obra (pedreiro e servente) por metro linear de junta. Não estão incluídos a limpeza e remoção do betão que estão em cima da junta e na junta.

Também será incluído no orçamento o aumento das lajes (quadro 4), onde elas possuíam 10cm, e, portanto, será aumentado 5cm para baixo, onde serão colocadas também armaduras extras assim como foi feito nos pilares. Mas este procedimento será considerado para todas as lajes acima do 2º andar, pois até este andar as lajes são maciças, portanto, não sofrem dos problemas citados como as outras.

No custo será adotado o custo de concreto projetado (M3.3 da NP EN 1504) para revestimento com tela armada, pois é o mais próximo ao desejado. Neste item estão inclusos, a areia, cimento, pedra, tela, operador de máquinas, servente, betoneira, bomba centrífuga e compressor de ar, portanto desde o material, a mão de obra até os equipamentos necessários para a realização do serviço.

Por último será incluído o valor de uma limpeza com jato de ar, porque toda a estrutura necessita de uma lavagem, por estar com muitas sujeiras, bolor e musgos. No valor apresentado no quadro 5 inclui o equipamento e o servente para fazer o serviço. A metragem foi retirada das plantas do edifício, pois será considerada toda metragem de fôrmas até o 9 pavimento (oitavo andar).

Considerando, então, apenas as principais reformas, tem-se o orçamento do Quadro 6.:

Material/Equipamento	Unidade	Valor Unitário	Quantidade	Pilares	Valor
Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 20,0 mm.	kg	R\$ 12,68	30,09	112	R\$ 42.732,61
Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada resinada, e = 17 mm.	m ²	R\$ 178,52	9,52	112	R\$ 190.265,19
Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.	m ²	R\$ 62,64	9,52	112	R\$ 66.761,21
Concreto fck = 25MPa, traço 1:2,3:2,7 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 400 l.	m ³	R\$ 520,64	1,82	112	R\$ 106.127,26
Concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de baldes - lançamento, adensamento e acabamento.	m ³	R\$ 908,50	1,82	112	R\$ 185.188,64
Total em reais					R\$ 591.074,91
Total em euros					€ 107.078,79

Quadro 2 - Orçamento aumento da secção dos pilares (Fonte: Autora)

Material/Equipamento	Unidade	Valor Unitário	Quantidade	Lajes	Valor
Tratamento de junta de dilatação, com tarugo de polietileno e selante PU.	m	R\$ 86,09	57,88	9	R\$ 44.846,00
Total em reais					R\$ 44.846,00
Total em euros					€ 8.124,28

Quadro 3 - Orçamento selamento das juntas (Fonte: Autora)

Material/Equipamento	Unidade	Valor Unitário	Quantidade	Lajes	Valor
Execução de revestimento de concreto projetado com espessura de 5 cm, armado com tela, inclinação de 90°, aplicação descontínua, utilizando equipamento de projeção com 3 m³/h de capacidade.	m²	R\$ 103,50	638,85	6	R\$ 396.725,85
Total em reais					R\$ 396.725,85
Total em euros					€ 71.870,63

Quadro 4 - Orçamento aumento da laje (Fonte: Autora)

Material/Equipamento	Unidade	Valor Unitário	Quantidade	Elemento	Valor
Limpeza de superfície com jato de alta pressão.	m²	R\$ 1,71	7966,2	Lajes	R\$ 13.622,20
			2898	Pilares	R\$ 4.955,58
			3494,9	Vigas	R\$ 5.976,28
			418,5	Escadas	R\$ 715,64
Total em reais					R\$ 25.269,70
Total em euros					€ 4.577,84

Quadro 5 - Orçamento da limpeza do prédio (Fonte: Autora)

Procedimento	Valor
Encamisamento e reforço de barras nos pilares	R\$ 591.074,91
Selagem das juntas de dilatação	R\$ 44.846,00
Aumento da altura da laje	R\$ 396.725,85
Limpeza da edificação	R\$ 25.269,70
Total em reais	R\$ 1.057.916,46
Total em euros	€ 191.651,53

Quadro 6 - Orçamento reabilitação do edifício

Portanto o valor encontrado foi de 1.057.916,46 reais para realizar esta reabilitação da estrutura existente, lembrando que os valores utilizados para calcular as quantidades, foram estimados somente para se ter uma noção de custos. São necessários a realização dos ensaios indicados e um plano de intervenções mais detalhado para um estudo aprofundado, para então se chegar no valor mais próximo do real.

O valor encontrado quando convertido para euro, levando em consideração uma taxa de conversão de 1 euro sendo 5,52 reais, obtêm-se um custo de 191.651,53 euros para se realizar esta reabilitação, nas condições e estudos realizados.

De acordo com o valor calculado através do CUB para edifício residencial padrão alto com 4 dormitórios, e 16 andares, que é de 2.778,92 reais por m² para Santa Catarina, considerando uma área já construída de 8.266,42m² de acordo com os projetos resultando em um valor de 22.971.719,87 reais. Este custo inclui paredes de vedação, fechamentos e piso, mas não engloba projetos, fundação e regularização, portanto se fossemos incluir estes itens e retirar os itens que não estão na obra, o valor iria alterar, mas pela grandeza do valor dificilmente chegaria próximo ao encontrado para reabilitação, comprovando assim que realmente os custos para reabilitação seriam menores que para uma nova construção.

5.6. Limitações do Estudo

Pela obra estar localizada no Brasil, teve-se algumas limitações quanto aos ensaios e testes possíveis, pois a autora não possui os materiais e equipamentos necessário para fazer um estudo mais aprofundado. Portanto seria indicado e necessário realizar alguns ensaios como (Martins, 2021):

- Extração de carotes para realizar ensaios a compressão em laboratório, portanto resolvendo uma parte da limitação que será citada a seguir;
- Aplicação de fenolftaleína (solução alcoólica de fenolftaleína a 0,1%) em carotes de betão;

- Pacómetro, e algumas janelas ou furos de inspeção, para detecção das armaduras e seus recobrimentos, principalmente nos pilares que não se encontram com descolamento, para verificar a necessidade de um aumento na secção para um maior recobrimento.

Outra limitação a ser considerada é a falta de um programa, e tempo hábil, para poder fazer uma análise da resistência do betão e da quantidade de armadura. O que está informado no projeto é que a resistência do betão deveria ser maior que 18MPa, sendo que hoje no Brasil segundo a NBR6118:2003 o mínimo necessário para estruturas é de 20MPa, portanto, dependendo do betão empregado, atingiria este valor. Já as armaduras que foram adotadas de acordo com o projeto possuem diâmetro de 20mm, o que analisado em obra, nas barras aparentes foi confirmado.

Portanto, é indicado, para a execução da reabilitação, a realização de testes e também do dimensionamento do edifício, para verificar se as armaduras e o betão aplicado estão de acordo com as normas de segurança.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a análise de um edifício devoluto em betão armado, para uma eventual futura reabilitação, que trará funcionalidade e uma estética mais agradável ao entorno, promovendo também a sustentabilidade em todos os sentidos, objetivo este que se espera ter alcançado.

Na inspeção visual efetuada encontraram-se diversas patologias, como descolamento de betão, corrosão das armaduras e ações biogénicas, bem como muito erros construtivos e que evidenciam falta de controle, além de problemas que decorrem do longo abandono a que esta construção foi sujeita. Para estas anomalias foi indicado o melhor tratamento para reabilitação dos vários elementos, e feito um cálculo superficial do custo necessário para realizar estes procedimentos.

Em uma das visitas a obra e análise da informação recolhida, conclui-se que a maioria dos problemas aconteceu por má execução, em grande parte na betonagem, mas também foram verificados problemas nas juntas e fôrmas. O que não era esperado, já que o edifício seria previsivelmente um empreendimento de luxo. Foi também constatado que os problemas aumentaram nos últimos andares, sendo então possivelmente relacionados a falta de dinheiro, já que nos últimos anos a construtora estava com problemas financeiros.

O estudo permitiu mostrar a importância da inspeção visual e análise rigorosa para a reabilitação, e também revelou que os custos necessários podem não ser tão altos se comparados ao da demolição e construção de um novo edifício (ou então considerando o benefício que trará para o entorno).

Pôde-se verificar também que muitas vezes a execução acaba sendo diferente dos projetos, gerando algumas mudanças que muitas vezes podem afetar o prédio positivamente, mas também negativamente. Portanto mostrando a importância do estudo minucioso da obra antes da execução, e se necessárias mudanças que sejam atualizadas no projeto para caso precise de algum reforço, este já seja executado durante a construção.

Enfim demonstra-se a necessidade de manutenções nas edificações já concluídas, reabilitação nas devolutas e um maior rigor na atividade de construção, pois, como observado, a maior parte dos problemas não foi gerado pela ação ambiental ao longo dos anos, mas sim pela má qualidade da execução (e, eventualmente, por problemas de concepção estrutural e projeto).

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13994: Elevadores de passageiros - Elevadores para transporte de pessoa portadora de deficiência.** Rio de Janeiro. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro. 2004.

AUGUSCO, Mariana Bermejo. **Edifício inacabado, métodos de reabilitação: estudo de caso.** Dissertação do Mestrado em Reabilitação de Edifícios, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2021.

Bentur, A., N. Berke e S. Diamond **Steel Corrosion in Concrete: fundamentals and civil engineering practice.** London: E & Fn Spon, 1997.

BILGER, W. **Inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures.** Londres: Thomas Telford Ltd, 1988.

BONOMINI, André Luiz. **História: América, do luxo ao esqueleto, por André Bonomini.** 2020. Disponível em: <https://alexandrejose.com/2020/11/historia-america-do-luxo-ao-esqueleto-por-andre-bonomini/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

BRASIL. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. (org.). Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662. Acesso em: 12 jan. 2023

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.**

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=conceitos-e-metodos>. Acesso em: 12 jan. 2023.

BROOMFIELD, John P.. **Corrosion of Steel in Concrete**: understanding, investigation and repair. 2. ed. Oxon: Taylor & Francis, 2007.

CÓIAS, Vítor. **Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios**. Lisboa: IST Press, 2009.

CÓIAS, Vitor. **Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos**: técnicas pouco intrusivas. Lisboa: Gecorpa, 2007.

EMBARGO. *In*: PRIBERAM, Dicionário Online de Português. Lisboa: Priberam Informática S.A., 2022. Disponível em:

<<https://dicionario.priberam.org/embargo>>. Acesso em: 04/07/2022.

HELENE, Paulo R. L.. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: Pini Editora, 1986.

HELENE, Paulo R. L.. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na Construção Civil**: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007.

MARTINS, Carlos. **Inspeção e Diagnóstico de Edifícios**: inspeção de estruturas de betão. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2021. 68 slides.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Pini, 2006.

MONTANI, Richard. **Crack Repair by Gravity Feed with Resin**. In: ACI COMMITTEE E 706, RAP-2., 2003, EUA.

NP EN 1504-3 (2006). Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 3: Reparação estrutural e não estrutural

NP EN 1504-4 (2006). Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 4: Colagem estrutural

NP EN 1504-6 (2008). Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 6: Ancoragem de armaduras de aço

NP EN 1504-7 (2008). Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 7: Protecção contra a corrosão das armaduras.

NSC TV (org.). **SC tem 170 imóveis abandonados, aponta relatório dos bombeiros**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/sc-tem-170-imoveis-abandonados-aponta-relatorio-dos-bombeiros.ghtml>. Acesso em: 04 jul. 2022.

PROVIDÊNCIA, P. **Apontamentos de apoio às aulas de Reabilitação de Estruturas de Betão Armado**, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2021

SALTA, Maria Manuela S. Ribeiro. **Inspeção e controle da corrosão das armaduras do betão**. Lisboa: LNEC, 1990.

SILVA, José António Mendes da; ABRANTES, Vitor. **Reabilitação de paredes fissuradas**. Porto: Gequaltec, 2013.

SILVA, J. A. Raimundo Mendes da. **Reabilitação de Fachadas e Coberturas**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015-16.

SINDUSCON (Santa Catarina). **Sobre o CUB**. Disponível em:
<<https://sinduscon-fpolis.org.br/servico/cub-mensal/>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, Eng. Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1949.

Tuutti, K. (1982). Corrosion of steel in concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm. On-line:

<http://www.cbi.se/viewNavMenu.do?menuID=317&oid=857>

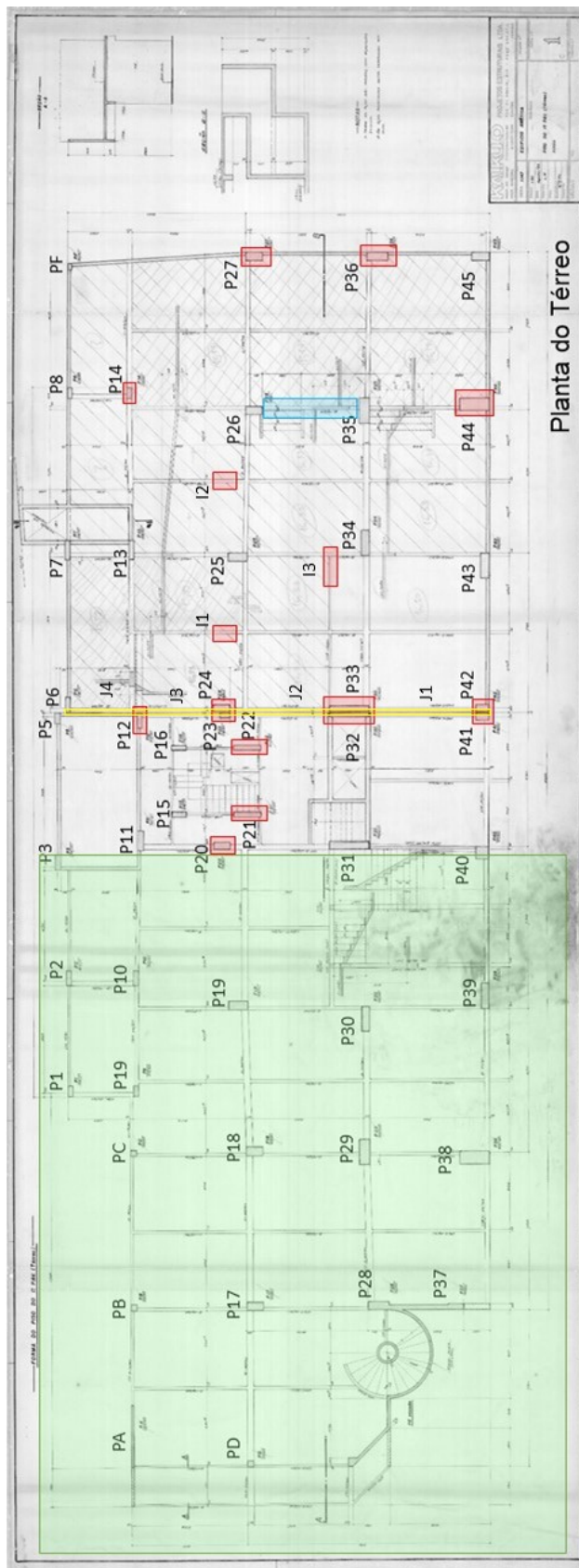
<https://lucris.lub.lu.se/ws/files/4709458/3173290.pdf>

VELOSO, Sâmya Gomes. **Inspeção e Reabilitação de Estruturas em Concreto Armado sob a ótica da Norma EN 1504**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018.

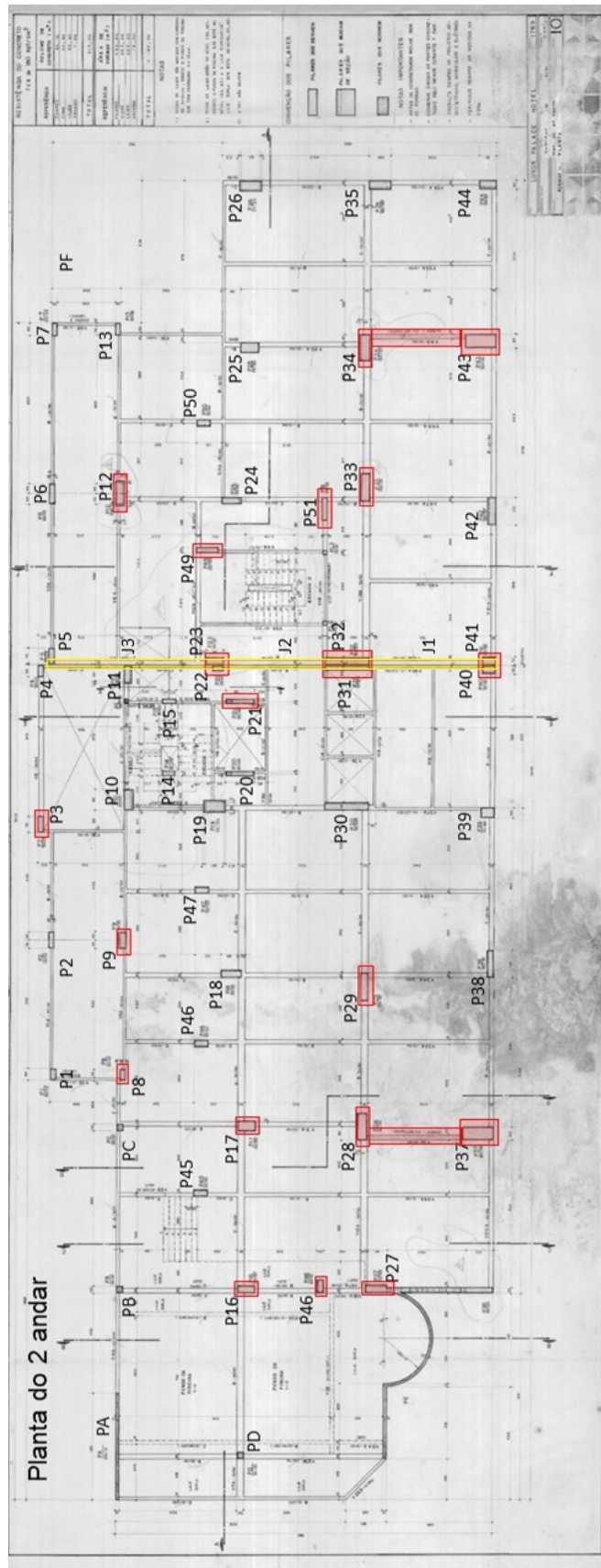
682 SOLUÇÕES. **Com ou sem desoneração, que tabela devo usar?** Disponível em:

<http://682solucoes.com.br/blog/index.php/categorias/orcamento/36-com-ou-sem-desoneracao-que-ta-bela-devo-usar>. Acesso em: 12 jan. 2023.

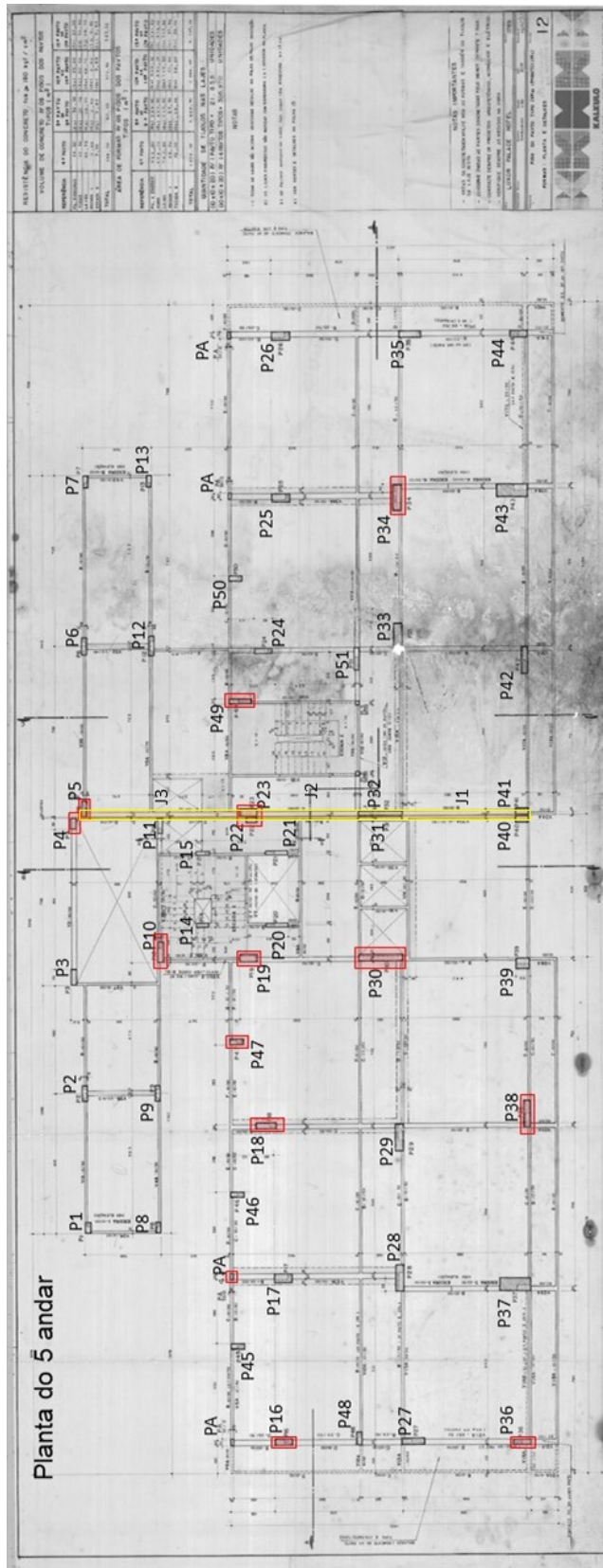
Anexo A
Figura 57 - Planta do Térreo



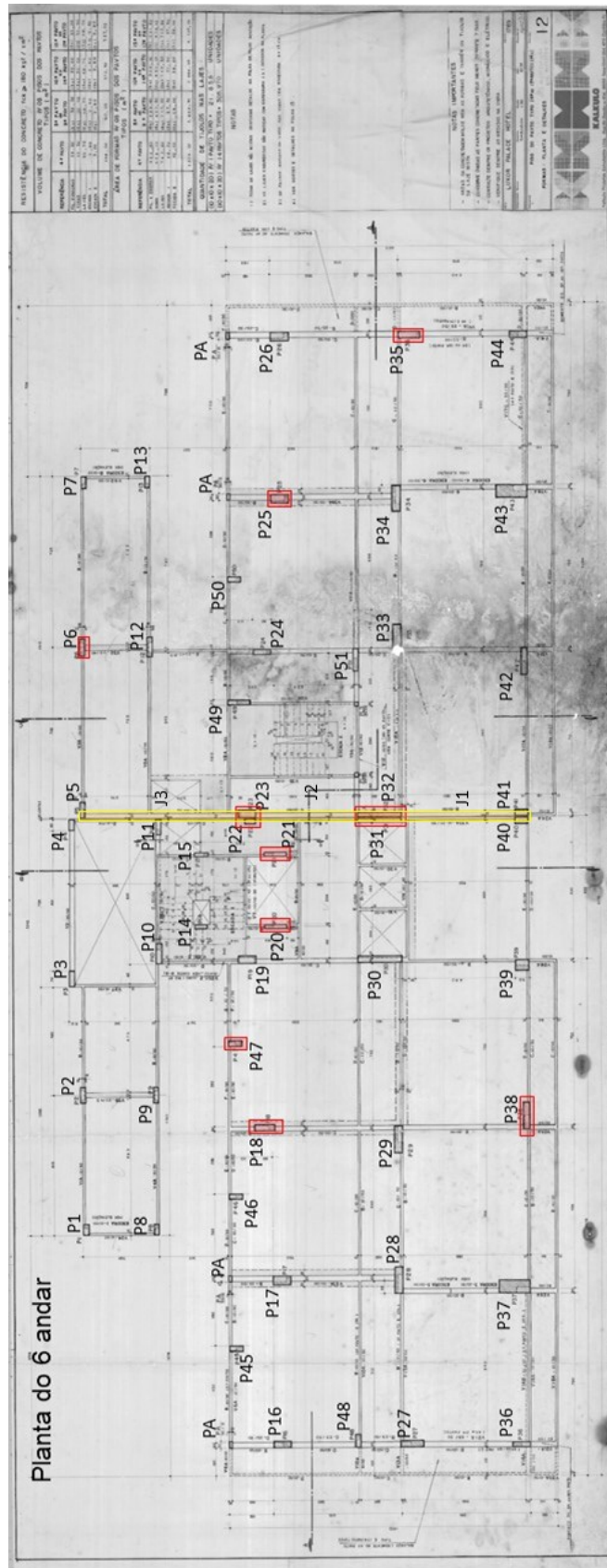
Anexo C
 Figura 59 - Planta do 2º andar



Anexo F
 Figura 62 - Planta do 5º andar



Anexo G
 Figura 63 - Planta do 6º andar



Anexo H
 Figura 64 - Planta do 7º andar

