

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
MAIANE BARROS DA SILVA

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

LAGES – SC

2021

MAIANE BARROS DA SILVA

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Aldori Batista dos Santos

LAGES – SC

2021

MAIANE BARROS DA SILVA

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
UNIFACVEST, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Aldori Batista dos
Santos

Lages, SC ____/____/2021.

(data de aprovação)

Nota _____

(assinatura do orientador do trabalho)

LAGES – SC

2021

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

RESUMO

As estruturas de concreto armado foram pensadas para satisfazer a necessidade de se ter na sociedade um amparo estrutural para que as pessoas possam realizar as suas necessidades com conforto e segurança. Contudo, um planejamento e execução descuidados podem deixar essas estruturas mais vulneráveis ao desenvolvimento de patologias, que representam um risco tanto financeiro quanto de segurança. O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é reunir um conhecimento relacionado às patologias em estrutura de concreto armado no Brasil, através do processo de revisão bibliográfica, construída utilizando artigos científicos, livros e *blogs*, seguido de um estudo de caso realizado em uma residência no município de Lages, Santa Catarina. A conclusão chegada foi a de que a base acadêmica nacional é sólida o suficiente para que o profissional possa agregar conhecimento para o tratamento das principais patologias.

Palavras-chave: Patologia, concreto armado, Brasil, tratamentos.

PATHOLOGIES IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT

The reinforced concrete structures were aimed to satisfy a social need of having structural aid so people could fulfill their needs in comfort and safety. However, reckless planning and execution might make those structures more vulnerable to the surge of pathologies, which represent both financial and safety risks. The following paper seeks to gather a handful of knowledge related to pathologies in reinforced concrete structures in Brazil, through the process of literature review, which was made of scientific articles, books and blogs, followed by a study case made at a residence in the municipality of Lages, Santa Catarina. It came to a conclusion that the national academic contents is solid enough to help the professional to aggregate knowledge for proper treatment of the main pathologies.

Key words: Pathology, reinforced concrete, Brazil, treatments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura deteriorada da ponte sobre o rio Moju	15
Figura 2: Infiltração em uma viga de sustentação de uma edificação em Lavras, MG.....	17
Figura 3: Segregação em parede de concreto armado	18
Figura 4: Fissura em um reservatório em Criciúma, SC	18
Figura 5: Fendas e umidade identificadas na lateral de uma residência em Campo Belo, MG	19
Figura 6: Corrosão de armadura e desagregação em laje de concreto armado	19
Figura 7: Pilar com segregação do concreto ocasionado por má execução em um edifício residencial em Teresina, PI	20
Figura 8: Modelo de tabela GUT	22
Figura 9: Trinca encontrada próximo à entrada da garagem.....	25
Figura 10: Concreto segregado localizado no muro, próximo ao piso.....	25
Figura 11: Corrosão de armadura localizada no lado externo da parede.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma de execução dos procedimentos do TCC II.....	28
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação do método GUT para as patologias identificadas.....	26
---	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	JUSTIFICATIVA.....	11
3.	OBJETIVOS.....	12
3.1.	OBJETIVO PRINCIPAL.....	12
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4.1.	A IMPORTÂNCIA DOS PRÉDIOS E CASAS	13
4.2.	PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS E PRÉDIOS...	13
4.3.	PATOLOGIAS DE CONCRETO ARMADO	14
4.3.1.	Causas.....	16
4.3.2.	Tipos.....	16
4.3.2.1.	Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência.....	17
4.3.2.2.	Concreto segregado.....	17
4.3.2.3.	Fissuras.....	18
4.3.2.4.	Trincas.....	18
4.3.2.5.	Corrosão da armadura.....	19
4.3.2.6.	Corrosão de concreto.....	19
4.3.3.	Ferramentas de investigação e diagnóstico.....	20
4.3.4.	Tratamentos.....	23
4.4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.	CRONOGRAMA.....	28
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O processo acelerado de urbanização, somado à evolução da tecnologia, tem despertado cada vez mais a necessidade da existência de estruturas que acompanhassem esse processo, agregando valor estético e eficiência econômica e ecológica ao ambiente onde as pessoas mantêm derivados níveis de interação. O concreto armado foi, portanto, uma solução desenvolvida para que empecilhos financeiros e de execução pudessem ser superados (LOPES, 2019).

Como um modelo de estrutura que se baseia na modernidade e manutenção a longo prazo, a ciência das estruturas de concreto armado precisa abranger pontos essenciais para que esse tipo de construção se mantenha viável. Dentre eles, entender a existência e o comportamento das patologias do concreto armado ajuda a manter a confiabilidade dessas estruturas. “A Patologia das Estruturas é o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas” (ARIVABENE, 2015). O conhecimento dessa área é o que define se a estrutura se manterá eficiente por longos anos, ou se ela dependerá de extensivos gastos para uma manutenção ineficiente.

O seguinte trabalho apresenta as principais patologias de concreto armado e suas relações com as fases de planejamento e execução de uma obra de concreto armado. O material escrito foi baseado em uma revisão bibliográfica composta de trabalhos de análise e estudo de patologias identificadas em diferentes regiões do Brasil. As propostas de tratamento das patologias encontradas durante a revisão bibliográfica são aplicadas em um estudo de caso realizado em uma residência, ilustrando a organização do processo de planejamento de tratamento das patologias encontradas.

2. JUSTIFICATIVA

O estudo das patologias em estruturas de concreto armado é uma parte vital no que diz respeito à segurança de sistemas prediais e residenciais. Conforme AECweb (2020) e Arivabene (2015, p. 1) explicam, a maior causa das patologias são frutos de projetos falhos e execução do projeto inconsciente. A negligência aplicada no planejamento de estruturas de concreto armado, amplamente utilizado no Brasil (Felten et al, 2013, p. 1), pode resultar em situações catastróficas.

A preocupação em estabelecer padrões que forneçam segurança pro projetamento, execução e manutenção de estruturas construídas em concreto armado motivou a escrita deste presente trabalho, visando a aplicação do conhecimento obtido através deste em projetos residenciais e prediais menores que apresentem orçamento menor, característico em cidades com uma baixa renda per capita ou um plano diretor precário.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Desenvolver um Trabalho de Conclusão de Curso na área de engenharia civil com o tema relacionado às patologias em estrutura de concreto armado, através do processo de revisão bibliográfica, seguido de um processo de leitura e ligação das ideias.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar um tema relevante para a área de engenharia civil e planejar o direcionamento desse tema através do trabalho. O tema escolhido para esse trabalho será o de patologias em estruturas de concreto armado;
- b) Reunir uma revisão bibliográfica com artigos científicos, livros e *blogs* a respeito do tema;
- c) Escrever e revisar, junto aos orientadores e acadêmicos competentes, os tópicos do trabalho. Para os tópicos além da revisão bibliográfica, será utilizado a ajuda de *blogs* atualizados que indiquem um padrão que respeite os parâmetros exigidos pela instituição acadêmica, convergindo também com as normas da ABNT;
- d) Levantar soluções alternativas para o tratamento das patologias de concreto armado apresentadas neste trabalho que visem uma gerência de recursos voltada à prioridades.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. A IMPORTÂNCIA DOS PRÉDIOS E CASAS

A ideia de viver ou gerar renda debaixo de um teto muitas vezes passa despercebido pela mente daqueles que têm condições financeiras de se manter sob essas condições, mas é essencial salientar essa importância. “As edificações fazem parte de uma área em expansão no Brasil, pois são indispensáveis para as atividades comerciais, industriais e residenciais” (AZEVEDO et al, 2019).

Cada projeto de construção surge a partir do desejo ou necessidade do indivíduo em possuir ou usufruir de um ambiente fechado que pode servir como uma forma de proteção, conforto, ambiente de vendas, prestação de serviços públicos e privados, sendo assim a ambientação de completa hostilidade e de grande amor. Por isso, cabe ao responsável pelo planejamento, vistoria e manutenção da construção de uma determinada estrutura o cuidado de seguir cada passo com bastante atenção.

4.2. PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS E PRÉDIOS

Para a execução da construção de uma estrutura, o engenheiro precisa ter em mente etapas bem definidas que ele precisa ter tanto para o seu próprio trabalho quanto para o trabalho em conjunto com outros colaboradores do projeto. Assim, ele busca alcançar um alto desempenho, que segundo Neves e Mendes, se trata de “[...] o procedimento de cada produto ao longo da sua vida útil onde suas medidas mostrarão os resultados dos trabalhos expostos em cada etapa de projeto, construção e manutenção” (NEVES E MENDES, 2020). Logo, entende-se que a qualidade de um engenheiro está diretamente ligada ao alto desempenho que ele emprega em suas obras.

A noção de uma etapa engloba uma sequência de passos menores que, separados categoricamente, fornecem ao engenheiro uma boa visão do projeto. “[...] o processo de construção é formado por um conjunto de etapas funcionais com grande extensão” (SILVA E BARBOSA, 2016). Neves e Mendes (2020) separam essas etapas em planejamento, projeto, materiais, elementos fora da obra e de execução, podendo algumas dessas etapas ser mescladas caso o engenheiro considere necessário para um melhor controle do fluxo da obra.

Independente da fase/etapa onde o engenheiro esteja trabalhando, ele precisa se munir de um conhecimento prévio sobre como as suas decisões acerca do uso do concreto armado deverão ser aplicadas. Para isso, existem diversos materiais que o auxiliam sobre como a equipe responsável deve calcular, criar, aplicar e manter o material de concreto.

“[...] os fatores que podem levar uma estrutura de concreto armado a sofrer com as manifestações patológicas já estão previamente estabelecidos em antecedentes literários dispostos em artigos e anais de cunho científico, e podem ser incluídos a movimentação das estruturas, a criação e o projeto de execução, aos materiais escolhidos e utilizados, a idade da estrutura e as técnicas construtivas que foram utilizadas na execução da edificação e métodos de conservação e manutenção do reparo” (PEREIRA E MELO, 2020).

Mesmo neste referencial bibliográfico, existem diversos estudos realizados em instalações prediais localizadas em diversas regiões brasileiras. Agregar este conhecimento deixa o profissional preparado para lidar com diferentes cenários onde ele precisa aplicar o seu trabalho.

Alguns profissionais podem acabar cometendo o erro de se preocuparem demais nas primeiras fases de construção da estrutura de concreto armado e, ao fazer um bom trabalho inicial, acabam por negligenciar os cuidados de manutenção após o término da obra. “Toda e qualquer estrutura pode apresentar patologias, mesmo aquelas bem projetadas, executadas de acordo com o projeto, e que se fez o uso correto dos materiais necessários para sua concepção” (SILVA E BARBOSA, 2016). Portanto, o engenheiro precisa evitar argumentos que possam incentivá-lo a estudar as patologias que possam acontecer sobre a estrutura de concreto armado.

Assim como a tecnologia que nunca para de se renovar, o profissional da engenharia civil que trabalha com concreto armado precisa dedicar parte de seu tempo para se atualizar sobre as diversas patologias. Marchi e Natalin (2020) apontam a alta complexidade em aplicar um trabalho de restauração de uma estrutura de concreto armado, ou seja, eventualmente o engenheiro precisará investir nesse conhecimento para manter seu bom trabalho.

4.3. PATOLOGIAS DE CONCRETO ARMADO

No contexto da engenharia civil, uma patologia de concreto armado pode ser considerada como qualquer comportamento indesejado da estrutura que atua prejudicando algum fator do concreto. Este comportamento compromete a segurança e confiabilidade de toda a estrutura, e é consequência de fatores

intrínsecos e extrínsecos a seu planejamento, construção e manutenção. A figura 1 mostra a situação da base da ponte sobre o Rio Moju, no Pará, meses antes da sua queda, em 2019. Patologias gravíssimas estavam presentes na estrutura que veio a cair com o choque com uma balsa.

“[...] as possíveis causas de falhas que podem ocorrer durante a etapa de estudo da futura edificação, são aquelas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, enquanto que as falhas geradas na realização do projeto final geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser por diversos fatores” (ARIVABENE, 2015).

Ou seja, toda e qualquer estrutura de concreto armado, seja ela criada através de um bom trabalho ou não, está sujeita a sofrer de algum tipo de patologia. O que define a chance de isso acontecer ou a gravidade da patologia é a qualidade aplicada na prevenção desses cenários.

Figura 1: Estrutura deteriorada da ponte sobre o rio Moju.



Fonte: https://cdn.romanews.com.br/img/pc/780/53/dn_noticia/2019/02/alca2.png

Considerando as etapas citadas anteriormente e as subetapas que as compõem, qualquer deslizamento pode acarretar em uma cadeia de eventos que resultam em uma patologia irreversível. “A ocorrência desses problemas deve-se a falhas que podem acontecer durante a realização de uma ou mais etapas da construção” (SILVA, 2018). Não existe um momento mais ou menos propício para tomar os cuidados necessários, todas as etapas precisam do mesmo alto nível de precaução.

Estudar as patologias do concreto armado vem com alguns benefícios que se aplicam não somente na estrutura em si mas também para o profissional, como a capacidade de evitar um efeito “bola de neve” na construção, onde uma patologia leva a uma segunda mais grave, que pode levar a uma terceira ainda mais grave, conforme apontam Neves e Mendes (2020). Os autores também defendem a capacidade obtida de descobrir o momento do desenvolvimento da obra onde a patologia teve o seu início, dando a oportunidade ao engenheiro de reavaliar seus métodos e os aperfeiçoar.

Conforme explicado anteriormente, não existe uma fase da obra pré-definida para o surgimento das patologias. “[...] as patologias das construções civis podem ter suas origens ligadas aos projetos, nas técnicas de construção, nos materiais utilizados, no controle da execução dos serviços, no seu uso, na manutenção inadequada ou inexistente” (FELTEN et al, 2013). Saber de antemão os acontecimentos em cada etapa de desenvolvimento da obra que podem gerar as patologias coloca o profissional um passo à frente nos cuidados com a obra.

4.3.1. Causas

Conforme a obra vai evoluindo, a interação com a estrutura de concreto armado vai mudando, o que leva a ideia de que cada etapa de desenvolvimento compreende uma gama diferente de possíveis patologias. “É de extrema importância compreender sobre o problema e distinguir em qual etapa se encontra tal patologia, para posteriormente obter um diagnóstico e possivelmente seu reparo” (NEVES E MENDES, 2020). É possível observar exemplos bem comuns desta relação de etapa e patologia.

Uma etapa onde as ocorrências de patologias são bastante comuns é a etapa de realização da obra. “[...] a etapa de realização da estrutura é causador por boa parte das falhas patológicas” (ARIVABENE, 2015). As juntas de concretagem mal executadas, por exemplo, podem acarretar em fissuras pela estrutura.

Um outro caso bem presente é o da falta de manutenção, que geralmente acontece pela ideia errônea de que os cuidados com a estrutura acabam com o fim dos trabalhos da obra. “Mesmo que as etapas de concepção tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado”. A falta de um trabalho de inspeção preventiva dá brecha para casos de vazamento e infiltração, que podem ser a porta de entrada para patologias ainda mais graves.

4.3.2. Tipos

Conforme descrito anteriormente, durante as diferentes etapas de planejamento, construção e manutenção de uma estrutura de concreto armado, diferentes tipos de patologias podem ocorrer.

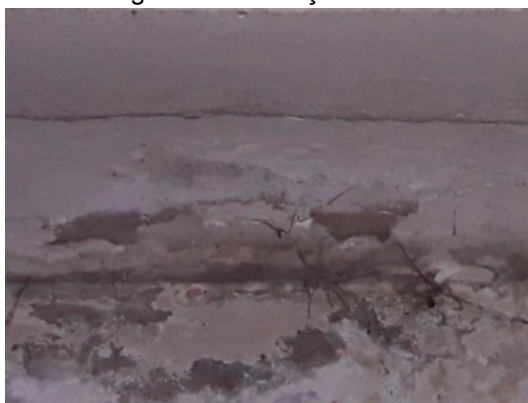
“As principais falhas que podem ocorrer durante a etapa de execução da estrutura são: Deficiências de concretagem (transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento, cura, outros); Inadequação de escoramentos e fôrmas; Deficiência nas armaduras (estribos, ancoragem, emendas, cobrimento, espaçamento, posicionamento); Má utilização ou utilização incorreta dos materiais de construção (fck inferior ao especificado, aço diferente do especificado, solo com características diferentes, utilização inadequada de aditivos, dosagem inadequada do concreto); Inexistência de controle de qualidade” (ARIVABENE, 2015).

Mesmo a fase de manutenção ainda pode trazer problemas irreversíveis. “Ainda que as etapas de produção tenham sido de capacidade adequada, as estruturas podem vir a desenvolver problemas patológicos originados do uso incorreto ou da ausência de um planejamento de manutenção adequado” (NEVES E MENDES, 2020). A seguir serão explicados os principais tipos de patologias em estruturas de concreto armado.

4.3.2.1. Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência

Esses tipos de patologias são caracterizados pela presença de umidade em uma concentração acima da aceitável em uma determinada área da estrutura. No caso das infiltrações (figura 2), esse acúmulo de umidade gera goteiras e manchas escuras na área do acúmulo. Essas áreas oferecem um ambiente propício para a população de fungos filamentosos, gerando o que são conhecidos como mofo ou bolor, ou mesmo para a formação de formações salinas, chamadas de eflorescência.

Figura 2: Infiltração em uma viga de sustentação de uma edificação em Lavras, MG.



Fonte: PEREIRA E MELO, 2020.

4.3.2.2. Concreto segregado

A estrutura sofre de concreto segregado (figura 3) a partir do momento em que a composição do concreto não é executada de forma a o deixar homogêneo, resultando assim em uma estrutura com uma permeabilidade irregular e que facilita a formação de patologias de vazamento, conforme vistas anteriormente.

Figura 3: Segregação em parede de concreto armado.



Fonte: MARTINS et al, 2017.

4.3.2.3. Fissuras

A fissura (figura 4) é provavelmente a patologia que mais gera alarme em decorrência da assimilação que é feita entre a sua aparência e a ideia de fragilidade da estrutura. De um ponto de vista mais técnico, a fissura é a formação de seções, normalmente transversais em uma área específica ou por toda a estrutura de concreto armado, provocadas por tensões ou rupturas no material em questão.

Figura 4: Fissura em um reservatório em Criciúma, SC.



Fonte: TORETTI E SPECK, 2017.

4.3.2.4. Trincas

Ao passo em que as fissuras causam uma impressão de que algo está errado mais imediatamente, as trincas (figura 5) representam um perigo real maior. Apesar de serem causadas de forma semelhante às fissuras, as trincas são mais perigosas por serem mais profundas, sendo capazes de separar o material onde elas se encontram em dois.

Figura 5: Fendas e umidade identificadas na lateral de uma residência em Campo Belo, MG.



Fonte: NEVES E MENDES, 2020.

4.3.2.5. Corrosão da armadura

A corrosão de armadura (figura 6) é um pouco mais complexa de ser detectada por não ter traços por si só que externalizam na estrutura, mas que ainda sim pode ser evitada. Ela é causada por um fenômeno químico onde a camada protetora fornecida pelos poros do concreto é quebrada por algum elemento aquoso, expondo o aço interno a oxidação e iniciando o processo de corrosão. Logo, a umidade que invade a região da armadura da estrutura é um agente causador dessas corrosões.

Figura 6: Corrosão de armadura e desagregação em laje de concreto armado.



Fonte: MARTINS et al, 2017.

4.3.2.6. Corrosão de concreto

Assim como a armadura, o concreto também pode sofrer de corrosão. Essa patologia (figura 7) se difere das demais por estar mais exposta a fatores extrínsecos, como por exemplo microrganismos que oxidam o enxofre ou sulfetos

presentes no concreto. O contato com ácidos também contribui para a corrosão do concreto. O ponto crítico se dá a partir do momento no qual, uma vez sob o processo de corrosão, tanto o concreto quanto a armadura estão propensos para o desenvolvimento das demais patologias.

Figura 7: Pilar com corrosão de concreto ocasionado por má execução em um edifício residencial em Teresina, PI.



Fonte: Silva, 2018.

Ao fazer paralelos entre as etapas de construção da estrutura e as patologias apresentadas anteriormente, fica mais fácil visualizar momentos chave que são vitais para evitar ou controlar uma eventual patologia. “[...] pode-se perceber o problema causado por falhas no processo de lançamento ou adensamento do concreto na etapa da concretagem da estrutura” (TORETTI E SPECK, 2017). Na fase de planejamento, por exemplo, ao manter uma preocupação quanto à composição do concreto a ser criado, é possível evitar corrosões tanto do concreto em si quanto da armadura. Ou, durante a execução da obra, um cuidado especial durante o manuseio do vibrador de concreto evita alguma eventual segregação do concreto. Independente da etapa, existem ferramentas que facilitam a leitura de prevenção e tratamento das patologias.

4.3.3. Ferramentas de investigação e diagnóstico

Primeiramente, o profissional responsável pelo trabalho de detecção e resolução das patologias precisa ter conhecimento sobre as ferramentas que podem ser utilizadas, para assim poder aplicá-las de acordo com a situação. “Os problemas podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada” (DÓREA et al, 2010). A seguir serão descritas duas abordagens para diagnóstico e tratamento das patologias, a primeira com uma proposta mais geral, e outra mais focada em prioridades.

A primeira abordagem foi proposta por Lichtenstein (MARQUES, 2009), tendo uma utilização de fácil entendimento e que possibilita validação acadêmica. “Lichtenstein [...] propôs uma metodologia genérica para resolução de problemas patológicos que se resume basicamente em três passos. São eles o levantamento de subsídios, o diagnóstico da situação e a definição de conduta” (FELTEN et al, 2013). Ao seguir essa metodologia, o profissional tem a liberdade de moldá-la para o seu ambiente de trabalho.

O levantamento de subsídios visa o primeiro contato com a patologia, começando o trabalho através de uma visita ao local (MARQUES, 2009). Caso seja necessário, será feito um trabalho de conversas, entrevistas e consultas a documentos que tracem o histórico daquela obra. “Deve-se levar em conta que o diagnóstico é uma etapa que possui forte dependência da experiência dos avaliadores e leva em conta seu conhecimento prévio sobre manifestações patológicas em concreto armado” (MARTINS et al, 2017). No cenário onde o segundo processo não seja o suficiente, o profissional tem a liberdade de realizar testes em laboratório e comparar os valores a fim de chegar num nível de precisão confiável a respeito das informações necessárias.

O objetivo do diagnóstico da situação é auto explicativo: aqui, um diagnóstico preciso da patologia precisa ser levantado. O foco neste passo é não se prender ao conceito teórico sobre a patologia, mas sim buscar fatores que liguem a estrutura (composição, histórico, planejamento, eventuais acidentes) com a patologia. Somente com essas informações a definição da conduta pode ser aplicada.

O trabalho da definição da conduta deve ser iniciado com um prognóstico da patologia encontrada, visando encontrar tendências daquela patologia em caso de evolução. Com este prognóstico em mãos, juntamente com as informações levantadas nos passos anteriores, o profissional deve indicar quais medidas deverão ser tomadas para a contenção e eliminação daquela patologia, preferencialmente com uma estipulação do tempo necessário para que o trabalho seja aplicado com sucesso.

A abordagem de Lichtenstein tem uma visão mais geral da patologia, colocando o profissional em um ambiente onde ele tem a sua disposição todos os materiais necessários para que toda a estrutura possa receber os cuidados em um tempo hábil. “O procedimento proposto por Lichtenstein é aplicado diretamente quando a aplicação das terapêuticas corretivas não requer estabelecimento

de uma hierarquia do nível de risco“ (MARTINS et al, 2017). Essa abordagem pode ser bastante encontrada em trabalhos de manutenção, quando a obra já está completa e já tem um tempo de vida considerável.

Contudo, em cenários onde o teto orçamentário disponível para o profissional é limitado, o procedimento proposto por Lichtenstein pode trazer problemas no processo de tratamento da patologia. “No entanto, em situações de escassez de recursos financeiros, o planejamento da execução de manutenção pode se basear na priorização dos casos” (MARTINS et al, 2017). O método GUT procura justamente o trabalho de planejamento de tratamento de patologias orientado a prioridades.

“O método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma ferramenta desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe para definir prioridades de forma racional. Consiste em analisar a gravidade ou o impacto do problema nas operações e pessoas envolvidas, a urgência ou a brevidade necessária para a resolução dos problemas e a tendência ou apresentação de melhora ou piora do problema. Ele se utiliza de três escalas (colunas de decisão) para definir uma prioridade, e através da combinação delas é possível fazer uma priorização eficaz, orientando a tomada de decisão e a resolução de problemas” (MARTINS et al, 2017).

Em relação a essas escalas, elas são catalogadas como “gravidade”, “urgência” e “tendência”. Para cada patologia detectada, é atribuída uma nota de 1 a 5 para cada uma das escalas, onde 1 representa o menor peso da escala e 5 o maior peso, de acordo com a figura 8.

Figura 8: Modelo de tabela GUT.

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
5	Prejuízos extremamente graves	É necessário ação imediata	Se nada for feito, agravamento imediato
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

Fonte: Oliveira, 1995 apud Martins et al, 2017.

Após atribuir uma nota de cada escala para cada patologia detectada, os três valores são multiplicados, e os valores finais de cada patologia são comparados, e o tratamento deles são priorizados de acordo com os valores maiores (quanto maior o valor, maior a prioridade).

4.3.4. Tratamentos

O processo de tratamento de uma patologia de estrutura de concreto armado deve representar a fase final de uma série de procedimentos anteriores que visam a integridade da estrutura e um bom gerenciamento de recursos. Dórea deixa claro que “[...] antes de determinar a solução deve ser feito um estudo completo da obra, a fim de descobrir o histórico, e se possível, ter acesso aos projetos da edificação” (DÓREA et al, 2010). Somente após um processo bem estruturado de estipulação do diagnóstico da patologia é possível aplicar um tratamento de segurança.

O tratamento mal aplicado pode trazer prejuízos indesejados para a estrutura, assim como também afetar fatores externos. Mota explica que “[...] cada unidade monetária deixada de ser aplicada na etapa da manutenção preventiva poderá corresponder cerca de 25 vezes mais, para o caso de uma manutenção corretiva” (MOTA et al, 2009). Logo, o recurso extra aplicado para a prevenção e tratamento das patologias, se aplicado com rapidez, garante um lucro considerável a longo prazo.

Ao aplicar a correção em patologias relacionadas a alta umidade na área detectada, é necessário ter conhecimento sobre se a umidade acontece externamente ou internamente. Caso aconteça a primeira situação, uma possível intervenção é a raspagem do local até que não haja contato com umidade, seguida da aplicação de concreto com aditivos impermeabilizantes (AZEVEDO et al, 2019). E na situação de algum agente causador interno, conforme explicam Pereira e Melo (2020), esse agente deve ser removido, e toda a parte da estrutura afetada por ele deve ser substituída.

De forma semelhante a situação onde o agente patológico de alguma infiltração, bolor ou eflorescência é interno, a solução para casos de concreto segregado ou corrosões de concreto ou armadura envolve a remoção completa do agente causador caso este seja algum componente interno da estrutura. Especialmente na última situação, Martins defende que “[...] a prevenção dessa manifestação patológica pode ser feita, portanto, na etapa de execução da obra” (MARTINS et al, 2017). Este trabalho de prevenção é essencial a fim de que se evite um algo gasto com um trabalho de correção mais adiante.

Para as situações onde a patologia detectada foi trinca ou fissura, especialmente a última, um produto adesivo removedor de aderência pode ser aplicado no espaço entre as duas faces, explica AECWeb (2020). Se necessário, um

acabamento com pintura, preferencialmente com um material que proteja o concreto de penetração de algum agente patológico químico ou biológico.

4.4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo técnico do conteúdo apresentado, foi escolhida a aplicação de estudos de caso como uma ferramenta demonstrativa da aplicação das ferramentas de diagnóstico e tratamento das patologias de concreto armado.

“O estudo de caso é uma pesquisa aprofundada que observa e estuda o fenômeno dentro de seu cenário real, em que se fundamenta em fontes de vestígios para favorecer o desenvolvimento das suposições teóricas que transportam para análises e apresentar um estudo de caso com qualidade” (NEVES E MENDES, 2020).

O local escolhido para o estudo de caso foi uma residência no município de Lages, Santa Catarina. A estrutura compreende uma área com garagem, duas salas, uma cozinha, quatro quartos, dois banheiros, uma área de serviço e um quintal, sendo que os subsídios levantados foram extraídos a partir da parte externa da casa.

Os critérios utilizados para a escolha desses locais foram o contato comum com a estrutura em destaque, já que a residência atualmente abriga pessoas e precisa se comportar como um agente protetor, e as patologias que se encaixam com os tipos apresentados neste trabalho. Os dados a respeito das patologias foram levantados e registrados no trabalho através de fotografias, e de uma análise utilizando o conhecimento obtido da bibliografia reunida.

Após o trabalho de levantamento de subsídios, foi esboçado um plano de intervenção sobre essas patologias utilizando a ferramenta GUT para categorização das patologias estudadas e uma estipulação de prioridade, seguido de uma proposta de tratamento para cada uma das patologias.

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em entrevista com os atuais moradores, foi descoberto que, pelo menos no intervalo de um ano, nenhuma reforma estrutural foi realizada na residência. Após uma vistoria interna e externa da casa, algumas patologias puderam ser identificadas na área externa, conforme serão mostradas nas figuras a seguir.

Na figura 9, foi encontrado um caso de trinca próximo à entrada da garagem da residência, partindo do teto, com dimensões de aproximadamente 1,20 metros de comprimento por 1 cm de espessura. Visto que não existe nenhum sinal de reforma na área da patologia, e os casos de segregação de concreto que serão vistos posteriormente, concluiu-se que o provável fator mais relevante para o surgimento dessa patologia foi a falha na composição do concreto, deixando a estrutura mais vulnerável a fatores geográficos e externos como trepidações causadas pelo tráfego de veículos e construções próximas.

Figura 9: Trinca encontrada próximo à entrada da garagem.



Fonte: Autora

Na parte interna do muro da residência, foram identificadas áreas de segregação de concreto (figura 10). A irregularidade na homogeneidade da estrutura pode ter sido causada por uma falha no momento do adensamento do concreto.

Figura 10: Concreto segregado localizado no muro, próximo ao piso.



Fonte: Autora.

Na figura 11, agora no lado externo de uma das paredes da residência, foi detectado um caso de corrosão de armadura, com dimensões médias de 10 cm de altura por 50 cm de comprimento, deixando a armadura exposta. A armadura já se encontra em um estágio inicial de corrosão. Pela área precisa onde o revestimento cedeu, entende-se que a composição do material da área em si não foi realizada de forma homogênea com o material logo acima.

Figura 11: Corrosão de armadura localizada no lado externo da parede.



Fonte: Autora.

Ao reunir os dados relatados sobre cada patologia, conclui-se que, de forma geral, a causa principal das patologias - a deficiência na composição do material do concreto e revestimento - foi possível devido à falta de fiscalização na fase de execução da obra.

Para o planejamento de tratamento das patologias encontradas na residência, em um cenário onde os recursos são limitados e uma abordagem orientada a prioridades, o método GUT foi utilizado para a organização das patologias e definição das prioridades, baseado no conceito de gravidade, urgência e tendência que o método utiliza.

Tabela 1: Aplicação do método GUT para as patologias identificadas.

Patologia	Gravidade	Urgência	Tendência	Valor GUT
Corrosão de armadura	3	2	3	18
Trinca	2	2	3	12
Concreto segregado	2	2	1	4

Fonte: Autora.

Seguindo os valores estipulados pelo método GUT (tabela 1), a patologia de corrosão de armadura identificada na residência seria aquela com maior valor GUT, ou seja, maior prioridade para o tratamento. Após este, na ordem de prioridade, vêm a trinca e o concreto segregado. De acordo com a avaliação do método, essas

patologias representam um nível de gravidade baixa ou média, não exigindo medidas emergenciais mas que podem piorar com o decorrer do tempo.

O trabalho de tratamento da corrosão da armadura deve ser feito primeiramente com a limpeza da área corroída da armadura com lixas até que toda a superfície prejudicada seja retirada, seguido da retirada de todo o concreto deteriorado. Após a conclusão da limpeza, o tratamento segue com o cobrimento da armadura com um material de concreto homogêneo, para evitar o surgimento de futuras segregações.

Para o tratamento da trinca, é necessário a aplicação de uma mão de argamassa ou massa acrílica no local afetado, e para a área segregada, a aplicação de uma mão de argamassa polimérica estrutural pode ser uma alternativa boa. O ponto do tratamento é respeitar a lista de prioridades estabelecidas pelo método GUT, que auxilia na gestão de recursos enquanto atua nos fatores mais relevantes primeiro.

5. CRONOGRAMA

No quadro a seguir será mostrado o cronograma dos procedimentos tomados para a realização do presente trabalho.

Quadro 1: Cronograma de execução dos procedimentos do TCC II.

Tarefa/Mês	Mar/2021	Abr/2021	Mai/2021	Jun/2021	Jul/2021
Organização da pesquisa	X				
Levantamento bibliográfico		X			
Coleta das referências		X	X		
Análise das referências			X		
Desenvolvimento das ideias escritas			X	X	
Revisão				X	
Apresentação					X

Fonte: Autora.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O seguinte trabalho apresentou a pesquisa bibliográfica realizada a respeito das patologias de estruturas de concreto armado, seguido de um estudo de caso. Através de uma revisão bibliográfica, o trabalho buscou categorizar as principais ocorrências de patologias, assim como as suas causas e tratamentos, sempre ligando essas patologias a alguma fase de construção de estruturas de concreto armado.

Para a montagem da revisão bibliográfica, foram reunidos trabalhos acadêmicos voltados para o estudo de patologias identificadas em estruturas de concreto armado em diversas regiões do Brasil. Esses trabalhos foram analisados e os principais pontos dos estudos tanto das patologias como das soluções de tratamento foram trabalhados no corpo da revisão bibliográfica. Para o estudo de caso, uma residência foi o objeto de vistoria das patologias e propostas de tratamento.

A partir de todos os dados apresentados, compreende-se que no Brasil ainda existe uma cultura de entrega do projeto a qualquer custo e em um prazo específico, juntamente com uma ideia errônea de corte de gastos a curto prazo, o que ao longo do projeto abre espaço para o surgimento de patologias que serão responsáveis por gastos muito maiores - isso se a patologia não for tratada a tempo de uma catástrofe. Contudo, existe uma boa base acadêmica nacional, onde engenheiros podem estudar quais casos podem ocorrer na região onde a estrutura será montada e montar um projeto que a longo prazo retorne uma construção de confiança.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECWEB, R. **PATOLOGIAS DO CONCRETO**. AECBWeb. Revista. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160>>. Acesso em: nov. 2020.

ARIVABENE, A. C. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: Estudo de Caso**. Ed. nº 10. Goiânia. Revista Especialize On-line IPOG, 2015.

AZEVEDO, M. E. A. et al. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO - ESTUDO DE CASO: BLOCO I DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**. Vol. 11. Ed. nº 2. FUMEC. Belo Horizonte, 2019.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. **DESCOLAMENTO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA APLICADOS SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO – ESTUDOS DE CASOS BRASILEIROS**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Belo Horizonte, 2011.

DÓREA, S. C. L. et al. **AVALIAÇÃO PATOLÓGICA DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E DOS COMPONENTES DE UMA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA EM 1914**. Vol. 6, Ed. nº 12. SCIENTIA PLENA, 2010.

FELTEN, D. et al. **LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MARQUISES DE CONCRETO ARMADO**. Vol. 3. Ed. nº 1. Toledo. Revista Thêma et Scientia, 2013.

LOPES, L. de S. **PATOLOGIAS EM CONSTRUÇÕES QUE UTILIZAM CONCRETO ARMADO E TÉCNICAS DE REPARO E MANUTENÇÃO**. Vol. 10. Ed. nº 1. Ariquemes. Revista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2019.

MARCHI, G. S. de.; NATALIN, L. A. **IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO APARENTE DO IFSP – CAMPUS VOTUPORANGA E PROPOSTA PARA RECUPERAÇÃO**

ESTRUTURAL. 11º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP. Presidente Epitácio, 2020.

MARQUES, G. G. **AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES**: Diagnóstico de manifestações patológicas das áreas condominiais e fachada principal de prédio residencial em Porto Alegre/RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2009.

MARTINS, N. et al. **PRIORIZAÇÃO NA RESOLUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**: Método GUT. Vol. 2. Ed. nº 3. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. Recife, 2017.

MOTA et al. **ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO NA ZONA LITORÂNEA DA CIDADE DO RECIFE-PE**. Valparaíso, Chile. CONPAT, 2009.

NEVES, M. M. C.; MENDES, L. **CONCRETO ARMADO: PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas. Varginha, 2020.

OLIVEIRA, A. de; SOUZA, V. C. M. de. **INFLUÊNCIA DOS MICRO-CLIMAS DO RIO DE JANEIRO NO DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS PATOLÓGICOS DO CONCRETO ARMADO**. Vol. 3. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 2003.

PEREIRA, A. S.; MELO, F. P. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**: ESTUDO DE CASO EM UM IMÓVEL COM FINS RESIDENCIAL E COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE LAVRAS/MG. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas. Varginha, 2020.

SILVA, A. C. R. da; BARBOSA, N. **PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PIRANGUINHO**. Itajubá. FEPI, 2016.

SILVA, A. F. P. da. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO**. Rio de Janeiro. PATORREB, 2018.

TORETTI, G; SPECK, J. A. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA TRATAMENTO DE PATOLOGIAS RECORRENTES EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL, EM CONCRETO ARMADO**. Criciúma. UNESC, 2017.