

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Amado Batista Tavares de Andrade

PATOLOGIAS EM MUROS DE CONCRETO ARMADO

TAUBATÉ
2019

AMADO BATISTA TAVARES DE ANDRADE

PATOLOGIAS EM MUROS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de engenharia civil do Departamento de
Engenharia civil da Universidade de Taubaté.

Orientador (a): Prof. Alexandre José de O.
Santos

TAUBATÉ

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

Andrade, Amado Batista Tavares de

A553p Patologias em Muros de Concreto armado / Amado Batista Tavares de
Andrade – Taubaté , 2019.
53f.

Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté, Departamento de
Gestão e Negócios/ Engenharia Civil e Ambiental, 2019.

Orientação: Prof. Esp. Alexandre José de Oliveira Santos, Departamento
Engenharia Civil.

1. Patologia. 2. Muro de arrimo. 3. Concreto armado. I. Título.

CDD – 624.16

AMADO BATISTA TAVARES DE ANDRADE

PATOLOGIAS EM MUROS DE CONCRETO ARMADO

TCC apresentado para obtenção do certificado de graduação pelo curso de engenharia civil e ambiental do departamento de engenharia civil da Universidade de Taubaté.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Alexandre José de Oliveira Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura _____

Eng. Hemerson Maximo de Oliveira

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura _____

Eng. Amanda de Sousa Reis

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Maria Zélia e Amado Tavares e aos meus irmãos Osmar e Liliane.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, por seu amor e fidelidade, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e concluir o curso de graduação em Engenharia Civil na Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu profissionais qualificados para a realização deste sonho.

Aos meus pais Amado e Maria Zélia, pelo apoio e confiança depositados em mim, sempre foram suporte e base para a minha formação.

Em especial agradeço a minha noiva Monique Sant'Anna pelo amor e compreensão e por sempre ter estado ao meu lado, abrindo mão de momentos de lazer em apoio aos meus estudos.

Ao meu orientador, Prof. Me. Alexandre por todo o incentivo, motivação e suporte na orientação deste trabalho.

Aos professores reconheço um grande esforço com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias.

Gratidão a todos os meus amigos e familiares pelas palavras de incentivo, paciência e conselhos que recebi no decorrer do curso, os quais foram de grande ajuda nos momentos difíceis.

RESUMO

Com o intuito de se entender as causas de patologias em muros de arrimo de concreto armado e fornecer meios para o tratamento dessas patologias, o presente trabalho trata das manifestações patológicas nestes muros de contenção, diagnosticando causas e fornecendo soluções a partir do levantamento de referencial bibliográfico. A partir do conhecimento adquirido são citadas as patologias que podem surgir devido a alguns fatores no processo de inicialização de um projeto, na utilização de materiais de baixa qualidade, na análise do ambiente em que a estrutura será construída, na contratação de mão de obra não especializada, entre outros. Posteriormente são apresentados os métodos para diagnosticar essas patologias e assim as possíveis terapias e processos de recuperação dos muros em todos os processos, sua aplicabilidade e à qual patologia cada tratamento se adequa com mais eficácia, no caso mais extremo onde as patologias são irreversíveis, é imposto à possibilidade de demolição parcial ou completa da estrutura a fim de evitar problemas maiores.

Palavras-chave: Patologia. Muros de Arrimo. Concreto Armado.

ABSTRACT

In order to understand the causes of pathologies in reinforced concrete retaining walls and to provide means for the treatment of these pathologies, the present work deals with the pathological manifestations in these retaining walls, diagnosing causes and providing solutions from the bibliographic reference survey. Based on the acquired knowledge, the pathologies that may arise due to some specific aspects in the project startup process, the use of low quality materials, the analysis of the environment in which the structure will be built, the hiring of unskilled labor are cited, among others. Subsequently, the methods for diagnosing these pathologies are presented and thus the possible therapies and processes of wall recovery in all processes, their applicability and to which pathology each treatment is most effective, in the most extreme case where the pathologies are irreversible, is The possibility of partial or complete demolition of the structure is imposed in order to avoid major problems.

Keyword: Pathology, Retaining Walls, Reinforced Concrete, Retaining Walls

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo da Concepção de Projetos	15
Figura 2 - Sistema de Drenagem.....	29
Figura 3 - Diagnóstico das Patologias	32
Figura 4 - Grau de Risco	34
Figura 5 - Ultrassom	34
Figura 6 - Porosidade	35
Figura 7 - Representação de Carbonatação.....	36
Figura 8 - Carbonatação.....	36
Figura 9 - Apicoamento	39
Figura 10 - Injeção de resina em fissuras.....	40
Figura 11 - Selagem de Fissura	41
Figura 12 - Costura de Fissuras (Grampeamento)	41
Figura 13 - Corte de concreto.....	42
Figura 14 - Concreto projetado.....	43

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Causas Intrínsecas das Patologias em Muros de Concreto Armado	21
Tabela 2 - Processo de Concretagem do Muro de Concreto Armado.....	23
Tabela 3 - Causas Naturais de Patologias em Muros de Concreto Armado	25
Tabela 4 - Causas extrínsecas das manifestações patológicas.....	27
Tabela 5 - Drenagem Superficial.....	29
Tabela 6 - Técnicas de Fissuras	39

SUMÁRIO

SUMÁRIO	8
1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1 SOLO.....	10
3.2 MUROS DE CONTENÇÃO	10
3.3 MUROS DE CONTENÇÃO POR FLEXÃO	11
3.4 MUROS DE CONTENÇÃO POR GRAVIDADE	12
3.5 MUROS DE CONTENÇÃO EM CONCRETO ARMADO.....	12
3.6 PATOLOGIAS	13
3.7 MERCADO E SEUS IMPACTOS NO ESTUDO DAS PATOLOGIAS	14
3.8 INICIALIZAÇÃO E PLANEJAMENTO DO MURO DE CONCRETO ARMADO	16
3.9 EXECUÇÃO DO MURO DE ARRIMO DE CONCRETO ARMADO.....	17
3.10 MONITORAMENTO E CONTROLE	18
4 METODOLOGIA.....	20
5 ORIGEM DAS PATOLOGIAS EM MUROS DE ARRIMO.....	21
5.1 CAUSAS INTRÍNSECAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	21
5.1.1. PATOLOGIAS GERADAS POR FALHAS HUMANAS.....	22
5.1.2. DEFICIÊNCIA DE CONCRETAGEM	23
5.1.3. DEFICIÊNCIA NAS ARMADURAS	24
5.1.4. UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	24
5.1.5. CAUSAS NATURAIS	25
5.1.5.1. CAUSAS QUÍMICAS	25
5.1.5.2. CAUSAS FÍSICAS	26
5.1.5.3. CAUSAS BIOLÓGICAS.....	26
5.2 CAUSAS EXTRÍNSECAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	26
5.2.1. FALHA HUMANA DURANTE O PROJETO.....	27

5.2.2. FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	28
5.2.3. AÇÕES MECÂNICAS	28
5.2.4. AÇÕES FÍSICAS.....	28
5.3 DRENAGEM.....	28
5.4 ESTABILIDADE E DIMENSIONAMENTO.....	30
6 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS.....	31
6.1 ANÁLISES E ENSAIOS GERAIS	33
6.1.1. RESISTIVIDADE ELÉTRICA	33
6.1.2. RESISTIVIDADE MECÂNICA.....	34
6.1.3. ULTRASSOM.....	34
6.1.4. POROSIDADE	35
6.1.5. ESCLEROMETRIA	35
6.1.6. CARBONATAÇÃO DO CONCRETO	36
7 REPARAÇÃO DE PATOLOGIAS EM MUROS DE CONCRETO ARMADO	37
7.1 INTERVENÇÕES SUPERFICIAIS.....	37
7.1.1. LAVAGEM COM JATO DE AREIA E DE ÁGUA.....	37
7.1.2. POLIMENTO	38
7.1.3. APICOAMENTO.....	38
7.2 TRATAMENTO DE FISSURAS	39
7.3 CORTE	41
7.4 ARGAMASSA.....	42
7.5 CONCRETO PROJETADO	43
7.6 ESTRUTURAS CORROÍDAS	43
7.7 DEMOLIÇÃO DO CONCRETO	44
8 CONCLUSÃO	46
REFERENCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Ao se tratar de Patologias em Muros de Arrimo de Concreto Armado é importante mencionar as causas de sua aparição, como prevenir e qual o tratamento adequado para estas patologias.

Dentre as mais variadas definições de Muro de Contenção pode se observar que o objetivo é justamente conter deslizamentos em terrenos mais inclinados, aterrar ou nivelar terrenos para viabilizar novas edificações. Porém, projetar com interferências naturais não exatas, tais como clima e teor de umidade do solo são desafios que precisam ser considerados.

Os Muros de Contenção geralmente são partes indissociáveis de muitos projetos de engenharia civil, como pontes, rodovias e vias de acesso, barragens, edifícios, usinas, etc. É possível concluir assim a grande importância desse tipo de estrutura.

Um número expressivo de patologias em Muros de Contenção de Concreto Armado leva a indagação sobre a eficiência no processo de planejamento, projeto e execução dos mesmos.

Patologias em Muros de Contenção de Concreto Armado têm diversas causas. Entre elas, as falhas de identificação do solo, falhas na drenagem, erros na execução do projeto, investimento em material de baixa qualidade, falta de manutenção e prevenção. Sendo assim, é de suma importância para o profissional de engenharia civil ter o conhecimento adequado em relação ao planejamento e execução e projeto de Muros de Concreto Armado proporcionando um trabalho de qualidade, com segurança e sustentabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar referências sobre o tema: patologia em muros de contenção.

2.2 Objetivo específico

- ✓ Identificar e citar possíveis patologias em Muros de Contenção em Concreto armado;
- ✓ Propor práticas para a prevenção destas patologias.
- ✓ Expor alguns métodos de recuperação de patologias já existentes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Solo

Solo é a superfície sólida da crosta terrestre onde pisamos e construímos; chão, terra, segundo definição dada por Aurélio (2010).

O Solo é um recurso renovável, o que significa que por ser um elemento natural pode vir a ser utilizado inúmeras vezes, desde que não haja a má utilização. Como exemplo, o permanente contato com a água, leva a perda de sua resistência, o que para a construção civil seria de grande risco devido à sua instabilidade.

Como qualquer elemento da natureza, o solo precisa ser classificado e assim diagnosticado qual o ideal projeto para se edificar um muro de contenção. Quanto maior a resistência do solo à cargas, descargas ou erosões, maior é sua resistência.

Assim como Caputo (1996) coloca em “Mecânica dos Solos e suas Aplicações”, inúmeros acidentes ocorreram em grandes obras de engenharia no fim do século XIX, evidenciando que havia inadequadas percepções de princípios que vinham sendo até então admitidos em relação ao solo. Os elevados números de acidentes fomentaram o estudo sobre a questão.

3.2 Muros de contenção

O Muro de Contenção ou Muro de Arrimo refere-se à estrutura construída com a finalidade de servir de contenção a uma determinada massa de solo “instável”, ou seja, que tem a possibilidade de se movimentar para baixo, a partir da sua ruptura por tensão de corte, uma deformação que ocorre a partir de forças externas que provocam um deslocamento.

Para Gerscovich (2010) o muro de contenção ou arrimo pode ser entendido como estruturas corridas para contenção apresentando paredes verticais ou não verticais que são apoiadas em fundações profundas ou rasas.

Estruturas de contenção são elementos indispensáveis de uma grande variedade de obras e projetos de engenharia, como pontes, rodovias, e prédios em geral, entre outros, conforme Ehrlich e Becker (2009).

Sendo considerado um campo extenso, cabe a cada engenheiro definir qual o tipo de muro a se empregar em cada projeto. Conforme Barros (2011) ao se definir o tipo de contenção deve-se levar em consideração três fatores básicos: fator físico, fator geotécnico e fator econômico. O fator físico compreende, de forma resumida, a altura da estrutura de contenção e o espaço disponível para a execução da mesma. Já o fator geotécnico leva em consideração o tipo de solo a conter e capacidade de suporte do solo da base, além da presença (ou não) de lençol freático. Por fim, o fator econômico está relacionado à disponibilidade de mão de obra qualificada e materiais, tempo de execução e custo final da estrutura.

Ainda segundo Barros (2011) dependendo do material empregado na obra de contenção às estruturas são classificadas em dois tipos básicos: estruturas rígidas e estruturas flexíveis. As estruturas rígidas são aquelas constituídas de materiais que não aceitam nenhum tipo de deformação, como por exemplo, os muros de concreto armado. Por outro lado, as estruturas flexíveis são formadas por materiais deformáveis que, dentro de limites aceitáveis, absorvem os esforços devidos às movimentações e acomodações da estrutura sem perder estabilidade e eficiência.

Aliado aos fatores citados anteriormente, o DNER – Departamento de Estradas de Rodagem (2005) explica que a geometria e os materiais constituintes da estrutura devem ser apropriados a cada situação, de modo a suportar as solicitações críticas durante a vida útil da estrutura garantindo a segurança desejada, além de prevenir o aparecimento precoce das patologias.

3.3 Muros de contenção por flexão

São estruturas flexíveis e são consideradas mais esbeltas com seção transversal em forma de “L” ou “T” invertido que resistem aos empuxos por flexão. Muros deste tipo tem menor volume, porém seu custo é mais elevado. Para obter maior estabilidade nesse tipo de estrutura pode-se haver a necessidade do uso de tirantes ancorado na base e em rocha, ou na base e no topo.

Gerscovich (2010) explica que muros de flexão não são viáveis economicamente para alturas superiores a 5 metros. Isso não significa que não se pode alcançar alturas mais elevadas, no entanto, pode-se alcançá-las empregando-se contrafortes ou vigas de enrijecimento.

3.4 Muros de contenção por gravidade

Os muros de contenção por gravidade são estruturas rígidas de contenção que dependem de seu peso para manter a estabilidade, sendo suas dimensões de tal ordem que não se desenvolvem tensões de tração em nenhuma seção. Esse tipo de muro pode ser construído utilizando diversos materiais, como alvenaria, concreto, pedra seca, gabiões, entre outros. Gerscovich (2010) define por muros de gravidade aqueles construídos em seção plena.

3.5 Muros de contenção em concreto armado

Os primeiros materiais a serem empregados nas construções foram a pedra natural e a madeira, sendo o ferro e o aço empregados séculos depois. O concreto armado só surgiu mais recentemente, por volta de 1850. Existem duas características básicas fundamentais para um material de construção ser considerado de boa qualidade: a resistência e a durabilidade. A necessidade de se obter um material que contenha esses dois quesitos básicos e fundamentais pode ter contribuído para o surgimento do concreto armado. O concreto armado tem em sua composição pedras que são resistentes e duráveis e aço que possuem elevada resistência mecânica.

Segundo o estudo feito pela CONPAR (2017) Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, utilizar apenas o concreto em muros de contenção não seria viável, pois é um material de baixa resistência a tração. Portanto, é de suma importância juntar ao concreto barras de aço, este último sim, com alta resistência a tração. Assim, com a junção deste material (concreto e

armadura – barras de aço), surge o chamado concreto armado, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, no que pode ser auxiliado também por barras de aço (caso típico de pilares, por exemplo).

Em resumo, pode-se definir o concreto armado como “a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes”. Para melhor compreensão, de forma esquemática pode-se indicar que concreto armado é:

Concreto armado = concreto simples + armadura + aderência.

A NBR 6118/03 (item 3.1.3) define que elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre armadura e concreto e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes que essa aderência aconteça.

Segundo Cunha (1991) o muro de contenção de concreto armado é um dos mais usados e se divide em algumas variações de sua aplicação em contenções, porém todas elas têm como objetivo estabelecer o equilíbrio da encosta, através do seu próprio peso suportando os empuxos do maciço.

3.6 Patologias

O Campo da engenharia civil que se ocupa em estudar a origem das falhas ou degradação das estruturas é chamada de Patologia das Estruturas.

Na medicina emprega-se o termo “patologia” à ciência que estuda as doenças, suas origens, os sintomas, os agentes causadores e os mecanismos ou processo de ocorrência (Azevedo, 2011). Na Engenharia Civil emprega-se este termo a deficiências em estruturas de concreto armado, pode-se dizer também aos danos ou defeitos que comprometem o desempenho e a vida útil de uma estrutura. Estuda-se como na medicina a origem das “doenças”, os sintomas, os agentes causadores e os mecanismos ou processo de ocorrência em estruturas, no caso, visto mais a fundo no presente trabalho os muros de concreto armado.

Helene e Figueiredo (2001) concordam que patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

A definição dada por Carmo (2000) trata a patologia como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, as formas de manifestação, origens e causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações. Pode-se observar que os problemas patológicos surgem como resultado da ação de agentes agressivos.

Canovas (1998) ressalta que mesmo a patologia tendo mais destaque nos últimos anos, ela não é uma ciência moderna, visto que a relatos de patologias nas construções realizadas pelo homem primitivo, como consta no código de Hamurabi.

De acordo com Vitório (2003) um elevado percentual dos problemas patológicos é originado nas fases de planejamento e de projeto. Isso ocorre devido à falta de projetos mais elaborados, com um maior e melhor detalhamento, onde ocorre que muitas vezes seja necessária uma adaptação durante a fase de execução.

3.7 Mercado e seus impactos no estudo das patologias

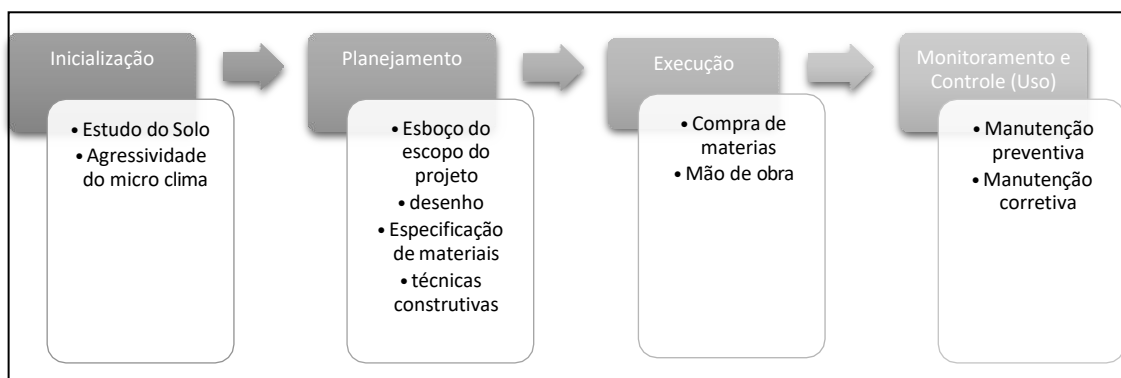
Entre os anos de 2010 a 2012 o setor da construção civil cresceu de modo acelerado incentivado por programas como Minha Casa, Minha vida e Aceleração do Crescimento (PAC). Com uma demanda grande o setor precisou inovar, fazer rápidas contratações de mão de obra, investir em tecnologias e materiais de qualidade. Com tanta inovação na área para atender as demandas, os riscos cresceram e as patologias passaram a ser comuns nas obras de contenção. Em meados de 2014 o mercado que estava aquecido entrou em recessão, houve um recuo no número de empresas atuantes na área. No final de 2015 uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgou uma queda de 16,5% em relação a 2014. Com a queda no setor os investimentos para monitoramento e controle (manutenção) das estruturas era precário, assim como investimentos em mão de obra qualificada, projetos robustos e inovações tecnológicas.

Atualmente de acordo com a projeção divulgada pelo Sindicato da Indústria da Construção Do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), estima-se que o produto interno bruto da construção civil deva crescer 2% em 2019. Com a perspectiva de crescimento Ana Maria Castelo, coordenadora de estudos da construção da FGV, destaca a elevação de confiança de consumidores e de empresários, o que para o setor é de suma importância.

Dentro deste panorama no qual o setor da construção civil retoma o fôlego com perspectivas de crescimento estudar e prevenir patologias para que obras sejam entregues com qualidade e com uma vida útil prolongada é de suma importância.

Todo o ciclo de concepção de projeto de muro de concreto armado até a sua usabilidade necessita ser bem alinhado as normas da construção civil. O organograma abaixo contém as etapas da criação de um muro de concreto armado, desde sua concepção em projeto até sua usabilidade devendo ser respeitadas e realizadas com qualidade.

Figura 1 - Ciclo da Concepção de Projetos



Fonte: Elaborado pelo autor.

É de vital importância aferir constantemente se o projeto de construção do muro não é negligenciado, e determina a qualidade da estrutura que será entregue ao cliente final.

3.8 Inicialização e planejamento do muro de concreto armado

O planejamento é o processo de tomada de decisões que possibilita perceber a realidade e a partir dela avaliar os caminhos eficazes para se alcançar um objetivo almejado, no caso, a construção de um muro de concreto armado. Laufer (1987) e Formoso (1991) afirmam que a definição de escopo e dos objetivos impactam na qualidade do projeto que será concebido de maneira perceptível a curto, médio ou longo prazo.

A etapa de planejamento é de suma importância visto que os problemas patológicos advindos da falha nesta etapa são bem custosos e demandam grande esforço para sua recuperação ou manutenção. Souza e Ripper (1998), já observavam que patologias antigas e originárias na concepção geram maior custo para sua reparação, além do retrabalho exigindo mão de obra capacitada.

Como as falhas que podem ocorrer durante o processo de planejamento de uma estrutura de contenção são inúmeras, vale citá-las, tais como:

- Falta de detalhamento ou detalhes mal projetados;
- Falhas na transcrição do projeto em planta;
- Cargas ou tensões não consideradas ou subestimadas no cálculo estrutural;
- Variação brusca de seção em elementos estruturais;
- Juntas e movimentação, dilatação sujeitas a ação de água;
- Não levar em consideração durante o projeto o efeito de fluência do concreto;
- Não considerar que o acesso tem que ser possível a todos os elementos estruturais (inspeção);
- Não considerar as condições climáticas (umidade e variações de temperatura);
- A classe de agressividade ambiental (Macro ambiente CAA – NBR 6118 e Microambiente);
- Em superfícies expostas horizontais, prever drenagem adequadamente dimensionada;

- Quantidade de sondagens e ensaios insuficientes, induzindo a generalização das soluções de fundações quando na realidade houver variações do tipo de solo;
- Análise inadequada da estabilidade global e dos estados limites de serviço;
- Modelagem inadequada da estrutura;
- Aceitação automática dos resultados de softwares sem uma breve conferência;
- Falta de auditoria dos projetos;
- Falta ou falha de análise dos critérios de segurança, utilização e desempenho da estrutura.
- Falha ao cumprir as condições de equilíbrio básico da estática e também a compatibilidade das deformações das próprias peças estruturais e suas uniões.
- Deficiência na representação em escala, com as disposições e dimensões de cada elemento estrutural, em especial as medidas que se referem às armaduras.
- Precariedade no detalhamento de normas, nas quais estejam presentes todas as características e detalhes dos materiais a serem empregados na estrutura, forma de controle, armazenamento e penalizações para o descumprimento.

Com estes cuidados tomados o desempenho de um muro torna-se satisfatório e eliminam-se os problemas patológicos em grande parte. Andrade (2005) frisa o fato de muitas estruturas não completarem ao menos 20 anos de uso satisfatório, ao contrário, logo necessitam de manutenções corretivas que amenizem os danos já aparentes.

3.9 Execução do muro de arrimo de concreto armado

Com um projeto bem concebido inicia-se o processo de execução da estrutura. É de suma importância que se siga criteriosamente todo o projeto

concebido sem concessões, incluindo os cuidados com escalas, dimensões, posições dos elementos estruturais, cronogramas e demais informações contidas dentro do escopo do projeto.

A NBR 14931 define como execução da estrutura de concreto armado todas as atividades desenvolvidas na sua execução, ou seja, sistema fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto, cuidados com sistema de drenagem nos muros e ação do empuxo sobre o mesmo. Falhas construtivas durante a etapa de execução da obra podem causar repercussões danosas ao desempenho da estrutura de concreto.

Ressalta-se que na etapa de execução do projeto a mão de obra contratada precisa ser qualificada para prestação de serviços evitando erros na execução que causem patologias na estrutura. Aferir desde a habilidade de leitura e interpretação do projeto, habilidades com as novas tecnologias, domínio da área de atuação são requisitos esperados para o bom andamento das obras.

Iniciada a etapa de construção considera-se esta susceptível a interferências naturais, causadas por ações da natureza como tempestades, calor excessivo ou com interferências humanas. Todas estas intercorrências podem vir a causar patologias nas estruturas de concreto armado, desde trincas de elementos estruturas devido ao mau escoramento das formas, a falhas no concreto devido a precária vibração do concreto (TAKATA, 2009).

3.10 Monitoramento e controle

O processo de construção dos muros de concreto armado pode ter sido projetado com alta qualidade e mantido o padrão na etapa de execução, porém, os problemas patológicos podem advir do mau uso das estruturas com o decorrer do tempo.

Segundo Brandão e Pinheiro (1999) o concreto armado já foi considerado um material com longa duração, visto que obras muito antigas ainda se encontram em bom estado, porém o aumento de deterioração precoce nas estruturas tem motivado o estudo de patologias do concreto.

Para Rezende (1996) um muro de concreto tem desempenho satisfatório e pode ser considerado de qualidade quando este apresentar segurança e condições de utilização em relação à estabilidade e manter estas características durante o período de vida útil estabelecido em projeto.

Obras de construção civil requerem monitoramento e controle para a prevenção de acidentes ou perdas da estrutura. A falta de manutenção pode vir a gerar problemas patológicos até mesmo irreversíveis, porém esse processo muitas vezes é negligenciado por falta de equipe técnica especializada e por problemas econômicos.

A manutenção preventiva evita patologias nas estruturas e ou até mesmo sua ruína. Muitas ações que as estruturas de contenção sofrem podem ser previstas e corrigidas, como a carga excessiva e o desgaste com o tempo. Devido ao empuxo que o muro sofre, com tempo surgem fissuras, trincas que se não forem reparadas podem gerar até seu colapso total.

Segundo Souza e Ripper (1998), os problemas patológicos ocasionados por ausência de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, têm sua origem no desconhecimento técnico, na negligência, imprudência na execução e em problemas econômicos. A falta de destinação de verbas para manutenção pode vir se tornar um fator responsável pelo aparecimento de problemas estruturais de maior gravidade, implicando em grandes gastos e, dependendo da situação, pode levar até mesmo a demolição da estrutura.

4 METODOLOGIA

Este trabalho tem como metodologia o estudo de obras que descrevem as possíveis patologias em concreto armado que já foram observadas e devidamente tratadas, que apontam as suas causas e como contorna-las para que assim a vida útil da estrutura aumente significativamente. Este método de estudo é denominado revisão bibliográfica e revela explicitamente o universo de contribuições científicas de autores sobre um tema específico (SANTOS e CANDELORO, 2006, p.43).

Deve-se realizar o estudo de obras que abordam as etapas da construção do muro de arrimo de concreto armado, assim podendo juntar com o conhecimento obtido, identificar as patologias que poderão aparecer em um muro de concreto armado. Com os dados obtidos é possível determinar os procedimentos necessários para a prevenção de patologias que poderão surgir no decorrer da vida útil dos muros de concreto armado e descrever os procedimentos para a recuperação da estrutura já afetada por essas patologias.

Para a coleta de dados e levantamento de informações deve-se por utilizar pesquisa eletrônica, leitura e análise de autores reconhecidos no ramo da Engenharia Civil, assim como publicações em revistas e boletins técnicos.

5 ORIGEM DAS PATOLOGIAS EM MUROS DE ARRIMO

Existem diversos causadores de patologias em muros de concreto armado. Podem se originar desde em falha no projeto e/ou na execução, como no uso inadequado da estrutura ou falta de manutenção, inclusive problemas inerentes a estruturas químicas dos componentes dos materiais. Visto que as causas e origens são diversas, serão divididas e detalhadas em três grupos para uma melhor análise, que são estes: causas intrínsecas de manifestações patológicas, causas extrínsecas e processo físico de deterioração do concreto armado.

5.1 Causas intrínsecas de manifestações patológicas

Causas intrínsecas são aquelas provenientes do interior da estrutura, ou seja, todas as que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante a etapa de execução e/ou utilização de obras por falhas humanas e por questões próprias ao material. Souza e Ripper (1998) classificam intrínsecas como aquelas causas de patologias que são inerentes a elas mesmas, as que se originam dos materiais e das peças estruturais. A tabela abaixo relaciona as principais causas intrínsecas das patologias em muros de concreto armado.

Tabela 1 - Causas Intrínsecas das Patologias em Muros de Concreto Armado

Falhas Humanas na Etapa de Execução	
Deficiência de concretagem	Transporte
	Lançamento
	Juntas de concretagem
	Adensamento
	Cura
Deficiência nas armaduras	Má interpretação dos projetos
	Insuficiência de armaduras
	Mau posicionamento das armaduras
	Cobrimento do concreto insuficiente
	Dobramento inadequado das barras;

	Deficiência nas ancoragens.
Utilização Incorreta dos Materiais de Construção	Fck inferior ao especificado em projeto Aço diferente do especificado Utilização inadequada de aditivos Aquisição de material de baixa qualidade
Drenagem	Escolha Incorreta do Sistema de Drenagem
Estabilidade Dimensionamento	Falha no cálculo da segurança contra tombamento Falha no cálculo de segurança contra deslizamento Não verificação da capacidade de carga da fundação Não verificação de segurança contrarruptura global
Inadequação de escoramentos e fôrmas	
Inexistência de controle de qualidade	

Fonte: Souza e Ripper, 1989.

5.1.1. Patologias geradas por falhas humanas

As patologias causadas por falhas humanas podem ser oriundas desde mão de obra desqualificada, quanto um projeto mal elaborado. Os muros de contenção são classificados levando em consideração fatores como materiais usados para sua construção e a técnica empregada. Construir um muro sem levar em conta o estudo do solo, do ambiente e suas características específicas podem causar graves patologias. Não considerar o empuxo, as cargas externas, a base apropriada pode vir a tornar o muro disfuncional, com o tempo os primeiros focos de falhas estruturais começam a surgir, como fissuras, trincas, rachaduras, chegando até mesmo ao colapso e ruptura total do muro.

5.12. Deficiência de concretagem

O processo de concretagem do muro de contenção precisa de cuidados desde o seu transporte até o local, lançamento, juntas de concretagem, adensamento e cura para que esta tenha o resultado esperado.

Tabela 2 - Processo de Concretagem do Muro de Concreto Armado

Processo de concretagem	
Transporte	A massa não deve secar, nem perder sua fluidez
Cronograma	Respeitar o tempo de concretagem da primeira camada e o tempo de transporte da segunda evitando juntas indesejadas e superfícies sem aderência
Lançamento	Não deve ser brusco para evitar o deslocamento de aço Lançar próximo de sua destinação final evitando segregação Realizar o lançamento de maneira uniforme Aferir a espessura das camadas lançadas
Adensamento	Não adensar demasiadamente para evitar segregação da mistura Evitar o arrastamento do concreto Adensar a camada de concreto expulsando o ar aprisionado na pasta de concreto
Cura	Consiste em evitar a evaporação da água sem que as relações de hidratação do cimento tenham sido realizadas Controla umidade do local concretado Uma cura má realizada pode comprometer a resistência mecânica do concreto.

Fonte: Souza e Ripper, 1989.

5.1.3. Deficiência nas armaduras

As deficiências nas armaduras ocorrem por erros de projetos e execução como, por exemplo, as falhas na disposição das barras de aço, devido à má interpretação do projeto ou falha da mão de obra no momento de instalação das barras.

5.1.4. Utilização incorreta dos materiais de construção

A sigla FCK (Feature Compression Know), em português Resistencia Característica do concreto a compressão, é um conceito utilizado para calcular a medida de material com a relação à estrutura que será utilizada. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) possui normas que padronizam seguramente o FCK.

Outro material que precisa ter suas especificações seguidas é o aço. Se usado de maneira inadequada poderá gerar trincas na estrutura. Os aditivos são outro tipo de material que merecem atenção, visto que estes podem dar origem a exteriorização do concreto, pois tem a capacidade de alterar importantes propriedades do concreto.

5.1.5. Causas naturais

As causas intrínsecas naturais são inerentes às próprias características e propriedades do material do concreto. Não se deve pensar que possuem relação com erros causados por ações humanas, ou de máquinas e equipamentos. Mas tem relação em como o material reage ao ambiente e ao tempo, como mostrado no quadro a seguir:

Tabela 3 - Causas Naturais de Patologias em Muros de Concreto Armado

Causas Naturais	
Causas Químicas	Reações internas ao concreto; Presença de cloretos; Elevação da temperatura interna do cloreto
Causas físicas	Variação da temperatura Insolação Água
Causas Biológicas	

Fonte: Souza e Ripper, 1989.

5.1.5.1. Causas químicas

As causas químicas para patologias em muros de concreto são diversas, se originam da própria composição do material utilizado nos muros.

Para se evitar patologias é necessário obter-se a aderência entre o cimento e os agregados, para isto são necessárias combinações químicas. Segundo Souza e Ripper (1998), as combinações são benéficas por aumentarem a resistência e a homogeneidade do concreto, porém podem algumas reações químicas podem ser prejudiciais, como as expansões que geram coesão do concreto.

Para Zamberlan (2013), os cloretos podem gerar corrosões bastante agressivas causando patologias. Neville (1997) destacou que a corrosão em aço

causada pelos cloretos são os mais agressivos, pois este gerará danos também ao concreto à sua volta. Como ocorre uma expansão devido às reações químicas a corrosão acaba ocupando um espaço bastante significativo, inclusive maior que aço causando fissuras na estrutura.

5.1.5.2. Causas físicas

As causas físicas são geradas principalmente no processo de cura no endurecimento do concreto. As variações da temperatura, insolação e a água impactam variando a composição interna do muro de concreto armado.

5.1.5.3. Causas biológicas

Os processos biológicos nos muros de concreto armado causam a deterioração devida micro-organismos que agem dissolvendo os componentes do concreto. Assim como processos que resultam em produção de anidrido carbônico causadas pelas plantas e até mesmo algas que se instalam em fissuras ou trincas no concreto ou pela ação de sulfetos presentes nos esgotos. As ações desses organismos podem gerar desde fissuras na estrutura a mudança de cor e tonalidades.

5.2 Causas extrínsecas de manifestações patológicas

O contrário de causas intrínsecas, as causas extrínsecas são aquelas adicionais, externas, que se estabelece por convenções, conforme o Aurélio (1989).

Em relação aos muros de contenção de concreto armado, causas extrínsecas de manifestações patológicas são aquelas que ocorrem independentemente da estrutura, de sua composição ou materiais utilizados. Podendo-se então dizer que as causas extrínsecas são aquelas que atacam os muros de fora para dentro causando

patologias. A tabela 5 contém as principais causas extrínsecas das manifestações patológicas nos muros de contenção.

Tabela 4 - Causas extrínsecas das manifestações patológicas

Falhas Humanas Durante o projeto	Má avaliação de cargas Inadequação ao ambiente Incorreção não relação Solo-Estrutura Incorreção na Consideração de juntas de Dilatação
Falhas Humanas Durante a Utilização	Sobrecargas Exageradas Alteração das condições do terreno de fundação
Ações mecânicas	Choques de veículos Recalque de fundações Acidentes
Ações físicas	Variações de temperatura Insolação Atuação da Água

Fonte: Souza e Ripper, 1989.

521. Falha humana durante o projeto

A falha humana é um risco direto para qualquer estrutura de contenção de concreto armado, visto que está diretamente ligada ao processo de concepção de um projeto. Pode-se apontar como falhas humanas a má avaliação de cargas, esta deve seguir as normas e ser muito bem calculadas pelo engenheiro calculista. A inadequação ao ambiente, incorreção não relação Solo-estrutura, incorreção na consideração de juntas de dilatação.

522. Falhas Humanas Durante a Utilização

Se tratando de muros de contenção de concreto armado, na maioria dos casos as falhas humanas se dá devido às sobrecargas exageradas e alterações das condições do terreno de fundação, muitas vezes por desconhecimento ou negligência.

523. Ações mecânicas

Ações mecânicas que podem vir a danificar a estrutura de muro de contenção são, por exemplo, acidentes que tenham impacto direto com os muros, desmoronamentos de encostas, movimentação do solo.

524. Ações físicas

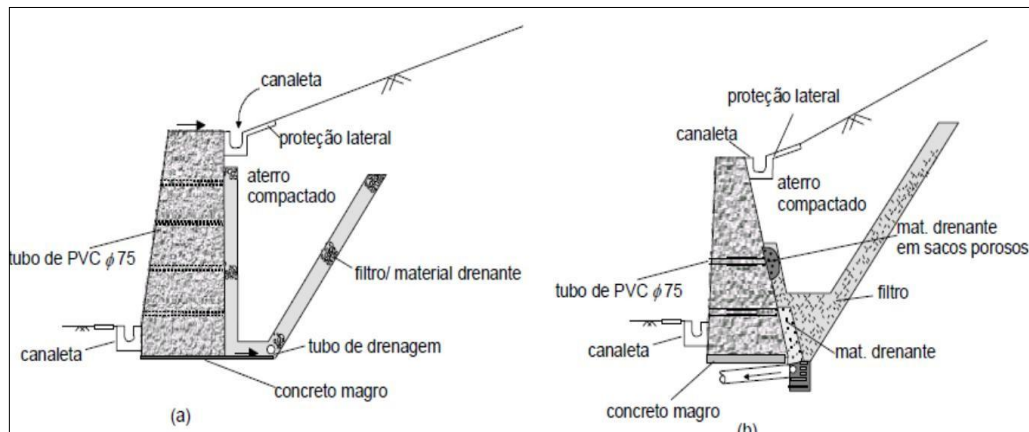
As ações físicas são aquelas que geram a degradação do muro como altas temperaturas, infiltração de água, movimento do solo. Em relação a ação das variações de temperatura, Thomaz (1989) já apontava que qualquer material de construção está sujeito a sofrer dilatações e ou contrações devido a variação de temperatura. Esse tipo de ação pode causar trincas nos muros.

5.3 Drenagem

Tratando de muros de contenção não se atentar para o fluxo de água do lençol freático pode pôr em risco toda a estrutura construída. Os muros de contenção de concreto armado suportam uma grande quantidade de solo que tem sua carga potencializada quando o mesmo se encontra saturado. Visto isso, na realização do cálculo estrutural, deve se levar em consideração o lençol freático assim como a água da chuva como uma sobrecarga devendo ser criado um sistema

de drenagem para escoar a água, além de impermeabilizar tanto a face do muro que está em contato com o solo quanto à face livre, evitando assim que a água penetre levando agentes agressivos a estrutura. A figura 2 traz dois modelos de sistemas de drenagem com tubos PVC, canaletas, tubos de drenagem e material drenante em sacos porosos.

Figura 2 - Sistema de Drenagem



Fonte: Souza e Ripper, 1989.

Existem sistemas de drenagem superficiais e internos. Os projetos de drenagem superficial têm como função captar as águas que incidem na superfície do talude e conduzi-las para fora do muro, dessa forma previne-se a infiltração e a erosão. Existem drenos horizontais, trincheiras drenantes longitudinais, drenos internos de estrutura de contenção, filtros granulares e geodrenos. A drenagem em muros de contenção em concreto armado consiste basicamente em captar águas que escoam superficialmente por meio de canaletas, valetas, sarjetas ou caixas de captação, conduzindo, em seguida, as águas captadas para um local mais adequado.

Tabela 5 - Drenagem Superficial

Sistema de Drenagem Superficial
Dispositivos
Canaletas transversais
Canaletas longitudinais da descida (escada)
Dissipadores de energia
Caixas coletoras

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Estabilidade e dimensionamento

Na verificação do muro de concreto armado deve-se investigar as seguintes condições de estabilidade: tombamento, deslizamento da base, capacidade de carga da fundação e ruptura global. Deve-se iniciar o projeto com um pré-dimensionamento, para em seguida, verificar as condições de estabilidade. Para evitar o tombamento de um muro o momento resistente deve ser maior do que o momento solicitante. O momento resistente corresponde ao momento gerado pelo peso do muro e o momento solicitante é definido como o momento do empuxo total atuante. Se calculado de maneira incorreta, pode-se ocasionar o tombamento do muro ou patologias.

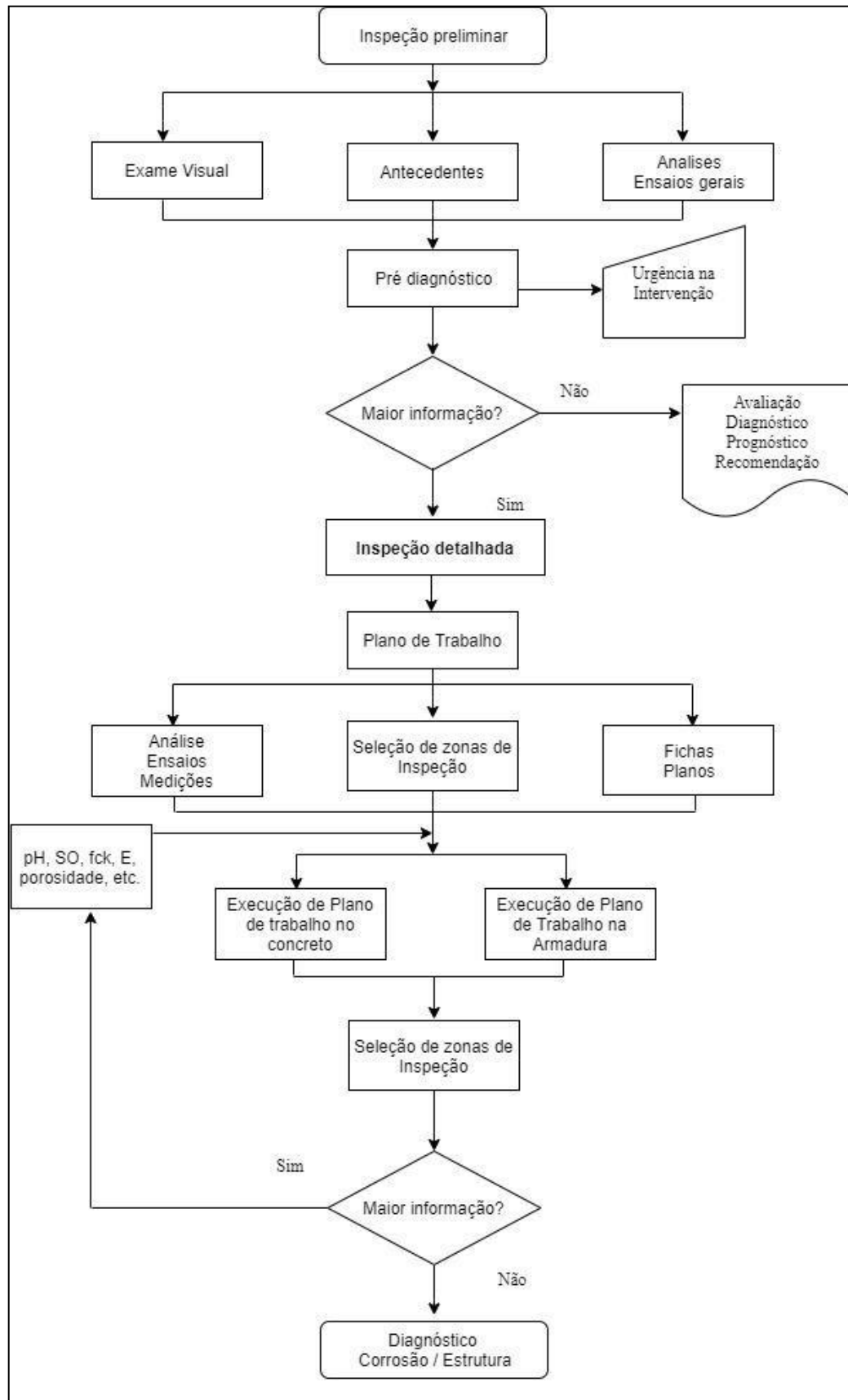
Avaliar a Capacidade de Carga da Fundação consiste na verificação da segurança contra a ruptura e deformações excessivas do terreno da fundação.

6 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Appleton (2002) refere-se a diagnósticos como o estudo dos procedimentos para se garantir um conhecimento profundo acerca de uma estrutura de contenção. Este estudo inclui a avaliação do estado de conservação da estrutura, sua segurança e a origem das causas patológicas.

O fluxograma a seguir aponta o processo para se diagnosticar patologias em estruturas de concreto armado.

Figura 3 - Diagnóstico das Patologias



Fonte: Valtencir Gomes (2016).

Caso o diagnóstico identifique patologias no muro de concreto armado, a equipe responsável deve se encarregar de adotar o procedimento mais conveniente, respeitando pontos de vista técnicos, econômicos e socioambientais (SOUZA e RIPPER, 1998).

6.1 Análises e ensaios gerais

Segundo Gomes (2016), devem ser realizados análises e ensaios gerais no concreto, a fim de prevenir ou reparar patologias. Quanto ao que se analisar, segue: resistividade elétrica e mecânica, esclerometria, ultra-som, profundidade de carbonatação, concretação de cloretos, resistência a compressão e porosidade. Ensaio na armadura: localização e espessura de recobrimento, perda de diâmetro e seu limite elástico, medições de potenciais, medição da velocidade de corrosão.

6.1.1 Resistividade elétrica

Segundo Hopper (2005), a resistividade elétrica é uma propriedade dependente da composição química de soluções aquosa dos poros, da estrutura, umidade e da temperatura do concreto, atuando como um semicondutor ou um isolante elétrico. A resistividade elétrica do concreto controla o processo eletroquímico responsável por gerar a corrosão das armaduras do concreto, sendo assim, está relacionada às etapas de vida útil de uma estrutura.

Algumas variáveis que intervêm na resistividade elétrica do concreto são a relação água/cimento, as adições orgânicas, o tipo de cimento, a porosidade da estrutura e os parâmetros geométricos, entre outros.

Gomes (2015) representou os graus de risco da resistividade elétrica na tabela a seguir, considerando-os como pouco risco, risco moderado e alto risco.

Figura 4 - Grau de Risco

Grau de risco	Resistividade elétrica
Pouco risco	$\rho > 200 \text{ k}\Omega.\text{cm}$
Risco moderado	$200 > \rho > 10 \text{ k}\Omega.\text{cm}$
Alto risco	$\rho > 10 \text{ k}\Omega.\text{cm}$

Fonte: Valtencir Gomes (2016)

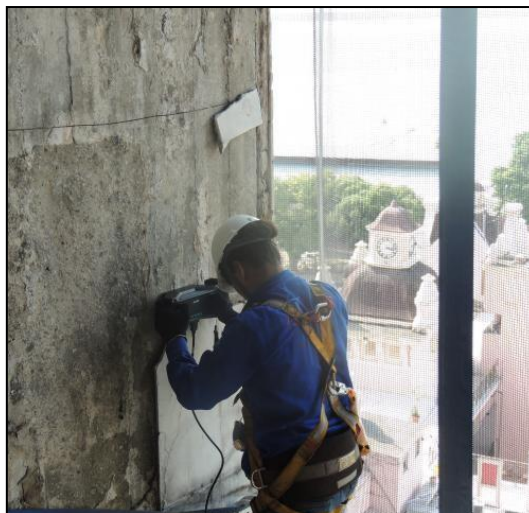
6.1.2 Resistividade mecânica

De acordo com Mehta e Monteiro (2014) a resistência do concreto pode ser definida pela sua capacidade de resistir a um determinado esforço de tensão sem se romper. A resistência do concreto está diretamente ligada à qualidade do material. Para se determinar a resistência do concreto é realizado ensaios de rompimentos de corpos-de-prova submetidos à compressão.

6.1.3 Ultrassom

Tem o objetivo de verificar a qualidade e uniformidade do concreto, além de detectar falhas internas e profundidade de fissuras. Este processo monitora as variações que ocorrem no concreto.

Figura 5 - Ultrassom



Fonte: Dynamis Techne, 2019

6.1.4. Porosidade

NBR 9779 – Determinação da absorção de água por capilaridade.

NBR 9778 – Determinação da Absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica.

Figura 6 - Porosidade



Fonte: Ecivil, 2019.

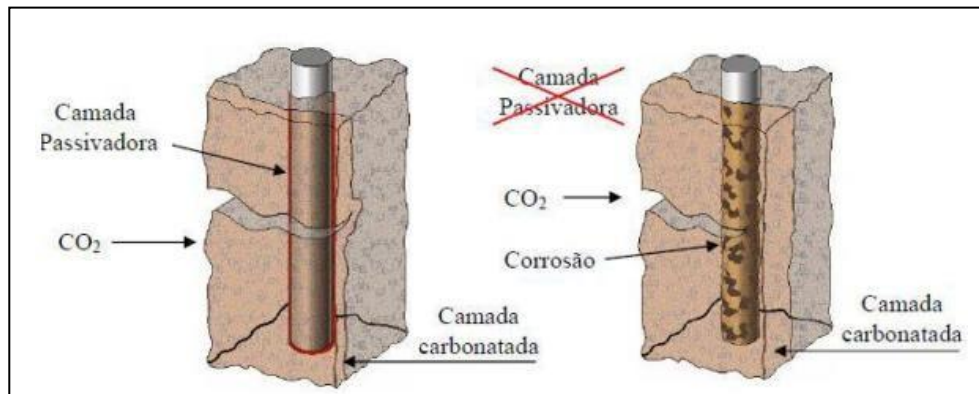
6.1.5. Esclerometria

Método utilizado quando se busca determinar o valor da resistência ao choque e a resistência à compressão do material do concreto endurecido. O ensaio consiste na utilização de uma massa martelo, emprega-se a essa massa uma força como mola que a impulsiona a atingir a área a ser ensaiada. Quanto mais rígida a superfície, menor será a deformação, e por consequência, maior o recuo da massa martelo. É uma das técnicas mais difundidas em todo o mundo para a avaliação da homogeneidade do concreto – NBR 7584/82.

6.1.6. Carbonatação do concreto

Segundo Andrade (2005), a carbonatação é um processo físico-químico entre o gás carbônico e os compostos do cimento do concreto. É um dos principais agentes responsáveis pela despassivação das armaduras no concreto, outro fator é a umidade e a presença de cloretos. Helene (1993), explica que o processo ocorre no interior do concreto por difusão e a penetração e reação são processos que ocorrem gradualmente, gerando assim a camada carbonatada, conforme a figura a seguir:

Figura 7 - Representação de Carbonatação



Fonte: TULA, 2000.

Figura 8 - Carbonatação



Fonte: Ecivil, 2019.

7 REPARAÇÃO DE PATOLOGIAS EM MUROS DE CONCRETO ARMADO

Os serviços de recuperação exigem procedimentos com base no diagnóstico das causas geradoras das patologias e de suas terapias, atendendo as seguintes condições mínimas:

- Segurança do trabalho;
- Segurança estrutural;
- Durabilidade;
- Funcionalidade;
- Estética e conforto psicológico;
- Prazo de execução;
- Custo x benefício.

7.1 Intervenções superficiais

São aquelas que não passam a camada de cobrimento da armadura, são usadas para a correção de disgregações, desagregações, segregações, porosidades ou contaminações que atingem a camada de cobrimento.

7.1.1. Lavagem com jato de areia e de água

Este processo consiste na mistura de jatos de areia ou de água para a retirada de camadas mais superficiais que contenham uma maior deterioração. Para isso, utiliza-se máquinas de jato ligadas a compressores. Alguns cuidados são necessários nessa etapa, como verificar se a areia apresenta granulometria adequada e se a água está em temperatura ambiente.

7.12 Polimento

O polimento do concreto é um recurso protetor e estético, é utilizado para tratar superfícies ásperas reduzindo o tempo de absorção pelo aumento da velocidade de escoamento da água, evita que as partículas se desagreguem da estrutura com o passar do tempo.

A adequada execução se dá pelo uso adequado dos equipamentos e de mão de obra especializada. Em pequenas áreas pode ser realizada com o uso de pedras de polir ou lixadeiras portáteis, em grandes áreas deve-se utilizar máquinas de polir de grande porte.

7.13. Apicoamento

Na engenharia civil de modo informal define-se apicoar como o ato de quebrar ou picotar concreto utilizando o picão, martelo ou cinzel. Souza e Ripper (1998) definem apicoar como o ato de retirar a camada mais externa do concreto. Este ato gera uma potencialização para se adicionar a camada de revestimento, em concreto ou mesmo argamassa, aumentando assim a espessura de cobertura das armaduras.

Para se definir se o apicoamento a ser feito no concreto será mecânico ou manual é preciso analisar a profundidade do concreto que se deseja remover, além de verificar o grau de rugosidade e homogeneidade.

Figura 9 - Apicoamento

Fonte: Pini Web, 2019.

7.2 Tratamento de fissuras

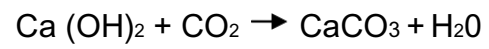
Fissura é um campo bastante abrangente e a várias técnicas que devem ser analisadas e usadas para o tratamento adequado do muro de contenção. Na tabela 6 serão abordadas algumas técnicas que se considera para este trabalho de grande valia.

Tabela 6 - Técnicas de Fissuras

Injeção de Fissuras	Técnica de preenchimento de fissuras com o uso de material adequado É recomendado se usar apenas em fissuras inativas (aquelas que não apresentam variações com o tempo) Utiliza-se como material resina epóxi
Selagem	Técnica que veda os bordos de fissuras ativas Utiliza-se material não retrátil, aderente, com resistência mecânica e química Pode-se utilizar junta de neoprene
Cicatrização	Está técnica é apropriada para fissura

inativas

Concreto auto cicatrizante



O produto preenche o espaço da fissura

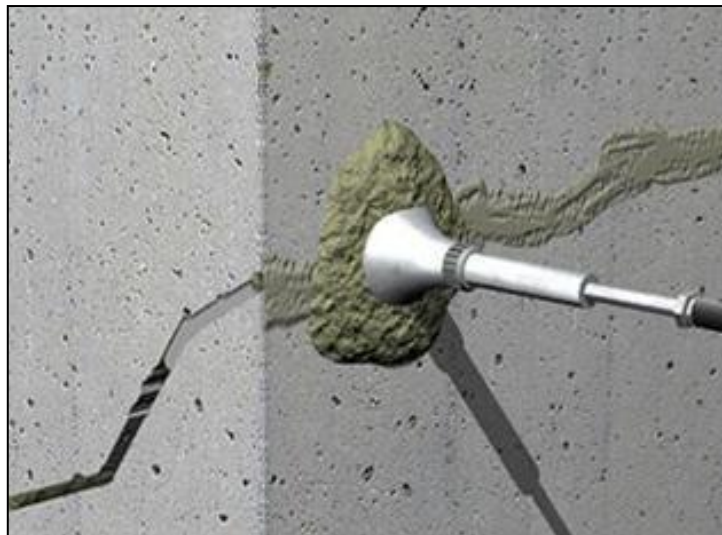
Costura de Fissuras (Grampeamento) Implantação de armaduras de aço (grampos) em fissuras

Utiliza-se epóxi ou argamassa

Os grampos não devem ser implantados em linhas

Fonte: Souza e Ripper, 1989.

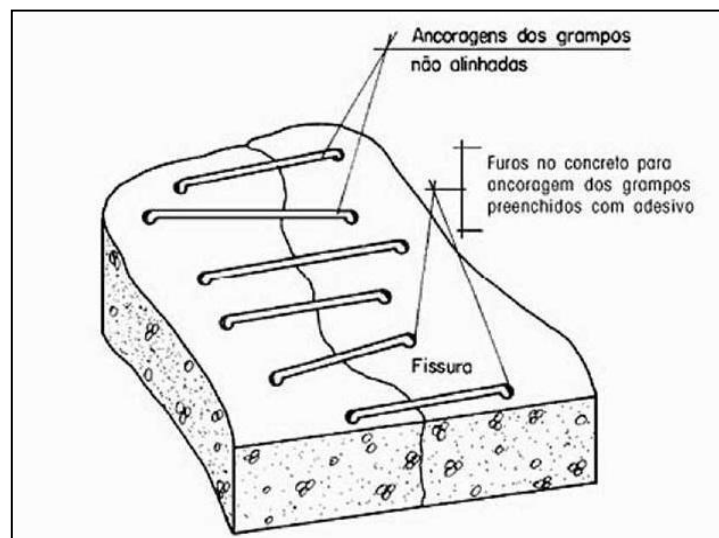
Figura 10 - Injeção de resina em fissuras



Fonte: Basf, 2019.

Figura 11 - Selagem de Fissura

Fonte: Corsini, 2010.

Figura 12 - Costura de Fissuras (Grampeamento)

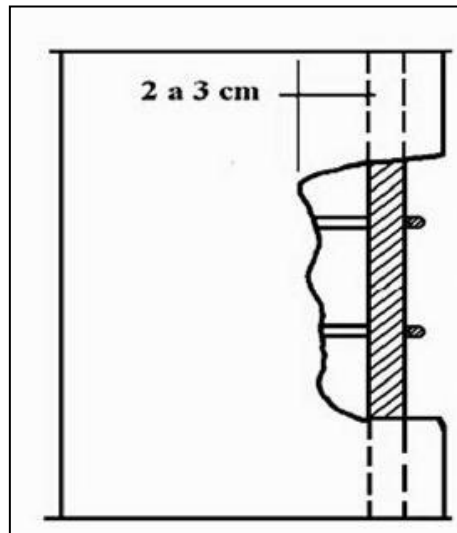
Fonte: Souza e Ripper, 1989.

7.3 Corte

Processo de remoção profunda de concreto degradado. Deve-se utilizar tradicionalmente um martelo demolidor, com peso ideal entre os 6 a 10 kg, com ponteiro terminando em ponta viva. Esta etapa garante a remoção de qualquer processo que possa vir causar danos ao muro de concreto armado. Quando a estrutura apresenta corrosão do aço nas armaduras pode-se utilizar o corte, porém é

de fundamental importância ressaltar que o corte deve afetar apenas o concreto degradado.

Figura 13 - Corte de concreto



Fonte: Souza e Ripper, 1989.

7.4 Argamassa

Considera-se os reparos com argamassa superficiais e utiliza-se esta técnica em casos de deterioração da camada de concreto de cobrimento das armaduras. Souza e Ripper (1998) destacam que só se deve utilizar a técnica de argamassas caso o interior do muro não apresente anomalias, e caso, haja essas anomalias, deve-se corrigi-las antes da utilização desta técnica. Ressaltam também a importância de se eliminar os pontos fracos da superfície antes da mesma ser reparada, ou seja, antes da aplicação do novo material.

Existem tipos diferentes de argamassas e cada tipo deve ser usado num momento oportuno. No caso dos muros de contenção de concreto armado é recomendado que se utilize a argamassa de cimento e areia. Utiliza-se este material para realizar o preenchimento da cavidade que teve sua origem na deterioração dos elementos que compõe a estrutura do muro. Este tipo é comum de argamassa com cimento, areia e água. Já os Grautes são argamassas industrializadas, possuem elevado fluidez, baixa permeabilidade, ausência de retração e elevadas resistências iniciais e finais. São utilizadas para reparos médios ou profundos em estruturas.

Segundo Datta (1978), para um resultado de qualidade, deve-se atentar a espessura mínima de corte do concreto, sendo 2,5 cm. Já se tratando de reparos superficiais em grandes áreas, a argamassa deve ser aplicada por faixas de no máximo 1,0 m de largura e com 1,0 cm de espessura.

7.5 Concreto projetado

Concreto projetado possui melhor aderência por causa do grande impacto com o substrato e maior compacidade, apresenta como característica a dispensa de formas nas aplicações verticais ou sobrecabeça. Também conhecido como gunita, é uma excelente opção na construção de reforço estrutural em muros de contenção de concreto armado.

Figura 14 - Concreto projetado



Fonte: TecnoSil, 2019.

7.6 Estruturas corroídas

Segundo definição dada por Cascudo (1997), a corrosão se apresenta de duas maneiras, que são elas: corrosão química ou eletroquímica. Quando se fala em concreto armado não é necessário dar-se muita atenção à corrosão química por ser um processo lento e não causar danos tão perceptíveis nas estruturas. Porém, a corrosão eletroquímica é uma das principais causas de deterioração das armaduras no concreto armado. Com a corrosão o aço diminui sua seção, e se converte

completamente em óxidos, o concreto pode fissurar ou delaminar-se devido às pressões de expansão dos óxidos e a aderência das armaduras diminui ou até mesmo desaparece. Com a corrosão eletroquímica a armadura dos muros se transforma em óxidos e hidróxidos de ferro, de cor avermelhada, pulverulenta e porosa, denominada ferrugem.

Os muros que estão mais sujeitos a corrosão são aqueles em que sofrem com grande exposição à ação de secagem e molhagem, principalmente se a água for dotada de grande concentração de cloretos (SOUZA e RIPPER, 1998).

De acordo com Andrade (1992) para se recuperar um muro de arrimo com este tipo de patologia, deve-se optar por uma reparação completa ou por regiões. No entanto o reparo por regiões não é tão vantajoso visto que ao reparar uma região o seu aspecto estético será modificado e outras regiões que contém a patologia podem passar despercebidas e em contato com as regiões recuperadas a corrosão pode acontecer de forma acelerada.

Para se recuperar corrosões causadas por cloretos, deve-se optar por técnicas de remoção eletroquímicas de cloretos, utilizando-se metal nobre, resinas de troca iônica e uma fonte de corrente contínua (CASCUDO, 1994).

Cuidados podem ser tomados para se prevenir este tipo de patologia como o revestimento que gera um maior tempo para camada carbonada chegar ao aço, a utilização de concreto menos permeável, tipo de cimento, atenção a drenagem e a proteção superficial do concreto e armaduras passivas. Outra medida a ser tomada para prevenção é a proteção dos aços, sendo necessário realizar a limpeza por processos químicos ou mecânicos.

7.7 Demolição do concreto

Existem muitos casos de muros de arrimo de concreto armado que para a recuperação e ou reforço dessa estrutura é necessário a demolição de parte do muro ou num caso mais extremo até mesmo a demolição completa, visto incapacidade de reaproveitamento. De todo modo, se faz necessário a análise de

um engenheiro para verificar se cabe ao muro apenas sua demolição parcial, já que este tipo de intervenção poderá causar a modificação da estrutura.

Tradicionalmente utilizam-se martelos pesados para a demolição, sendo também corriqueiro o uso em conjunto de diversos tipos de martelos. Em outros casos, utilizam-se técnicas de implosão ou demolição por impacto por bolas de aços. Há ainda outra técnica de demolição de muros de concreto armado, utilizando-se agentes demolidores expansivos, mas que não utilizam técnicas de explosão. Esta técnica mistura cimento Portland aditivado e água vestidos em buracos executados na massa a ser demolida.

A demolição nesses casos é resultante da força expansiva que deriva da adição da água e do confinamento conferido a mistura pelas paredes do buraco. Há dois tipos de expansões, o lento e o rápido (ver Figura 3.11), e, para qualquer dos dois casos, após a primeira fissuração, a aspersão da mais água sobre o concreto vai sempre acelerar o processo, abrindo cada vez mais as fendas. O agente a escolher depende diretamente da temperatura ambiente e do diâmetro do buraco a executar (SOUZA E RIPPER, 1998, p 119).

8 CONCLUSÃO

Conforme abordado, as causas para patologias em muros de concreto armado são inúmeras e podem ter sido iniciadas desde a fase de inicialização de um projeto, planejamento, execução e utilização do mesmo. As causas podem ser intrínsecas ou extrínsecas.

Foi feito o apontamento das diversas manifestações patológicas com uma descrição sucinta de cada uma, com o intuito de apontar para uma busca por diagnóstico e aprofundamento das causas. Assim como o apontamento de terapias e processos de recuperação dos muros de contenção.

Conclui-se com o presente trabalho que há uma defasagem evidente na qualidade das estruturas dos muros de arrimo em concreto armado, com patologias advindas desde a fase de inicialização do projeto até o monitoramento e controle. A falta de mão de obra qualificada, de conhecimento a respeito do solo, drenagens e materiais adequados, assim como a falta de recursos financeiros torna as obras de baixa qualidade, encurtando o tempo de vida útil de uma estrutura. É de suma importância que se invista em técnicas de aperfeiçoamento, pesquisa, estudo e aprendizagem na área, assim como investir em uma boa gestão de qualidade,

REFERENCIAS

ANDRADE, Carmen. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: Pini, 1992. 104 p.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Vida Útil das Estruturas de Concreto**. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2. v, cap. 31, p. 923- 951. ISBN 85- 98576- 05-0

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118/03**: Ações e segurança nas estruturas: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

CAPUTO, Homero. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações – Fundamentos**. Vol. 1. 7 Ed. São Paulo, 2015. 272 p.

CARMO, P. I. O. **Gerenciamento de edificações: proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado**. 2000. 271f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2000.

CARREIRA, Matheus. F. **Muros de Arrimo. Tipos de Drenagem, Estabilidade e Dimensionamento**. 2017. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768318303925>. Acesso em: 02 ago. 2019.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia: Editora UFG, 1997. 237 p.

COSTOLA, F. M. **Contenção de terreno utilizando Retangulões de concreto armado**. São Paulo. 2007.

CUNHA, A.C.Q.; HELENE, P.R.L. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Boletim Técnico BT/PCC/283, 2001.

FORMOSO, C.T. **O Papel do Planejamento e Controle da Produção em Obras de Tipologias Diferentes**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4. ,2005, Porto Alegre. Anais, 2005.

FUSCO, Péricles. B. **Estruturas de concreto armado: solicitações normais**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1981.

FUSCO, Péricles. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo: Pini. 392p.

GERSCOVICH, Denise, M. S. **Estruturas de Contenção Muros de Arrimo**. Faculdade de Engenharia Departamento de Estruturas e Fundações. Rio de Janeiro, 1999. 44p.

HELENE, Paulo Roberto do Lago; FIGUEREDO, Enio Pazini. **Manual de Recuperação de estruturas de concreto**. Red Rehabilitar cyted XV. 2001. P. 19.

HELENE, Paulo R.L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 119 p.

ISHIKAWA, Haruo. GARCIA, Rodrigo. **A Construção na Transição Rumo ao Crescimento**. Notícias da Construção. São Paulo, v. 33, n. 157, p. 6. set. 2019.

LOBO, Ademar S. FERREIRA, Cláudio V. RENOFIO, Adilson. **Muros de arrimo em solos colapsíveis provenientes do arenito Bauru: problemas executivos e influência em edificações vizinhas em áreas urbanas**. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2003. 177p.

MOLITERNO, A. **Caderno de muros de arrimo**. 2 d. São Paulo, Edgard Blucher, 1980.

MOURA, Fagner. **Construção Civil impulsiona os investimentos e faz PIB crescer**. CBIC. Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p.17-18. ago. 2019.

NEVILLE, A. M.; CREMONINI, R. A. **Propriedades do Concreto**. Editora Bookman. 5 Ed. 912 p. set 2015

OLIVEIRA, Alexandre M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Monografia apresentado à Universidade Federal de Minas gerais. Belo Horizonte 2012. 96p.

REIS, L. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001.

RESENDE, Carlos C. R. **Atrasos de Obra Devido a Problemas no Gerenciamento**. Rio de Janeiro - RJ, 2013. 61 p. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006164.pdf> >. Acesso em: 17 set. 2019.

SANTOS, C. F. **Patologia de estruturas de concreto**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

SOUZA, Vicente C. M.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de Estruturas de concreto**. São Paulo. Ed. Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife, 2003.

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural** – estudo de caso. Monografia apresentada à Universidade Tecnológica Federal do Paraná.