



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

EDUARDO RAFAEL BARREIRA AIRES

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS
ESTRUTURAS DE CONCRETO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NO CEARÁ**

FORTALEZA

2022

EDUARDO RAFAEL BARREIRA AIRES

ANÁLISE COMPARATIVA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS
ESTRUTURAS DE CONCRETO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Ms. Rafaela Fujita Lima

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A298a Aires, Eduardo Rafael Barreira.
Análise comparativa das manifestações patológicas nas estruturas de concreto em edificações comerciais no Ceará / Eduardo Rafael Barreira Aires. - 2022.
81 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Ma. Rafaela Fujita Lima.

1. Estruturas de Concreto. 2. Manifestações patológicas. 3. Inspeções Prediais. 4. Manutenções Preventiva e Corretiva. I. Título.

CDD 624

EDUARDO RAFAEL BARREIRA AIRES

ANÁLISE COMPARATIVA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS
ESTRUTURAS DE CONCRETO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Ms. Rafaela Fujita Lima

Aprovado em: 08 / 12 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Ms. Rafaela Fujita Lima (Orientadora)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof^ª. Ms. Mariana de Araújo Leite
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof^ª. Ms. Marisa Teófilo Leitão
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Dedico esse trabalho à minha esposa Renata
e aos meus filhos Aldo e Rafael.

AGRADECIMENTOS

À Unichristus.

À minha orientadora Prof^a. Ms. Rafaela Fujita Lima pela dedicação e incentivo.

À banca examinadora.

Aos professores.

RESUMO

As manifestações patológicas nas estruturas de concreto ocorrem com frequência em edificações antigas e o seu estudo tem relevância para o entendimento dos mecanismos que ocasionam essas patologias e o que deve ser feito para evitá-las ou mitigá-las. Esta pesquisa vem a contribuir para a disseminação do conhecimento a respeito dos fatores que colaboram para o surgimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado. O presente trabalho teve como principal objetivo fazer uma análise comparativa das manifestações patológicas nas estruturas de concreto em edificações comerciais no Ceará, sendo realizada a análise em sete laudos de inspeções prediais foram identificadas as manifestações patológicas que ocorreram com maior frequência. Na amostra analisada estão presentes imóveis localizados tanto na região litorânea como na área do interior do Estado do Ceará, com diferentes graus de exposição aos agentes agressivos do meio ambiente. Nesta pesquisa foram analisados 15 diferentes tipos de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado de 07 edificações comerciais, sendo a manifestação com maior percentual de incidência a infiltração em laje (85,71% da amostra) e, em seguida, das patologias de corrosão das armaduras em viga, fissura em laje, fissura em viga e fissura no pilar (todas com 71,43% das amostras). As manifestações patológicas encontradas foram decorrentes de uma série de fatores, que colaboraram com o seu aparecimento, tais como: falha no projeto, execução inadequada da estrutura de concreto, utilização de materiais fora das especificações ou qualidade inferior, falta de manutenção entre outros.

Palavras-chave: Estruturas de Concreto. Manifestações patológicas. Inspeções Prediais. Manutenções Preventiva e Corretiva.

ABSTRACT

Pathological manifestations in concrete structures frequently occur in old buildings and their study is relevant for understanding the mechanisms that cause these pathologies and what must be done to avoid or mitigate them. This research contributes to the dissemination of knowledge about the factors that contribute to the appearance of pathological manifestations in reinforced concrete structures. The main objective of this work was to carry out a comparative analysis of the pathological manifestations in concrete structures in commercial buildings in Ceará. In the analyzed sample, there are properties located both in the coastal region and in the interior of the State of Ceará, with different degrees of exposure to aggressive agents in the environment. In this research, 15 different types of pathological manifestations in reinforced concrete structures of 07 commercial buildings were analyzed, being the manifestation with the highest percentage of incidence the infiltration in slab (85.71% of the sample) and, then, the corrosion pathologies of the beam reinforcement, slab crack, beam crack and column crack (all with 71.43% of the samples). The pathological manifestations found were due to a series of factors that contributed to its appearance, such as: design failure, inadequate execution of the concrete structure, use of materials outside specifications or inferior quality, lack of maintenance, among others.

Key words: Concrete Structures. Pathological manifestations. Building Inspections. Preventive and Corrective Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desempenho ao longo do tempo	22
Figura 2 – Vida útil de projeto dos sistemas.	22
Figura 3 – Lixiviação em estruturas de concreto.....	29
Figura 4 – Expansão por sulfato em estruturas de concreto.....	29
Figura 5 – Reação Álcali-Agregado em bloco de fundação de concreto.	30
Figura 6 – Efeito da carbonatação em estruturas de concreto.	31
Figura 7 – Ataque de cloretos em estruturas de concreto.....	31
Figura 8 – Classes de agressividade ambiental (CAA).	33
Figura 9 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.	33
Figura 10 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm.	34
Figura 11 – Fissuras, trincas e rachaduras em estruturas de concreto.....	36
Figura 12 – Pilar degradado pela ação de íons sulfato	37
Figura 13 – Corrosão em laje maciça de concreto armado.....	38
Figura 14 – Corrosão causada pela abertura de fissuras devido à ação de cloretos.	39
Figura 15 – Corrosão causada pela carbonatação do concreto.....	40
Figura 16 – Problemas causados pela lixiviação do concreto	41
Figura 17 – Ninhos de concretagem em pilar.....	42
Figura 18 – Manifestações patológicas encontradas	46
Figura 19 – Manifestações patológicas encontradas	47
Figura 20 – Ocorrência de patologias construtivas em vigas (%).	48
Figura 21 – Ocorrência de patologias construtivas em pilares (%).	48
Figura 22 – Causas de manifestações patológicas.....	49
Figura 23 – Check list da estrutura.....	50
Figura 24 – Rachadura do pilar do forro do elevador.....	50
Figura 25 – Rachadura da viga do hall de entrada.	50
Figura 26 – Incidência das manifestações patológicas nas estruturas de concreto para o Estado do Ceará	52
Figura 27 – Localização das Edificações.	56
Figura 28 – Pilar com armadura exposta e corrosão.	59
Figura 29 – Fissura longitudinal em pilar.....	59
Figura 30 – Infiltração em laje.	59

Figura 31 – Infiltração em laje.	59
Figura 32 – Fissura em pilar de concreto.	61
Figura 33 – Fissura em pilar de concreto.	61
Figura 34 – Fissura em pilar de concreto.	61
Figura 35 – Fissura em pilar.	61
Figura 36 – Deslocamento em laje e viga.	61
Figura 37 – Fissura em laje de concreto armado.	63
Figura 38 – Fissura em laje de concreto armado.	63
Figura 39 – Fissura em viga de concreto armado.	63
Figura 40 – Fissura em viga de concreto armado.	63
Figura 41 – Pilar com armadura exposta.	65
Figura 42 – Pilar com armadura exposta.	65
Figura 43 – Deslocamento em viga e laje de concreto.	65
Figura 44 – Fissura em viga de concreto armado.	65
Figura 45 – Fissura em pilar de concreto.	67
Figura 46 – Fissura em pilar de concreto.	67
Figura 47 – Fissura em pilar de concreto.	67
Figura 48 – Fissura em viga de concreto armado.	67
Figura 49 – Fissura em viga de concreto armado.	67
Figura 50 – Fissura em laje de concreto armado.	69
Figura 51 – Fissura em laje de concreto armado.	69
Figura 52 – Fissura em pilar de concreto armado.	69
Figura 53 – Fissura em pilar de concreto armado.	69
Figura 54 – Fissura vertical em encontro de alvenarias.	71
Figura 55 – Fissura vertical em encontro de alvenarias s.	71
Figura 56 – Fissura em alvenaria no canto de janela.	71
Figura 57 – Fissura a 45° na arquibancada.	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Aracati..	58
Gráfico 2 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Caucaia.	60
Gráfico 3 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Crato. ...	62
Gráfico 4 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Fortaleza.....	64
Gráfico 5 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Iguatu...	66
Gráfico 6 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - Juazeiro.	68
Gráfico 7 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto - São Gonçalo do Amarante.....	70
Gráfico 8 – Localização das Edificações.....	72
Gráfico 9 – Percentual das ocorrências das manifestações patológicas nas estruturas de concreto.	74
Gráfico 10 – Percentual das ocorrências das manifestações patológicas nas estruturas de concreto..	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Periodicidade das atividades de manutenção preventiva.....	25
Quadro 2 – Verificação das estruturas e Prazo de garantia recomendado.....	26
Quadro 3 – Dimensões das anomalias	35
Quadro 4 – Periodicidade de vistoria técnica das edificações de Fortaleza	43
Quadro 5 – Processo metodológico empregado na pesquisa.....	54
Quadro 6 – Dados construtivos das edificações comerciais analisadas	57
Quadro 7 – Localidade das Edificações / Manifestações Patológicas Existentes	73
Quadro 8 – Localidade das Edificações / Manifestações Patológicas Existentes	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivos	18
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	18
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
1.3 Estrutura do trabalho	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Concreto	20
2.1.1 <i>Durabilidade</i>	21
2.1.2 <i>Vida útil</i>	21
2.2 Falhas no processo de construção	23
2.2.1 <i>Erros de projeto</i>	23
2.2.2 <i>Qualidade dos materiais</i>	24
2.2.3 <i>Falhas de execução</i>	24
2.3 Utilização das edificações	24
2.4 Manutenção das edificações	26
2.5 Deterioração da estrutura de concreto	28
2.5.1 <i>Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto</i>	28
2.5.1.1 <i>Lixiviação</i>	28
2.5.1.2 <i>Expansão por sulfato</i>	29
2.5.1.3 <i>Reação álcali-agregado</i>	30
2.5.2 <i>Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura</i>	30
2.5.2.1 <i>Despassivação por carbonatação</i>	30
2.5.2.2 <i>Despassivação por ação de cloretos</i>	31
2.5.3 <i>Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita</i>	32
2.5.4 <i>Agressividade do ambiente</i>	32
2.6 Manifestações patológicas nas estruturas de concreto	34
2.6.1 <i>Fissuras, trincas e rachaduras</i>	35
2.6.2 <i>Ataque por sulfatos</i>	36
2.6.3 <i>Corrosão de armaduras</i>	37
2.6.3.1 <i>Ataque por cloretos</i>	38
2.6.3.2 <i>Ataque por carbonatação</i>	39

2.6.4 Eflorescência	40
2.6.5 Ninhos de concretagem	41
2.7 Inspeção predial.....	42
2.8 Outros trabalhos realizados na área.....	45
2.8.1 Análise das principais manifestações patológicas em edificações da cidade de Angicos-RN	45
2.8.2 Análise multicritérios aplicados a manifestações patológicas de um edifício público ...	46
2.8.3 Determinação da ordem de prioridade das intervenções corretivas das manifestações patológicas de um edifício residencial em Vitória-ES	49
2.8.4 Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no Estado do Ceará.....	51
3 METODOLOGIA.....	53
3.1 Natureza da pesquisa.....	53
3.2 Tipologia da pesquisa	54
3.3 Delineamento da pesquisa	54
3.4 Análise de dados.....	54
3.5 Metodologia da Análise dos Laudos.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1 Caracterização da Amostra.....	57
4.2 Identificação das Manifestações Patológicas nas estruturas das edificações comerciais no Estado do Ceará	58
4.2.1 Edificação Comercial Aracati.....	58
4.2.2 Edificação Comercial Caucaia	60
4.2.3 Edificação Comercial Crato.....	62
4.2.4 Edificação Comercial Fortaleza	64
4.2.5 Edificação Comercial Iguatu.....	66
4.2.6 Edificação Comercial Juazeiro	68
4.2.7 Edificação Comercial São Gonçalo do Amarante	70
4.2.8 Localização das Edificações	71
4.3 Análise de Resultados e Discussões	72
4.4. Análise Comparativa com Outras Pesquisas.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto são bastante utilizadas na construção civil, com relevante importância no desenvolvimento do segmento no Brasil e no mundo devido, principalmente, à sua versatilidade na execução, oferta de mão de obra e relação custo/benefício atrativa.

Segundo Mehta e Monteiro (2014) a importância do concreto está relacionada a três razões principais, sendo: a excelente resistência à água; variedade de formas e tamanhos que o concreto pode assumir e o baixo custo com rápida disponibilidade do material para uma obra.

Segundo Agopyan (2012), o concreto é o segundo material mais consumido no mundo, maior até que o próprio consumo de alimentos, perdendo apenas para o consumo de água. Ficando assim comprovada a sua utilização e importância na geração de empregos no setor da construção civil no Brasil no mundo, já que é um tipo de material que existe disponibilidade de oferta em quase todos os lugares.

As estruturas de concreto estão sujeitas à ação de vários fatores que implicarão numa menor ou maior vida útil levando em consideração os tipos de materiais e as proporções utilizadas na sua composição, ou seja, os componentes usados na formulação do traço como tipo e quantidade de cimento (conforme a classe de agressividade da região que será construído), qualidade dos agregados (grauído e miúdo), qualidade e quantidade de água conforme a relação água cimento (a/c) e espessura do revestimento da armadura que determinarão a resistência do concreto que deseja atingir e o tempo de durabilidade da estrutura a ser construída.

Segundo a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), o conceito de Durabilidade “Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

De acordo com o *ACI Concrete Terminology*, a durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como sua capacidade de resistir à ação de intempéries, ataque químico, abrasão, e outras condições de serviço (MEHTA, 2014).

A durabilidade das estruturas de concreto tem muita relevância, levando em consideração os vários aspectos já mencionados até aqui, pois uma construção que apresenta um maior tempo de vida útil representa menor quantidade de recursos naturais a serem

utilizados na execução de novos empreendimentos e, com isto, pode-se determinar o aspecto sustentável dessas edificações.

Mesmo considerando a resistência das estruturas de concreto, estas devem passar por manutenções periódicas para garantir uma maior durabilidade e, conseqüentemente, sua maior vida útil construtiva, sendo estas manutenções de caráter preventivo e corretivo.

A Manutenção de caráter preventivo deverá ocorrer periodicamente conforme pré-estabelecido pelo engenheiro projetista e documentado na forma de manual de utilização, inspeção e manutenção, conforme consta na NBR 6118 (ABNT, 2014), item 25.3, que deverá ser entregue ao proprietário da unidade residencial pela construtora executora da construção, no ato da entrega/recebimento da obra.

Deve-se ainda serem observados os períodos e os tipos de intervenções preventivas para garantir a vida útil de projeto determinada pela construtora sendo esta responsabilidade, tanto do proprietário da unidade autônoma, como também do síndico (quando se tratar de condomínios), para ações de manutenções preventivas nas áreas comuns da edificação e, principalmente, nos elementos estruturais como pilares, vigas e lajes NBR 6118 (ABNT, 2014).

Já a segunda (manutenção corretiva), deve ser realizada quando as intervenções prediais não ocorrem de acordo com a programação e prazos estabelecidos no manual de manutenções abordado anteriormente, as estruturas de concreto começam a sofrerem ataques de várias naturezas, devido à exposição aos fatores ambientais, processos químicos e físicos que favorecem o surgimento de manifestações patológicas, sendo essas patologias decorrentes na maioria das vezes em função de erros de planejamento, má escolha dos materiais utilizados na obra e falhas durante a execução.

O surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura está relacionado a diversos fatores, sendo muitas vezes decorrência de um conjunto destes, que acabam por desencadear em anomalias na edificação (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

As manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas de concreto que ocasionam a sua deterioração são, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014): lixiviação, expansão por sulfato, reação álcali-agregado, despassivação por carbonatação, despassivação por ação de cloretos, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, bem como as diversas ações que atuam sobre a estrutura.

Desta forma deve-se ocorrer inicialmente a inspeção predial por profissional habilitado que deverá realizar diagnóstico preliminar com verificação visual da edificação, identificando e quantificando as patologias encontradas nas estruturas de concreto.

1.1 Justificativa

Acidentes e possíveis colapsos das estruturas de concreto devem ser evitados, como a tragédia do Edifício Andrea que ocorreu recentemente na cidade Fortaleza. O desabamento do Edifício Andrea ocorreu em 15 de outubro de 2019. O prédio estava localizado no cruzamento da Rua Tibúrcio Cavalcante com Rua Tomás Acioli no bairro Dionísio Torres, zona nobre de Fortaleza, no Ceará, segundo a Prefeitura de Fortaleza o prédio estava em situação irregular (PORTAL G1/CE, 2019).

A segurança do usuário deve ser garantida através da realização de manutenções periódicas tanto preventivas (que estabelece um incremento do tempo de utilização em anos, aumentando a sua vida útil) e/ou corretivas quando ocorrerem sinais de alarme indicativos de patologias na estrutura, além da redução dos custos de manutenções corretivas e realizar as manutenções preventivas periódicas, conforme estabelecido pela norma, reduzindo sobremaneira o impacto financeiro na gestão das manutenções a serem executadas pelos proprietários e/ou responsáveis.

As manutenções periódicas quando não realizadas juntamente com as possíveis falhas de projeto, utilização de materiais e execução da obra, poderão levar ao surgimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto das edificações.

Apesar de imprescindíveis, estas ações preventivas são muitas vezes deixadas de lado, causando diversos problemas nas edificações. Dentre estes, a corrosão das armaduras é a principal manifestação patológica em estruturas de concreto armado, com consequência direta para a estabilidade estrutural. Sua causa ocorre pela perda da camada passivadora do concreto armado, com ação de agentes agressivos, como cloretos, ou por carbonatação. Apesar da causa ser externa, um bom programa de manutenção da estrutura e o atendimento aos requisitos de projeto, como tipo de concreto e cobrimento adequado, são capazes de manter a integridade da camada passivadora do concreto, contribuindo para evitar este problema (TEIXEIRA et al, 2018, CBPAT, p. 593).

Esse trabalho foi idealizado com foco no levantamento de manifestações patológicas em edificações comerciais, devido à execução de inspeções prediais realizadas em imóveis desta natureza em determinadas cidades do Estado do Ceará, que disponibilizaram dados relevantes à análise proposta e a elaboração de um estudo comparativo entre elas.

De acordo com a justificativa acima exposta, surge a seguinte questão de pesquisa: Quais as manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência em edificações comerciais no Ceará?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as manifestações patológicas das estruturas de concreto, um estudo multi-caso das edificações comerciais do Ceará.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os tipos de manifestações patológicas que ocorrem em cada edificação.
- b) Analisar qual a incidência de cada manifestação patológica em relação aos laudos técnicos de inspeções prediais analisados.
- c) Comparar a incidência de cada manifestação patológica em relação a outros trabalhos realizados.

1.3 Estrutura do trabalho

Dentro do contexto apresentado anteriormente esse trabalho foi dividido em seções, para um melhor entendimento do conteúdo, através de uma sequência lógica do assunto abordado.

Inicia-se pela primeira seção que é a introdução, apresentando ao leitor os motivos que vieram dar sentido ao desenvolvimento deste trabalho, abordando a justificativa, a problemática, objetivo geral e os objetivos específicos.

Na segunda seção é encontrado o referencial teórico que aborda os assuntos relacionados à pesquisa realizada, sendo dividido entre as normas técnicas, vida útil/durabilidade do concreto, falhas no processo construtivo, utilização e manutenção das edificações, deterioração do concreto, manifestações patológicas, inspeção predial e outros trabalhos realizados na área.

A metodologia se encontra na terceira seção, havendo o detalhamento do método de pesquisa para conhecimento dos objetivos planejados, sendo demonstrado qual tipo de pesquisa foi utilizada nesse estudo.

Os resultados encontrados são apresentados na quarta seção e dizem respeito aos dados levantados durante a realização dos serviços de inspeções prediais executados nas edificações estudadas.

Por último, na quinta seção são encontradas as conclusões da pesquisa, onde estas foram determinadas após análise, levando em consideração os resultados encontrados durante o desenvolvimento deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a parte conceitual do assunto abordado nesta pesquisa, apresentando ao leitor a parte teórica que respalda o trabalho desenvolvido, se utilizando do conhecimento de profissionais da área para, ao final, entregar um produto confiável e com qualidade para a posteridade.

São comentadas as características do concreto, as possíveis falhas de execução das estruturas de concreto desde a sua concepção na fase de projeto como durante todo o processo construtivo se estendendo até as fases de utilização e manutenção.

Ocorre a utilização de várias normas, artigos, outros projetos de pesquisas e demais materiais que contenham conteúdos de relevância para o tema abordado neste trabalho e sejam essenciais para garantir a qualidade esperada na sua conclusão.

2.1 Concreto

Segundo Porto (2015, p. 18 apud MOTTA, 2019) o concreto é um material bastante utilizado na construção civil e resulta da mistura de agregados miúdos (areia natural ou artificial), agregados graúdos (pedras provenientes de britamento, pedregulhos e seixos rolados), água e aglomerantes (cimento), podendo ainda ter adições minerais e aditivos (fibras, aceleradores, retardadores, corantes) com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

O concreto é o material mais utilizado no mundo para construções e isso se deve além das características de resistência e durabilidade, muito provavelmente pela facilidade de ser encontrado os seus componentes em vários pontos comerciais em praticamente todos os locais habitados e aliado às técnicas construtivas já bem difundidas com disponibilidade de mão de obra sem muita dificuldade de ser arregimentada.

Ainda segundo Porto (2015, p.18 apud MOTTA, 2019) o uso do concreto simples é limitado, por ser um material que apresenta alta resistência à compressão e baixa resistência à tração. Devido à necessidade de se obter um material capaz de resistir às tensões de tração atuantes nas estruturas, surge o concreto armado, que possui em seu interior barras de aço.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a aderência destes materiais é responsável pelo comportamento estrutural, agindo solidariamente aos esforços solicitantes.

2.1.1 Durabilidade

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), durabilidade consiste na capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), “nenhum material é propriamente durável”. Os materiais sofrem interações com o meio ambiente e ocorrem mudanças nas suas propriedades no decorrer do tempo, onde se atinge o final de sua vida útil quando tiver se deteriorado ao ponto que não seja mais viável economicamente a sua recuperação ou não pode ser utilizado com segurança pelo usuário.

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), durabilidade é a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo e sob condições de exposição, de uso e manutenção previstos em projeto, construção e no manual de uso e manutenção.

2.1.2 Vida útil

A vida útil refere-se ao período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais, conforme indicado na NBR 6118 (ABNT, 2014).

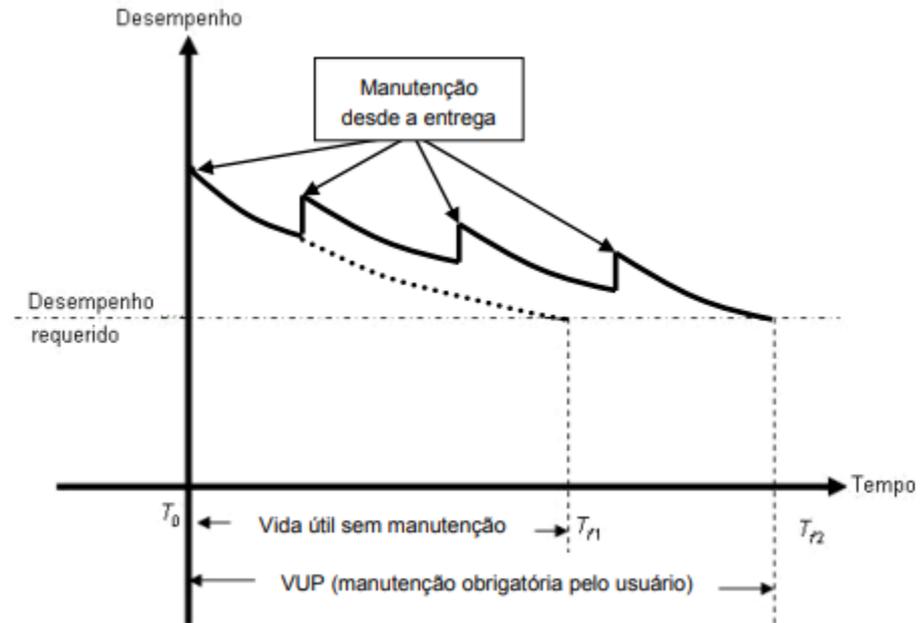
Geralmente, a vida útil de projeto corresponde ao tempo que vai até a despassivação da armadura, momento em que se inicia o processo de corrosão. Normalmente esse é o tempo necessário para que a frente de carbonatação ou a frente de cloretos atinja a armadura (ARAÚJO, 2014, p. 58).

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), a vida útil é o período em que um edifício ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho esperados, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados.

Pode-se observar na Figura 1 abaixo, o efeito das ações de manutenção nas edificações, que devem ser realizadas periodicamente para obterem os resultados esperados, pois, com o passar do tempo o desempenho das estruturas vai diminuindo, criando a

necessidade de intervenções de recuperação que refletem no ganho num incremento de desempenho das estruturas aumentando a sua vida útil, podendo-se comparar as duas situações a seguir.

Figura 1 – Desempenho ao longo do tempo



Cada componente da edificação tem uma vida útil a ser considerada quando se está elaborando o projeto para sua construção. Segundo a Figura 2, que segue logo abaixo, estão indicados os intervalos com os valores mínimo e superior para cada sistema, porém esses períodos de tempo levam em consideração que os usuários estão cumprindo os programas de manutenção, segundo a NBR 5674 (ABNT, 2012), considerando as instruções do manual de uso, operação e manutenção e recomendações técnicas das inspeções prediais.

Figura 2 – Vida útil de projeto dos sistemas

Sistema	VUP anos	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à norma ABNT NBR 14037.

Fonte – NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

2.2 Falhas no processo de construção

Segundo o IBAPE/SP (2012) as anomalias e falhas constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho real ou futuro dos elementos e sistemas construtivos, e redução de sua vida útil projetada. Essas falhas podem vir a comprometer as estruturas quanto à segurança; funcionalidade; operacionalidade; saúde de usuários; conforto térmico, acústico e lumínico; acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros de desempenho definidos na ABNT NBR 15575.

As não conformidades podem estar relacionadas a desvios técnicos e de qualidade da construção e/ou manutenção da edificação. Podem, ainda, não atender aos parâmetros de conformidade previstos para os sistemas construtivos e equipamentos instalados, tais como: dados e recomendações dos fabricantes, manuais técnicos em geral, projetos e memoriais descritivos, normas, etc. (IBAPE/SP, 2012, p. 11).

Segundo Couto (2007) as falhas construtivas encontradas nas estruturas de concreto existentes se devem, principalmente, há existências de erros que acontecem no decorrer das várias etapas que compõem o processo construtivo das estruturas, desde a fase de elaboração do projeto até o final de sua execução, permanecendo durante toda a sua vida útil.

Segundo Menezes (2020) essas falhas podem vir a ocorrer devido a um mau lançamento do concreto da estrutura, erro durante a execução do anteprojeto ou ainda na elaboração do projeto de execução da obra.

2.2.1 Erros de projeto

Podem ocorrer erros durante a elaboração do projeto desde falhas no processo de dimensionamento das cargas (permanentes e acidentais) que irão atuar nas estruturas, através de subdimensionamento dos elementos estruturais que acarretará insegurança para o usuário e possibilidade de danos e colapsos.

Erros ainda podem ser cometidos nas especificações dos materiais a serem utilizados como utilização de tipo de cimento não recomendado para determinada região sujeita a uma classe de agressividade que necessita de maior resistência, como também por uma relação água x cimento maior que o necessário reduzindo a resistência do concreto ou, ainda, um cobrimento de menor dimensão. Todos esses fatores devem ser bem observados pelo engenheiro projetista, pois a região onde está inserida a obra que será construída deve ser levada em consideração para favorecer uma vida útil da edificação pelo mínimo de 50 anos, segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

2.2.2 Qualidade dos materiais

Os materiais utilizados também são muito importantes para o sucesso na execução da edificação, pois, além de serem dimensionadas pelo engenheiro projetista para atenderem aos esforços a que as estruturas devem suportar, conforme as especificações requeridas para o projeto devem ter qualidade garantida pelo fornecedor dos materiais que deverá entregar de acordo com o estabelecido e preconizado pela NBR 12655 (ABNT, 2015), que versa sobre o controle tecnológico de materiais componentes do concreto.

A construtora deve realizar o recebimento dos materiais de composição do concreto quando este é fabricado na própria obra, verificando a sua qualidade e dimensões dos agregados atestando conforme as especificações do projeto ou quando o concreto é usinado, realizar o recebimento na obra durante o período correto e realizar o ensaio de abatimento para verificação dos parâmetros e elaboração dos corpos-de-prova (CP) para realização dos testes de resistência à compressão. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), os responsáveis pelo recebimento e pela aceitação do concreto são o proprietário da obra e o responsável técnico pela obra, designado pelo proprietário.

2.2.3 Falhas de execução

Durante a obra há vários momentos que podem ocorrer erros de execução, mesmo não existindo falhas no projeto e os materiais utilizados sendo de primeira qualidade, poderão ocorrer problemas nessa etapa que podem comprometer o desempenho das estruturas de concreto e, portanto, toda a edificação.

Mesmo havendo um bom controle de materiais, mas utilizando um concreto que já não atende aos requisitos da norma de desempenho, como ter sido fabricado a mais de 150 minutos ou um mau lançamento do concreto a uma altura maior que 2 metros, como exemplos, irão ocasionar falhas graves nos elementos estruturais (MENEZES, 2020).

2.3 Utilização das edificações

Por muitas vezes as edificações têm sido utilizadas de maneira a provocar uma redução na sua vida útil, através da diminuição da durabilidade a partir do momento em que os responsáveis que tem a obrigação de realizarem as devidas intervenções nos períodos previstos não as fazem.

Segundo Menezes (2020), existe, de certa forma, por parte dos proprietários ou responsáveis pelos imóveis ou unidades habitacionais, um negligenciamento na realização das

intervenções que deveriam ocorrer periodicamente, mas nem sempre são realizadas às vezes por falta de conhecimento. Como se pode observar no Quadro 1, existe um prazo mínimo para que sejam verificados cada item nas construções.

Quadro 1 – Periodicidade das atividades de manutenção preventiva

ITEM		Descrição do Serviço de Manutenção	Periodicidade
Esquadrias de alumínio		Limpeza geral	1 vez ao ano
Impermeabilização		Inspecionar rejunte dos pisos cerâmicos, ralos e peças sanitárias.	1 vez ao ano
		Inspecionar camada drenante dos jardins	1 vez ao ano
Estruturas / Paredes		Repintar áreas privativas	A cada 3 anos
		Repintar áreas comuns	
		Repintar fachadas da edificação	
Instalações Hidráulicas / Louças / Metais		Verificar ralos e sifões das louças, tanques e pias	A cada 6 meses
		Trocar as buchas das torneiras e dos registros de pressão	1 vez ao ano
		Limpar os aeradores	A cada 6 meses
		Limpar e verificar os mecanismos de descarga	A cada 6 meses
		Verificar gaxeta e a estanqueidade dos registros de gaveta	A cada 3 anos
		Verificar a estanqueidade da válvula de descarga e torneiras	A cada 5 anos
		Limpar o crivo do chuveiro	1 vez ao ano
Instalação Elétrica	QDC	Reapertar todas as conexões	1 vez ao ano
		Testar o disjuntor DR	1 vez ao ano
	Tomadas, interruptores, pontos de luz	Reapertar conexões e verificar o estado dos contatos elétricos, substituindo peças que apresentarem desgaste	A cada 2 anos

Fonte – DARDENGO, 2010 – Adaptado pelo autor

O desempenho dos sistemas que compõem a edificação durante a sua vida útil está condicionado ao uso para o qual foi projetado, à execução da obra de acordo com as normas, à utilização de elementos e componentes sem defeito de fabricação e à implementação de programas de manutenção corretiva e preventiva no pós-obra, conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a contagem dos prazos de garantia indicados no Quadro 2 inicia-se a partir da expedição do “Habite-se” ou “Auto de Conclusão”, ou outro documento legal que ateste a conclusão das obras.

Quadro 2 – Verificação das estruturas e Prazo de garantia recomendado

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Verificação	Prazo de garantia
Fundações, estrutura principal, estruturas periféricas, contenções e arrimos	Segurança e estabilidade global Estanqueidade de fundações e contenções	5 anos
Paredes de vedação, estruturas auxiliares, estruturas de cobertura, estrutura das escadarias internas ou externas, guarda-corpos, muros de divisa e telhados	Segurança e integridade	5 anos
Impermeabilização	Estanqueidade	5 anos
Instalações hidráulicas - colunas de água fria, colunas de água quente, tubos de queda de esgoto Instalações de gás - colunas de gás	Integridade e estanqueidade	5 anos
Revestimentos de paredes, pisos e tetos internos e externos em argamassa/gesso liso/ componentes de gesso para <i>drywall</i>	Estanqueidade de fachadas e pisos em áreas molhadas	3 anos
Instalações hidráulicas e gás coletores/ramais/louças/caixas de descarga/bancadas/metais/sanitários/sifões/ligações flexíveis/ válvulas/registros/ralos/tanques	Instalação	3 anos
Revestimentos de paredes, pisos e teto em pedras naturais (mármore, granito e outros)	Estanqueidade de fachadas e pisos em áreas molhadas	2 anos
Pintura	Empolamento, descascamento, esfarelamento, alteração de cor ou deterioração de acabamento	2 anos
Esquadrias de alumínio e de PVC	Borrachas, escovas, articulações, fechos e roldanas	2 anos
Fechaduras e ferragens em geral	Funcionamento Acabamento	1 ano
Selantes, componentes de juntas e rejuntamentos	Aderência	1 ano

Fonte – NBR 15575-1 (ABNT, 2013) – Adaptado pelo autor

2.4 Manutenção das edificações

Na cidade de Fortaleza foi publicada a Lei Nº 9913 de 16 de julho de 2012, que está completando 10 anos, que “dispõe sobre obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados no âmbito do

Município de Fortaleza e dá outras providências”. Esta Lei foi criada devida a ocorrência com frequência de eventos de problemas estruturais em edificações e colapsos ocorridos na cidade, vindo para regular um fluxo necessário de serviços de recuperação construtiva que era pouco frequente na cidade.

Conforme a NBR 5674 (ABNT, 2012), as atividades essenciais de manutenção de uma edificação devem ocorrer com a determinação da sua periodicidade, indicação dos responsáveis pela execução, documentos de referência, referências normativas e recursos necessários para sua realização, referente aos sistemas e/ou aos elementos, componentes e equipamentos.

Deve-se ainda considerar projetos, memoriais, orientação dos fornecedores e manual de uso, operação e manutenção (quando houver), considerando ainda, segundo a NBR 5674 (ABNT, 2012), as seguintes características específicas, como:

- a) tipologia, complexidade e regime de uso da edificação;
- b) sistemas, materiais e equipamentos;
- c) idade das edificações;
- d) expectativa de durabilidade dos sistemas, quando aplicável aos elementos e componentes, devendo atender à NBR 15575-1 (ABNT, 2013) quando aplicável;
- e) relatórios das inspeções, constando comparativos entre as metas previstas e as metas efetivas, tanto físicas como financeiras;
- f) relatórios das inspeções constando as não conformidades encontradas;
- g) relatórios das inspeções sobre as ações corretivas e preventivas;
- h) solicitações e reclamações dos usuários ou proprietários;
- i) histórico das manutenções realizadas;
- j) rastreabilidade dos serviços;
- k) impactos referentes às condições climáticas e ambientais do local da edificação;
- l) escala de prioridades entre os diversos serviços; e
- m) previsão financeira.

Segundo Pinto e Nascif (2012), a manutenção das edificações é classificada conforme se pode observar a seguir:

- a) Manutenção preventiva – uma ação que é realizada com o objetivo de diminuir ou evitar que ocorram falhas ou redução no desempenho das estruturas, conforme estabelecido em plano de manutenção prévio com periodicidade pré-determinada;

b) Manutenção preditiva – tem como objetivo prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível.

c) Manutenção detectiva – ação efetuada pelo profissional vistoriador com a finalidade de detectar falhas ocultas ou não perceptíveis à operação ou à equipe de manutenção na edificação inspecionada;

d) Manutenção corretiva – ocorre a intervenção por equipe especializada para correção de falha do sistema ou melhorar o desempenho do mesmo quando seu funcionamento estiver comprometido;

2.5 Deterioração da estrutura de concreto

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), os mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura de concreto que devem ser considerados, ao menos, os relacionados abaixo, conforme existente na norma e transcritos aqui dos subitens 2.5.1 a 2.5.4:

2.5.1 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

Como dito acima, nesta subseção são descritos os mecanismos de envelhecimento e deterioração mínimos das estruturas de concreto que devem ser observados e levados em consideração durante a avaliação estrutural no decorrer da realização das inspeções prediais.

2.5.1.1 Lixiviação

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) é o mecanismo responsável por dissolver e carrear os compostos hidratados da pasta de cimento por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas e outras, podendo ser visualizado na Figura 3. Para prevenir sua ocorrência, recomenda-se restringir a fissuração, de forma a minimizar a infiltração de água, e proteger as superfícies expostas com produtos específicos, como os hidrófugos.

Figura 3 – Lixiviação em estruturas de concreto.



Fonte: totalconstrucao.com.br.

2.5.1.2 Expansão por sulfato

É a expansão por ação de águas ou solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado. A prevenção pode ser feita pelo uso de cimento resistente a sulfatos, conforme a NBR 5737 (ABNT, 1992). Na Figura 4 encontra-se este tipo de fenômeno que pode ocorrer nas estruturas de concreto.

Figura 4 – Expansão por sulfato em estruturas de concreto.



Fonte: sasolucoes.com.br.

2.5.1.3 Reação álcali-agregado

É a expansão por ação das reações entre os álcalis do concreto e agregados reativos. Na Figura 5 encontra-se um bloco de fundação de concreto que sofreu ataque da reação álcali-agregado. O projetista deve identificar no projeto o tipo de elemento estrutural e sua situação quanto à presença de água, bem como deve recomendar as medidas preventivas, quando necessárias, de acordo com a NBR 15577-1 (ABNT, 2018).

Figura 5 – Reação Álcali-Agregado em bloco de fundação de concreto.



Fonte: hfdantas.com.br.

2.5.2. Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura

Nesta subseção são relacionados os mecanismos que afetam a armadura da estrutura de concreto, comprometendo a seção do aço existente, comprometendo a estabilidade da edificação e a segurança do usuário.

2.5.2.1 Despassivação por carbonatação

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) é a despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera sobre o aço da armadura. As medidas preventivas consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto. O cobrimento das armaduras e o controle da fissuração minimizam este efeito, sendo recomendável um concreto de baixa porosidade. De acordo com a Figura 6, se pode visualizar o efeito ocasionado pela carbonatação nas estruturas de concreto.

Figura 6 – Efeito da carbonatação em estruturas de concreto.



Fonte: tecnosilbr.com.br.

2.5.2.2 Despassivação por ação de cloretos

Consiste na ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro. As medidas preventivas consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto. O cobrimento das armaduras e o controle da fissuração minimizam este efeito, sendo recomendável o uso de um concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto com adição de escória ou material pozolânico é também recomendável nestes casos, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Figura 7 – Ataque de cloretos em estruturas de concreto.



Fonte: sienge.com.br.

2.5.3 Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) são todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, bem como as diversas ações que atuam sobre a estrutura. Sua prevenção requer medidas específicas, que devem ser observadas em projeto, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) ou Normas Brasileiras específicas. Alguns exemplos de medidas preventivas são dados a seguir:

- barreiras protetoras em pilares (de viadutos pontes e outros) sujeitos a choques mecânicos;
- período de cura após a concretagem;
- juntas de dilatação em estruturas sujeitas a variações volumétricas;
- isolamentos isotérmicos, em casos específicos, para prevenir patologias devidas a variações térmicas.

2.5.4 Agressividade do ambiente

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Figura 3 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

O responsável pelo projeto estrutural, de posse de dados relativos ao ambiente em que será construída a estrutura, pode considerar classificação mais agressiva que a estabelecida na Figura 8.

Figura 8 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Devido a essa relação entre a classe de agressividade existente para cada localidade, que deve ser considerada para a escolha dos tipos de materiais utilizados para a composição do concreto, principalmente a relação água/cimento e a resistência do concreto a ser definido, como pode ser observado na Figura 9 a seguir, sendo fator preponderante para prolongar a vida útil da estrutura.

Figura 9 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

NOTAS

1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

O cobrimento da armadura da estrutura de concreto é fator determinante para garantir a vida útil de projeto realizada pelo projetista, já que este vai proporcionar à estrutura uma maior proteção do aço que manterá o seu desempenho por mais tempo, estando protegido

da ação atuante dos fatores de deterioração. Assim, pode-se verificar que para cada tipo de estrutura, haverá os elementos estruturais que serão dimensionados através da Figura 10, que vem a seguir.

Figura 10 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.6 Manifestações patológicas nas estruturas de concreto

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), manifestação patológica é a ocorrência resultante de um mecanismo de degradação da estrutura. Sinais ou sintomas decorrentes da existência de mecanismos ou processos de degradação de materiais, componentes ou sistemas, que contribuem ou atuam no sentido de reduzir seu desempenho.

Os problemas patológicos apresentam, usualmente, manifestação externa característica. Estes sintomas são denominados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas. Para Helene (1992), os sintomas mais corriqueiros e de maior incidência nas estruturas de concreto são as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de armaduras e os ninhos de concretagem. Os agentes causadores dos problemas patológicos podem ser os mais diversos como, por exemplo, cargas, variação da umidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos, dentre outros (DAMASCENO, I.I.R. et al, 2018, p.3).

Segundo Bauer (1994) além das principais anomalias ou falhas existentes citadas em laudos de inspeções prediais realizadas, pode-se ainda destacar as seguintes manifestações abaixo:

- a) Desagregação ou deterioração dos materiais, partes soltas ou quebradas;

- b) Assentamento de peças inadequado: não utilização de linhas de referência, espaçadores plásticos para juntas, ferramentas para ou cortes não cobertos por acabamentos hidráulicas/ elétricos;
- c) Formação de fissuras por: sobrecargas, movimentações estruturais ou falhas construtivas;
- d) Caimento inadequado nas áreas molhadas;
- e) Som cavo;
- f) Infiltração de umidade;
- g) Desenvolvimento de organismos biológicos;
- h) Manchas ou descoloração do revestimento.

2.6.1 Fissuras, trincas e rachaduras

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o risco e a evolução da corrosão do aço na região das fissuras de flexão transversais à armadura principal dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura.

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração, mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e a aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014 p. 79).

Segundo Gonçalves (2015), podem ocorrer divergências entre os termos fissura, trinca e rachadura, porém deve-se compreender que as trincas são semelhantes às fissuras quanto ao tratamento, sendo diferenciadas pela dimensão das mesmas, onde as trincas possuem aberturas superiores a 0,5 mm e as rachaduras diferem das demais por possuírem abertura acentuada e profunda, com dimensão superior a 1 mm.

Cada anomalia tem uma dimensão específica, com uma faixa de variação das aberturas que determina o seu devido enquadramento, conforme pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Dimensões das anomalias.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	0,5 – 1,5
Rachadura	1,5 – 5,0

Fenda	5,0 – 10,0
Brecha	> 10,0

Fonte: UFMG - Adaptado pelo autor.

Na Figura 11, logo a seguir, foram colocadas as imagens referentes às dimensões das aberturas das fissuras, trincas e rachaduras ficando visualmente clara a diferenciação da ocorrência delas nas estruturas de concreto.

Figura 11 – Fissuras, trincas e rachaduras em estruturas de concreto.



Fonte: monteseuprojeto.com.br.

2.6.2 Ataque por sulfatos

Segundo Mehta e Monteiro (2014) a maioria dos solos apresenta a presença de alguma forma de sulfato, porém, as quantidades encontradas são inofensivas ao concreto, mas as concentrações de sulfatos encontrados nas águas naturais e industriais tem potencial deletério sobre o concreto.

O ataque por sulfato pode se manifestar na forma de expansão e fissuração do concreto. Quando o concreto fissura, sua permeabilidade aumenta e a água agressiva penetra mais facilmente em seu interior, acelerando, portanto, o processo de deterioração. Algumas vezes, a expansão do concreto pode causar problemas estruturais graves, como o deslocamento de paredes de edificação devido à pressão horizontal de uma laje em expansão. O ataque por sulfato também pode se manifestar na diminuição progressiva da resistência e perda de massa devido à perda da coesão dos produtos de hidratação do cimento (MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M, 2014, p.166).

Segundo Al-Amoudi (1998, apud AMBRÓSIO, 2018), há três modos de deterioração do concreto que geralmente estão associados ao ataque de sulfato:

1) Ocorre a redução progressiva da pasta para uma massa granular, deixando o agregado exposto e levando à perda de resistência. Este modo é atribuído principalmente à formação de gesso.

2) Normalmente é caracterizado por expansão e fissuração, ocorre quando as fases de aluminato hidratado reativo, apresentadas em quantidades suficientes, são atacadas por íons sulfato, formando assim hidrato tricalciosulfo-aluminato, também chamado de etringita ou sal de Candlot.

3) O terceiro modo de ataque de sulfato é o tipo de cebola, que é caracterizado por descamação ou bombardeamento da superfície em camadas sucessivas sob a forma de delaminação de "cebola", sendo esta pouco comum.

Segundo Neville (2013, p. 259), “O concreto atacado por sulfatos tem uma aparência característica, cor esbranquiçada, com a deterioração começando pelas bordas e cantos, seguida por fissuração e lascamento do concreto”.

Pode-se visualizar na Figura 12 abaixo uma estrutura de concreto armado (pilar) de uma edificação, que sofreu um ataque por íons sulfatos e que causaram a sua degradação.

Figura 12 – Pilar degradado pela ação de íons sulfato.



Fonte: ResearchGate.

2.6.3 Corrosão de armaduras

Essa patologia pode ser facilmente identificada através da visualização da expansão do concreto de cobrimento da armadura da estrutura, geralmente combinada com a presença de fissuras.

Segundo Mehta e Monteiro (2014) os danos provocados ao concreto são resultantes da corrosão da armadura na forma de expansão, fissuração e eventual lascamento do concreto de cobrimento.

Segundo Jardim (2019, p. 2 apud CAMPELO, 2021) as causas das manifestações patológicas podem ser oriundas de variação de temperatura, corrosão nas armaduras, por falhas na execução entre outros motivos que ocasionam problemas como fissuras, infiltrações, deterioração da estrutura de concreto armado dentre outros.

A corrosão acontece em vários tipos de estruturas e pode-se verificar na Figura 13 uma laje maciça de concreto armado com a ocorrência de corrosão na tela de aço da armadura.

Figura 13 – Corrosão em laje maciça de concreto armado.



Fonte: Gênova Engenharia.

2.6.3.1 Ataque por cloretos

A ação dos cloretos ocasiona as fissuras na estrutura do concreto armado e através dessas fissuras inicia-se um processo de oxidação do aço da armadura ocasionando a corrosão.

Sabe-se que vários são os parâmetros que interferem nos mecanismos de degradação das estruturas de concreto armado, como temperatura, nível do mar, umidade, regime de ventos e outros. Dentre os mecanismos de degradação, destaca-se a corrosão das armaduras por meio do agente agressor íon cloreto. As estruturas de concreto localizadas em zonas marinhas estão sujeitas a um ambiente que acaba facilitando o desenvolvimento da patologia supracitada, devido à grande quantidade de cloretos. Portanto, obras civis que estejam localizadas próximas ao mar estão mais propícias a sofrer corrosão em suas armaduras cimento (MONTEIRO, N. V. A et al, 2018, p. 4).

Segundo Figueiredo (1994) a penetração de cloretos é proporcional à temperatura, umidade relativa e concentração externa de cloretos e inversamente proporcional à resistência à compressão do concreto, ao tipo de cimento e ao tipo e quantidade de adições minerais. Os principais fatores para a ocorrência de ataques por cloreto é a alta composição de aluminato tricálcio no cimento; a baixa relação a/c favorece o combate ao ataque por cloretos e o grau de saturação dos poros do concreto age de forma direta à penetração.

Em ambientes industriais, esse ataque se torna mais nocivo, pois a atmosfera nessas regiões, geralmente, apresenta altas concentrações de ácido clorídrico, sulfúrico ou nítrico em efluentes da indústria química. A reação dessas substâncias com a pasta de cimento Portland produz sais solúveis de cálcio, como o cloreto de cálcio. Devido à alta solubilidade desses sais, o ataque se torna mais severo, tornando o concreto mais poroso e permeável, e favorece cada vez mais a entrada de mais agentes patológicos (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Na Figura 14 encontramos uma viga de concreto armado com a ocorrência de corrosão na armadura positiva.

Figura 14 – Corrosão causada pela abertura de fissuras devido à ação de cloretos.



Fonte: ASOPE Engenharia, Projeto e Construção Civil.

2.6.3.2 Ataque por carbonatação

Segundo Figueiredo (1994, p. 255 apud RIPPER e SOUZA, 1998) a carbonatação ocorre devido a influência de diversos fatores como os citados logo abaixo:

- a) concentração de CO_2 - quanto maior for a concentração, maior será a carbonatação;
- b) umidade relativa - a umidade relativa ótima é de aproximadamente 60% ocorrendo menores ocorrências de carbonatação para valores inferiores ou superiores a isso;
- c) tamanho dos poros do concreto endurecido - relacionado ao tamanho dos poros estão a relação a/c e as condições de cura. Quanto maior for a relação a/c e quanto menor for o tempo

de cura do concreto, maior será a porosidade e a permeabilidade e maior será o teor de carbonatação.

Segundo o IBRACON (2005) a carbonatação mais frequente é devida ao CO_2 atmosférico, causando a carbonatação dos compostos hidratados do cimento pela redução da concentração do pH do concreto. Dessa reação química é formado o carbonato de cálcio, que tem o pH inferior ao reagente, formando uma frente de carbonatação que penetra na superfície da estrutura podendo atingir a armadura com possibilidade de provocar corrosão da armadura.

Na Figura 15 uma estrutura de concreto armado com a ocorrência de corrosão na tela de aço da armadura.

Figura 15 – Corrosão causada pela carbonatação do concreto.



Fonte: mapadaobra.com.br.

2.6.4 Eflorescência

Segundo Silva et al (2018) para que a eflorescência ocorra são necessários três fatores, são eles a água, o gradiente hidráulico e a presença de sais.

Segundo Lima (2007) essa manifestação patológica ocorre na forma de eflorescência com aparecimento de uma crosta esbranquiçada na superfície da estrutura, devido à dissolução e carreamento do CH até a superfície da estrutura, que é carbonatado pela ação do Dióxido de carbono (CO_2).

Ainda segundo Silva et al (2018) a prevenção da eflorescência se inicia na escolha dos materiais que serão utilizados durante a construção, como não utilizar materiais com alto teor de sais solúveis e deve-se realizar a impermeabilização dos componentes susceptíveis a umidade.

Na Figura 16 uma estrutura de concreto armado está apresentando a ocorrência de lixiviação.

Figura 16 – Problemas causados pela lixiviação do concreto.



Fonte: mapadaobra.com.br.

2.6.5 Ninhos de concretagem

Segundo Soares e Borges (2018) os pilares e vigas podem apresentar segregação dos materiais agregados pela falta de homogeneidade do concreto com a formação de ninhos de concretagem que também são conhecidos por “bicheiras”. Essas manifestações patológicas ocorrem durante o lançamento do concreto e são provenientes da falta de adensamento deste.

Segundo Dardengo (2010) as causas de patologias em virtude de execução podem ser consideradas como consequência do emprego de formas sujas e com restos de argamassa, o não umedecimento ou falta de desmoldantes nas superfícies das formas.

A relação a/c (água/cimento), materiais, deficiência no adensamento, execução, alta concentração de armaduras, consistência do concreto e altura de lançamento, são fatores que contribuem para a ocorrência desse tipo de patologia nas estruturas de concreto (NEVILLE, 1989).

As fôrmas podem ocasionar problemas no concreto, como os ninhos de concretagem, devido à segregação, erro na vibração ou perda de nata de cimento através das juntas da fôrma (DARDENGO, 2010).

Os ninhos de concretagem podem ser observados pela segregação do concreto no momento da desforma como ocorre na Figura 17, onde pode ser verificado no pilar de concreto a separação das fases do concreto e a presença de espaços vazios.

Figura 17 – Ninhos de concretagem em pilar.



Fonte: UFGD

2.7 Inspeção predial

Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE/SP, 2012), a inspeção predial é a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação.

A Inspeção Predial é ferramenta que propicia esta avaliação sistêmica da edificação. Elaborada por profissionais habilitados e devidamente preparados, classifica não conformidades constatadas na edificação quanto a sua origem, grau de risco e indica orientações técnicas necessárias à melhoria da Manutenção dos sistemas e elementos construtivos (IBAPE/SP, 2012, p. 8).

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), as inspeções prediais devem ser realizadas apenas por profissionais habilitados, devidamente registrados nos conselhos profissionais pertinentes e dentro das respectivas atribuições profissionais contempladas na legislação vigente.

A realização da inspeção predial é de responsabilidade e competência exclusiva dos profissionais, engenheiros e arquitetos, legalmente habilitados pelos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia - CREAs, de acordo com a Lei Federal 5194 de 21/12/1966 e

resoluções do CONFEA e Conselhos de Arquitetura e Urbanismo - CAUs - Lei nº 12.378 de 31/12/2010 e resoluções do CAU-BR (IBAPE/SP, 2012).

O profissional habilitado que realizará a inspeção predial, segundo Tutikian e Pacheco (2013) deve definir, em função do prognóstico a se realizar, como ocorrerá a intervenção na edificação, seja através de erradicar a enfermidade, impedir ou controlar sua evolução ou ainda decidir em não intervir.

Primeiramente é necessário examinar as estruturas e descobrir os problemas que podem afetar o seu desempenho. Depois disso é necessário avaliar as consequências destes problemas no desempenho da estrutura e determinar a curva de degradação provável. A terceira fase envolve a seleção da melhor alternativa de intervenção para resolver o problema, priorizando intervenções se necessário. Finalmente, é necessário preparar um programa de intervenções para resolver os problemas, inclusive projetos, de acordo com as prioridades estabelecidas (TUTIKIAN, B.; PACHECO, M, 2013, p. 14).

A Lei Nº 9.913, de 16 de julho de 2012, dispõe sobre obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados no âmbito do Município de Fortaleza/CE e dá outras providências. Essa Lei determina entre outras coisas que as edificações deverão possuir Certificação de Inspeção Predial a ser emitida por órgão municipal competente após apresentação de Laudo de Vistoria Técnica pelo responsável do imóvel, conforme periodicidade estabelecida pela municipalidade da forma que se apresenta no Quadro 4. As edificações abrangidas por esta Lei são as seguintes: as multiresidenciais com 3 ou mais pavimentos; as de uso comercial, industrial, institucional, educacional, recreativo, religioso e de uso misto; as de uso coletivo, públicas ou privadas; as de qualquer uso, desde que representem perigo à coletividade.

Quadro 4 – Periodicidade de vistoria técnica das edificações de Fortaleza.

Idade das Edificações	Periodicidade de Vistoria Técnica
Até 20 anos	A cada 5 anos
21 a 30 anos	A cada 3 anos
31 a 50 anos	A cada 2 anos
>50 anos	1 vez por ano

Fonte: Fortaleza (2012) - Adaptado pelo Autor

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), a vistoria da edificação para constatação das anomalias e falhas de manutenção, uso e operação devem considerar:

- Características construtivas;
- Idade das instalações e da construção e vida útil prevista;
- Exposição ambiental da edificação;
- Agentes (e processos) de degradação (atuantes);
- Expectativa sobre o comportamento em uso.

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), as irregularidades constatadas devem ser classificadas em anomalias ou falhas considerando os seguintes conceitos:

a) as anomalias caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo e são ainda divididas em:

— Endógena ou construtiva: quando perda de desempenho decorre das etapas de projeto e/ou execução;

— Exógena: quando a perda de desempenho se relaciona a fatores externos à edificação, provocados por terceiros;

— Funcional: quando a perda de desempenho se relaciona ao envelhecimento natural e consequente término da vida útil;

b) as falhas caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo, decorrentes do uso, operação e manutenção.

c) como a inspeção predial é uma avaliação sensorial, pode não ser possível classificar em anomalias e falhas a totalidade das irregularidades constatadas e apontadas no desenvolvimento do trabalho. Neste caso, deve o inspetor predial incluir nas recomendações a análise mais aprofundada e específica desta irregularidade.

Segundo o IBAPE/SP (2012) exime-se de qualquer responsabilidade técnica a empresa ou profissional, quando as observações e orientações existentes no Laudo de Inspeção Predial não forem implementadas pelo proprietário ou responsável legal da edificação, bem como por qualquer anomalia e falha decorrente de deficiências de: projeto, execução, especificação de materiais, e/ou deficiência de manutenção ou qualquer outra situação alheia ao trabalho de inspeção procedido. Exime-se ainda, sobre a análise de elementos, componentes, subsistemas e locais onde não foi possível executar a inspeção predial, devendo ser evidenciado pelo profissional em redação específica desses impedimentos no laudo.

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020) as atividades que compõem o procedimento de inspeção predial de uma edificação, devem conter em sua metodologia de execução as seguintes etapas que vem a seguir:

- a) levantamento de dados e documentação;
- b) análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;
- c) anamnese para a identificação de características construtivas da edificação, como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas;
- d) vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes;
- e) classificação das irregularidades constatadas;
- f) recomendação das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos da edificação afetados por falhas de uso operação ou manutenção, anomalias ou manifestações patológicas constatadas e/ou não conformidade com a documentação analisada (considerando, para tanto, o entendimento dos mecanismos de deterioração atuantes e as possíveis causas das falhas, anomalias e manifestações patológicas);
- g) organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;
- h) avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674;
- i) avaliação do uso;
- j) redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

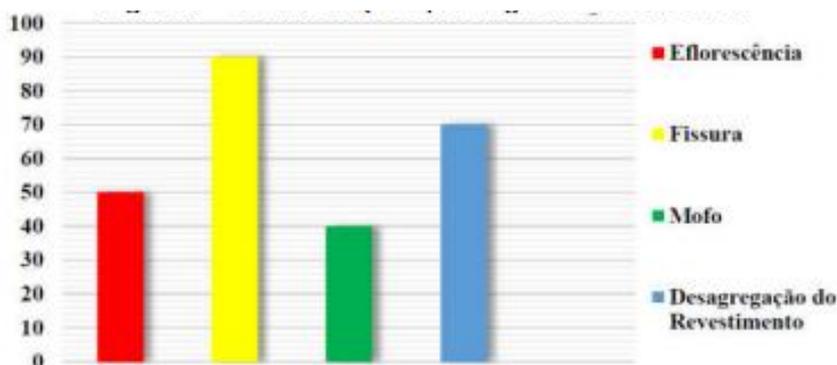
2.8 Outros trabalhos realizados na área

2.8.1 Análise das principais manifestações patológicas em edificações da cidade de Angicos-RN

Segundo SILVA et al (2018) este estudo realizado com manifestações patológicas encontradas em edificações residenciais no município de Angicos-RN, identificando suas prováveis causas e apontando mecanismos de prevenção e recuperação.

Todas as edificações visitadas apresentavam algum tipo de patologia, sendo a fissura a manifestação patológica mais frequentemente encontrada. Das 10 edificações visitadas, 90% destas apresentaram algum tipo de fissura, 50% apresentaram eflorescência, 40% apresentaram mofo ou bolor e 70% das edificações apresentaram desagregação do revestimento, como mostra a Figura 18.

Figura 18 – Manifestações patológicas encontradas.



Fonte: Silva et al (2018)

Segundo SILVA et al (2018) a partir do estudo realizado, foi possível obter as seguintes conclusões:

- As edificações da cidade geralmente são construídas sem o acompanhamento de um profissional qualificado, o que permitiu a não utilização de materiais e técnicas executivas simples que poderiam ter evitado o aparecimento de tais patologias;
- As manifestações mais comuns encontradas foram as fissuras, mofo, eflorescência e desagregamento dos revestimentos. A maioria dessas manifestações patológicas foi causada por infiltrações que poderiam ter sido evitadas com a impermeabilização de alguns elementos da edificação, em especial o baldrame das fundações;
- O desconhecimento a respeito das propriedades dos materiais e a implicação deles no desempenho dos componentes da edificação acarretaram numa má durabilidade dos revestimentos, levando em consideração a utilização de materiais argilosos na produção de argamassa.
- As medidas de correção para os casos encontrados são relativamente simples, consistindo no uso de argamassas poliméricas e pinturas para impermeabilização, além de em alguns casos ser necessário refazer o revestimento com adoção de materiais adequados.

2.8.2 Análise multicritérios aplicados a manifestações patológicas de um edifício público

Segundo Lázaro e Oliveira (2018) este trabalho tomou como objeto de estudo um edifício público de uma Universidade Federal em Uberlândia. Este edifício funciona como a sede administrativa de um dos cursos de graduação, além de abrigar diversos laboratórios didáticos, salas de apoio e de funcionários.

A Figura 19 apresenta alguns exemplos de processos de degradação e manifestação patológica evidenciados no edifício analisado. A Figura 19a apresenta exposição, oxidação de armadura e ausência de cobrimento de concreto. A Figura 19b apresenta ocorrência de trincas e fissuras em peça estrutural. A Figura 19c ilustra manchas genéricas e eflorescências em uma laje de alvenaria pintada. Por fim, a Figura 19d ilustra a ocorrência de matéria orgânica na fachada do edifício estudado.

Figura 19 – Manifestações patológicas encontradas.

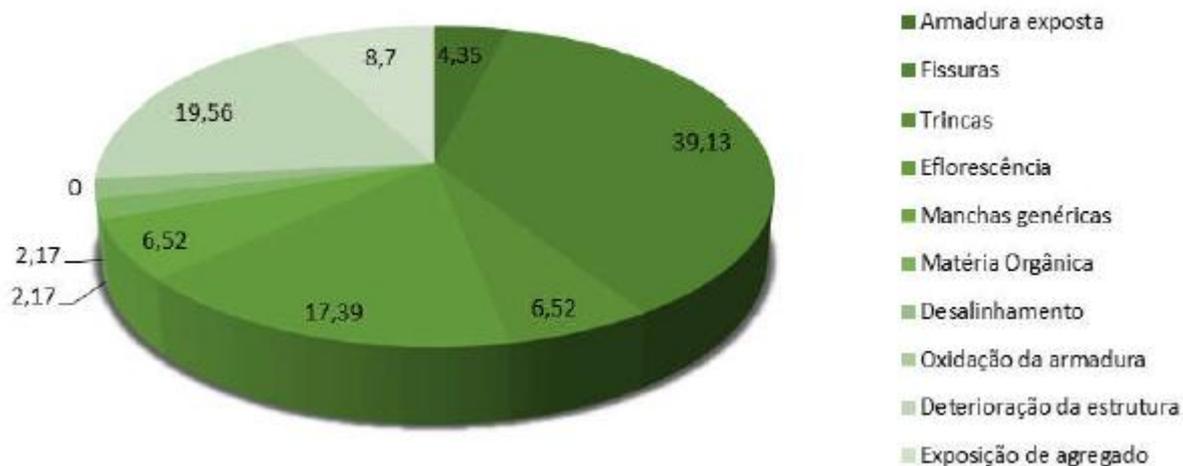


Fonte: Lázaro e Oliveira (2018)

Além disso, também foi contabilizada a ocorrência das patologias. A ocorrência das patologias construtivas deu-se por meio do cálculo da frequência relativa, em porcentagem, de cada manifestação patológica num universo da quantidade total de vigas e

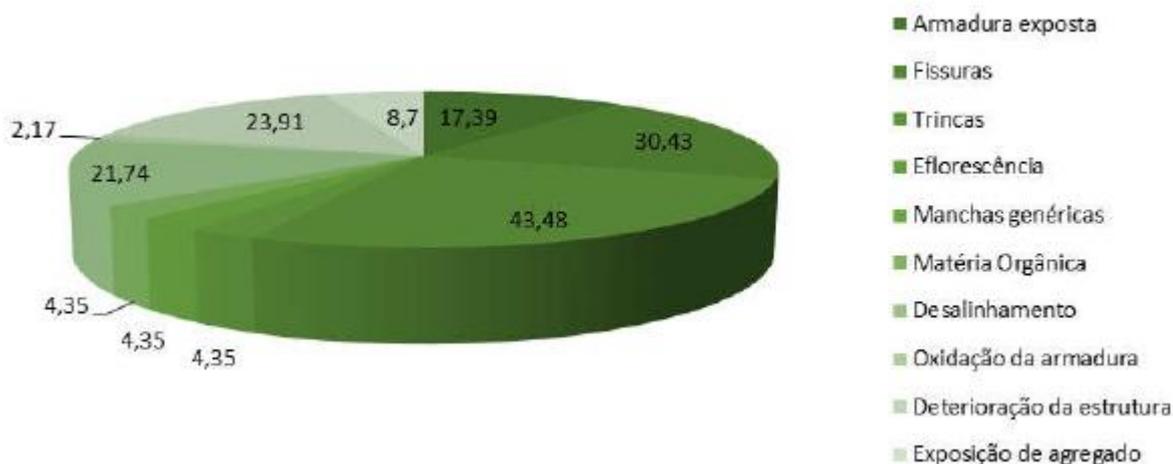
pilares da fachada. Esta contagem é elucidada pela Figura 20, onde se tem a ocorrência das patologias em vigas e a Figura 21 ilustra a ocorrência em pilares.

Figura 20 – Ocorrência de patologias construtivas em vigas (%).



Fonte: Lázaro e Oliveira (2018)

Figura 21 – Ocorrência de patologias construtivas em pilares (%).



Fonte: Lázaro e Oliveira (2018)

Em relação ao edifício estudado, Lázaro e Oliveira (2018) concluíram que a maior parte das manifestações patológicas construtivas que se desenvolvem ao longo do prédio tem como causa potencial a ação da água e da umidade sobre os materiais construtivos. Além disso, falhas de execução durante a construção e falta de manutenção no ambiente pós-obra também foram identificados como fatores influentes na ocorrência de processos de degradação e perda de durabilidade da construção estudada.

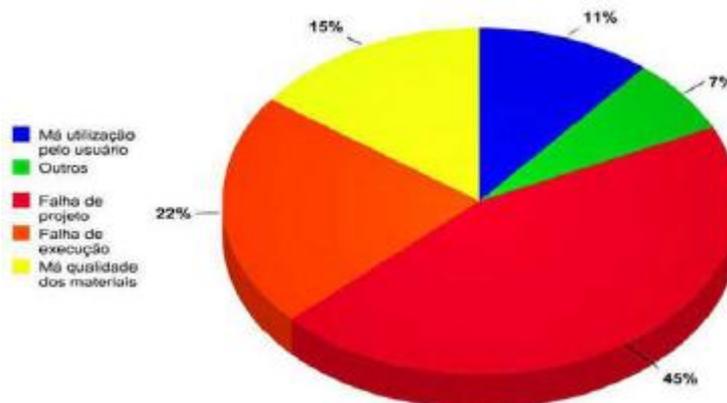
Por fim, concluiu-se que devido às características construtivas e usuais do edifício estudado, medidas de reparo e reforma se configuram como boas soluções para os problemas de durabilidade enfrentados pela construção para melhorar o desempenho do ambiente construído e evitar perdas estéticas, culturais, técnicas, financeiras e sociais envolvendo o patrimônio arquitetônico e o bem público.

2.8.3 Determinação da ordem de prioridade das intervenções corretivas das manifestações patológicas de um edifício residencial em Vitória-ES

Segundo Nascimento et al (2018) este artigo teve como objetivo determinar a ordem de prioridade de intervenções corretivas de manifestações patológicas de um edifício residencial localizado na cidade de Vitória, ES. Foi realizada uma inspeção predial no edifício de estudo para analisar e quantificar as manifestações patológicas. Elaborou-se uma matriz GUT, no qual foram estabelecidos métodos para classificação das manifestações, conforme aspectos de Gravidade, Urgência e Tendência das mesmas gerando, desta forma, indicadores no qual se pode avaliar quais manifestações possuem prioridade para ações de correção.

A maior ocorrência de manifestações patológicas origina-se nas fases de planejamento e projeto conforme a Figura 22, que são responsáveis por deixar o custo da obra mais encareço e por causar maiores transtornos relacionados a construção (IANTAS, 2010, p19).

Figura 22 – Causas de manifestações patológicas.



Fonte: Fórum da construção (2015).

Na Figura 23 são apresentadas as principais manifestações patológicas identificadas no sistema estrutural. A grande maioria dos problemas encontrados foi proveniente a um recalque diferencial que ocorreu devido a uma obra de drenagem executada

na rua em frente ao edifício, que ocasionou no rebaixamento do lençol freático acarretando problemas nos edifícios adjacentes.

Figura 23 – Check list da estrutura.

ESTRUTURA	LOCAL/DESCRIÇÃO	POSSÍVEIS CAUSAS
Umidade ascendente	Nos pilares da garagem, que estão localizados externamente.	Falta de impermeabilização nos elementos de fundação
Oxidação da armadura	Na viga do hall de entrada e no pilar do fosso do elevador.	Falta de Manutenção
Quebras	Na viga do 13º andar, localizada próximo a escada de emergência.	Acomodação do solo
Rachaduras e Fendas	No pilar do fosso do elevador; no pilar do pavimento 13º que fica próximo a caixa telefônica.	Recalque diferencial

Fonte: Nascimento et al (2018).

As Figuras 24 e 25 mostram, respectivamente, a rachadura do pilar do fosso do elevador e a viga do hall de entrada que provocaram oxidação da armadura por falta de manutenção.

Figura 24 – Rachadura do pilar do fosso do elevador.



Fonte: Nascimento et al (2018).

Figura 25 – Rachadura na viga do hall de entrada.



Fonte: Nascimento et al (2018).

Com esta inspeção concluiu-se que a edificação é classificada com um grau de risco crítico por apresentar rachaduras e oxidação da armadura, que são manifestações patológicas que podem provocar riscos contra a saúde e segurança dos moradores e do meio ambiente.

No que tange as manifestações patológicas, é posto que a execução das correções seja acompanhada por um profissional capacitado, uma vez que as mesmas irão intervir diretamente no uso da edificação, bem como os serviços executados demandam um elevado grau de planejamento e de conhecimento técnico.

Segundo Nascimento et al (2018), é de suma importância a implementação e elaboração de um programa de manutenção preventiva e corretiva nas edificações. Além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada. O sistema de manutenção deve possuir uma estrutura de documentação e registro de informações permanentemente atualizado para propiciar economia na realização dos serviços de manutenção, reduzir a incerteza no projeto e execução de serviços e auxiliar no planejamento de serviços futuros.

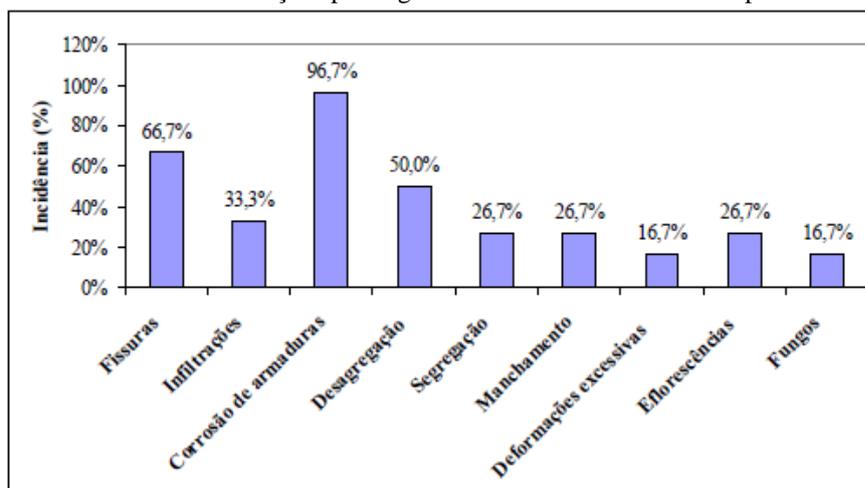
2.8.4 Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no Estado do Ceará

Vários estudos já foram realizados (DAL MOLIN, 1988; SILVA, TRISTÃO e MACHADO apud ARANHA, 1994; SANTAVA apud ARANHA, 1994; ANDRADE, 1997; CARMONA e MEREGA, 1988; NINCE, 1996; ARANHA, 1994) diagnosticando as principais manifestações patológicas apresentadas em vários lugares do Brasil, contudo nunca nenhum levantamento semelhante foi realizado no estado do Ceará (SILVA & CABRAL, 2014).

Assim, Silva & Cabral (2014) buscaram um levantamento das manifestações patológicas no Estado do Ceará e suas origens para se verificar as causas mais incidentes de deterioração e, assim, alertar o meio técnico para que se tomem medidas preventivas, objetivando ter obras duráveis. Para tanto, foram compilados vários conceitos relacionados ao tema estudado. Ressalta-se que este trabalho não tem a ambição de englobar todos os aspectos que têm influência significativa na durabilidade das estruturas, mas sim apresentar alguns pontos relevantes sobre cada um deles, sempre buscando relacionar ao máximo as considerações de caráter tecnológico com as da prática executiva, objetivando apresentar conceitos básicos para a obtenção de obras duráveis. Portanto, este trabalho tem como objetivo a realização de um levantamento das principais manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas de concreto armado no Estado do Ceará.

A Figura 26 apresenta os índices referentes às manifestações patológicas relacionadas, em um universo de 30 obras analisadas nesta pesquisa.

Figura 26 – Incidência das manifestações patológicas nas estruturas de concreto para o Estado do Ceará.



Fonte: Silva & Cabral (2014).

Em função dos resultados apresentados, a manifestação patológica mais ocorrente foi a corrosão de armaduras, aparecendo em 96,7% dos casos avaliados. Em função do elevado grau de agressividade ambiental, a corrosão de armaduras encontrou um ambiente totalmente propício para a sua incidência. A origem desta está ligada principalmente a procedimentos inadequados estabelecidos tanto na etapa de projeto, como por meio da falta de especificação de um revestimento adequado das armaduras e da dosagem do concreto deficiente, quanto na etapa de execução, por falta de cuidado durante a produção da estrutura de concreto.

As fissuras também foram uma manifestação patológica bastante incidente (correspondeu a 66,7% dos casos). Essas também têm consequências graves na durabilidade das estruturas, pois são veículos de entrada de água e agentes agressivos para o interior da massa de concreto, fazendo com que os fenômenos de degradação, como, por exemplo, a corrosão de armaduras aumente significativamente.

Por meio das análises realizadas pode-se afirmar que a maioria dos danos que ocorreram nas estruturas poderia ser minimizada caso houvesse um efetivo controle da qualidade durante o processo construtivo, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas de concreto armado.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como metodologia a realização de um estudo de caso múltiplo, onde foram levantados dados das ocorrências das manifestações patológicas nas estruturas de concreto e as devidas análises dos laudos de inspeções prediais para cada unidade comercial edificada, com a identificação dos tipos e causas de como essas manifestações patológicas ocorrem nessas estruturas e a comparação entre elas.

Neste capítulo ocorre a abordagem de como ocorreu a pesquisa, apresentando a composição das etapas que constituem a pesquisa com a sucinta explicação sobre cada uma delas.

Foram utilizadas as normas da ABNT e do IBAPE para balizamento da pesquisa, leis, livros, artigos, monografias e a utilização de outros trabalhos realizados na área como referencial e para orientação deste trabalho com a realização da análise comparativa que será apresentada mais à frente.

Devido à parceria com uma empresa de Engenharia (Empresa especializada no segmento e sediada em Fortaleza-CE) foram obtidos os Laudos de Inspeção Predial utilizados na pesquisa. A Empresa disponibilizou os Laudos de Inspeção Predial que foram realizados recentemente em edificações comerciais em várias cidades no Estado do Ceará que fossem compatíveis com o objetivo do estudo deste trabalho para a realização das análises comparativas propostas nesta pesquisa, sendo definida a amostra a ser incluída a partir de critérios técnicos, que serão apresentados no decorrer desta pesquisa.

3.1 Natureza da pesquisa

Os estudos realizados durante esta pesquisa são enquadrados como qualitativos e devem atender alguns requisitos para assim serem considerados e se distinguirem dos estudos quantitativos.

Segundo essa perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando captar o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno. Partindo de questões amplas que vão se aclarando no decorrer da investigação, o estudo qualitativo pode, no entanto, ser conduzido através de diferentes caminhos (GODOY, 1995, p. 21).

3.2 Tipologia da pesquisa

O presente estudo de caso desta pesquisa é considerado como tipo múltiplo, onde foram analisados dados de laudos de Inspeção Predial de sete edificações comerciais localizadas em diferentes cidades do Estado do Ceará, durante um mesmo intervalo de tempo.

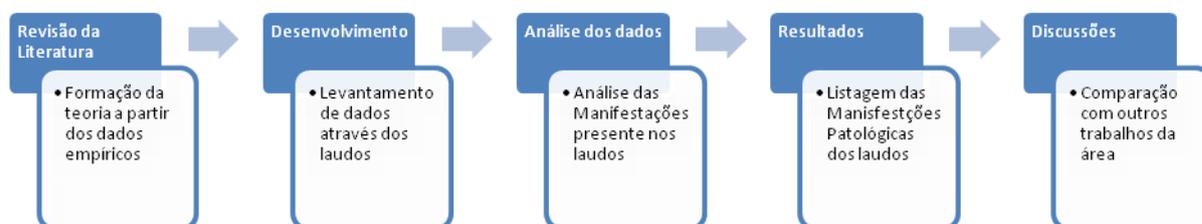
Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002, p. 33).

As manifestações patológicas das estruturas de concreto das edificações comerciais selecionadas serão analisadas através dos dados dos Laudos de Inspeção Predial elaborados em razão das visitas técnicas realizadas por equipe técnica especializada e disponibilizada para a realização desta pesquisa.

3.3 Delineamento da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida com a aplicação de algumas etapas durante o seu processo de elaboração que foram definidas ao longo do trabalho, conforme pode ser observado no Quadro 5 abaixo:

Quadro 5 – Processo metodológico empregado na pesquisa.



Fonte – Elaborado pelo Autor (2022)

3.4 Análise dos dados

Os dados extraídos desta pesquisa, durante a etapa de análise, foram tabulados e organizados para a elaboração de material gráfico para auxiliar na melhor visualização dos resultados pelo leitor deste trabalho, facilitando sobremaneira o entendimento e a interpretação dos resultados obtidos e aqui apresentados.

3.5 Metodologia da Análise dos Laudos

As inspeções prediais realizadas nas 07 edificações comerciais que estão sendo analisadas nesta pesquisa, foram executadas por uma única empresa, que aqui será chamada de Empresa A, que possui 3 anos de atuação no mercado com comprovada *expertise* da sua equipe técnica na área de realização de inspeções e elaboração de laudos técnicos, podendo-se concluir que os processos de inspeções foram padronizados e seguiram os mesmos procedimentos executivos em todos os serviços realizados durante as fases do seu desenvolvimento.

De forma geral, para melhor entendimento no âmbito da avaliação das edificações, foram realizados os seguintes procedimentos pela Empresa A, durante a visita: Inspeção técnica, realizada entre 2021 e 2022; Mapeamento dos principais danos; Determinação do índice esclerométrico de alguns elementos mais importantes; Localização das armaduras pelo método do Pacômetro; Determinação da profundidade média de carbonatação; Mapeamento termográfico da fachada e Elaboração do relatório técnico.

Nesta pesquisa, foram analisadas em todas as edificações as seguintes manifestações patológicas nas estruturas de concreto: Corrosão das armaduras em pilar; Corrosão das armaduras em viga; Deslocamento de concreto em laje; Fissura em laje; Fissura em pilar com deslocamento de concreto; Fissura em viga; Fissura no pilar; Fissura superficial em viga; Fissuras e corrosão das armaduras em viga; Fissuras superficiais em laje; Infiltração em laje; Infiltração em pilar; Infiltração em viga; Rachadura no pilar; Recalque no piso.

As edificações que tiveram seus laudos analisados nesta pesquisa são localizadas nas seguintes cidades do Estado do Ceará: Aracati, Caucaia, Crato, Fortaleza, Iguatu, Juazeiro e São Gonçalo do Amarante. Conforme a Figura 27, a posição geográfica de cada edificação analisada pode ser visualizada no mapa do Estado do Ceará.

Figura 27 - Localização das Edificações



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados os resultados e discussões, obtidos pela análise dos laudos de inspeção prediais das edificações comerciais de cada uma das 07 cidades pesquisadas do Estado do Ceará.

4.1. Caracterização da Amostra

Foram selecionadas 07 amostras, sendo todas edificações comerciais e localizadas em diferentes cidades no Estado do Ceará. Construídos com finalidade de múltiplos usos as edificações possuem, de forma geral, vários equipamentos esportivos e de lazer, bem como estrutura para eventos e treinamentos, artes marciais, natação, possuindo piscina, quadra esportiva, sala de ginástica, sala de musculação, sauna, sala de fisioterapia, cantina/restaurante, salas de aula e outros.

Observa-se no Quadro 6, os dados construtivos das edificações comerciais analisadas, com a identificação do local da edificação, ano da construção, ano de realização de reforma (se tiver ocorrido), área construída e a tipologia da edificação. Essas informações são importantes para a análise das manifestações patológicas, pois, existe uma distribuição geográfica das edificações que podem ser determinantes para maior ou menor incidência de certas patologias, por exemplo, a proximidade à região litorânea do estado que pode ocasionar uma maior ocorrência de corrosão nas armaduras metálicas.

Quadro 6 – Dados Construtivos das Edificações Comerciais Analisadas

Local da Edificação	Ano da Construção	Ano da Reforma	Área Construída (m ²)	Tipologia da Edificação
Aracati		-	1758,54	
Caucaia		2019 / 2020	17535,99	
Crato	1998	-	5157,10	térreo + 2 pavimentos
Fortaleza	1960	2022*	7155,00	subsolo + térreo + 3 pavimentos + cobertura
Iguatu	1960	1992	7746,20	térreo + 3 pavimentos
Juazeiro	1970	-	4681,40	térreo + 2 pavimentos + cobertura
São Gonçalo do Amarante		-	1758,54	

* Reforma em andamento

Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

4.2. Identificação das Manifestações Patológicas nas estruturas das edificações comerciais no Estado do Ceará

Nesta seção serão apresentadas as edificações que foram realizadas as inspeções, com a classificação do tipo de construção, localização, tipos de manifestações patológicas e gráficos com o percentual de incidência.

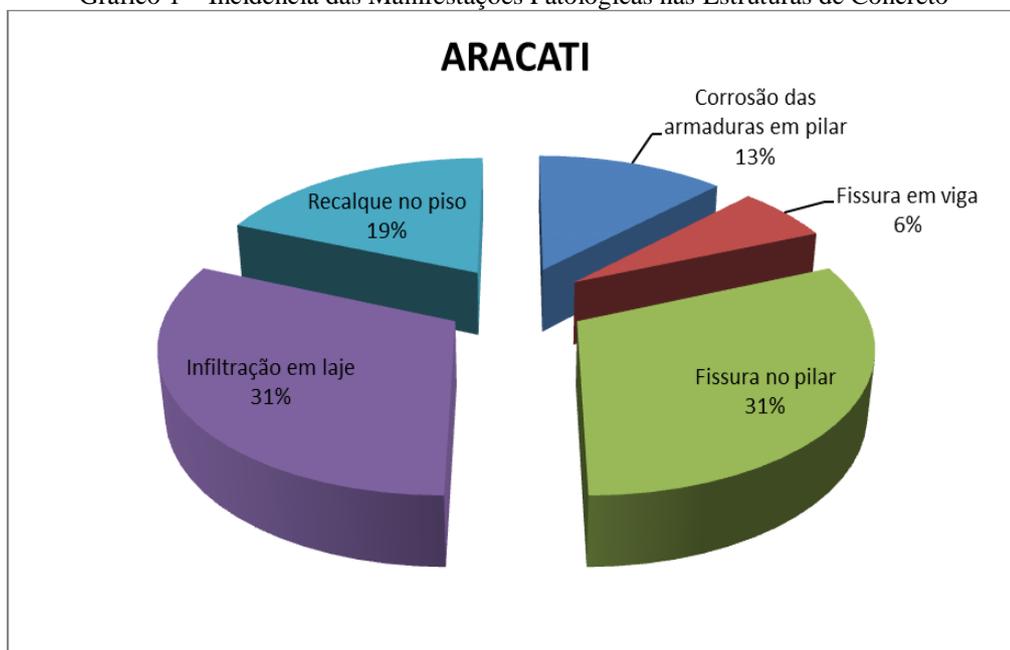
4.2.1. Edificação Comercial Aracati

É uma edificação composta por térreo com área construída igual a 1.758,54 m² em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, além de revestimento cerâmico em suas fachadas. A construção é datada de 1960 e, de acordo com informações, sem registro de ocorrência de reformas.

A edificação é classificada como grupos E-1 | Escola em geral: Escola de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivo e pré-universitário e assemelhados e E-3 | Espaço para cultura física: Local de ensino e/ou prática de arte marcial, natação, ginástica, esporte coletivo (que não estejam em incluídos em, sendo sua vistoria considera de nível 1.

O município de Aracati fica localizado em região litorânea do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em maio/2022. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 1, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.

Gráfico 1 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Aracati foram as seguintes: corrosão das armaduras em pilar; fissura em viga; fissura no pilar; infiltração em laje e recalque no piso. Todas essas anomalias são relacionadas a problemas nas estruturas de concreto.

Pode-se observar a seguir, alguns tipos de manifestações patológicas em pilares. Na Figura 28 encontramos um pilar com a armadura exposta e apresentando corrosão. Já na Figura 29 pode-se observar um fissura longitudinal no pilar com indicação de expansão da armadura que provocou essa anomalia.

Figura 28 - Pilar com armadura exposta e corrosão.



Figura 29 - Fissura longitudinal em pilar.



Fonte: Empresa A (2022)

Nas figuras abaixo, são observados tipos de manifestações patológicas em lajes. Na Figura 30 encontra-se uma laje com infiltração e na Figura 31 também é apresentada uma laje com infiltração, mas em estágio avançado com deslocamento do concreto e a armadura exposta e apresentando corrosão.

Figura 30 - Infiltração em laje.



Figura 31 - Infiltração em laje.



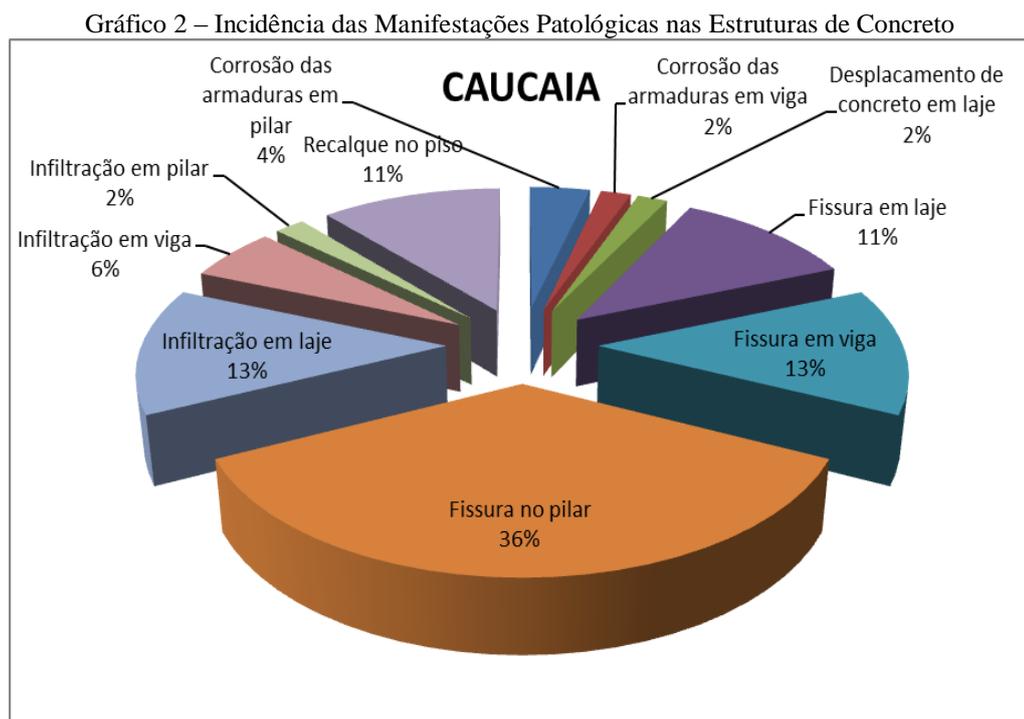
Fonte: Empresa A (2022)

4.2.2. Edificação Comercial Caucaia

É uma edificação composta por térreo mais 2 pavimentos com área construída igual a 17.535,99 m² em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, além de revestimento cerâmico em suas fachadas. A construção é datada de 1960 e, de acordo com informações, reformada entre 2019-2020.

A edificação é classificada como grupos B-1 | Hotel e assemelhado: Hotel, motel, pensão, hospedaria, pousada, albergue, casa de cômodos, divisão A-3 com mais de 16 leitos, F-3 | Centro esportivo e de exibição: Arena em geral, estádio, ginásio, piscina, rodeio, autódromo, sambódromo, pista de patinação e assemelhados. Todos com arquibancada e M-6 | Floresta nativa ou cultivada: Unidade de conservação, floresta, corredor ecológico e assemelhados.

O município de Caucaia fica localizado em região litorânea do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em junho/2022. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 2, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.



Observa-se a seguir, alguns tipos de manifestações patológicas em vigas de concreto armado. Nas Figuras 32, 33 e 34 foram identificados pilares que apresentam fissuras longitudinais com indicação de expansão da armadura que provocaram essas anomalias.

Figura 32- Fissura em pilar de concreto. Figura 33- Fissura em pilar de concreto. Figura 34- Fissura em pilar de concreto.



Fonte: Empresa A (2022)

Nas figuras abaixo, pode-se observar tipos de manifestações patológicas em lajes e vigas. Na Figura 35 visualiza-se uma viga de concreto armado com fissura e na Figura 36 uma laje com infiltração e deslocamento do concreto com armadura exposta e corrosão e uma viga com deslocamento do concreto com armadura exposta e corrosão.

Figura 35 - Fissura em pilar.



Figura 36 - Deslocamento em laje e viga.



Fonte: Empresa A (2022)

As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Caucaia foram as seguintes: corrosão das armaduras em pilar; corrosão das armaduras em viga; deslocamento de concreto em laje; fissura em laje; fissura em viga; fissura no pilar; infiltração em laje; infiltração em viga; infiltração em pilar e recalque no piso.

Em termos práticos, a identificação de fissuras decorrentes de processos de oxidação das armaduras torna-se facilitada em decorrência das características de orientação das fissuras, que no geral, acompanham o sentido de disposição das armaduras e surgem nas regiões das armaduras positivas e negativas, nas vigas, e mais frequentemente, no sentido das armaduras longitudinais dos pilares.

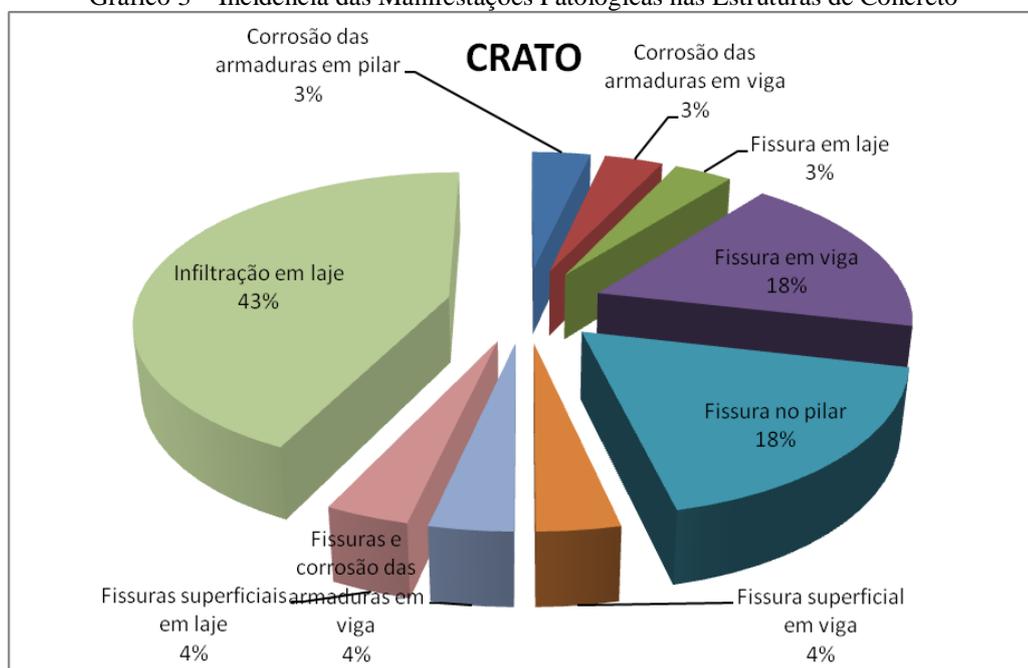
4.2.3. Edificação Comercial Crato

É uma edificação composta por térreo mais 2 pavimentos com área construída igual a 5.157,10 m² em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, além de revestimento cerâmico em suas fachadas. A construção é datada de 1998 e, de acordo com informações, sem registro de reformas.

A edificação é classificada como grupos E-1 | Escola em geral: Escola de primeiro, segundo e terceiro grau, cursos supletivo e pré-universitário e assemelhados e E-3 | Espaço para cultura física: Local de ensino e/ou prática de arte marcial, natação, ginástica, esporte coletivo (que não estejam em incluídos em F-3), sauna, casa de fisioterapia e assemelhados (sem arquibancada), sendo sua vistoria considera de nível 1.

O município do Crato fica localizado na região do Cariri, no sul do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em novembro/2021. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 3, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.

Gráfico 3 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Na Figura 37 pode ser visualizada uma laje maciça com fissura decorrente de reparo mal executado e na Figura 38, outra laje que apresenta fissura provocada pela umidade existente no ambiente que acarretou no surgimento da manifestação patológica na estrutura de concreto do elemento.

Figura 37 - Fissura em laje de concreto armado.



Figura 38 - Fissura em laje de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2021)

Nas figuras abaixo, pode ser observado tipos de manifestações patológicas em vigas de concreto armado. Na Figura 39 se encontra uma viga com fissura e na Figura 40 encontra-se uma viga com fissura provocada pela expansão da armadura devido à existência de corrosão.

Figura 39 - Fissura em viga de concreto armado.



Figura 40 - Fissura em viga de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2021)

As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Crato foram as seguintes: corrosão das armaduras em pilar; corrosão das armaduras em viga;

fissura em laje; fissura em viga; fissura no pilar; fissura superficial em viga; fissuras e corrosão das armaduras em viga; fissuras superficiais em laje e infiltração em laje.

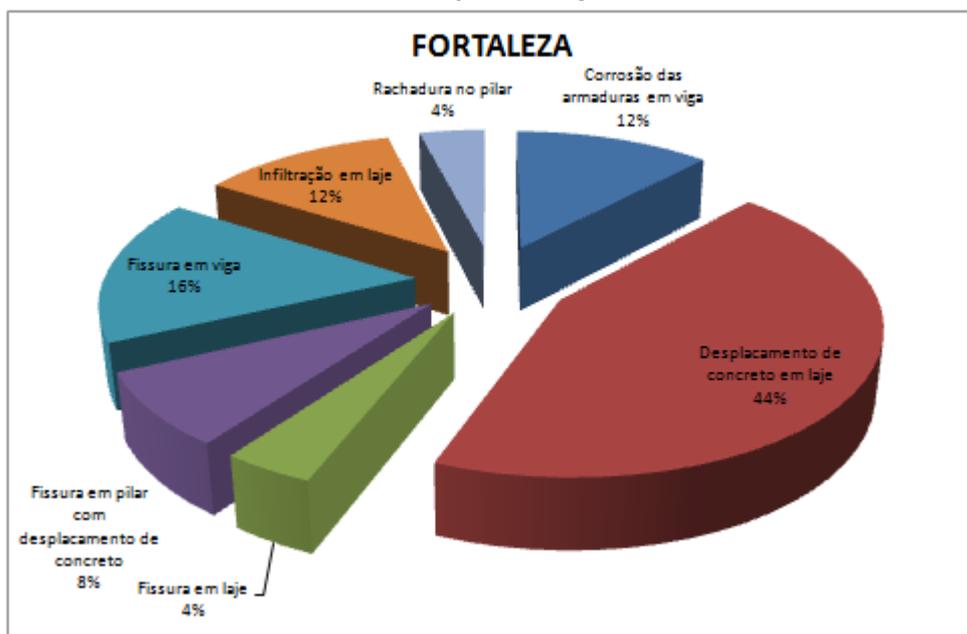
4.2.4. Edificação Comercial Fortaleza

É uma edificação composta por subsolo, térreo, 3 pavimentos e cobertura com área construída igual a 7.155,00 m² em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, além de revestimento cerâmico em suas fachadas. A construção é datada de 1960 e, de acordo com informações, estava sendo reformada em 2022, durante o período da inspeção predial.

A edificação é classificada como grupos E-3 | Espaço para cultura física: Local de ensino e/ou prática de arte marcial, natação, ginástica, esporte coletivo (que não estejam em incluídos em F-3), sauna, casa de fisioterapia e assemelhados (sem arquibancada), sendo sua vistoria considera de nível 2.

O município de Fortaleza é a capital do Estado do Ceará, cidade do litoral, onde foi realizada a inspeção na edificação em maio/2022. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 4, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.

Gráfico 4 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Nas Figuras 41 e 42, logo em seguida, encontra-se pilares com fissuras e deslocamento do concreto decorrente da expansão da armadura da estrutura devido à oxidação que provocou essa anomalia.

Figura 41 - Pilar com armadura exposta.



Figura 42 - Pilar com armadura exposta.



Fonte: Empresa A (2022)

Nas figuras abaixo, pode-se observar tipos de manifestações patológicas em vigas e laje de concreto armado. Na Figura 43 encontra-se uma viga com armadura transversal exposta e na Figura 44 uma viga com a armadura longitudinal exposta devido à espessura inadequada do cobrimento e da existência de umidade que provocaram a expansão da armadura devido à existência de corrosão.

Figura 43 - Deslocamento em viga e laje de concreto.



Figura 44 - Fissura em viga de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2022)

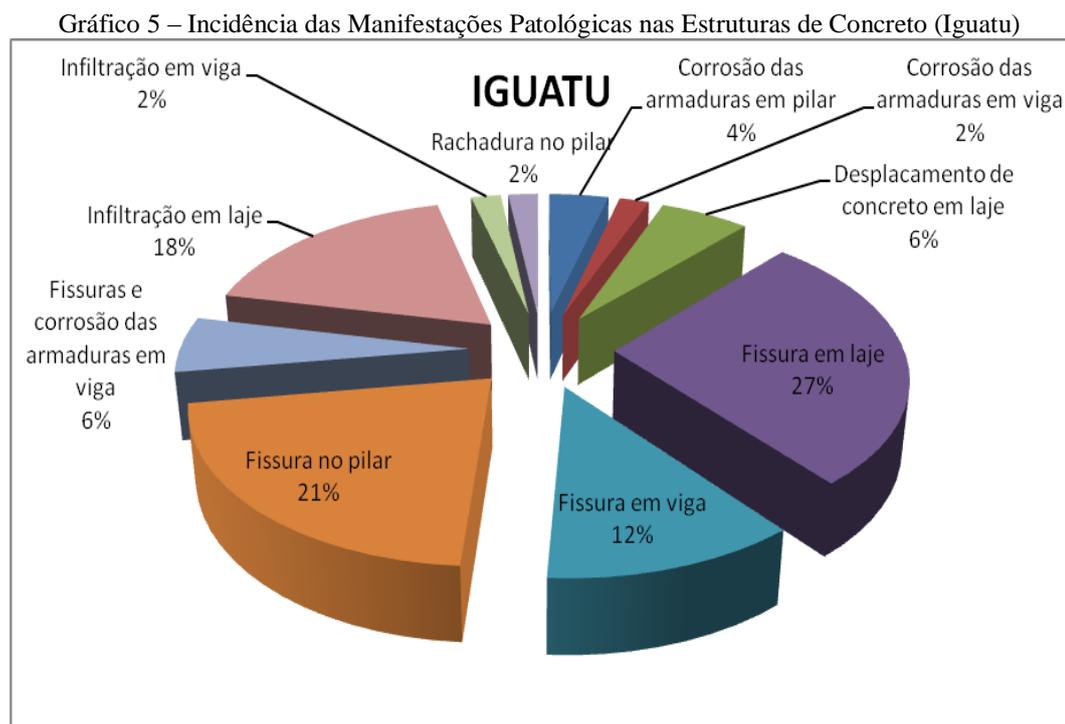
As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Fortaleza foram as seguintes: corrosão das armaduras em viga; deslocamento de concreto em laje; fissura em laje; fissura em pilar com deslocamento de concreto; fissura em viga; infiltração em laje e rachadura no pilar.

4.2.5. Edificação Comercial Iguatu

É uma edificação composta por térreo mais 3 pavimentos com área construída igual a 7.746,20 m² em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, além de revestimento cerâmico em suas fachadas. A construção é datada de 1960 e, de acordo com informações, reformada em 1992.

A edificação é classificada como grupos E-1 (escola em geral: escola de primeiro, segundo e terceiro grau, cursos supletivo e pré-universitário e assemelhados) e E-2 (escola Especial: escola de arte e artesanato, de língua, de cultura geral, de cultura estrangeira, escola religiosa e assemelhados) e sua vistoria foi de nível 2. Por se tratar de uma construção antiga, foram constatados diversos reparos nos elementos estruturais, essencialmente, pilares e lajes os quais apresentam fissuras recorrentes. Neste sentido, as intervenções realizadas objetivaram conter as manifestações patológicas mais recorrentes.

O município de Iguatu fica localizado na região centro-sul do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em novembro/2021. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 5, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Nas Figuras 45, 46 e 47, logo em seguida, encontra-se pilares com fissuras e deslocamento do concreto decorrente da expansão da armadura da estrutura devido à oxidação que provocou essa anomalia.

Figura 45- Fissura em pilar de concreto. Figura 46- Fissura em pilar de concreto. Figura 47- Fissura em pilar de concreto.



Fonte: Empresa A (2021)

Nas figuras abaixo, pode-se observar tipos de manifestações patológicas em vigas de concreto armado. Na Figura 48 encontra-se uma viga com fissura no sentido longitudinal do elemento estrutural e na Figura 49 uma viga com várias fissuras superficiais no sentido transversal da peça resultante de reparos realizados de forma inadequada.

Figura 48 - Fissura em viga de concreto armado.

Figura 49 - Fissura em viga de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2021)

As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Iguatu foram as seguintes: corrosão das armaduras em pilar; corrosão das armaduras em viga;

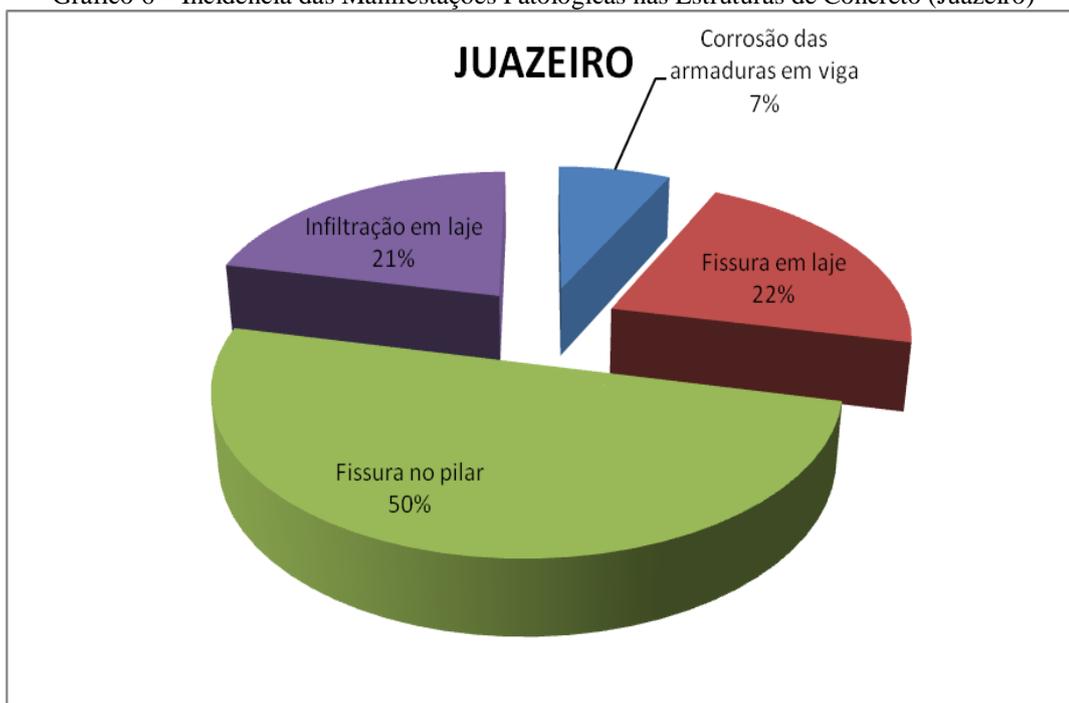
deslocamento de concreto em laje; fissura em laje; fissura em viga; fissura no pilar; fissuras e corrosão das armaduras em viga; infiltração em laje; infiltração em viga e rachadura no pilar.

4.2.6. Edificação Comercial Juazeiro

A edificação é classificada como grupos E-3 | Espaço para cultura física: Local de ensino e/ou prática de arte marcial, natação, ginástica, esporte coletivo (que não estejam em incluídos em F-3), sauna, casa de fisioterapia e assemelhados (sem arquibancada) e F-3 | Centro esportivo e de exibição: Arena em geral, estádio, ginásio, piscina, rodeio, autódromo, sambódromo, pista de patinação e assemelhados (todos com arquibancada), sendo sua vistoria considerada de nível 1.

O município de Juazeiro fica localizado na região do Cariri, no sul do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em novembro/2021. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 6, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.

Gráfico 6 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto (Juazeiro)



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Na Figura 50 pode ser visualizada uma laje de cobertura com fissuras decorrentes de retração térmica e na Figura 51, uma laje que apresenta fissuras provocadas pela expansão da armadura decorrente da oxidação.

Figura 50 - Fissura em laje de concreto armado.



Figura 51 - Fissura em laje de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2021)

Nas figuras abaixo, pode ser observado tipos de manifestações patológicas em pilares de concreto armado. Na Figura 52 se encontra um pilar com fissura e na Figura 53 encontra-se uma viga com fissura provocada pela expansão da armadura devido à existência de corrosão.

Figura 52 - Fissura em pilar de concreto armado.



Figura 53 - Fissura em pilar de concreto armado.



Fonte: Empresa A (2021)

As manifestações patológicas encontradas na edificação localizada na cidade de Juazeiro foram as seguintes: corrosão das armaduras em viga; fissura em laje; fissura no pilar e infiltração em laje.

4.2.7. Edificação Comercial São Gonçalo do Amarante

A edificação é classificada como grupos E-1 | Escola em geral: Escola de primeiro, segundo e terceiro grau, cursos supletivo e pré-universitário e assemelhados e E-3 | Espaço para cultura física: Local de ensino e/ou prática de arte marcial, ginástica, esporte coletivo (que não estejam incluídos em, sendo sua vistoria considera de nível 1.

O município de São Gonçalo do Amarante fica localizado em região litorânea do Estado do Ceará, onde foi realizada a inspeção na edificação em maio/2022. Abaixo se pode visualizar o Gráfico 7, que mostra os tipos de manifestações patológicas que foram encontradas, com o percentual de incidência de cada uma delas em relação ao total existente.

Gráfico 7 – Incidência das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto (São Gonçalo do Amarante)



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Nas Figuras 54 e 55, logo em seguida, encontra-se alvenarias com fissuras verticais decorrentes, provavelmente, da falta de amarração entre paredes que provocou essa anomalia.

Figura 54 - Fissura vertical em encontro de alvenarias. Figura 55 - Fissura vertical em encontro de alvenarias.



Fonte: Empresa A (2022)

Nas figuras abaixo, pode-se observar tipos de manifestações patológicas em alvenarias e laje de concreto armado. Na Figura 56 encontra-se uma alvenaria com fissura no canto da janela com causa provável de falha ou ausência de contraverga e na Figura 57 uma arquibancada com uma fissura a 45° devido, provavelmente à deformação estrutural acima de projeto (recalque diferencial do terreno ou da laje), que ocasionou o problema.

Figura 56 - Fissura em alvenaria no canto de janela.



Figura 57 - Fissura a 45° na arquibancada.



Fonte: Empresa A (2022)

Na cidade de São Gonçalo do Amarante não ocorreram manifestações patológicas nas estruturas de concreto, porém foi detectado um recalque de piso que gerou uma fissura no encontro da laje com a alvenaria.

4.2.8. Localização das Edificações

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 8 abaixo, há a indicação do percentual das edificações analisadas de acordo com a localização da construção, com a divisão para área urbana (57%) e área litorânea (43%), para distinguir a classe de agressividade ambiental as

quais estão expostas. Observou-se que a maior parte das estruturas estudadas e as manifestações patológicas estavam localizadas em área urbana.

Gráfico 08 – Localização das Edificações.



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

4.3. Análise de Resultados e Discussões

Através da análise documental realizada com a utilização dos laudos de inspeções prediais, pode-se identificar as várias manifestações patológicas existentes nas edificações pesquisadas, bem como demais outras informações que subsidiaram este trabalho, realizou-se a catalogação de todas essas patologias e foi relacionada no Quadro 7, onde observou-se a frequência e a localidade que essas manifestações ocorreram e o seu comportamento em relação às amostras estudadas, sendo importante verificar na última coluna à direita os percentuais de cada incidência referente às 7 obras analisadas na amostra.

Quadro 7 – Localidade das Edificações / Manifestações Patológicas Existentes

Área	Manifestações Patológicas	Local da Edificação							%
		Aracati	Caucaia	Crato	Fortaleza	Iguatu	Juazeiro	São Gonçalo do Amarante	
Estruturas de Concreto	Corrosão das armaduras em pilar	2	2	1	-	2	-	-	57,14%
	Corrosão das armaduras em viga	-	1	1	3	1	1	-	71,43%
	Desplacamento de concreto em laje	-	1	-	11	3	-	-	42,86%
	Fissura em laje	-	6	1	1	14	3	-	71,43%
	Fissura em pilar com deslocamento de concreto	-	-	-	2	-	-	-	14,29%
	Fissura em viga	1	7	5	4	6	-	-	71,43%
	Fissura no pilar	5	19	5	-	11	7	-	71,43%
	Fissura superficial em viga	-	-	1	-	-	-	-	14,29%
	Fissuras e corrosão das	-	-	1	-	3	-	-	28,57%
	Fissuras superficiais em laje	-	-	1	-	-	-	-	14,29%
	Infiltração em laje	5	7	12	3	9	3	-	85,71%
	Infiltração em pilar	-	1	-	-	-	-	-	14,29%
	Infiltração em viga	-	3	-	-	1	-	-	28,57%
	Rachadura no pilar	-	-	-	1	1	-	-	28,57%
	Recalque no piso	3	6	-	-	-	-	1	42,86%

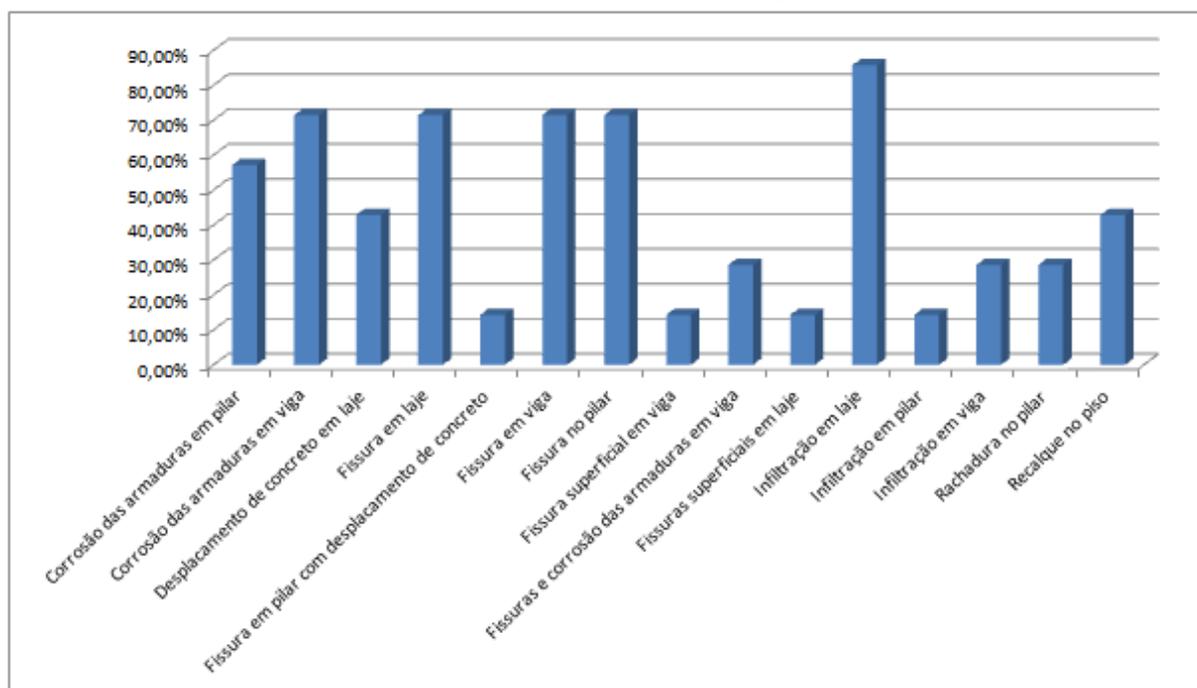
Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Conforme os dados do Quadro 7 acima, a manifestação com maior percentual de incidência foi a infiltração em laje (85,71% da amostra) e, em seguida, das patologias de corrosão das armaduras em viga, fissura em laje, fissura em viga e fissura no pilar (todas com 71,43% das amostras).

Destaca-se a importância do controle da execução do concreto e da realização da manutenção preventiva, de forma a minimizar o surgimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto.

No Gráfico 9 abaixo, pode-se observar o percentual das ocorrências das manifestações patológicas pesquisadas existentes nas estruturas de concreto das 07 edificações da amostra.

Gráfico 9 – Percentual das ocorrências das manifestações patológicas nas estruturas de concreto.



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

No estudo realizado por Lázaro e Oliveira (2018), que tomou como objeto de estudo um edifício público de uma Universidade Federal em Uberlândia, foi encontrado com maior recorrência fissuras e trincas em vigas com 45,65% das manifestações patológicas existentes, colaborando com os resultados aqui encontrados. Já em pilares repetiu a ocorrência com maior frequência de fissuras e trincas que apresentaram 73,91% das manifestações patológicas na pesquisa de Lázaro e Oliveira, resultado semelhante desse estudo que encontrou 71,43% para esta patologia.

Durante a análise pode-se perceber a elevada incidência de fissuras em estruturas de concreto em Caucaia, ocorrência decorrente da corrosão e expansão das armaduras devido a esforços de tração, que o concreto não suporta bem, provocado pela exposição a uma classe de agressividade ambiental alta na localidade em que a edificação está encravada (área litorânea).

Na edificação da cidade de Iguatu, apesar de estar localizada em área urbana (distante do litoral), apresentava quantidade elevada de incidência de patologias nas estruturas de concreto, podendo haver relação com a falta de manutenções, já que a última ocorreu há 30 anos, no ano de 1992.

No Quadro 8 abaixo, as manifestações patológicas encontradas foram sintetizadas em grupos menores, ocorrendo uma junção entre os mesmos tipos de patologias sem diferenciar os tipos de elementos estruturais (laje, viga e pilar). Este procedimento foi

realizado para facilitar a comparação entre os demais estudos com a mesma abordagem, ficando cinco tipos de manifestações patológicas descritas a seguir: corrosão das armaduras, deslocamento de concreto, fissuras, infiltrações e recalque no piso.

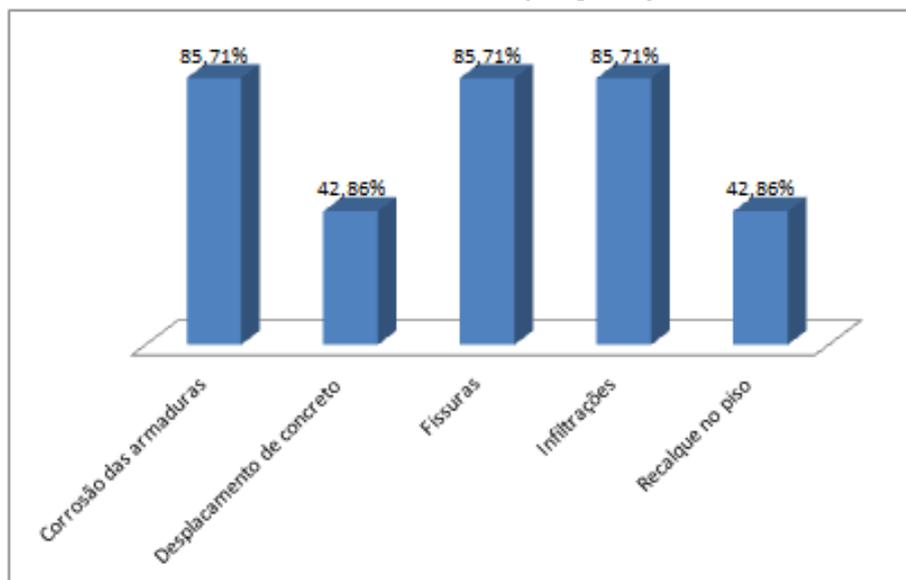
Quadro 8 – Localidade das Edificações / Manifestações Patológicas Existentes

Área	Manifestações Patológicas	Local da Edificação							%
		Aracati	Caucaia	Crato	Fortaleza	Iguatu	Juazeiro	São Gonçalo do Amarante	
Estruturas de Concreto	Corrosão das armaduras	2	3	2	3	3	1	-	85,71%
	Deslocamento de concreto	-	1	-	13	3	-	-	42,86%
	Fissuras	6	32	14	6	35	10	-	85,71%
	Infiltrações	5	11	12	3	10	3	-	85,71%
	Recalque no piso	3	6	-	-			1	42,86%

Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

Na sequência, pode-se verificar o Gráfico 10, onde o percentual das ocorrências das manifestações patológicas pesquisadas existentes nas estruturas de concreto das 07 edificações da amostra, foram apresentadas em gráfico tipo coluna, de uma forma mais direta para visualização das manifestações patológicas encontradas.

Gráfico 10 – Percentual das ocorrências das manifestações patológicas nas estruturas de concreto.



Fonte: Adaptado pelo Autor (2022)

As manifestações patológicas observadas podem estar diretamente relacionadas à qualidade do concreto utilizado, bem como, a falta de manutenções periódicas, de forma a minimizar o aparecimento destas patologias.

4.4. Análise Comparativa com Outras Pesquisas

Fazendo uma comparação dos dados encontrados com o estudo realizado por Silva & Cabral (2014) que realizaram um levantamento das manifestações patológicas em várias obras e suas origens para se verificar as causas mais incidentes de deterioração que ocorrem nas estruturas de concreto armado no Estado do Ceará.

Eles obtiveram como manifestação patológica mais ocorrente a corrosão de armaduras, aparecendo em 96,7% dos casos avaliados, enquanto nossos dados também representaram a maior incidência encontrada, com 85,71% nas edificações estudadas nesta pesquisa.

As fissuras também foram uma das manifestações patológicas bastante incidentes, correspondendo a 66,7% dos casos ficando em 2º lugar nas ocorrências do estudo de Silva & Cabral (2014), também sendo coerente nos dados encontrados nesse estudo, que ocorreram em 85,71% das manifestações encontradas durante a realização das inspeções prediais.

Segundo o estudo realizado por SILVA et al (2018) com manifestações patológicas encontradas em edificações residenciais no município de Angicos-RN, para identificação das prováveis causas e apontando mecanismos de prevenção e recuperação, em todas as edificações visitadas apresentaram algum tipo de patologia, sendo a fissura a manifestação patológica mais frequentemente encontrada, onde das 10 edificações visitadas, 90% destas apresentaram algum tipo de fissura, sendo a manifestação patológica com maior incidência.

Pode-se verificar que a maioria das patologias relacionadas às estruturas de concreto que foram levantadas nesse estudo, tem relação direta com a qualidade do concreto. Para garantir a qualidade do concreto de uma estrutura devem-se seguir algumas premissas básicas como: dosagem do concreto dentro da classe de agressividade ambiental, adensamento adequado, atendimento ao cobrimento que preconiza a norma, cura do concreto. Desta forma, o cumprimento destas premissas, bem como, a manutenção periódica dos elementos estruturais, proporciona a estrutura de concreto o atendimento da durabilidade e da vida útil.

Ademais, devem ser implementadas nas edificações um plano de ação para manutenções preventivas e corretivas. O sistema de manutenção deve apresentar um documento que contemple todos os sistemas construtivos que devem passar por inspeções e os prazos para a realização de manutenções periódicas. A falta desse sistema de manutenção em edifícios comerciais antigos propicia o aparecimento de manifestações patológicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vida útil das estruturas de concreto está diretamente relacionada tanto ao processo de execução do concreto, sendo a construtora a responsável por esse processo construtivo, como pelo usuário ou cliente final, segundo a ABNT NBR 14037, que tem a responsabilidade na realização das manutenções preventivas e corretivas, conforme o Manual de Uso, Operação e Manutenção dentro dos prazos estabelecidos.

Para aumentar a vida útil dessas estruturas de concreto é de fundamental importância, estabelecer procedimentos de execução e escolhas do tipo de concreto que atendam às normas técnicas vigentes.

O objetivo principal desse estudo foi alcançado, pois foram realizadas as análises das manifestações patológicas com maior incidência nas estruturas de concreto em sete laudos de inspeções prediais de edificações comerciais no Estado do Ceará.

Os objetivos específicos propostos neste trabalho foram atingidos, já que foram identificados os tipos de manifestações patológicas ocorridas em cada edificação, bem como a realização da análise da incidência de cada manifestação patológica em relação aos laudos técnicos de inspeções prediais pesquisados e realizada a comparação da incidência de cada manifestação patológica com outros trabalhos da área descritos na metodologia, com resultados coerentes entre eles.

As manifestações patológicas mais encontradas, de acordo com os resultados, empatadas com 85,71% de incidência das edificações analisadas foram: corrosão das armaduras, fissuras e infiltrações.

Foram obtidos dados significativos nesta pesquisa, que vem a colaborar na ratificação de outros resultados encontrados por pesquisadores que atuaram nesta linha de estudo assim, dentro do universo aqui pesquisado, podemos afirmar a necessidade de haver um esforço por todos que compõem o setor da construção civil em melhorar os índices de eficiência no segmento para obter estruturas de concreto mais duráveis.

Para a realização de novos trabalhos futuros, sugere-se:

- 1) Realizar a mesma pesquisa em edifícios submetidos a diferentes classes de agressividade ambiental;
- 2) Analisar manifestações patológicas em edificações de diferentes idades de construção para identificar quando ocorrem;
- 3) Realizar o estudo em edificações localizadas na Praia do Futuro.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Construção civil é o ramo que mais consome materiais no mundo** - Revista Ciência e Tecnologia, Escola Politécnica, Edição Nº: 110, São Paulo, novembro de 2012.

ALMEIDA, R. S. **Patologia na construção civil**. Revista Especialize, Goiânia, junho de 2017.

AMBRÓSIO, G. R. et al. **Influência do empacotamento de partículas na durabilidade de concretos**. Curitiba. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

ARAÚJO, J. M. de. **Curso de concreto armado**. 4ª Ed. Rio Grande: Dunas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações**. Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 5737: Cimentos Portland resistentes a sulfatos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação** - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15577-1: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 16747: Inspeção predial** - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARRETO FILHO, R. W. F. **Levantamento das principais manifestações patológicas identificadas por meio de inspeções prediais em Fortaleza**. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2018.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro. v. 1 e 2, LTC. 1994.

BRANCO, F.; PAULO, P.; GARRIDO, M. **Vida Útil na Construção Civil**. Boletim Técnico 04, Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int., Mérida - México, março de 2013.

CAMPELO, E. C. **Panorama da manutenção predial em edifícios residenciais de Fortaleza**. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus, Fortaleza/CE, 2021.

CARVALHO, L. C. **Inspeção predial**: Estudo de caso de uma edificação residencial situada em Brasília/DF. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília/DF 2019.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções**. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007, 3, 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

DAMASCENO, I.I.R et al. **Análise das manifestações patológicas em um edifício histórico de uma urbe amazônica: estudo de caso do cine Marrocos de Marabá-PA**. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

DARDENGO, C. F. R. **Identificação de Patologias e Proposição de Diretrizes de Manutenção Preventiva em Edifícios Residenciais Multifamiliares da Cidade de Viçosa –MG**. Minas Gerais, 2010.

FIGUEIREDO, E.J.P. **Avaliação do Desempenho de Revestimentos para Proteção da Armadura Contra a Corrosão Através de Técnicas Eletroquímicas** - Contribuição ao Estudo de Reparo de Estruturas de Concreto Armado. São Paulo, 1994.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Apostila. Fortaleza, Ceará. UECE: 2002.

FORTALEZA. Lei Nº 9.913, de 16 de julho de 2012. **Dispõe sobre obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados no âmbito do Município de Fortaleza e dá outras providências.**, Fortaleza, 2012. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/catalogodeservico/lei_municipal_ndeg_9913-2012_0.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

GODOY, A. S. **PESQUISA QUALITATIVA: TIPOS FUNDAMENTAIS**. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 35, n.3, p, 20-29. Mai./Jun. 1995.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. 174 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Revista de Estruturas e Materiais**. [s.l], IBRACON, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.33AA3DBA&lang=pt-br&site=eds-live>. Acesso em: 10 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo: IBAPE, 2012.

JARDIM, M. T. M. et al. **Manifestações patológicas na construção civil e recuperação de empreendimento de alvenaria pré-moldada**: Um estudo de caso de um empreendimento localizado no município de Esmeraldas, Minas Gerais. Minas Gerais: Revista Paramétrica, 2019.

LÁZARO, B. O; OLIVEIRA, A. M. **Análise multicritérios aplicados a manifestações patológicas de um edifício público**, Uberlândia/MG. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

LIMA, M. B. **Materiais de construção civil II**. Luziânia: Notas de Aula - Universidade Estadual de Goiás. Goiás, 2007.

MACEDO, E. A. V. B. **Patologias em obras recentes de construção civil: Análise crítica das causas e consequências**. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2017.

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O.; HELENE, P. **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**. Ibracon - Instituto Brasileiro do Concreto. Capítulo 22, São Paulo, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. Ibracon - Instituto Brasileiro do Concreto. 2ª Edição, São Paulo, 2014.

MENEZES, M. A. M. et al. **Análise das diretrizes técnicas para elaboração de laudo de inspeção predial e estudo de caso das manifestações patológicas no laboratório de engenharia civil da UFERSA**. Angicos, Rio Grande do Norte, 2020.

MONTEIRO, N. V. A et al. **Estudo de agressividade ambiental em uma estrutura geotêxtil tipo bagwall na praia de Icarai-Caucaia**. Ceará. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

MOTTA, D. A. **Manifestação patológica em estruturas de concreto armado**: marquises-w3 sul. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília/DF, 2019.

NASCIMENTO, J.; FACCO, N.; TOSTA, J. **Determinação da ordem de prioridade das intervenções corretivas das manifestações patológicas de um edifício residencial em Vitória-ES**. Vitória, Espírito Santo. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

NEVILLE, A. M. **Maintenance and durability of structures Concrete International**., 1989.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013.

PINTO; NASCIF, A.K. e Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 4ª Edição. Rio de Janeiro. Qualitymark., 2012.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 255 p., 1998.

PORTAL G1/CE. **Prédio residencial desaba em Fortaleza e deixa feridos**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2019/10/15/predio-residencial-desaba-em-fortaleza.ghtml>. Acesso em: 08 mar. 2022.

SILVA, L. K.; CABRAL, A. E. B. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió, 2014.

SOARES, I.; BORGES, E. **Manifestações patológicas ocasionadas por erros durante a construção**: estudo de caso. Amazonas. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

TEIXEIRA, R. A. et al. **Avaliação das manifestações patológicas em uma edificação no município de Vitória/ES**, Espírito Santo. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT: Campo Grande, 2018.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil**. Boletim Técnico 01, Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int., Mérida - México, março de 2013.