



**Universidade Federal de Alagoas**  
**Centro de Tecnologia**  
**Coordenação do Curso de Engenharia Civil**  
Cidade Universitária – Campus A. C. Simões  
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 - Maceió - Alagoas



WELTON LOURENÇO DE ALCANTARA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE  
CONCRETO: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE  
ARAPIRACA/AL**

**TRABALHO CONCLUSÃO DE CURSO**

Maceió/AL, Fevereiro de 2022

WELTON LOURENÇO DE ALCANTARA

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE  
CONCRETO: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE  
ARAPIRACA/AL

Trabalho apresentado ao Colegiado do  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Alagoas como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Karoline Alves  
de Melo Moraes

Colegiado do Curso de Engenharia Civil - CCEC

Centro de Tecnologia - CTEC

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió, fevereiro de 2022

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

A347a Alcantara, Welton Lourenço de.  
Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto: estudo de caso em edificações na cidade de Arapiraca/AL / Welton Lourenço de Alcantara. – 2022.  
75 f. : il. color.

Orientadora: Karoline Alves de Melo Moraes.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil)  
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 72-75.

1. Concreto pré-moldado. 2. Manifestações patológicas. 3. Concreto moldado no local. 4. Edificações – Estudo de caso – Arapiraca (AL). I. Título.

CDU: 691.32 (813.5)

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me guiar e permitir chegar a este momento.

Agradeço aos meus pais, Josué e Josefa, pela base familiar e formação de caráter, que foi possível realizar este sonho.

Agradeço também ao meu irmão Williams e minha cunhada Leandra, por todas as ajudas, a quem mais estar presente em momentos de emergência, tanto na vida acadêmica quanto na vida pessoal.

Agradeço também a todos familiares, que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos de graduação, pelas dias e noites estudando, nos grupos de estudos, em enfrentar as dificuldades juntos, sem vocês não seria possível finalizar esta graduação.

## RESUMO

A construção civil no Brasil sofre dificuldades para adesão ao concreto pré-fabricado, que é a industrialização de obras de concreto. Com a predominância de obras com estruturas moldado no local e a quantidade de construtoras que surgiram no mercado brasileiro impulsionado pelo programa governamental minha casa minha vida, diversas famílias vem sofrendo transtornos com as manifestações patológicas, pela falta de qualidade em suas obras e a falta de acompanhamento técnico das construtoras. Este trabalho teve por objetivo trazer algumas manifestações patológica recorrente em estruturas de concreto moldado no local em residências unifamiliar da cidade de Arapiraca – AL, com elaboração da planilha GUT para avaliação do risco. Para a realização deste trabalho foi feito visitas para a constatação das manifestações patológicas com a investigação das manifestações que já haviam ocorridas. De maneira geral, a manifestação de fissura é a que possui maior recorrência, tanto para edificações com estruturas de concreto moldada no local como para estruturas de concreto pré-fabricado.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas, concreto moldado no local, concreto pré-moldado, GUT.

## ABSTRACT

Civil construction in Brazil suffers from solutions for adhesion to prefabricated concrete, which is the industrial construction of concrete works. With a predominance of works with structures molded in place and in the number of construction companies due to my lack of quality in the market, several families have been suffering as manifestations as pathological manifestations, disorders in their works and monitoring of the construction company technician. This work aimed to bring recurring pathological manifestations in some concrete structures cast in place in single-family homes in the city of Arapiraca - AL, with the elaboration of the GUT spreadsheet for risk assessment. In order to carry out this work, it was made to verify the pathological manifestations with the investigation of the manifestations that had already occurred. Generally speaking, the manifestation of concrete occurrence is the crack that has cast-in-place concrete structures such as prefabricated concrete structures.

**Keywords:** Pathological manifestations, cast-in-place concrete, precast concrete, GUT.

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Fluxograma para produção de elementos de concreto convencional .....            | 15 |
| Figura 2 - Custos da forma em relação ao edifício .....                                    | 17 |
| Figura 3 - Madeira utilizada nas fôrmas .....  | 18 |
| Figura 4 - Escoramento de fôrmas metálico e de madeira .....                               | 19 |
| Figura 5 - Estrutura pré-moldada aporticada .....  | 22 |
| Figura 6 - Estrutura pré-moldada em esqueleto .....  | 22 |
| Figura 7 - Estrutura pré-moldada em painéis estruturais .....                              | 23 |
| Figura 8 - Estrutura pré-moldada para pisos .....  | 24 |
| Figura 9 - Fôrma metálica para concreto pré-moldado .....                                  | 25 |
| Figura 10 - Montagem de elemento pré-moldado .....   | 27 |
| Figura 11 - Exemplos de consolo de concreto .....  | 28 |
| Figura 12 - Desenho esquemático da ligação Viga-Pilar .....                                | 28 |
| Figura 13 - Desenho esquemático da ligação Viga-Viga .....                                 | 29 |
| Figura 14- Fissuração típica nos cantos das aberturas .....                                | 33 |
| Figura 15 - Fissuração devido à movimentação térmicas .....                                | 33 |
| Figura 16 - Umidade ascendente por capilaridade .....                                      | 34 |
| Figura 17 - Detalhe de ataque a corrosão da armadura .....                                 | 35 |
| Figura 18 - Detalhe do funcionamento da junta de dessolidarização .....                    | 36 |
| Figura 19 - Pilar Danificado na produção e armadura exposta .....                          | 39 |
| Figura 20 - Calço em consolo de concreto .....   | 40 |
| Figura 21 - Manchas por infiltração .....  | 41 |
| Figura 22 - Corrosão da armadura laje .....  | 41 |
| Figura 23 - Fissura em pilar .....   | 42 |
| Figura 24 - Fissura horizontal em alvenaria .....  | 43 |
| Figura 25 - Deslocamento do concreto .....   | 44 |
| Figura 26 - Planta baixa pav. superior Edificação 1 .....                                  | 48 |
| Figura 27 - Planta de forma - Edificação 1 .....   | 49 |
| Figura 28 - Planta baixa pav. térreo - Edificação 3 .....                                  | 50 |
| Figura 29 - Fissura horizontal - Edificação 1 .....  | 52 |
| Figura 30 - Fissura horizontal no nível da laje de cobertura - Edificação 1 .....          | 53 |
| Figura 31 - Fissura 45° - Edificação 1 .....   | 54 |
| Figura 32 - Manchas em marquise - Edificação 1 .....                                       | 55 |
| Figura 33 - Recalque de piso corredor - Edificação 1 .....                                 | 56 |
| Figura 34 - Manchas por umidade em parte interna de laje de cobertura - Edificação 2 ..... | 57 |
| Figura 35 - Recalque em piso interno da residência - Edificação 2 .....                    | 58 |
| Figura 36 - Recalque no piso interno da residência - Edificação 2 .....                    | 59 |
| Figura 37 - Fissura horizontal - Edificação 3 .....  | 60 |
| Figura 38 - Fissura horizontal nos pilares - Edificação 3 .....                            | 61 |
| Figura 39 - Trincas em todo o perímetro do piso - Edificação 3 .....                       | 62 |
| Figura 40 - Imagem resgatada do momento da execução do piso - Edificação 3 .....           | 62 |
| Figura 41 - Viga com falha no adensamento e armadura exposta edificação 3 .....            | 63 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 42 - Falha no adensamento do concreto - Edificação 3 .....                       | 64 |
| Figura 43 - Corrosão da armadura - edificação 3.....                                    | 65 |
| Figura 44 - Incidência de manifestação patológicas em estruturas moldado no local ..... | 66 |
| Figura 45 -Incidência de manifestação patológicas em estruturas pré-moldada.....        | 67 |
| Figura 46 – Origem das manifestações patológicas em estruturas moldada no local .....   | 68 |
| Figura 47 - Origem das manifestações patológicas em estruturas pré-moldada.....         | 68 |



## Lista de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Classes de agressividade ambiental .....   | 31 |
| Tabela 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto .....                                      | 31 |
| Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$ ..... | 32 |
| Tabela 4 - Pontuação GUT das manifestações patológicas.....   | 69 |
| Tabela 5 - Prioridade nas intervenções das manifestações .....  | 70 |

## Lista de Quadros

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Parâmetros do método GUT ..... | 45 |
| Quadro 2 - Critérios de Pontuação .....   | 45 |

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 11 |
| 1.1 Objetivo geral.....  | 12 |
| 1.2 Justificativa.....   | 12 |
| 2. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS .....                                  | 14 |
| 2.1 Execução de estruturas de concreto moldado no local.....     | 14 |
| 2.2 Execução em Estrutura de concreto pré-moldado .....          | 21 |
| 3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....                                | 30 |
| 3.1 Desempenho das estruturas .....                              | 30 |
| 3.2 Manifestações Patológicas.....                               | 32 |
| 3.2.1 Causas para o surgimento em concreto moldado in loco ..... | 36 |
| 3.2.2 Causas para o surgimento em concreto pré-moldado .....     | 38 |
| 4. METODOLOGIA .....   | 46 |
| 4.1 Objeto de estudo.....  | 46 |
| 4.2 Etapas do trabalho .....                                     | 50 |
| 5 ESTUDO DE CASO.....  | 52 |
| 5.3 Edificação 1.....  | 52 |
| 5.3 Edificação 2.....  | 57 |
| 5.3 Edificação 3.....  | 60 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                  | 66 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                     | 71 |
| REFERÊNCIAS.....   | 72 |

## 1. INTRODUÇÃO

Com o grande crescimento na comercialização de novas residências, impulsionado pelos programas governamentais que têm facilitado o acesso a crédito para financiamento de imóveis junto aos bancos, várias famílias brasileiras têm usufruído dos benefícios desses programas para adquirir um imóvel. Isso tem contribuído para minimizar os impactos da crise financeira vivida pelo setor da construção civil nos últimos anos (CAIXA ECONÔMICA, 2021).

Aproveitando-se da facilidade de acesso a crédito, diversas construtoras de pequeno porte surgiram no mercado. Contudo, é comum que essas empresas possuam pouca capacidade de investimento em qualificação da equipe e orientação técnica para execução das obras, buscando reduzir o limite de gastos para obter maior lucro. Com isso, evidentemente, há o risco de cortar gastos onde não se deve, pelo fato de a equipe não possuir profissionais técnicos capacitados para acompanhamento da obra.

A presença de profissionais qualificados durante uma obra é fundamental para garantir que a execução ocorra de acordo com as boas práticas e normas da Engenharia Civil, conforme discutido por Cauam (2017).

A falta de um profissional especializado na realização de reformas ou construções particulares pode ocasionar diversos problemas na obra e para a segurança das pessoas. Além disso, a soma de construções malfeitas tem como consequência a piora dos espaços urbanos e da qualidade de vida nas cidades.

Gonçalves (2015) apresenta alguns motivos que, juntamente com a falta da boa técnica construtiva, podem colaborar para o surgimento das manifestações patológicas nas edificações. São eles:

- a) Falhas na concepção do projeto;
- b) Má qualidade dos materiais;
- c) Erros durante a execução;
- d) Utilização para fins diferentes dos calculados em projeto;
- e) Falta de manutenção no decorrer do tempo.

Desse modo, uma edificação construída em estrutura de concreto, se não executada de maneira correta, está sujeita a apresentar manifestações patológicas

oriundas dessas diversas formas, considerando a especificidade dos materiais empregados. O concreto armado usado nas estruturas das edificações é, na maioria das vezes, moldado no local da obra, porém há também a alternativa do concreto pré-moldado.

No fim da Segunda Guerra Mundial, o uso do pré-moldado teve um grande crescimento na Europa, devido à necessidade de reconstrução de edificações habitacionais, pontes e galpões em grande escala, o uso do pré-moldado possibilitou que as construções fossem realizadas de forma ágil e segura.

No Brasil, a aplicação da pré-moldagem ainda é pequena, sendo normalmente utilizada em galpões, estacas, postes e tubos circulares de concreto (EL DEBS, 2017). De acordo com esse autor, a pouca exploração ocorre devido a causas macroeconômicas e culturais, como a instabilidade econômica para investimento a longo prazo, o sistema tributário caro para fábricas, a cultura conservadora dos envolvidos, falta de conhecimento das alternativas disponíveis com o uso do pré-moldado, escassez de equipamentos e dispositivos de ligação.

### **1.1 Objetivo geral**

O trabalho visa a identificação das manifestações patológicas em edificações com sistema estrutural em concreto armado, o qual servirá como apoio para se evitar o seu surgimento em novas edificações.

### **1.2 Justificativa**

A presença de manifestações patológicas em edificações pode ser desagradável e inoportuna para os usuários. Elas podem ser geradas pela baixa qualidade dos materiais de construção, problemas na execução, erros na concepção dos projetos e a falta de manutenção na edificação.

Segundo Mehta e Monteiro (2013), nos países industrialmente desenvolvidos, cerca de 40% dos recursos gastos com a construção civil são destinados a reparos e manutenções de construções já existentes, enquanto os demais 60% são destinados às novas construções.

De acordo com o Código Civil Brasileiro Lei 10.406, artigo 618 (BRASIL, 2002), as construtoras têm o dever de fornecer garantia de 5 anos em suas obras. Ao ser

solicitada uma garantia, normalmente, as intervenções de baixo custo são realizadas primeiro, ao invés de soluções certeiras de maior valor agregado. Com isso, o contratante sofre por um longo período até que seu problema seja solucionado.

Na cidade de Arapiraca nos últimos anos, vem atraindo diversos investidores no construção civil, devido à área de expansão da cidade e o aporte de crédito dos bancos para a aquisição ou reforma da casa própria. Deste modo tais investidores executam as residências sem o devido acompanhamento profissional e com isso ocasionando em residências de baixa qualidade e a presença de manifestações patológicas.

Desse modo, a relevância deste trabalho se dá na identificação e caracterização das manifestações patológicas e na incidência das manifestações nas edificações com sistemas construtivos moldado *in loco* e pré-moldado.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Este Trabalho é organizado da seguinte forma. Os Capítulos 2 e 3 apresentam uma revisão bibliográfica sobre a Execução de Estruturas de Concreto e Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto, respectivamente. O Capítulo 4 detalha a metodologia utilizada para acompanhamento das intervenções nas edificações. O Capítulo 5 apresenta o Estudo de Caso. O Capítulo 6 apresenta resultados e discussão. O Capítulo 7 apresenta as conclusões deste trabalho.

## 2. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

A NBR 14931 (ABNT, 2004), apresenta os requisitos detalhados para a execução de obras de concreto, cujo os projetos devem ter sido elaborados de acordo com a ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014).

O concreto é formado pela mistura de um aglomerante, sendo o cimento Portland o mais utilizado, agregado miúdo e agregado graúdo, naturais ou artificiais, e a água. Pode também conter adições e aditivos químicos a fim de se obter as propriedades desejáveis (BASTOS, 2006).

De acordo com Petrucci (1998), a pasta é a mistura de cimento com água e sua função será:

- a) Envolver os agregados;
- b) Preencher os vazios e dar mobilidade à mistura;
- c) Aglutinar os agregados no concreto endurecido, conferindo impermeabilidade, resistência mecânica.

E a função dos agregados:

- a) Resistir aos esforços solicitantes;
- b) Reduzir custos;
- c) Reduzir variações de volume causadas, por exemplo, por retração;
- d) Obter concretos leves ou pesados.

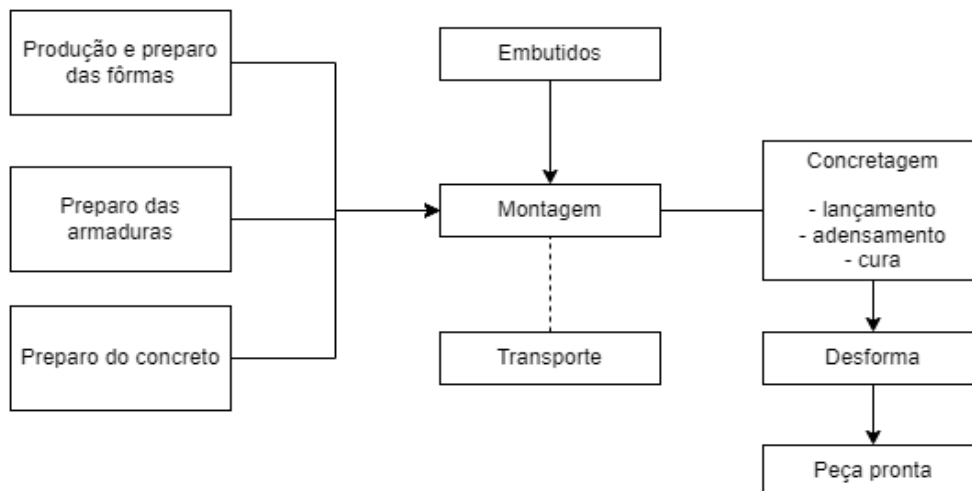
O concreto apresenta alta resistência à compressão, sendo indicado seu uso em elementos sujeitos a esforços de compressão simples, porém possui baixa resistência à tração, impossibilitando seu uso em elementos fletidos. A fim de superar essa carência, adiciona-se ao concreto o aço, tornando o concreto armado e possibilitando construções de elementos nas mais variadas formas (BASTOS, 2006).

### 2.1 Execução de estruturas de concreto moldado no local

Os edifícios de concreto armado, que são chamados de edifícios tradicionais, são aqueles que o concreto dos elementos de sua estrutura é dosado e moldado no local, tais elementos são: pilares, vigas e lajes (MELHADO, 1998).

Está apresentado na Figura 1 um fluxograma proposto por Melhado (1998) para a produção de elementos de concreto convencional.

Figura 1 - Fluxograma para produção de elementos de concreto convencional



Fonte: Melhado (1998)

É possível observar pelo fluxograma as diversas etapas que compõem o preparo de um elemento em concreto, processo que ao ser bem executado garante a qualidade da peça.

- **Fôrmas**

Segundo Assahi (2006), as fôrmas são os moldes responsáveis por dar a geometria ao concreto fresco, e os cimbramentos ajudam no suporte das fôrmas até que o elemento adquira resistência suficiente para autossuporte.

De acordo com Melhado (1998), as principais funções da fôrma são: dar forma ao concreto, conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar sozinho e adquira a sua forma acabada.

A montagem da fôrma é o processo que inicia a construção, influenciando diretamente na qualidade, custo e prazo, sendo a principal responsável pelo desempenho dos demais subsistemas, visto que o prumo, nível, alinhamento e esquadro dependem da correta utilização das fôrmas (ASSAHI, 2006).

Para avaliar o desempenho das fôrmas, Melhado (1998) apresenta os seguintes requisitos:

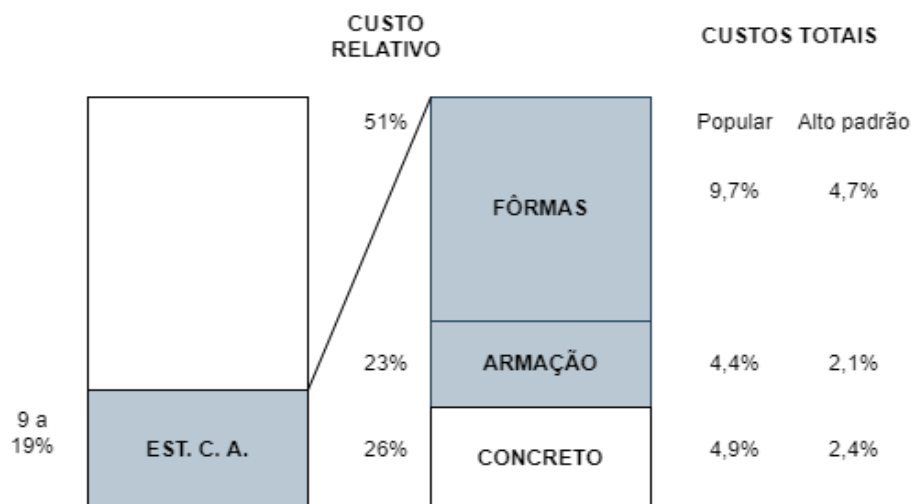
- a. Resistência mecânica à ruptura: É a resistência capaz de suportar os esforços do peso próprio, do empuxo de concreto e das pessoas trafegando para moldagem e adensamento;



- b. Resistência à deformação: suportar as deformações de maneira adequada;
- c. Estanqueidade: evita a perda de finos e água;
- d. Regularidade geométrica: manter a geometria especificada no projeto;
- e. Textura superficial adequada: manter a textura superficial compatível com o projeto;
- f. Estabilidade dimensional: manter as suas dimensões em todo o processo de moldagem e cura;
- g. Possibilitar o correto posicionamento da armadura: permite o correto e livre posicionamento das armaduras, atendendo aos requisitos de norma;
- h. Baixa aderência ao concreto: facilitar o processo de desforma, sem interferir na qualidade do concreto;
- i. Proporcionar facilidade para o lançamento e adensamento do concreto;
- j. Não influenciar nas características do concreto: não comprometendo a hidratação do cimento do concreto com consumo de água;
- k. Segurança: garantir estabilidade para não colocar em risco a vida dos funcionários e da estrutura;
- l. Economia: haver o reaproveitamento do sistema de fôrmas, com manutenções e substituição de peças.

Em relação ao custo, Melhado (1998) diz que o uso adequado das fôrmas corresponde à 51% do valor do concreto armado, conforme é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Custos da forma em relação ao edifício



Fonte: Melhado (1998)

A madeira é o recurso natural predominante das fôrmas, e após o uso gera grande volume de resíduos, conforme é apresentado na Figura 3. Além disso, há outros materiais que podem ser usados nas fôrmas, como polímeros e metais.

Figura 3 - Madeira utilizada nas fôrmas



Fonte: Autor (2021)

A utilização da madeira como fôrma nas construções moldadas em loco é restrita há poucos usos, sendo necessário o descarte da mesma.

Nesse sistema não existe projeto específico da execução das fôrmas, o que gera uma falta de padrão ligando o consumo do material a característica de quem está executando. Em duas obras semelhantes, pode-se utilizar quantidade de materiais completamente diferentes se forem executadas por equipes diferentes. Essa falta de padronização pode gerar consumo de insumos em excesso.

O sistema de fôrmas metálico todos os elementos que o compõe são metálicos, pode ser empregado em todo os elementos estruturais. Apesar de possuir maior durabilidade e reutilização, a viabilidade está diretamente ligada à padronização dos elementos estruturais para ser possível obter maior número de reutilização (COSTA, 2014).

O sistema de montagem de fôrma metálica não necessita de profissionais qualificado, tornando o sistema atrativo no cenário atual sobre disponibilidade de mão de obra qualificada. Além desta a utilização de formas metálicas possibilita uma vida

útil muito maior que comparado as fôrmas de madeira, que acaba gerando maior economia, a depender da quantidade de uso.

- **Escoramento**

O escoramento pode ser definido como uma estrutura provisória capaz de garantir a sustentação do peso da fôrma, do concreto a ser lançado, do funcionário e de máquinas para execução do serviço. Além disso, transmite os esforços para o piso inferior ou para o solo, podendo ser construído com o uso de madeira ou metal (MELHADO, 1998), conforme ilustração apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Escoramento de fôrmas metálico e de madeira



Fonte: Autor (2021)

O material utilizado para o escoramento pode ser de madeira ou metálico, sendo as espécies Cedrilho e Pinus com melhores resultados ao se utilizar as escoras de madeira.

De acordo com a NBR 15696 (ABNT, 2009). Os escoramentos metálicos são peças tubulares de aço ou de alumínio, telescopadas graduadas. Indicado para diversos tipos de obras, desde edifícios a obras de arte, o sistema é composto, principalmente, por escoras pontuais, torres e vigas.

O sistema de Fôrmas metálicas não necessita de mão de obra especializada para sua instalação, além de possuir maior segurança, possui alta durabilidade e reaproveitamento.

- **Armaduras**

A disposição das barras na armadura deve facilitar as operações de lançamento e adensamento do concreto NBR 6118 (ABNT, 2014). A armadura é dimensionada para resistir aos esforços de tração a que o elemento será solicitado. É importante que a montagem da armadura seja executada a partir do projeto, evitando que as barras não estejam posicionadas no local que foi previsto (MELHADO, 1998).

- **Concretagem**

O concreto pode ser executado na própria obra ou adquirido de alguma central de produção, sendo necessário o controle da qualidade por meio de ensaio. O ensaio mais comum realizado em obra é o de abatimento do tronco de cone “*slump-test*”, além da moldagem de corpos de prova para análise da resistência à compressão ( $f_{ck}$ ). Para a dosagem o concreto deve-se seguir o traço previsto em projeto, que foi determinado para que as propriedades citadas sejam obtidas (MELHADO, 1998).

O lançamento em pilares deve ser feito em camadas inferiores a 2 m, em vigas e lajes, após o lançamento, o material é acomodado na fôrma, podendo-se utilizar pás e enxadas. Após a realização do lançamento é essencial a realização do adensamento. Por fim, é aguardado o tempo mínimo de cura, para a realização da desforma (MELHADO, 1998).

## 2.2 Execução em Estrutura de concreto pré-moldado

Um elemento pré-moldado é aquele moldado previamente, fora do local de execução, não necessitando de um local de produção dentro do canteiro. A sua qualidade deve atender ao que está previsto na norma NBR 9062 (ABNT, 2017).

A maneira mais efetiva de industrializar a construção é pela substituição dos canteiros pelas fábricas. Esta mudança possibilita produções mais eficientes, melhor controle na qualidade, especialização da mão de obra e menores desperdícios. Desse modo, com o uso de equipamentos, lançamento e adensamento em local coberto, controle da relação água/cimento e eficácia na mistura, as peças pré-moldadas apresentam melhor qualidade e durabilidade (ACKER, 2002).

Todo sistema construtivo tem suas próprias características para obter os melhores resultados. Para isso, deve ser projetado de modo a considerar-se, desde o início, as particularidades da construção, tais como largura do vão, sistema de estabilidade, leiaute etc. (EL DEBS, 2000).

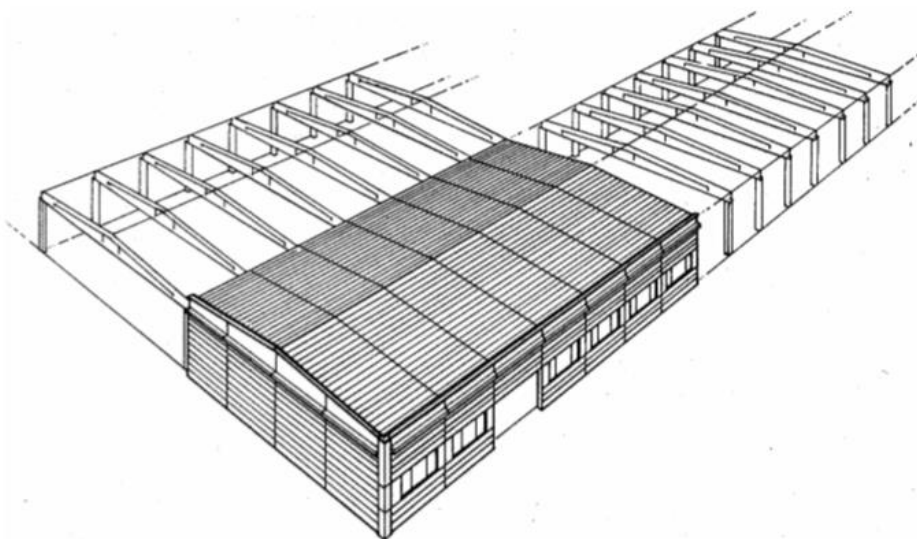
Para garantir que o produto atinja os objetivos dos usuários, deve ser feito o estudo preliminar do projeto, considerando as possibilidades de produção, entrega e montagem do pré-fabricado (ACKER, 2002).

- **Sistemas de estruturas pré-moldado**

De acordo com Acker (2002), há vários tipos de sistemas e soluções técnicas para o emprego do pré-moldado. A seguir, serão apresentados os tipos mais comuns:

- *Estruturas aporricadas*: são construídas de pilares e vigas de fechamento, por possuírem a possibilidade de atingir grandes vãos e espaços abertos sem interferências de paredes, e são ideais para estruturas com flexibilidade arquitetônica, utilizadas geralmente em construções de indústrias, armazéns, etc. conforme mostrado na Figura 5.

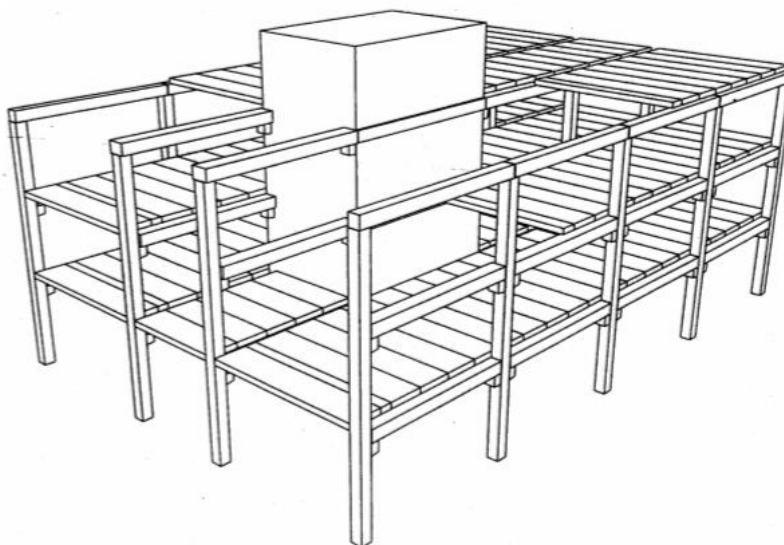
Figura 5 - Estrutura pré-moldada aporticada



Fonte: ACKER (2002)

- *Estruturas em esqueleto*: constituídas por pilares, vigas e lajes, combinadas para formarem o esqueleto da estrutura em edificações de alturas médias e baixas, conforme mostrado na Figura 6. O sistema portante funciona independente dos subsistemas complementares, tornando fácil modificar o uso com atualizações futuras. Normalmente, são utilizadas em construções de escolas, hospitais e estacionamentos.

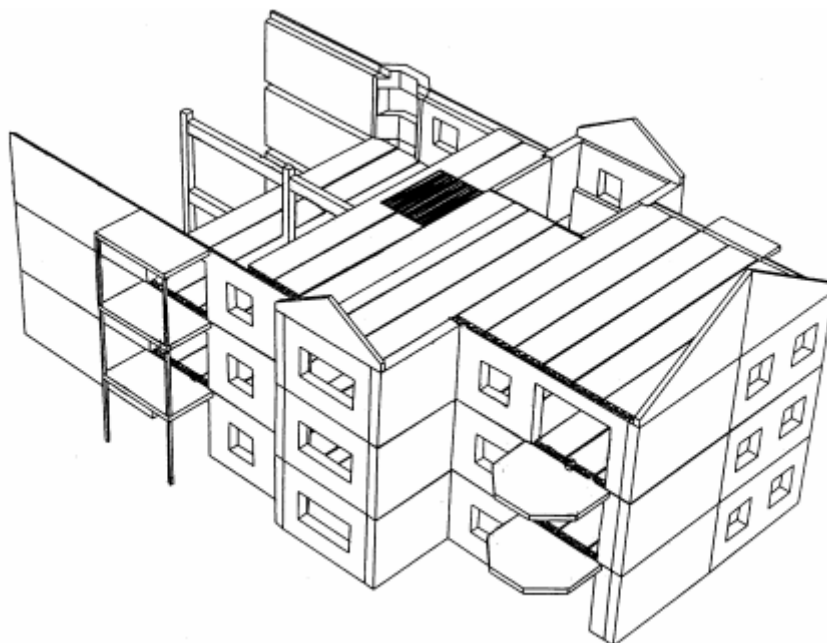
Figura 6 - Estrutura pré-moldada em esqueleto



Fonte: ACKER (2002)

- *Estruturas em painéis estruturais*, construídas em painéis portantes ou de fechamento, conforme Figura 7. São utilizadas geralmente em construções de casas e apartamentos.

Figura 7 - Estrutura pré-moldada em painéis estruturais

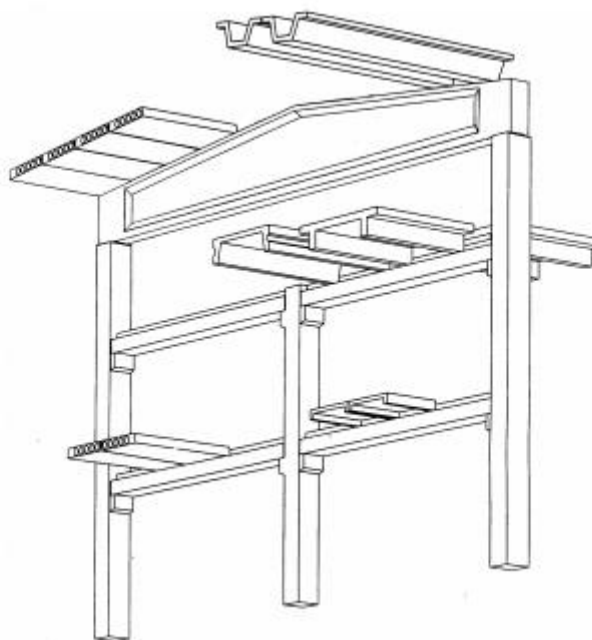


Fonte: ACKER (2002)

- *Estrutura para pisos*: formada por diversos tipos de elementos da laje, montados para formar a estrutura do piso, sendo capazes de suportar e transmitir as forças que nele atuem, conforme Figura 8. Além de possibilitar a rapidez na montagem e capacidade de vencer grandes vãos, é possível utilizar essa solução com qualquer tipo de sistema construtivo.



Figura 8 - Estrutura pré-moldada para pisos



Fonte: ACKER (2002)

- **Processo executivo**

O processo executivo de elementos pré-moldados pode ser subdividido em três subgrupos: atividades preliminares, execução e atividades posteriores (EL DEBS, 2017).

- *Atividades preliminares*: consistem na preparação do material, como transporte da matéria prima, corte e dobra do aço, montagem da armadura e a dosagem do concreto.
- *Execução*: trata-se da execução propriamente dita da peça, contemplando as seguintes etapas:
  - a) *Preparação da fôrma e da armadura*: limpeza da fôrma, aplicação do desmoldante, instalação da armação e espaçadores nas fôrmas, como mostra a Figura 9;
  - b) *Lançamento do concreto*: inclui a moldagem e o adensamento do concreto na fôrma;
  - c) *Cura do concreto*: período compreendido até o elemento atingir resistência suficiente para a desmoldagem;
  - d) *Desmoldagem*: remoção do elemento das fôrmas.

- *Atividades posteriores*: consistem no acabamento e inspeção após a desmoldagem, e transporte até o armazenamento.

Figura 9 - Fôrma metálica para concreto pré-moldado



Fonte: Autor (2021)

As ações transitórias no processo de pré-fabricação são pontos chave para obter as melhores condições dos elementos, são elas: desmoldagem, transporte e montagem no destino final.

- **Desmoldagem**

Para a boa qualidade da peça ao fim desta atividade, é imprescindível a boa execução das atividades anteriores, como preparação da fôrma e adensamento. A realização da desmoldagem depende do material da fôrma e da eficiência do desmoldante. Além disso, não é recomendável a desmoldagem quando a resistência do concreto for inferior a 10 MPa. Em alguns casos, pela necessidade de obter-se

uma maior produtividade, são utilizados o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V) e aditivos aceleradores de pega (PEDERIVA JÚNIOR, 2009).

- **Transporte**

Refere-se ao deslocamento dos elementos pré-moldados das fábricas até o local da montagem, podendo ser rodoviário, marítimo ou ferroviário. No Brasil, o meio de transporte predominante é o rodoviário, efetuado por caminhões ou carretas dependendo do tamanho dos elementos (PEDERIVA JÚNIOR, 2009).

No transporte deve-se ter cuidados com a fixação dos elementos, pois eles estão sujeitos a sofrerem grandes ações dinâmicas que podem danificá-los (PEDERIVA JÚNIOR, 2009).

- **Montagem**

Segundo El Debs (2017), a maior parte dos incidentes envolvendo pré-moldados ocorre nesta etapa, por isso, é necessário muito cuidado. Antes de iniciar a montagem deve ser feito um planejamento que contemple a sequência de montagem em decorrência das condições do terreno e a vizinhança.

Na montagem dos elementos tem-se o uso de equipamentos que são divididos nos seguintes tipos:

De uso comum:

- a) Autogruas;
- b) Grua de torre (guindaste de torre)

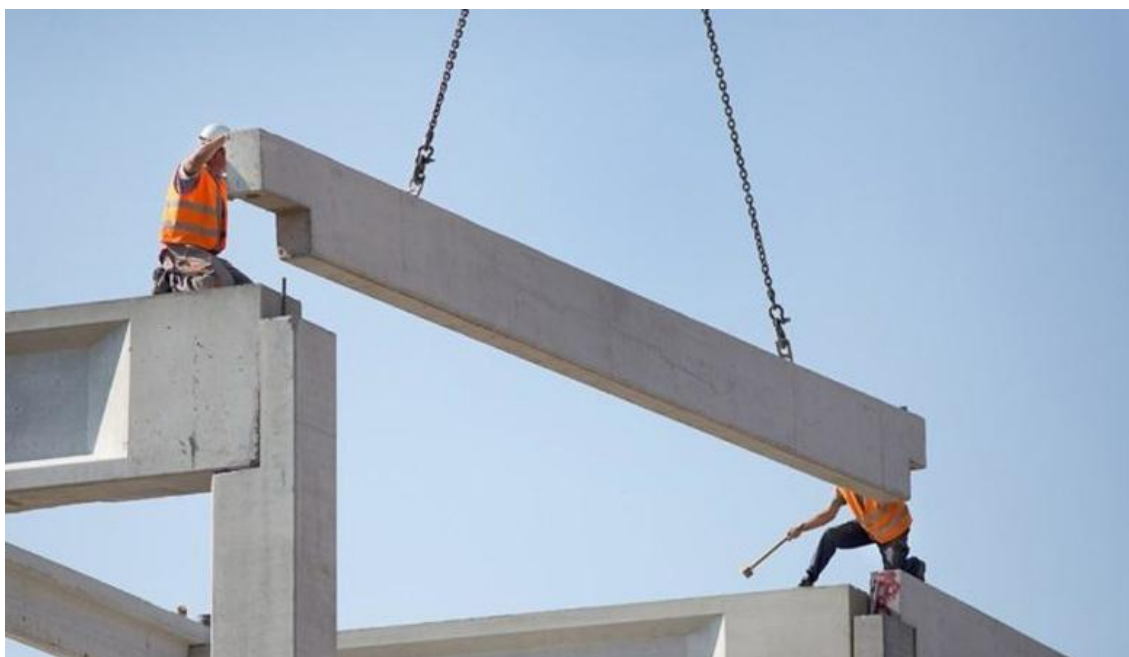
De uso restrito:

- a) Grua de pórtico (guindaste de pórtico);
- b) Guindaste Derrick.

Na montagem de galpão em concreto pré-moldado é muito utilizado o guindaste acoplado em caminhão.

É importante lembrar que na elaboração do projeto estrutural deve-se prever as reações presentes nos pontos de içamento para transporte e montagens dos elementos (ver Figura 10), fixando ganchos em pontos estratégicos e calculados para evitar danificações as peças.

Figura 10 - Montagem de elemento pré-moldado



Fonte: Tecnosil (2021)

O uso do concreto pré-moldado possibilita agilidade na construção, melhorando as condições para obter o retorno do capital investido. A agilidade é garantida pelo fato de suas peças serem fabricadas simultaneamente e estarem isentas de condições adversas do clima (ACKER, 2002).

A eficiência estrutural oferece recursos como grandes vãos com o uso do protendido, gerando mais flexibilidade quanto a aplicações na construção civil e aumento da vida útil. Com isso, há adaptabilidade para novos usos, mantendo o valor comercial da edificação por mais tempo. Para obter melhores resultados nesse tipo de construção é necessário que toda a concepção do projeto seja para concreto pré-moldado e não uma forma adaptada do concreto moldado no local (ACKER, 2002).

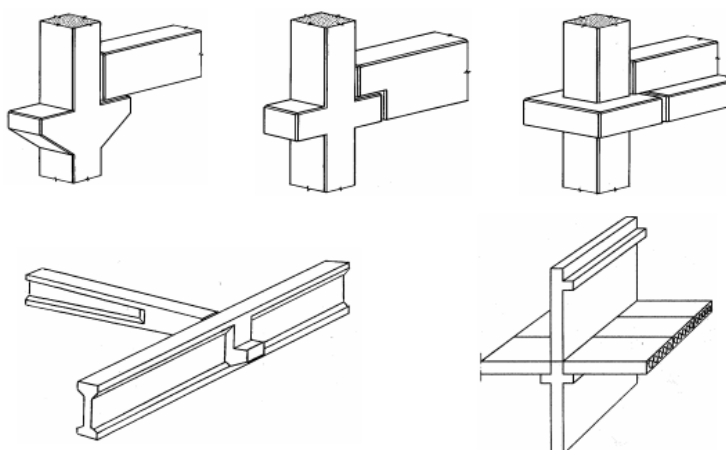
- **Ligações**

A função das ligações é fazer a ligação entre os elementos pré-moldados, tornando o sistema estrutural capaz de resistir aos esforços atuantes (ACKER, 2002).

As ligações entre os elementos pré-moldados representam um dos principais problemas no emprego desse sistema, devido às dificuldades na sua realização (EL DEBS, 2017).

De acordo com Acker (2002), os consolos de concreto (ver figura 11) são presentes nas estruturas pré-moldadas, e tem função de servir como apoio para as vigas nas ligações viga-pilar, viga-viga e piso-parede.

Figura 11 - Exemplos de consolo de concreto

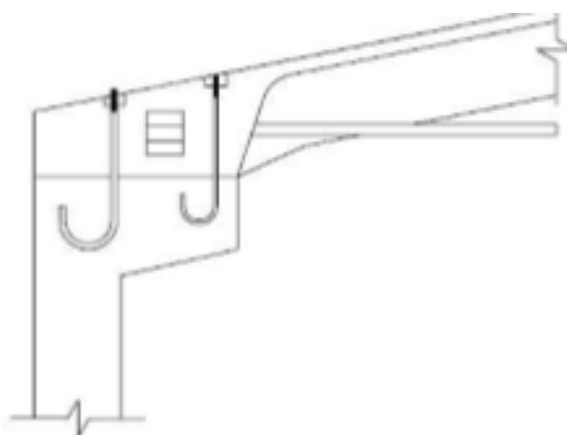


Fonte: ACKER (2002)

- Ligação Viga-Pilar

A ligação viga-pilar pode ser feita por meio de elastômeros e ou chumbadores como mostrado na Figura 12, podendo ou não transmitir momento fletor da viga para o pilar (SANTOS, 2010).

Figura 12 - Desenho esquemático da ligação Viga-Pilar

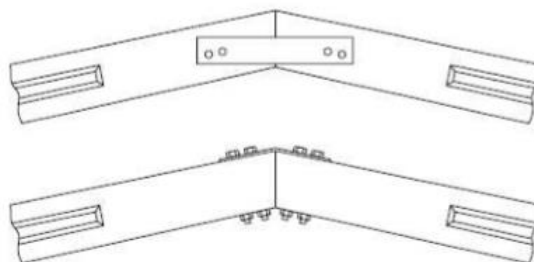


Fonte: Santos (2010)

- Ligação Viga-Viga

A ligação Viga-Viga (ver Figura 13) é feita com chapa metálica e parafusos. É uma ligação flexível, que deve ser executada com grande precisão por ser uma região de intensa compressão (SANTOS, 2010).

Figura 13 - Desenho esquemático da ligação Viga-Viga



Fonte: Santos (2010)

### **3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Nesta seção serão apresentados exemplos da literatura e casos reais de manifestações patológicas encontrados, e como o desempenho das estruturas está ligado ao aparecimento das manifestações patológicas.

#### **3.1 Desempenho das estruturas**

A NBR 15575 (ABNT, 2013) define um conjunto de requisitos e critérios para o comportamento em uso de uma edificação, não podendo apresentar danos que comprometam o uso para qual foi projetado. Também define vida útil como o tempo que um edifício atende às necessidades para as quais foi projetado, considerando a correta execução e manutenção prevista no manual de uso.

Segundo Borges (2008), o desafio da construção civil com respeito ao desempenho é atender as necessidades dos usuários no decorrer da vida útil do empreendimento. Ainda de acordo com o autor, as exigências são de habitabilidade, economia, fisiológicas, psicológicas e sociológicas.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), com respeito à segurança, as edificações devem atender durante o período de vida útil alguns requisitos, tais como: não perder estabilidade de qualquer de suas partes, garantir segurança aos usuários, sob ação de impactos, não provocar sensação de insegurança de qualquer elemento da edificação, não prejudicar o uso de elementos do imóvel como as janelas e portas, entre outros.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a durabilidade da construção consiste em a estrutura resistir aos esforços previstos em projeto, garantindo segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante sua vida útil. A Tabela 1, apresenta as classes de agressividade do ambiente, que deve ser avaliada pelo projetista de acordo com o ambiente ao qual a estrutura estará exposta.

Tabela 1 - Classes de agressividade ambiental

| 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 <sup>1), 2)</sup>                                       | Pequeno                            |
| III                               | Forte         | Marinha <sup>1)</sup>  | Grande                             |
|                                   |               | Industrial <sup>1), 2)</sup>                                   |                                    |
| IV                                | Muito forte   | Industrial <sup>1), 3)</sup>                                   | Elevado                            |
|                                   |               | Respingos de maré  |                                    |

<sup>1)</sup> 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).

<sup>2)</sup> 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.

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

Fonte: ABNT (2014)

A norma NBR 6118 (ABNT, 2014) relaciona que a durabilidade das estruturas de concreto está altamente ligada à qualidade do cobrimento do concreto e de sua espessura, as Tabelas 2 e 3 trazem, respectivamente, as correspondências da qualidade do concreto e do cobrimento mínimo nominal em relação à classe de agressividade do ambiente.

Tabela 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

| Concreto                           | Tipo | Classe de agressividade (tabela 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: ABNT (2014)



Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$

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

<sup>1)</sup> Cobertura 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.

<sup>2)</sup> 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 cobertura nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>3)</sup> 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 cobertura nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: NBR 6118 ABNT (2014)

### 3.2 Manifestações Patológicas

As manifestações patológicas se entendem como as degradações identificadas em uma edificação e a Patologia das construções é o ramo da engenharia responsável por investigar as manifestações patológicas, classificando-as de maneira preliminar em dois segmentos: simples ou composto (SOUZA; RIPPER, 1998).

Com relação às manifestações patológicas simples, são aquelas nas quais é possível utilizar padrões, sendo evidente o diagnóstico e intervenção. Já ao se tratar das manifestações patológicas compostas, são os casos nos quais é necessária uma análise mais criteriosa, não estando evidente quais são as causas e locais concretos da manifestação, exigindo do profissional um maior conhecimento sobre as diferentes situações (SOUZA; RIPPER, 1998).

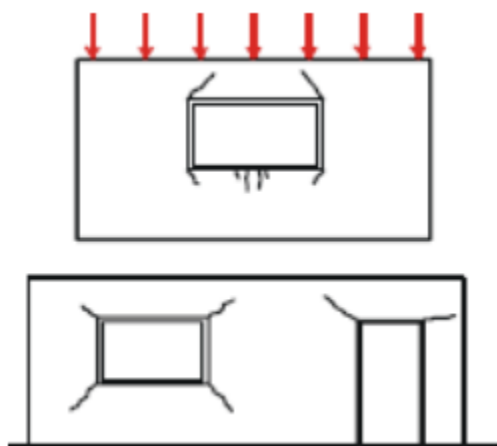
De acordo com Helene (2007), as manifestações patológicas mais comuns de serem encontradas no concreto são as fissuras, eflorescências, a corrosão da armadura, flechas excessivas e segregação.

- Fissuras

Segundo a NBR 15575-2 (ABNT, 2013), as fissuras podem ser classificadas em ativas (quando há a variação de abertura com o tempo) ou passiva (com abertura constante). A norma define que fissuras são aberturas com espessura inferior a 0,6 mm, para espessura superior a esta, denomina-se de trinca.

As fissuras são manifestações patológicas de origem física, química ou mecânica, que podem servir de alerta para danos e perda de desempenho das estruturas (THOMAZ, 1989).

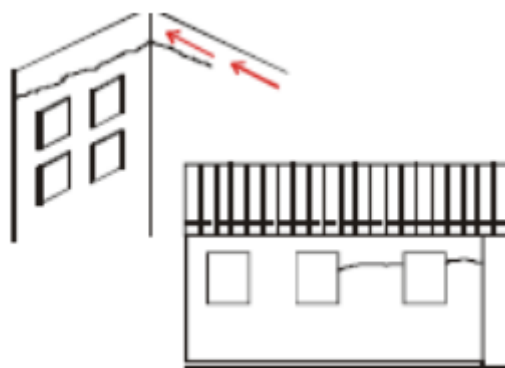
Figura 14- Fissuração típica nos cantos das aberturas



Fonte: Thomaz (1989)

As fissuras em aberturas formam-se a partir dos vértices dessas aberturas, em função dos caminhamentos das tensões de compressão, como mostra a Figura 14. Podem ser influenciadas também por fatores como: dimensões das aberturas, dimensão das alvenarias, dimensões de vergas e contravergas, entre outros.

Figura 15 - Fissuração devido à movimentação térmica



Fonte: Thomaz (1989)

As movimentações entre componentes de um elemento podem causar trincas os quais estão relacionados com as propriedades físicas que estão sujeitos a dilatações como mostra a Figura 15.

- Umidade

As manifestações patológicas provenientes de umidade são causadas pela infiltração indesejada da água na edificação, podendo ser pela chuva, percolação nos materiais, capilaridade, entre outros (GONÇALVES, 2015).

Figura 16 - Umidade ascendente por capilaridade



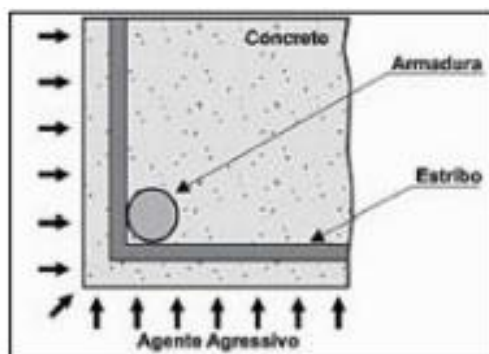
Fonte: Fórum da construção (2019)

A umidade por capilaridade como mostra a Figura 16, podem surgir devidos a fatores como barreiras que impedem a passagem da água e a utilização de materiais porosos, tais como, concreto, bloco cerâmico, argamassas, entre outros.

- Corrosão das armaduras

De acordo com Melo (2011), a corrosão é a interação destrutiva do material com o ambiente através do processo químico e eletroquímico na ação da oxidação da armadura. As peças de concreto aparente e o cobrimento insuficiente são fatores que propiciam a entrada de agentes agressivos.

Figura 17 - Detalhe de ataque a corrosão da armadura



Fonte: Marcelli (2007)

A Figura 17, apresenta a maneira como os agentes agressivos atuam sobre o elemento, deste modo quando menor for a espessura de concreto que recobre a armadura, o elemento estará sujeito aos ataques dos agentes agressivos.

- Concreto segregado

O concreto é composto pela mistura de cimento, agregados miúdo e graúdo e a água, que quando executado corretamente resulta em uma mistura homogênea. No concreto segregado, por outro lado, tem-se a separação entre o agregado graúdo e a argamassa, ocasionando perda de estabilidade no elemento (TAKATA, 2009).

Segundo Takata (2009), o surgimento da segregação ocorre devido alguns fatores como:

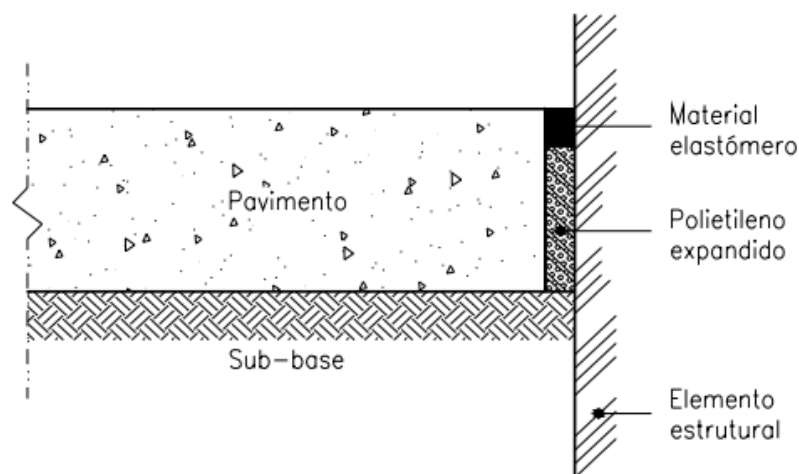
- Lançamento do concreto em altura superior a 2 metros;
- Adensamento insuficiente ou excessivo;
- Espaço reduzido entre as barras de aço da armadura para a penetração do concreto.

- Junta de dessolidarização

Junta de dessolidarização tem a função de subdividir a laje de elementos estruturais e em casos como os revestimento de piso, afim de criar uma descontinuidade entre as peças para aliviar as tensões provocadas pela dilatação. São situadas nas mudanças de plano e perímetro das áreas revestidas.

Em lajes de pavimentos industriais deve estar isoladas dos demais elementos estruturais, tais como pilares, paredes, fundações, escadas, etc. as juntas podem ser compostas da aplicação de uma folha de polietileno expandido na ligação os elementos citados, como ilustra na Figura 18.

Figura 18 - Detalhe do funcionamento da junta de dessolidarização



Fonte: Antunes (2013)

As juntas visam permitir a movimentação proveniente da retração e dilatação do pavimento, isolando o pavimento dos demais elementos estruturais. Estas podendo ser constituídas de polietileno expandido para o seu preenchimento e evitando o aparecimento de fissuras provenientes destas tensões.

### 3.2.1 Causas para o surgimento em concreto moldado in loco

As manifestações patológicas em estrutura de concreto armado podem surgir de causas diversas, de certo modo ligadas ao meio construtivo praticamente artesanal. A utilização de diferentes matérias primas, que são transportadas até o canteiro de obra para mistura *in loco* ou na forma de mistura pronta, associada à grande quantidade de etapas necessárias à execução, propiciam ao surgimento de manifestações (GONÇALVES, 2015).

Helene (1997) define o impacto financeiro na obra para a realização de correções das manifestações patológicas em cada fase da concepção.

a) *Fase de projeto*: momento mais propício para realizar a intervenção de maneira financeira e facilidade de execução. Medidas como aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura.

b) *Fase de execução*: as medidas realizadas nesta fase de execução, tem custo cinco vezes maior caso fosse realizado na fase anterior de projeto. Medidas como reforços estruturais.

c) *Fase de manutenção preventiva*: Podendo custar até 25 vezes caso fosse realizado na fase de projeto. Nesta fase são realizadas medidas como impermeabilização de coberturas, limpezas de beirais, pinturas etc.

d) *Fase de manutenção corretiva*: a realização dessas atividades corresponde a 125 vezes caso fosse realizado na fase de projeto, vários fatores dessa fase poderiam ser evitados caso fosse realizado a manutenção corretiva antecipadamente. As manifestações patológicas nesta fase são evidentes e necessita que sejam realizadas ações como reforço e proteção de estrutura.

- **Falhas no projeto**

As falhas na etapa de projeto podem ocorrer durante a concepção da estrutura, no estudo preliminar ou no projeto executivo. As causas podem ser: má definição das ações atuantes, recalques pela deficiência na avaliação do solo, erro na compatibilização dos projetos, entre outros. Estes podendo ocasionar aumento no valor da obra e problemas patológicos (GONÇALVES, 2015).

- **Materiais inadequados**

As falhas pelos materiais acontecem principalmente pela falta da qualidade na aquisição e/ou o armazenamento no canteiro de forma irregular. Para assegurar a qualidade da edificação, é essencial que os materiais de construção atendam aos requisitos da NBR 12655 (ABNT, 2015).

Para a utilização de agregados, é necessário realizar análises mineralógica e química. Também é importante observar as reações expansivas com os álcalis do cimento podendo gerar grandes danos ao concreto (ABNT, 2019).

A água é um elemento fundamental para o concreto, logo a análise de qualidade se faz necessária, evitando que apresente contaminações com cloretos, sulfatos, álcalis, entre outro que são prejudiciais ao concreto (GONÇALVES, 2015).

Para finalizar os materiais de concreto armado, o controle da armadura é essencial, como de oxidação, limite de resistência, patamar de escoamento entre outros (GONÇALVES, 2015).

- **Erros na execução**

A NBR 14931 (ABNT, 2004) define que a execução da estrutura de concreto contempla todas as atividades que precisam ser desenvolvidas para que a estrutura esteja pronta, que são: sistemas de formas, armaduras, concretagem, cura, desforma e inspeções das peças já executadas.

O processo executivo das estruturas de concreto é importante para a obtenção de alta durabilidade da estrutura. Devido ao processo de produção ser, na maior parte, artesanal e com mão de obra desqualificada, a obra está suscetível a apresentar erros. Nesta etapa, os mais comuns são: concreto sem controle de resistência (*fck*), cobertura insuficiente e segregação. Estes erros podem desencadear problemas patológicos como: manifestação de fissuras, trinca, carbonatação, entre outros (ZANZARINE, 2016).

- **Falta de manutenção**

Quanto à utilização, o usuário deve cuidar da edificação para que ela mantenha suas características, durante sua vida útil. Os cuidados são com manutenções e garantir o uso para o qual foi projetada, não sendo ultrapassados os carregamentos previstos no projeto (GONÇALVES, 2015).

De acordo com Souza e Ripper (1998), as manifestações patológicas geradas a partir da falta de manutenção se dão pela falta de conhecimento técnico, desleixo e problemas econômicos. O atraso na intervenção das manifestações implicará em gastos maiores, em consequência da maior gravidade dos problemas estruturais.

### **3.2.2 Causas para o surgimento em concreto pré-moldado**

As manifestações patológicas originárias de erros em projeto e uso de materiais inadequados nas estruturas realizadas em concreto armado moldado no local, possuem a mesma influência para o concreto pré-moldado. Porém para o segundo, a ocorrência de problemas decorrentes desses erros é menos frequente, visto que o controle no armazenamento e na qualidade nas fábricas é bem maior e mais eficiente que nos canteiros de obras em que o concreto é moldado no local.

- **Erros de execução**

Apesar da estrutura que as fábricas podem ofertar e de a mão de obra ser mais qualificada que a atuante na execução de estruturas de concreto moldado no local, é necessário cuidado no momento da moldagem dos elementos para evitar o aparecimento de manifestações patológicas, como mostra a Figura 19. É importante observar as seguintes etapas: na fabricação, dosagem do concreto, cobrimentos mínimos das armaduras e o adensamento; na execução, o transporte e a montagem dos elementos.

Figura 19 - Pilar Danificado na produção e armadura exposta



Fonte: Autor

- **Erros no transporte**

De acordo com NBR 9062 (ABNT, 2017), no transporte dos elementos deve-se evitar impactos que podem causar a danificação da peça. Se os elementos de concreto precisarem ser empilhados, eles devem ser intercalados com dispositivos de apoio, como cavaletes constituídos de material macio.



- **Montagem**

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2017), deve-se evitar colisão entre os elementos, caso venha a ocorrer é necessário a paralização da instalação para avaliação do surgimento de fissuras. Outro erro nesta etapa é a compatibilização nos consolos dos pilares, que podem estar em desacordo com a cota necessária, como mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Calço em consolo de concreto



Fonte: Ramos; Nascimento; Pereira (2018)

- **Manifestações em galpão de concreto pré-moldado**

Nesta seção serão apresentadas manifestações patológicas retiradas do trabalho de Sulzbacher e Teixeira (2020), encontradas em edificações de galpões construídos em concreto pré-moldado, que são mais comumente encontrados para este tipo de edificação.

A Figura 21 ilustra mancha e fungo nos elementos estruturais de viga e pilar, os quais constituem o esqueleto estrutural pré-moldado.

Figura 21 - Manchas por infiltração



Fonte: Sulzbacher e Teixeira (2020)

- *Origem:* Projeto ou execução.
- *Possível causa:* falha ou inexistência de impermeabilização.
- *Mecanismo de ocorrência:* Devido à falta de impermeabilização com a porosidade do concreto, ocorre a infiltração da água gerando as manchas nas superfícies dos elementos em contato (SULZBACHER; TEIXEIRA, 2020).

A Figura 22 apresenta a manifestação patológica de corrosão das armaduras e deslocamento do concreto, que ocorre em uma laje que foi pré-fabricada.

Figura 22 - Corrosão da armadura laje



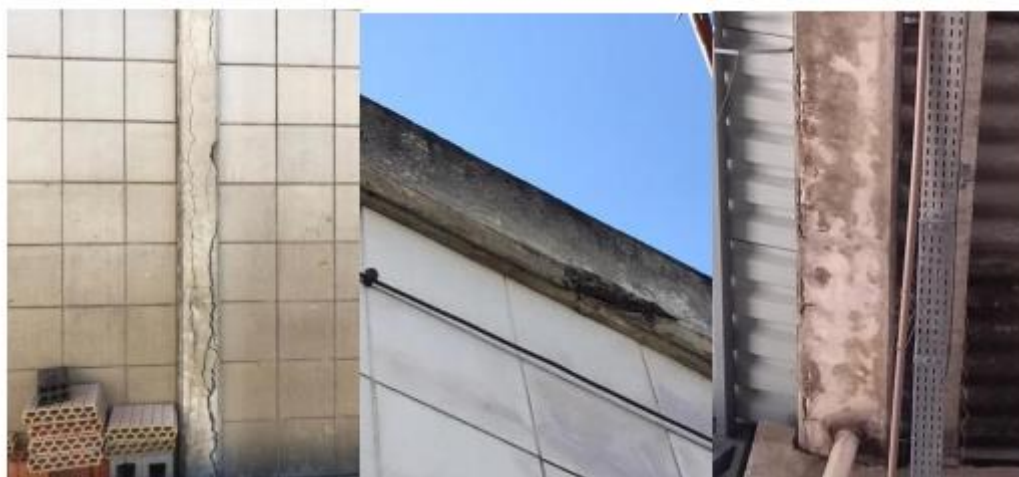
Fonte: Sulzbacher; Teixeira (2020)

A corrosão da armadura e deslocamento do concreto tem ocorrência no seguinte contexto:

- *Origem:* Projeto e ou execução.
- *Possível causa:* Cobrimento insuficiente, falha ou inexistência de impermeabilização.
- *Mecanismo de ocorrência:* Devido à falha na impermeabilização da laje, a água proveniente da chuva infiltra e causa o processo de corrosão da armadura, também relacionada ao cobrimento insuficiente de concreto, que é responsável por proteger a armadura (SULZBACHER; TEIXEIRA, 2020)

A Figura 23 mostra a manifestação patológica de fissura em pilar e viga, provavelmente gerada pela corrosão da armadura.

Figura 23 - Fissura em pilar



Fonte: Sulzbacher; Teixeira (2020)

A fissura em pilar e viga ocorre no seguinte contexto:

- *Origem:* Projeto e ou execução.
- *Possível causa:* Cobrimento insuficiente.
- *Mecanismo de ocorrência:* o processo de corrosão provoca o aumento do volume do aço conseqüentemente, ocorre o deslocamento do concreto. O concreto que também é responsável pela proteção da armadura, quando em espessura

insuficiente e alta porosidade, não consegue impedir que o processo de corrosão aconteça (SULZBACHER; TEIXEIRA, 2020).

Na Figura 24 é possível observar uma fissura horizontal que se desenvolve na alvenaria e paralelamente à laje.

Figura 24 - Fissura horizontal em alvenaria



Fonte: Sulzbacher e Teixeira (2020)

A fissura horizontal em alvenaria ocorre no seguinte contexto:

- *Origem:* Projeto e ou execução.
- *Possível causa:* Movimentações térmicas da laje.
- *Mecanismo de ocorrência:* As fissuras provocadas por movimentações térmicas, ocorrem com a deformações provocados por variações volumétricas, devido as diferenças nos coeficientes de deformações dos elementos que compõem a estrutura (SULZBACHER; TEIXEIRA, 2020).

A Figura 25 apresenta a manifestação patológica de deslocamento do concreto causa no processo de transporte do elemento pré-moldado.

Figura 25 - Desplacamento do concreto



Fonte: Sulzbacher; Teixeira (2020)

O deslocamento no concreto é caracterizado da seguinte forma:

- *Origem:* Execução.
- *Possível causa:* Transporte do elemento pré-moldado.
- *Mecanismo de ocorrência:* No processo de transporte dos elementos, houve o atrito entre as peças ou no próprio veículo, causando o deslocamento do concreto (SULZBACHER; TEIXEIRA, 2020).

## 2.5 Método GUT

O método GUT é uma matriz que auxilia a classificação e a priorização para resolução dos problemas. Desenvolvida por Kepner e Tregoe em 1981, surgiu para ajudar na tomada de decisões sobre problemas complexos nas indústrias americanas e japonesas (MEIRELES, 2001).

A aplicação do método GUT pode ser dividida em quatro fases: identificação dos problemas, descrição de cada problema, classificação do problema quanto à prioridade e, por último, tomar as decisões de aplicação (MEIRELES, 2001).

O termo GUT faz referência a: G= gravidade, U= urgência e T= Tendência. Meireles (2001) aborda a definição de cada termo, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros do método GUT

| <b>Variável</b> | <b>Conceito</b>   |
|-----------------|---|
| Gravidade       | Considera a intensidade e a profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele |
| Urgência        | Considera o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema  |
| Tendência       | Considera o desenvolvimento que o problema terá na ausência da ação                                     |

Fonte: Meireles (2001)

Quadro 2 - Critérios de Pontuação

| <b>Nota</b> | <b>Gravidade</b>   | <b>Urgência</b>          | <b>Tendência</b>          |
|-------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| 5           | Extremamente grave | Precisa de ação imediata | Irã piorar rapidamente    |
| 4           | Muito grave        | É urgente                | Irã piorar em pouco tempo |
| 3           | Grave              | O mais rápido possível   | Irã piorar                |
| 2           | Pouco grave        | Pouco urgente            | Irã piorar a longo prazo  |
| 1           | Sem gravidade      | Pode esperar             | Nã irã mudar              |

Fonte: Periard (2011)

Para a priorizaçã é realizado um ranking pelo resultado da multiplicaçã dos termos GxUxT. É imposta uma nota para cada quesito, como mostra o Quadro 2. Sendo que o maior valor encontrado representa o problema com prioridade mais alta (prioridade número 1) e, assim, sucessivamente.

## 4. METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados detalhes sobre as edificações e as etapas desenvolvidas durante a execução do trabalho.

Para a obtenção dos dados necessários para a realização deste trabalho foram seguidas as seguintes etapas:

- Vistoria in loco: para registro fotográfico;
- Entrevistas aos proprietários: perguntando sobre o modo de aquisição de residência e o período de construção;
- Análise dos projetos: Verificação dos projetos os locais que ocorre a incidências das manifestações patológicas;
- Entrevista a construtora: sobre o método construtivos utilizado.

### 4.1 Objeto de estudo

- Localização

As edificações do estudo estão localizadas na cidade de Arapiraca, agreste do estado de Alagoas. Elas estão localizadas a aproximadamente 90 km de distância para o litoral, a cidade é a segunda maior do estado, possuindo cerca de 234 mil habitantes, segundo estimativa do IBGE (2021).

- Geologia

O município de Arapiraca encontra-se geologicamente inserido na Província Borborema, possuindo rochas do embasamento gnáissico-migmatítico e metamórfica. A Província é representada pelos litótipos dos complexos Nicolau/Campo Grande e Marancó e dos grupos Macurur e Barreiras (CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005).

- Temperatura

A área onde situa-se o município de Arapiraca é caracterizada por temperaturas elevadas. Segundo a classificação climática de Koppen, com uma estação seca no verão e chuvas de outono/inverno (NUNES; VASCONCELOS; SILVA; BARBOSA, 2016).

A estação quente permanece por aproximadamente por 6 meses, desde meados de novembro até abril, com temperatura média máxima de 28°C. A estação fresca

permanece por aproximadamente por 4 meses, contemplando os meses de junho até setembro, com temperatura média mínima de 21°C (NUNES; VASCONCELOS; SILVA; BARBOSA, 2016).

- Precipitação

A precipitação total para a região tem um intervalo de 750 a 1000 mm. Os meses de maio, junho e julho, são os mais chuvosos concentrando mais de 50% do total anual (NUNES; VASCONCELOS; SILVA; BARBOSA, 2016).

- Umidade

A umidade relativa do ar apresenta valores mais altos entre os meses de maio a agosto, com percentual médio de 80%, e mais baixos no período de novembro e março, com percentual médio de 60% (NUNES; VASCONCELOS; SILVA; BARBOSA, 2016).

- **Edificações de estudo**

Para este trabalho foram analisadas edificações do tipo residencial e um galpão comercial, todos localizados na cidade de Arapiraca/AL e que são caracterizadas da seguinte forma:

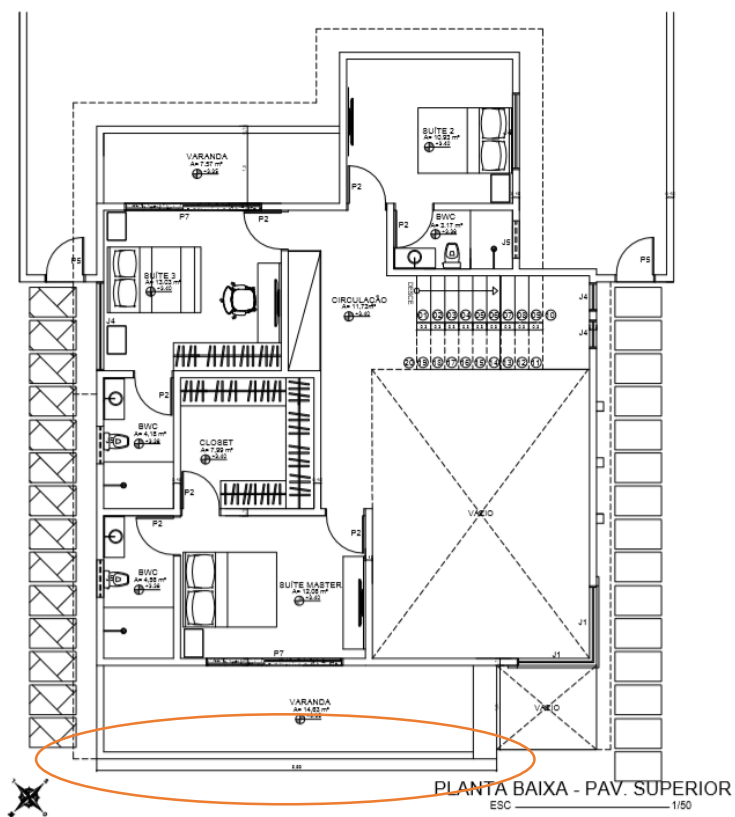
- 1) Edificação 1

- Bairro: Senador Arnon de Melo;
- Tipo: Residencial;
- Período de execução: Abril de 2019 à Outubro de 2019;
- Sistema estrutural: Concreto moldado *in loco*;
- Fundação: fundação rasa com 1 m de profundidade.

As Figuras 26 e 27 apresentam a planta baixa e planta de forma, respectivamente, da edificação 1, com destaque para o local que se encontra a manifestação patológica.

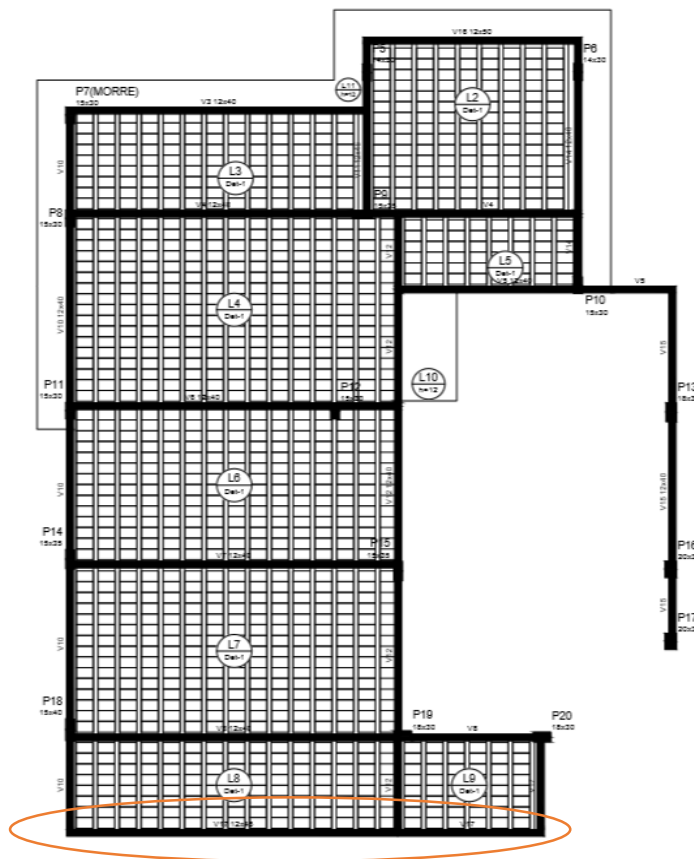


Figura 26 - Planta baixa pav. superior Edificação 1



Fonte: Plann Arquitetura (2019)

Figura 27 - Planta de forma - Edificação 1



Fonte: Plann Arquitetura (2019)

## 2) Edificação 2

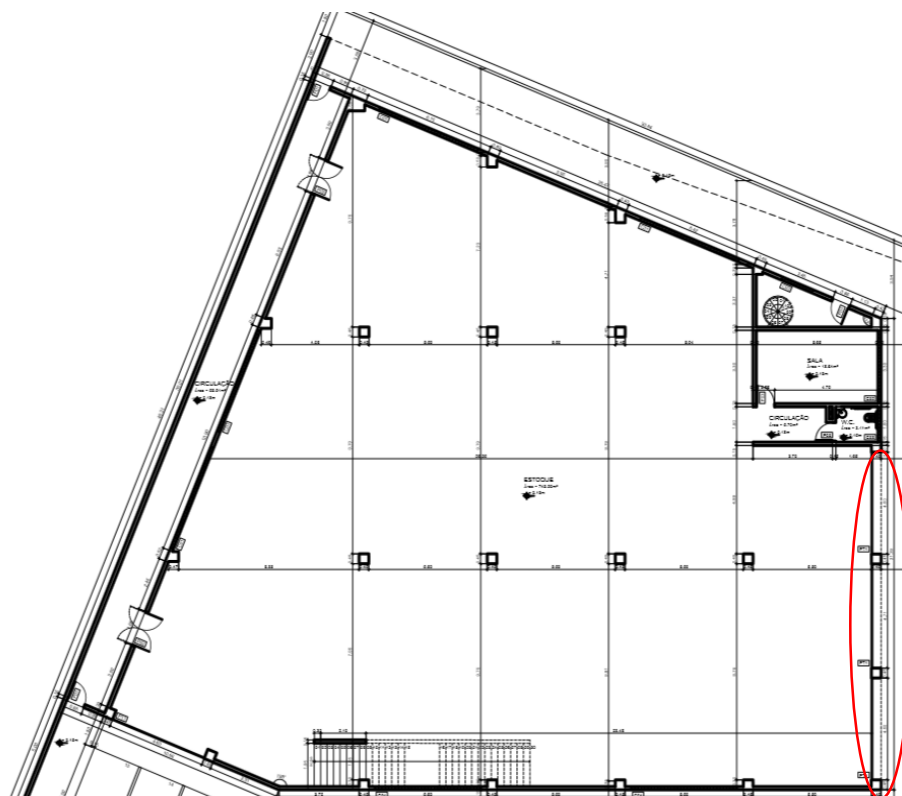
- Bairro: Senador Arnon de Melo;
- Tipo: Residencial;
- Período de execução: Janeiro de 2018 à junho de 2018;
- Sistema estrutural: Concreto moldado *in loco*;
- Fundação: fundação rasa com 1 m de profundidade.

## 3) Edificação 3

- Bairro: Olho D'Água dos Cazuzinhos;
- Tipo: Comercial;
- Período de execução: Outubro de 2018 à Outubro de 2019;
- Sistema estrutural: Concreto moldado *in loco*;
- Fundação: fundação rasa com 1,5 m de profundidade.

A Figura 28, apresenta a planta baixa da edificação 3, com destaque para o local que se encontra a manifestação patológica.

Figura 28 - Planta baixa pav. térreo - Edificação 3



Fonte: Plann Arquitetura (2018)

## 4.2 Etapas do trabalho

Neste trabalho foram conduzidas atividades para entendimento do problema através de uma revisão bibliográfica e visitas às edificações de estudo. A seguir serão apresentados mais detalhes sobre cada etapa:

- *Revisão bibliográfica*: foram realizadas pesquisas na literatura para auxiliar no desenvolvimento desse trabalho através de livros, artigos e dissertações, os quais estão listados nas referências deste trabalho.
- *Caracterização dos sistemas construtivos*: com o auxílio da literatura, foram caracterizadas as etapas, materiais e métodos construtivos típicos para a execução de sistema estrutural moldado *in loco* e sistema estrutural pré-moldado.

- *Manifestações patológicas*: foram apresentadas as principais manifestações patológicas em estruturas de concreto, bem como as causas ou erros cometidos no desenvolvimento da obra, que propiciam o aparecimento dessas manifestações patológicas.
- *Caracterização da área de estudo*: foram levantadas informações do tipo de sistema estrutural utilizado, materiais utilizados, utilização da edificação, métodos de execução etc.
- *Identificação e análise das manifestações patológicas*: Na realização desta etapa foram realizadas visitas às edificações de estudo, investigando as causas e realizando registros fotográficos.
- *Classificação e pontuação de acordo com método GUT*: foram realizadas as classificações das manifestações patológicas e organizadas por prioridade, com o auxílio do método de GUT.

## 5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo estão apresentadas as manifestações patológicas por meio do registro fotográfico realizado nas edificações, fazendo-se também a análise dos danos.

### 5.3 Edificação 1

Na Figura 29, destaca-se a área onde há a presença da fissura horizontal, que se desenvolve em todo o comprimento na ligação da laje do primeiro pavimento com o contrapiso.

Figura 29 - Fissura horizontal - Edificação 1



Fonte: Autor (2020)

Figura 30 - Fissura horizontal no nível da laje de cobertura - Edificação 1



Fonte: Autor (2020)

A figura 30, apresenta manifestação de fissura horizontal no nível da laje de cobertura da residência, causando a fissura na alvenaria da platibanda.

As Figuras 29 e 30 apresentam fissuras no nível da laje em na residência e analisando-se essas fissuras, tem-se as seguintes considerações:

- *Origem:* Projeto ou execução.
- *Possível causa:* Movimentações térmicas.
- *Mecanismo de ocorrência:* De acordo com Thomaz (1989), esse efeito ocorre devido à diferença no coeficiente de dilatação térmica dos materiais, sendo que o concreto possui coeficiente de dilatação linear aproximadamente duas vezes maior que o da alvenaria. A dilatação e o abaulamento gerados pela temperatura inserem tensões de cisalhamento e tração nas alvenarias, causando o aparecimento desse tipo de manifestação patológica.

A Figura 31 traz a manifestação patológica de fissura 45° se desenvolvendo em direção ao pilar da edificação.

Figura 31 - Fissura 45° - Edificação 1



Fonte: Autor (2020)

A Figura 31 apresenta Fissura 45° se desenvolvendo na direção do pilar, podendo ser feitas as seguintes considerações:

- *Origem:* projeto e ou Execução.
- *Possível causa:* Recalque diferencial
- *Mecanismo de ocorrência:* De acordo com Thomaz (1989), as fissuras levemente inclinadas são resultado do Recalque diferencial, com as fissuras inclinadas para o pilar de maior recalque.

A Figura 32 traz a manifestação patológica de manchas causadas pela umidade em marquises de concreto.

Figura 32 - Manchas em marquise - Edificação 1



Fonte: Autor (2020)

Analisando-se essa manchas, tem-se as seguintes considerações:

- *Origem:* Projeto ou execução.
- *Possível causa:* falha ou inexistência de impermeabilização.
- *Mecanismo de ocorrência:* Segundo Verçosa (1991), a causa dessa manifestação patológica por umidade se dá pela percolação da água pluvial no elemento construtivo, devido à pressão hidrostática. Isso ocorreu devido à falha ou erro no processo de impermeabilização das marquises.



Figura 33 - Recalque de piso corredor - Edificação 1



Fonte: Autor (2021)

Analisando-se a Figura 33, a fissura vê-se recalque de 4 cm em todo o perímetro do piso no corredor externo, com as seguintes considerações:

- *Origem:* Projeto e ou execução.
- *Possível causa:* Falha na compactação, vazamento redes de esgoto.

- *Mecanismo de ocorrência:* O recalque é o rebaixamento devido a acomodação do solo e esse efeito pode ocorrer por diversos fatores, segundo Santos (2014), algumas delas são: falta de investigação do solo, dimensionamento da fundação, alteração da carga de suporte devido ao rebaixamento do lençol freático, vazamento de redes coletoras de esgoto, entre outros.

Ao se analisar a manifestação descrita acima, foi possível observar o vazamento nas caixas de inspeção da residência, bem como solo mau compactado com o piso diretamente aplicado sobre ele, sem nenhum tipo de estrutura em sua composição.

### 5.3 Edificação 2

A Figura 34 traz a manifestação patológica de manchas causadas pela umidade em marquises de concreto.

Figura 34 - Manchas por umidade em parte interna de laje de cobertura - Edificação 2



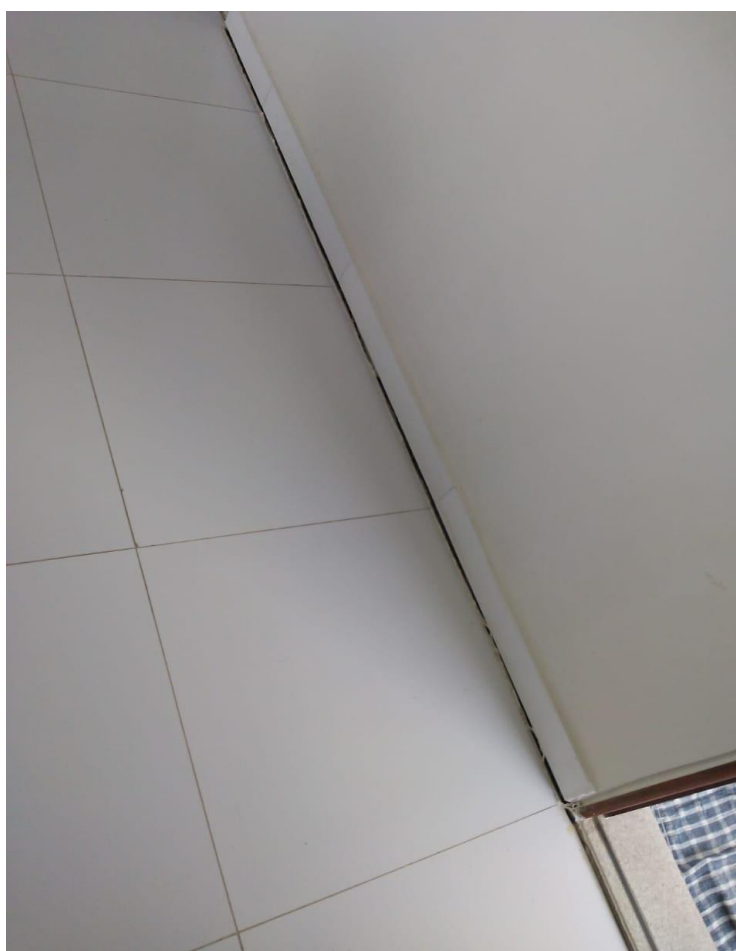
Fonte: Autor (2020)

Analisando essa mancha na marquise de concreto, tem-se as seguintes considerações:

- *Origem*: Projeto ou execução.
- *Possível causa*: falha ou inexistência de impermeabilização.
- *Mecanismo de ocorrência*: Devido à falta de impermeabilização com a porosidade do concreto, ocorre a infiltração da água gerando as manchas e fungos nas superfícies dos elementos em contato.

As Figura 35 e 36, mostra o recalque de piso ocorrido em todo o piso interno de uma edificação em que foi mensurado em o recalque predominante de 4 cm, sendo o cômodo com maiores dimensões apresentando 8 cm de recalque.

Figura 35 - Recalque em piso interno da residência - Edificação 2



Fonte: Autor (2021)

Figura 36 - Recalque no piso interno da residência - Edificação 2



Fonte: Autor (2021)

As Figuras 35 e 36 apresentam o recalque do piso em toda a residência térrea com recalque máximo de 8 cm, tem-se as seguintes considerações:

- *Origem:* Projeto e ou execução.
- *Possível causa:* Falha na compactação, falta de investigação do solo.
- *Mecanismo de ocorrência:* O recalque é o rebaixamento devido a acomodação do solo e esse efeito pode ocorrer por diversos fatores, segundo Santos (2014), algumas delas são: falta de investigação do solo, dimensionamento da fundação, alteração da carga de suporte devido ao rebaixamento do lençol freático, vazamento de redes coletoras de esgoto, entre outros.

Na visita a residência reificou-se que Todo o piso da residência sofreu com este recalque, sendo os cômodos com maiores dimensões maiores recalques, os fatos que

chamaram a atenção foi a não realização de investigação do solo para a fase de projeto e a falta de compactação do solo durante a execução.

### 5.3 Edificação 3

As Figura 37 ilustra fissura que se desenvolve em toda a alvenaria localizada abaixo de uma laje, como mostra o destaque na figura.

Figura 37 - Fissura horizontal - Edificação 3



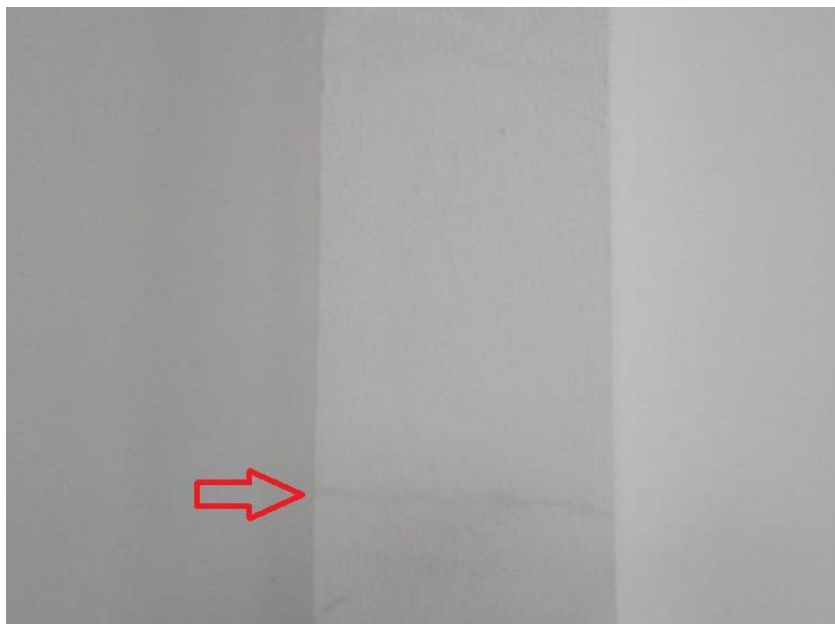
Fonte: Autor (2020)

A fissura horizontal localizada abaixo da laje é caracterizada da seguinte forma:

- *Origem:* Projeto ou execução.
- *Possível causa:* Movimentações térmicas da laje.
- *Mecanismo de ocorrência:* Para esta manifestação patológica, a causa de seu surgimento é devido à diferença de coeficientes de dilatação térmica dos materiais de construção, com a dilatação e o abaulamento gerados pela temperatura inserem tensões na alvenaria.

A Figura 38 ilustra o surgimento de fissuras horizontais localizadas à meia altura nos pilares de concreto.

Figura 38 - Fissura horizontal nos pilares - Edificação 3



Fonte: Autor (2020)

A caracterização da fissura horizontal localizada nos pilares é apresentada a seguir:

- *Origem:* Execução.
- *Possível causa:* Deficiência na montagem (prumo), juntas de concretagem.
- *Mecanismo de ocorrência:* Essas manifestações patológicas ocorrem em pilares que são solicitados à flexocompressão ou em casos mais graves, quando há ocorrência de flambagem. Podem ser originários por deficiência da montagem da estrutura como erro de prumo (THOMAZ, 1989).

A Figura 39 apresenta o caso de fissuras no piso de concreto que é composto por fissuras horizontais ou pouco inclinadas com relação às alvenarias de vedação. A Figura 40 resgata o momento da execução com a concretagem do piso, no qual pode-se observar a união deste com a alvenaria, não possuindo a junta de dessolidarização.



Figura 39 - Trincas em todo o perímetro do piso - Edificação 3



Fonte: Autor (2020)

Figura 40 - Imagem resgatada do momento da execução do piso - Edificação 3



Fonte: Autor (2020)

Segue a caracterização desta manifestação patológica:

- *Origem*: Projeto ou execução.
- *Possível causa*: Falta de junta de dessolidarização.
- *Mecanismo de ocorrência*: O surgimento dessa manifestação patológica se dá pela ausência de juntas de dessolidarização, o que levou à vinculação do piso com a viga baldrame fazendo com que o piso trabalhe junto com a estrutura. Com o efeito da expansão causado pela dilatação do piso, tem-se o aparecimento das fissuras no piso em todo o perímetro da edificação (VIEIRA, 2017).

A Figura 41 apresenta a armação da viga exposta pelos vazios da falha na concretagem.

Figura 41 - Viga com falha no adensamento e armadura exposta edificação 3



Fonte: Autor (2021)

As características desta falha na concretagem são descritas a seguir:

- *Origem*: Execução.
- *Possível causa*: falha no adensamento do concreto.
- *Mecanismo de ocorrência*: Segundo Marcelli (2007), essa manifestação patológica é caracterizada devido aos vazios formados pela incorreta ou a falta de vibração do concreto, processo que tem o objetivo de retirar os vazios da estrutura.



A Figura 42 apresenta um erro comum no momento das execuções de elementos moldado no local, que é o erro no adensamento do concreto, que acabou ocasionando no não envolvimento do aço com o concreto.

Figura 42 - Falha no adensamento do concreto - Edificação 3



Fonte: Autor (2021)

A Figura 42 apresenta o não envolvimento total do aço com concreto, para essa manifestação podem ser feitas as seguintes considerações:

- *Origem:* Execução.
- *Possível causa:* Falha no adensamento.
- *Mecanismo de ocorrência:* Segundo Marcelli (2007), essa manifestação patológica é caracterizada devido aos vazios formados pela incorreta ou a falta de vibração do concreto, processo que tem o objetivo de retirar os vazios da estrutura.

Este tipo de manifestação geram pontos de falhas no elemento estrutural e aceleram o processo de corrosão das armaduras devido à falta de envolvimento do concreto que é a proteção natural do aço.

A Figura 43 ilustra a manifestação patológica de corrosão de armadura em viga de amarração com deslocamento do concreto, na qual foi identificado o cobrimento insuficiente da estrutura.

Figura 43 - Corrosão da armadura - edificação 3



Fonte: Autor (2020)

A corrosão de armadura em viga é caracterizada da seguinte forma:

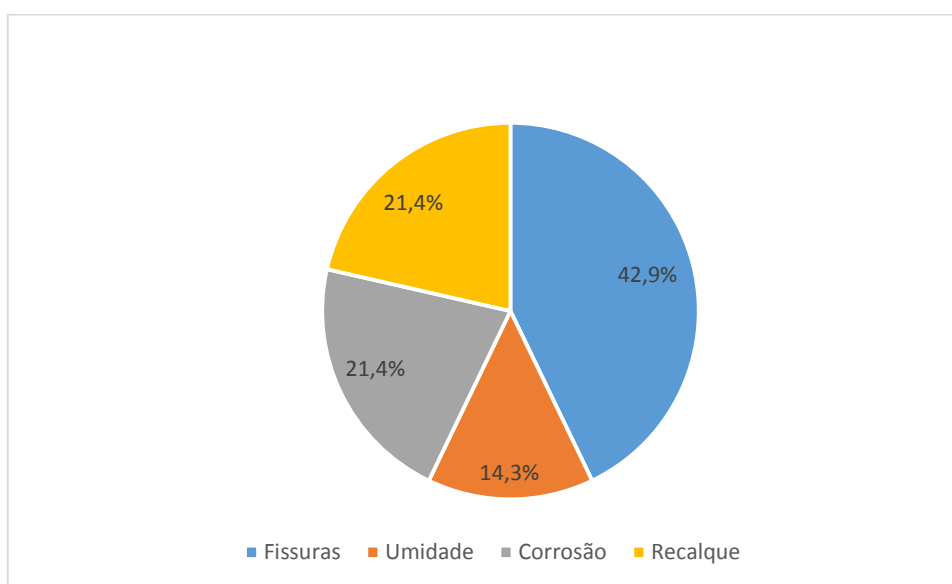
- *Origem:* Projeto ou execução.
- *Possível causa:* Falha no cobrimento.
- *Mecanismo de ocorrência:* De acordo com Gonçalves (2015), o elemento de concreto com cobrimento insuficiente faz com que a barreira de proteção da armadura seja reduzida, facilitando a ação de agentes agressivos, o que pode colaborar para que ocorra o processo corrosivo. A barra em processo corrosivo apresenta perda de sua seção, e em outro trecho sofre expansão, a qual é responsável pelo deslocamento do concreto.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussões do estudo de caso realizado para os sistemas construtivos moldado no local e pré-moldado.

Em estruturas moldadas no local foi observado que a fissura é o tipo de manifestação patológica encontrada, ocorrendo em 42,9% dos casos, conforme ilustrado na Figura 44. Em seguida aparecem as manifestações originadas da corrosão e recalque com 21,4% e, por fim, a umidade, com aproximadamente 14,3%.

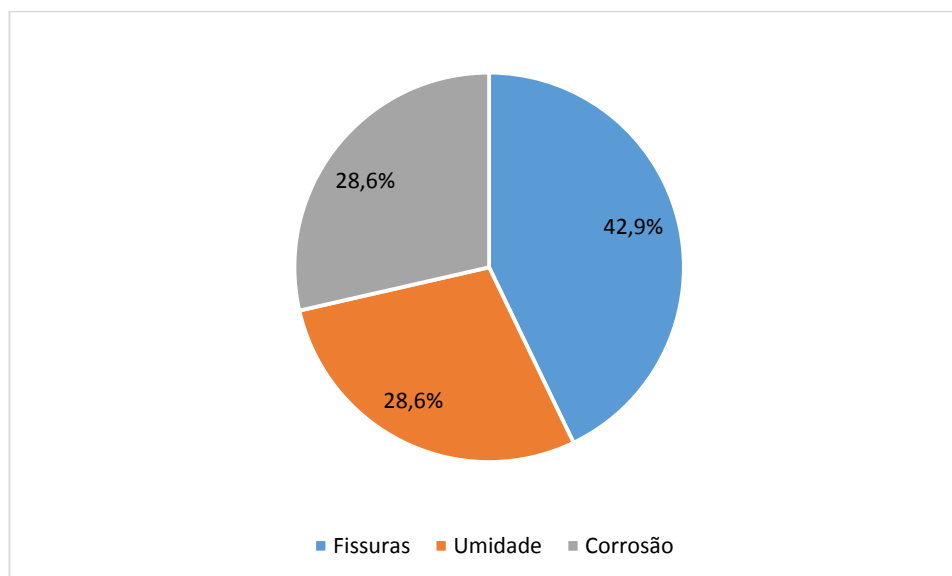
Figura 44 - Incidência de manifestação patológicas em estruturas moldado no local



Fonte: Autor (2021)

Em sistemas estruturais de concreto pré-moldado, a fissura também representa a manifestação patológica mais encontrada, conforme ilustração da Figura 45, tendo ocorrência registrada em 42,9% dos casos, seguida por umidade e corrosão, nas quais, ambas foram encontradas em 28,6% dos casos.

Figura 45 -Incidência de manifestação patológicas em estruturas pré-moldada

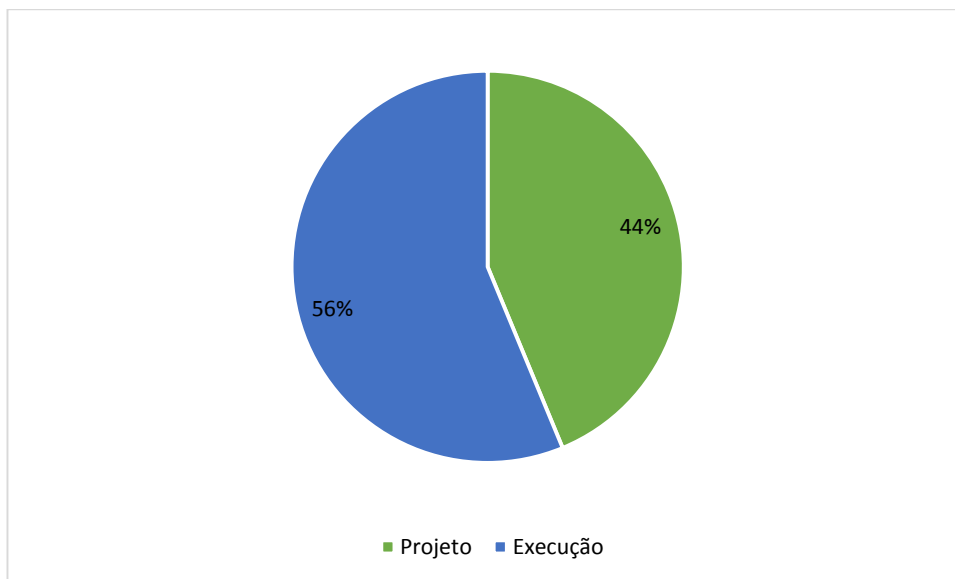


Fonte: Autor (2021)

Apesar das formas e métodos diferentes de construção de edificações moldadas no local e pré-moldadas, a ocorrência de fissuras é registrada na mesma proporção nos dois tipos. A predominância de manifestações patológicas do tipo fissura pode ocorrer principalmente pela falta de mão de obra qualificada juntamente com a precariedade do detalhamento dos projetos, como por exemplo: falta de junta de dilatação, deficiência na ligação de elementos, entre outros.

Para entender as manifestações patológicas de forma mais precisa, é fundamental identificar em qual etapa do processo de construção elas surgem. A partir do estudo de caso foi possível identificar que em *sistemas estruturais de concreto* moldado no local, a maioria das manifestações ocorre na fase de execução, visto que nesta fase foram encontradas 56% das ocorrências. Enquanto 44% foram encontradas na fase de Projeto, conforme a Figura 46.

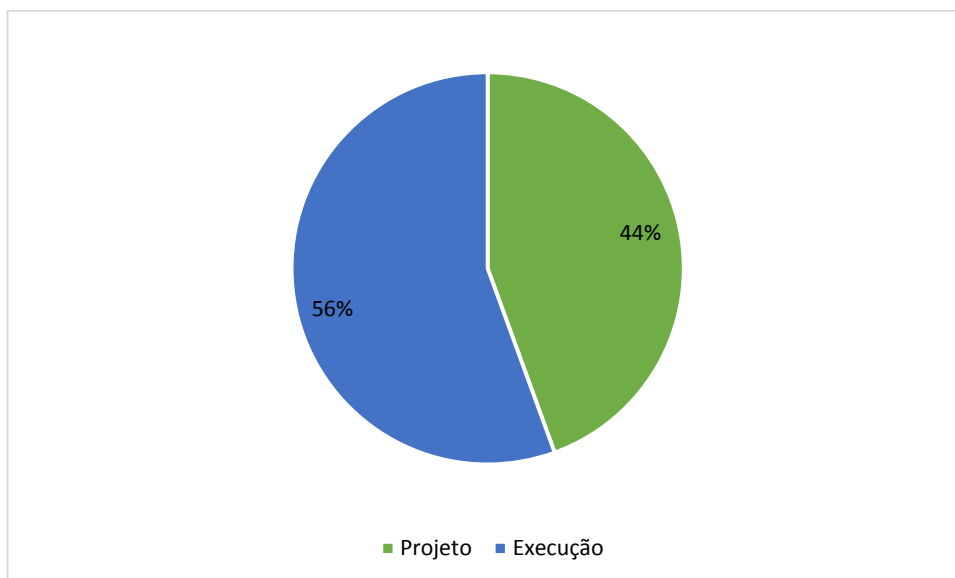
Figura 46 – Origem das manifestações patológicas em estruturas moldada no local



Fonte: Autor (2021)

O mesmo resultado foi encontrado em edificações com estruturas pré-moldadas, conforme ilustrado na Figura 47. Tal fato ocorre, pois independentemente do método construtivo utilizado, as etapas de projeto e execução são necessárias e determinantes para o resultado final da construção.

Figura 47 - Origem das manifestações patológicas em estruturas pré-moldada



Fonte: Autor (2021)

Nota-se a ausência de manifestações patológicas originadas pela falta de manutenção, tal fato pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de término das edificações analisadas.

As ações que minimizam o aparecimento dessas manifestações patológicas são a qualidade do projeto, uso de materiais adequados, execuções de acordo com as normas vigentes, profissionais qualificados, correto uso e manutenção da edificação.

- Qualidade do projeto: projeto detalhado com memorial descritivo, sobre materiais e métodos de aplicação, detalhamento de juntas, entre outros.
- Uso de materiais adequados: realizar o controle laboratorial dos materiais a ser utilizados, estocagem adequadas etc.
- Execução de acordo com as normas vigentes: as normas técnicas estabelecem especificações e procedimentos mínimos exigidos para que a edificação obtenha os requisitos de uso e durabilidade.
- Profissionais qualificados: a qualificação profissional propicia melhor resultado no desenvolver das tarefas dos funcionários.
- Correto uso e manutenção: utilizar-se da edificação para o fim ao qual ela foi concebida e elaborada, uma mudança na utilização pode por exemplo submeter à estrutura uma carga, para a qual ela não foi projetada.

A Tabela 4 apresenta os valores utilizados para os critérios de Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T). Os parâmetros: G, U e T variam de 1 a 5, e o valor de GUT é dado pela multiplicação dos parâmetros.

Tabela 4 - Pontuação GUT das manifestações patológicas

| Descrição |                                 | Pontuação |   |   |     | Prioridade |
|-----------|---------------------------------|-----------|---|---|-----|------------|
| Item      | Subitem                         | G         | U | T | GUT |            |
| Figura 19 | Fissura horizontal em viga      | 5         | 4 | 4 | 80  | 3          |
| Figura 20 | Manchas em marquise             | 4         | 4 | 2 | 32  | 6          |
| Figura 21 | Mancha em parede do quarto      | 4         | 4 | 4 | 64  | 5          |
| Figura 22 | Mancha em laje de cobertura     | 5         | 3 | 2 | 30  | 7          |
| Figura 23 | Fissura horizontal na alvenaria | 5         | 4 | 4 | 80  | 3          |
| Figura 24 | Fissura horizontal em pilar     | 3         | 3 | 2 | 18  | 8          |

|           |                               |   |   |   |     |   |
|-----------|-------------------------------|---|---|---|-----|---|
| Figura 25 | Trinca em perímetro do piso   | 3 | 3 | 2 | 18  | 8 |
| Figura 27 | Viga com falha no adensamento | 5 | 5 | 4 | 100 | 2 |
| Figura 28 | Corrosão de armadura          | 5 | 5 | 5 | 125 | 1 |

Fonte: Autor

Com a obtenção da pontuação de cada manifestação patológica, foi obtida a classificação em ordem crescente de prioridade, no qual a prioridade número 1 é o maior valor obtido do método GUT e assim sucessivamente. Para o estudo de caso, a Tabela 5 apresenta a classificação pela prioridade das manifestações patológicas estudadas.

Tabela 5 - Prioridade nas intervenções das manifestações

| Descrição |                                 | Prioridade |
|-----------|---------------------------------|------------|
| Item      | Subitem                         |            |
| Figura 28 | Corrosão de armadura            | 1          |
| Figura 27 | Viga com falha no adensamento   | 2          |
| Figura 19 | Fissura horizontal em viga      | 3          |
| Figura 23 | Fissura horizontal na alvenaria | 3          |
| Figura 21 | Mancha em parede do quarto      | 5          |
| Figura 20 | Manchas em marquise             | 6          |
| Figura 22 | Mancha em laje de cobertura     | 7          |
| Figura 24 | Fissura horizontal em pilar     | 8          |
| Figura 25 | Trinca em perímetro do piso     | 8          |

Fonte: Autor (2022)

A classificação pelo método GUT auxilia no controle e no plano de ação para execução dos tratamentos das manifestações patológicas. Isto pode evitar maiores danos às edificações, ações objetivas à correção e o cronograma para finalização das intervenções.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentadas manifestações patológicas identificadas em edificações cujos sistemas construtivos foram moldados no local e pré-moldadas. Foi possível observar que a fissura é o tipo de manifestação patológica com maior ocorrência nos dois tipos de edificação, seguida de manifestações por umidade e corrosão. Quanto à origem das manifestações, a fase de execução possui o maior percentual de ocorrência.

A qualidade das edificações quando realizado em concreto moldado no local, está ligada ao cuidado na execução das diversas etapas que compõem sua produção, sendo de grande dificuldade devido à mão de obra não qualificada dos prestadores de serviço, característica deste tipo de construção.

Para a elaboração de uma análise de prioridade e risco, podem ser elaboradas planilhas baseadas no método GUT, as quais auxiliam no plano de ação junto às intervenções das manifestações patológicas, classificando-as conforme a respectiva prioridade de intervenção.

Portanto, o surgimento das manifestações patológicas está ligado às dificuldades com o detalhamento e especificação da fase de elaboração dos projetos. Além disso, é fundamental manter o controle na qualidade e estocagem dos materiais que serão utilizados na edificação e utilizar as normas técnicas para garantir as condições de uso. Por fim, utilizar a edificação para o uso no qual foi projetado, realizando sua manutenção sempre que necessário.

Tendo como objetivo melhorar a qualidade de obra na construção civil, é sugerida a linha de pesquisa para elaboração de um método para o controle de qualidade na execução de obra.



## REFERÊNCIAS

- ACKER, A. V. Tradução: Marcelo de Araújo Ferreira. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2002. 129 p.
- ANTUNES, J.; BARROS, J. **Juntas em pavimentos de Edifícios industriais**, Artigo, DEC- UM, Portugal, 2013.
- ASSAHI, P. N. **Sistema de fôrma para estrutura de concreto**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.deecc.ufc.br>>. Acesso em: 15 de Julho. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projetos de estrutura de concreto – procedimento. ABNT, Rio de Janeiro: 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**. Agregados para concreto. ABNT, Rio de Janeiro: 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. ABNT, Rio de Janeiro: 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento, ABNT, Rio de Janeiro: 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto – procedimento. ABNT, Rio de Janeiro: 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais. ABNT, Rio de Janeiro: 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696**. Formas escoramento para estruturas de concreto – projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. ABNT, Rio de Janeiro: 2009.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado** – Notas de Aula. UNESP. Bauru, São Paulo, 2006.
- BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação, São Paulo, 2008.
- BRASIL. Lei n. 10.406, 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jan. 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10406compilada.htm)> Acessado em: 13 maio 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **crédito financiamento para reforma e construção**, disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/empresa/credito-financiamento/imoveis/financiamento-para-reforma-construcao/Paginas/default.aspx>> Acessado em: 12 de maio de 2021

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL CAU, **A falta de responsável técnico coloca em risco construções**, disponível em: <<https://caubr.gov.br/a-falta-de-responsavel-tecnico-coloca-em-risco-as-construcoes/>> Acessado em: 12 de maio de 2021.

COSTA, C. P. D. Universidade Federal de Minas Gerais. **Fôrmas para construção civil e suas aplicações**. Tcc. Minas Gerais, 2014.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Arapiraca, estado de Alagoas. Disponível em: <[https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15239/1/rel\\_cadastros\\_arapiraca.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15239/1/rel_cadastros_arapiraca.pdf)>. Acessado em: 30 de setembro de 2021.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2017.

FERNANDES, P. H. C. **Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina** – PI. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, **Principais problemas causados por umidade na alvenaria**. disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=1802>> Acessado em 02 de março de 2022.

GONÇALVES, E. A. B. Universidade Federal Do Rio de Janeiro. **Estudo de Patologia e Suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. Tcc. Rio De Janeiro 2015. 157 P.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/arapiraca.html> Acessado em: 30 de setembro de 2021.

PEDERIVA JÚNIOR, P. F. **Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estrutura pré-moldadas e moldadas in loco**. Tcc. Unijuí 2009.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**, 3 ed, São Paulo: IBRACON, 2013.

MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas**. 1. ed. São Paulo: Art & Ciência, 2001.

MELHADO, S. B.; Barros, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**, São Paulo, 1998. Disponível em < <http://www.pcc.usp.br>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

MELO, A. C. A. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco. Recife. 2011.

NUNES, A. M. L. A; VASCONCELOS, D. B; SILVA, M. F; BARBOSA, R. V. R. **Importância dos estudos bioclimáticos no planejamento do desenho urbano: estudo de caso em Arapiraca-AL**. Artigo: Maceió, Pluris, 2016.

PERIARD, G. **Matriz GUT: Guia Completo. 2011**. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

PETRUCCI, Eladio G.R. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo, Globo, 13ª edição, 1998.

RAMOS, M. M; NASCIMENTO, M. L. M.; PEREIRA, V. L. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto pré-fabricado: estudo de caso**. Artigo: Rio de Janeiro: PATORREB, 2018.

SANTOS, A. P. **Análise estrutural de galpões atirantados de concreto pré-moldado**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2010.

SOUZA, C. M de S; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo, Pini, 1998.

SULZBACHER, D. C.H.; TEIXEIRA, D. **INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM GALPÕES PRÉMOLDADOS NAS CIDADES DE TUBARÃO E CAPIVARI DE BAIXO- SC**. Tcc. Santa Catarina, 2020.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso**. 2009. Dissertação (Pós graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, 2009.

TECNOSIL, **o que são pré-moldados de concreto**, disponível em <<https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-sao-pre-moldados-de-concreto-e-qual-a-diferenca-com-os-pre-fabricados/>>. Acessado em 03 de agosto de 2021.

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

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

VIEIRA, L. T. **Fissuras em concreto: Estudo de caso em Florianópolis**. Dissertação TCC, Universidade de Santa Catarina. 2017.

ZANZARINI, J. C. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – estudo de caso**, 2016. Dissertação. TCC – Universidade Federal do Paraná, 2016.