



Ministério da Educação  
Secretaria de Educação  
Profissional e Tecnológica

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

**LISANDRA SILVA ALCÂNTARA ROCHA  
MARINA MELLO DOS SANTOS  
PEDRO PAULO FERREIRA DOS SANTOS**

**ESTUDO PATOLÓGICO DE EDIFICAÇÕES EM CONCRETO  
PRÉ-MOLDADO EM SALVADOR-BA**

**SALVADOR  
2023**

LISANDRA SILVA ALCÂNTARA ROCHA  
MARINA MELLO DOS SANTOS  
PEDRO PAULO FERREIRA DOS SANTOS

ESTUDO PATOLÓGICO DE EDIFICAÇÕES EM CONCRETO  
PRÉ-MOLDADO EM SALVADOR-BA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
IFBA-Campus Salvador, como requisito parcial para aprovação  
na Disciplina TCC.

SALVADOR  
2023

## FOLHA DE APROVAÇÃO

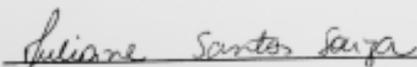
LISANDRA SILVA ALCÂNTARA ROCHA  
MARINA MELLO DOS SANTOS  
PEDRO PAULO FERREIRA DOS SANTOS

ESTUDO PATOLÓGICO DE EDIFICAÇÕES EM CONCRETO  
PRÉ-MOLDADO EM SALVADOR-BA

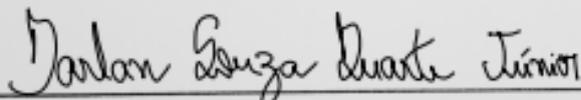
Trabalho de Conclusão do Curso aprovado em 29/11/2023 como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Salvador, pela seguinte banca examinadora:



Adriano Silva Fortes, Doutor em Engenharia Civil, UFSC-Universidade do Minho-PT  
Professor do Instituto Federal da Bahia



Juliane Santos Souza, M.e. em Engenharia Civil, UEFS-Universidade Estadual de Feira de Santana-Ba  
Professora do Instituto Federal da Bahia



Darlan Souza Duarte Júnior, graduação em Engenharia Civil,  
FTC-Faculdade de Tecnologia e Ciências

SALVADOR

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter nos dado oportunidade de viver, nos ter colocado no caminho, de ter dado forças e sustento em todos os momentos. Glorificamos a ele as nossas vidas. “ (...) Deem graças ao Senhor, porque ele é bom; o seu amor dura para sempre. ” (Salmos 107:1) A ele toda glória e louvor!

Aos nossos pais por ter dado extensão de forças nos momentos mais difíceis e incentivo a não desistir. Pelo amor, pelos conselhos, por ter nos apoiado até o fim deste ciclo. Por acreditar em nós mesmo quando desacreditamos que não seríamos capazes de vencer essa batalha.

Aos amigos e demais familiares por ter nos proporcionado alegria, apoio constante e pelo que representam em nossas vidas.

Aos colegas de TCC, pela amizade, colaboração, compreensão e paciência que tivemos ao longo do curso e durante a elaboração e finalização deste trabalho.

A professora Rafaela Lino Izeli, pelo carisma, paciência, cuidado, comprometimento, auxílio, aprendizado juntamente com a motivação durante o curso e a elaboração deste trabalho.

Ao nosso orientador Professor Dr. Adriano Silva Fortes, por ter nos ajudado durante esse trabalho, paciência, comprometimento, responsabilidade e aos conhecimentos transmitidos em nossa formação profissional.

*Pois, que adianta ao homem ganhar o mundo inteiro e perder a sua alma?*

*(Marcos 8:36)*

ROCHA, L. S. A.; DOS SANTOS, M. M.; DOS SANTOS, P. P. F. **ESTUDO PATOLÓGICO DE EDIFICAÇÕES EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO EM SALVADOR-BA**. R. Emídio dos Santos, s/n - Barbalho, Salvador - BA: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador, 2023.

## RESUMO

Atualmente as construções modernas favorecem significativamente o surgimento de manifestações patológicas devido a mão de obra desqualificada, desconhecimento sobre o comportamento dos materiais e falta de manutenção preventiva. Visto isso, a patologia consiste em uma ciência que estuda as manifestações patológicas e seus respectivos diagnósticos, prognósticos, tratamento e até mesmo terapia das mesmas. A partir disto, para realização deste trabalho foi elaborado pesquisas bibliográficas do estado da arte e literatura sobre patologias da construção civil através de bibliografias, normas técnicas, artigos científicos, trabalhos acadêmicos, dentre outros. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as principais manifestações patológicas encontradas primordialmente nas fachadas e outros elementos estruturais em concreto pré-moldado, localizado na cidade de Salvador-BA. Consequente, a metodologia utilizada para elaboração deste trabalho consiste em vistorias técnicas em edificações de concreto pré-moldado para identificação das manifestações patológicas encontradas em suas estruturas, fotografias e catalogação com objetivo de identificar as principais anomalias presentes na cidade estudada e seus possíveis diagnósticos. Sendo assim, foi possível identificar que as manifestações patológicas mais ocorrentes nos edifícios em concreto pré-moldado na cidade de Salvador-BA foram bolor, mofo e limo com maior incidência, seguido de algas vermelhas, eflorescência, carbonatação, corrosão, estalactite, fissuras, umidade e lixiviação. Por fim, concluímos que a causa da maior parte das manifestações patológicas podem ter sido em consequência de umidade e falta de manutenção preventiva, enquanto as condições climáticas e geográficas da cidade se provaram como os principais agravadores para a incidência de tais manifestações patológicas.

**Palavra-chave:** Patologia, manifestações patológicas, concreto pré-moldado, edificações, Salvador-BA.

## ABSTRACT

Currently, modern constructions significantly favor the emergence of pathological manifestations due to unqualified labor, lack of knowledge about the behavior of materials and the lack of preventive maintenance. Given this, pathology consists of a science that studies pathological manifestations and their respective diagnoses, prognoses, treatment and even therapy. From this, to carry out this work, bibliographic research was carried out on the state of the art and literature on civil construction pathologies through bibliographies, technical standards, scientific articles, academic works, among others. Therefore, the present work aims to present the main pathological manifestations found primarily in facades and other structural elements in precast concrete, located in the city of Salvador-BA. Consequently, the methodology used to prepare this work consists of technical inspections of precast concrete buildings to identify the pathological manifestations found in their structures, photographs and cataloging with the aim of identifying the main anomalies present in the city studied and their possible diagnoses. Thus, it was possible to identify that the most common pathological manifestations occurring in precast concrete buildings in the city of Salvador-BA were mold, mildew and slime with the highest incidence, followed by red algae, efflorescence, carbonation, corrosion, stalactite, fissures, humidity and leaching. Finally, we concluded that the cause of most pathological manifestations may have been a consequence of humidity and lack of preventive maintenance, while the city's climatic and geographical conditions proved to be the main aggravating factors for the incidence of such pathological manifestations.

**Keywords:** Pathology, pathological manifestations, precast concrete, buildings, Salvador-BA.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1:	Detalhamento de peças pré-fabricadas em concreto.....	15
Figura 2:	Exemplo de Estrutura com Sistema de Esqueleto .....	17
Figura 3:	Exemplo de Sistema de Painéis Estruturais.....	18
Figura 4:	Vista frontal de um edifício com fachada estrutural.....	19
Figura 5:	Seções transversais de viga pré-moldada mais populares.....	20
Figura 6:	Outros tipos menos populares de seções transversais de viga pré-moldada.....	21
Figura 7:	Seções transversais de pilares.....	22
Figura 8:	Formas usuais de pilares.....	23
Figura 9:	Exemplos de escadas de grandes dimensões em I e em U.....	25
Figura 10:	Componentes principais de uma escada jacaré.....	26
Figura 11:	Exemplos de seções transversais de estacas pré-moldadas.....	27
Figura 12:	Demonstração de manchas em painéis pré-moldado .....	28
Figura 13:	Presença de fissuras e manchas em pilar pré-moldado .....	28
Figura 14:	Corrosão em pilar pré-moldado.....	28
Figura:15	Formas e estruturas dos fungos.....	33
Figura:16	Demonstração de mofo em painéis pré-moldados na fachada frontal ..	34
Figura:17	Presença de estalactite em painéis externos .....	37
Figura:18	Presença de algas vermelhas em pilar externo.....	38
Figura:19	Localização no GPS do Centro Administrativo da Bahia.....	42
Figura 20:	Localização no GPS do bairro do Barbalho.....	42
Figura 21:	Localização no GPS do bairro da Ondina.....	43
Figura 22:	Presença de mofo, bolor e limo em painéis pré-moldados na fachada frontal .....	46
Figura 23:	Fissuras em pilar pré-moldado .....	47
Figura 24:	Presença de estalactite em painéis pré-moldado na fachada.....	48

Figura 25: Presença de eflorescência em encontro de vigas.....	49
Figura26: Presença de Alga vermelha encontrada em pilar em concreto pré-moldado .....	50
Figura 27: Presença de corrosão encontrada em pilar de pré-moldado.....	51
Figura 28: Fachada de edifício em pré-moldado em pleno estado .....	53
Figura 29: Demonstração de edifício em bom estado de conservação .....	53
Figura 30: Fachada de edifício em pré-moldado .....	54

## **TABELAS**

Tabela 1 : Valores do coeficiente adicional $\gamma_n$ para pilares e pilares-parede.....	22
---	----

## **QUADROS**

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da utilização de pré-moldado em concreto .....	16
Quadro 2: Demonstração de fissuras em estruturas.....	31
Quadro 3: Tipos, aspectos e características das eflorescências .....	36
Quadro 4: Classes de agressividade ambiental .....	40
Quadro 5 : Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.....	41

## **GRÁFICOS**

Gráfico 1: Percentual das manifestações patológicas nos edifícios em geral.....	44
Gráfico 2: Percentual das principais manifestações patológicas encontradas em edifícios danificados em concreto pré-moldado na cidade estudada.....	45
Gráfico 3: Percentual de edificações em concreto pré-moldado que possuíam um a três tipos de manifestação patológica.....	46

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>13</b>
2.1 DEFINIÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS E PRÉ-FABRICADOS.....	14
2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO.....	15
<b>3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 SISTEMA DE ESQUELETO .....	17
3.2 SISTEMAS DE PAINÉIS ESTRUTURAIS .....	18
3.3 FACHADAS ESTRUTURAIS.....	19
<b>4. ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS .....</b>	<b>20</b>
4.1 VIGAS .....	20
4.2 PILARES .....	21
4.3 PISOS (LAJES) .....	23
4.4 ESCADAS .....	24
4.5 ESTACAS PRÉ-MOLDADAS.....	26
<b>5. PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.....</b>	<b>28</b>
5.1 FISSURAS .....	30
5.2 INFILTRAÇÕES .....	32
5.3 MANCHAS, BOLOR E MOFO .....	32
5.4 EFLORESCÊNCIA .....	35
5.5 ESTALACTITE .....	37
5.6 ALGAS VERMELHAS.....	37
5.7 CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	38
<b>6. FATORES QUE INFLUENCIAM A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS.....</b>	<b>39</b>
6.1 AGENTES AMBIENTAIS .....	40

6.2 QUALIDADE DO CONCRETO.....	41
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>41</b>
7.1 DISCUSSÃO DE CADA TIPO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS.....	43
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
9. REFERÊNCIAS.....	56

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização dos sistemas pré-moldados no ramo da construção civil vem crescendo significativamente nos dias atuais devido a sua rapidez de execução, economia, diversidade geométrica das estruturas e maior controle dos materiais utilizados, tornando também mais eficiente o controle da qualidade. Dessa forma, a demanda de construções sustentáveis no mercado da construção civil estão acionando cada vez mais métodos do qual possibilitem construções mais econômicas e sustentáveis (FREITAS,2015). Visto isso, a utilização dos sistemas pré-moldados se iniciou no Brasil na década de 1960, dos quais a primeira obra realizada foi a construção do Hipódromo da Gávea, localizado no Rio de Janeiro (VASCONCELOS, 2002 apud DE SÁ SILVA).

Atualmente, as indústrias de pré-moldado confeccionam peças de fundação até coberturas, fabricam pilares, vigas, lajes, escadas, painéis de fachadas e entre outros elementos construtivos. Desse modo, com essa técnica de construção moderna é possível realizar uma construção praticamente completa, apenas com elementos pré-moldados em concreto, garantindo redução de tempo e mão de obra (CARVALHO, 2019, p.12). Infelizmente, a falta de conhecimento das possibilidades juntamente com os benefícios do sistema pré-moldado e mão de obra qualificada por partes dos profissionais do setor da construção civil, podem apresentar problemas nas edificações devido a má execução nas etapas de construção (Da CUNHA, 2012, *apud* CARVALHO, 2019).

Logo, este estudo de casos tem como objetivo geral avaliar as manifestações patológicas mais recorrentes nos edifícios em estrutura de concreto pré-moldado, inseridos na cidade de Salvador-BA, através da observação das suas fachadas e elementos estruturais. Os objetivos específicos consistem em compreender as manifestações patológicas nos sistemas estruturais; identificar quais manifestações patológicas são mais recorrentes nas estruturas de concreto pré-moldado; mapear possíveis edificações em Salvador que apresentem manifestações patológicas; classificar os edifícios e as anomalias encontradas.

A fundamentação teórica necessária para construção deste trabalho foi realizada por meio de pesquisas bibliográficas, teóricas e descritivas existentes nos livros e trabalhos técnicos e científicos, também foram realizadas vistorias técnicas com o propósito de constatar as principais ocorrências de manifestações patológicas em fachadas e elementos estruturais de concreto pré-moldado em Salvador-BA.

Em seguida, o trabalho concentrou-se na realização de vistorias técnicas em edificações de concreto pré-moldado para a identificação das manifestações patológicas encontradas nas suas estruturas na cidade de Salvador-BA. Dessa forma, foram selecionadas 12 (doze) edificações, distribuídas no bairro de Ondina, CAB (Centro Administrativo da Bahia) e Barbalho, que tiveram a análise prioritariamente das suas fachadas. Após esta etapa foi feita uma catalogação a fim de identificar as manifestações patológicas mais recorrentes na cidade estudada e seus possíveis diagnósticos. Por fim, este estudo final de curso possui caráter exploratório e primariamente quali-quantitativo, pois une a coleta dos dados de campo com a análise crítica dos dados coletados, buscando encontrar os possíveis denominadores comuns entre as manifestações patológicas encontradas e seus precursores nos edifícios estudados.

## **2. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO ARMADO**

Após a II Guerra Mundial houve um grande avanço em diversas áreas, inclusive na área da construção civil. Dessa forma, iniciou-se a introdução dos pré-moldados nas edificações para maior eficiência, menor tempo de construção e economia. Visto isso, o pré-moldado teve um grande desenvolvimento na Europa após o término da Segunda Guerra Mundial, pois ocorreu uma grande necessidade de construções de edificações em larga escala. A falta de mão de obra favoreceu a utilização e desenvolvimento das estruturas pré-moldadas devido a sua característica de industrialização. Além disso, a economia de materiais, o menor tempo de execução em relação às estruturas tradicionais e o menor custo da obra, consolidaram o desenvolvimento do pré-moldado (TOMÁS, 2010 *apud* DE SÁ SILVA, [s.d]). A pré-fabricação surgiu no Brasil na década de 50, mas efetivou-se a partir de 1990 (SOTOMAYOR, 2016). Na Bahia, as construções com utilização de pré-moldados começaram pelo arquiteto João Filgueiras Lima, mais conhecido como Lelé nos

meados do século XX com a projeto do novo Centro Administrativo da Bahia, localizado em Salvador, com destaque para a Igreja da Ascensão do Senhor.

Em Aratu (BA), a ESPREC S.A foi a primeira empresa a produzir no centro industrial de Aratu, uma sociedade composta por 50% da SOPROF e 50% do engenheiro Ralph Foá, vindo da cidade de São Paulo. Em 1976, um movimento de consolidação das empresas de pré-moldados em concreto foi reforçado por um seminário adotado pelas empresas mais especializadas e atuantes da época, em São Paulo cuja ênfase foi a importância do mais valioso trabalho lançado: O Manual dos Produtos Padronizados das Empresas Fabricantes de Produtos Estruturais de Concreto Pré-moldado.

No início dos anos 80, a meta mais importante consistia em conseguir um terreno para centralizar a produção das peças pré-moldadas das diversas obras, fabricação de diversas formas, equipamentos, treinamento de mão de obra e escritório central. Logo, a melhor implantação seria ao redor da cidade de Camaçari, beneficiando empregos duradouros no Centro Industrial de Serviços de Apoio ao Polo, facilitando também a movimentação de transportes (ALMEIDA BELITARDO,[s.d]).

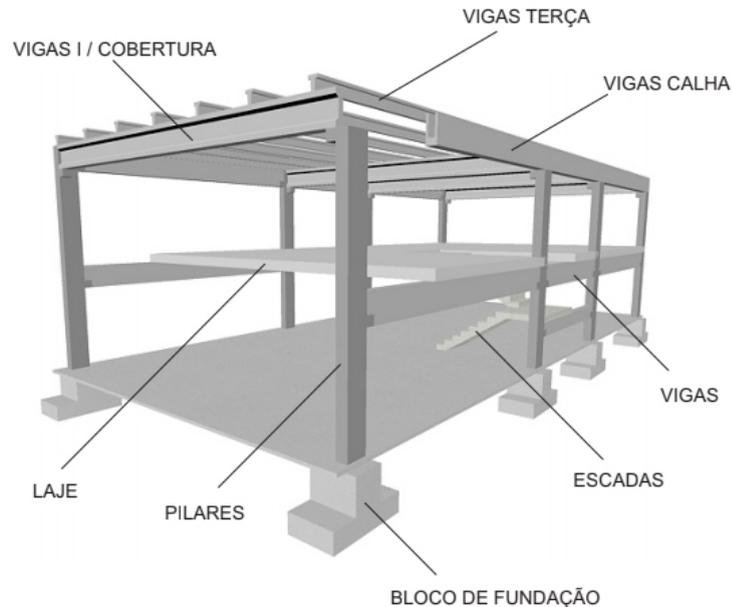
## **2.1. DEFINIÇÃO DE PRÉ-MOLDADO E PRÉ-FABRICADO**

O pré-moldado e o pré-fabricado apresentam distinções entre si e consistem em elementos que não são moldados *in loco*. A principal diferença entre esses dois conceitos é o local de fabricação e controle da qualidade. Portanto, os pré-moldados consistem em elementos que são executados externamente do local da estrutura do canteiro de obras, sem o rigor do controle de qualidade existente em uma fábrica de pré-fabricados.

De acordo com a ABNT NBR 9062 (2017) - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, o pré-fabricado representa elementos de caráter pré-moldado cuja execução se dá pelo método industrial sob condições rigorosas de controle de qualidade em fábricas montadas para tal finalidade. Logo, a indústria de pré-fabricado vem aflorando transformações inovadoras para atender as demandas das novas exigências do mercado de trabalho no setor da construção civil. As peças pré-fabricadas podem ser painéis de fachadas, vigas, pilares, escadas, lajes alveolares, vigas terço, vigas calha, fundações, entre outros

elementos estruturais em concreto armado ou protendido, (DALDEGAM, 2016 *apud* RIBEIRO et al., [s.d]). A Figura 1 demonstra os tipos de peças pré-moldadas.

**Figura 1** - Detalhamento de peças pré-fabricadas em concreto



Fonte: Salema (2022).

## 2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO

Segundo El Debs (2017), a construção civil por muito tempo tem sido vista como uma indústria relativamente atrasada quando comparada aos demais ramos industriais. Infelizmente isso se dá pelo fato da mesma apresentar, de modo geral, grandes desperdícios de materiais, baixa produtividade e morosidade. De acordo com isso, uma das alternativas de buscar a redução desses atrasos e a falta de sustentabilidade foi o emprego de técnicas associadas à utilização de elementos pré-moldados em concreto. Por esse motivo, a aplicação dessas técnicas recebem a denominação de concreto pré-moldado (CPM) cujas estruturas construídas pelo CPM são chamadas de elementos pré-moldados. Portanto, as construções desse sistema possibilitam grandes vantagens e benefícios, sendo mais rápido e eficiente. Haja vista o sistema construtivo com essa utilização industrial é mais recorrido em obras de grande porte e dificilmente em construções residenciais, pois sua operação

possui maior superioridade em relação à economia de materiais e rapidez de execução em obras que requerem maior disponibilidade de tempo (LOPES,2014 apud RIBEIRO *et al.*, [s.d]).

Por fim, surgem então curiosidades acerca das vantagens e desvantagens dos métodos construtivos em pré-moldado, das quais influenciam significativamente na procura da qualidade, economia e execução. O Quadro 1 demonstra as vantagens e desvantagens da utilização do pré-moldado no mercado da construção civil.

**Quadro 1** - Vantagens e desvantagens da utilização de pré-moldados em concreto

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Redução de desperdício de materiais	Falta de mão de obra qualificada
Agilidade e otimização de tempo de obra	Investimento inicial da fábrica
Durabilidade	Custo de transporte elevado
Sustentabilidade	Por conta da logística, dificilmente esse sistema se aplica em obras de pequeno porte
Atende obras de grande porte e vence grandes vãos	Limitações de reformas e alterações
Custo benefício	

Fonte: Acervo dos autores (2023).

### 3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Cada sistema construtivo possui seus elementos característicos e suas peculiaridades tanto em características quanto em implementação, fazendo com que, usualmente, em uma edificação que foi construída com concreto pré-moldado/pré-fabricado múltiplos sistemas tenham sido utilizados em conjunto. Existem muitos sistemas e soluções técnicas específicas para o emprego de pré-moldados, mas que, de acordo com Van Acker (2002), podem ser reduzidos a alguns tipos principais que derivam o restante, que são os que serão descritos a seguir.

### 3.1. SISTEMA DE ESQUELETO

Estrutura baseada em pilares, vigas e lajes como elementos estruturais basilares (similar ao sistema estrutural de massa ativa para concreto moldado *in loco*), com a alvenaria tendo papel principal de vedação (se não ocorrer mesclagem de sistemas estruturais). A Figura 2 demonstra a composição deste sistema estrutural.

**Figura 2** - Exemplo de Estrutura com Sistema de Esqueleto



Fonte: Acervo dos autores [s.d].

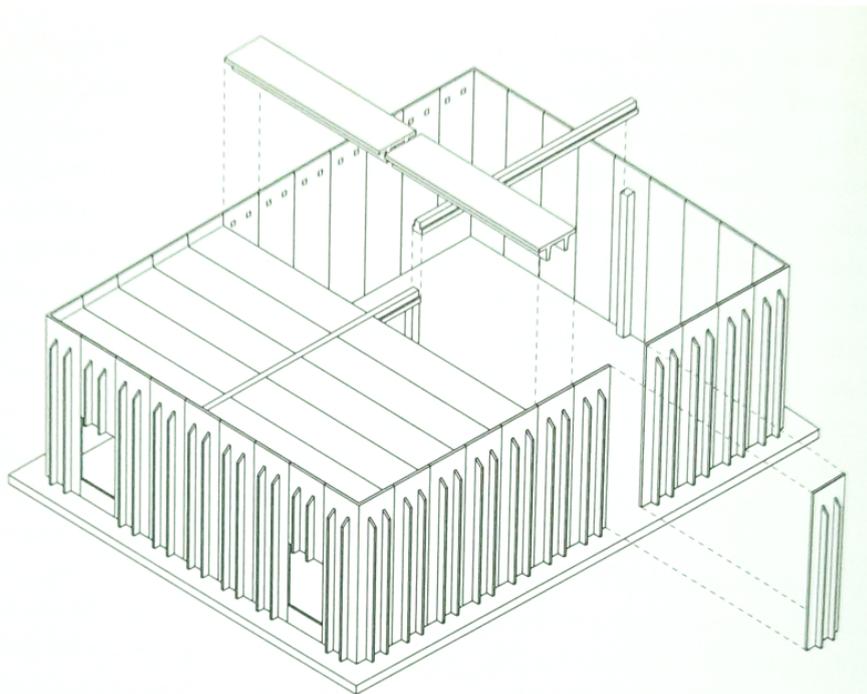
Tal sistema possui características: falta de obstrução por paredes portantes (e pilares) internas, capacidade de vencer maiores vãos, independência de outros subsistemas da construção (elétricos, hidrossanitários, vedação, etc) e alto nível de adaptação e facilidade de mudança de uso da estrutura. Assim, o sistema estrutural de esqueleto tem como principal vantagem uma maior flexibilidade arquitetônica, tanto no projeto original da edificação quanto em reformas posteriores, que em conjunto com a capacidade de suportar maiores vãos, o torna popular em

construções no setor industrial, shopping centers, e outras construções de vastas dimensões.

### 3.2. SISTEMA DE PAINÉIS ESTRUTURAIS

De acordo com Van Acker (2002), tal sistema pode ser considerado como “uma forma industrializada de paredes moldadas no local, tijolos convencionais ou paredes de alvenaria”, na qual se utiliza de painéis pré-moldados (ou pré fabricados) para assumir o papel de alvenaria de vedação ou estrutural, com a Figura 3 sendo um exemplo da aplicação dos painéis estruturais. Tais painéis são lisos nas duas faces, já preparados para aplicação de pintura ou piso cerâmico.

**Figura 3** - Exemplo de Sistema de Painéis Estruturais



Fonte: El Debs (2017).

Entre as características desse sistema, as principais são: rapidez na construção, acabamento liso, isolamento acústico e de resistência ao fogo. Por fim, uma utilização moderna desse sistema são as técnicas de construções abertas, descritas por Van Acker (2002) como “... a arquitetura é livre para criar o projeto de acordo com as exigências do cliente. A tendência é construir espaços abertos livres

entre as paredes portantes e usar divisórias leves para definir o layout interno. Por fim, com essa técnica é possível mudar o projeto futuramente, sem maiores custos.”

### 3.3. FACHADAS ESTRUTURAIS

As fachadas pré-fabricadas são versáteis e podem ser aplicadas em qualquer tipo de construção, seja assumindo o papel decorativo (arquitetônico) ou estrutural, como ilustrado na Figura 4 a seguir.

**Figura 4** - Vista frontal de um edifício com fachada estrutural



Fonte: Acervo dos autores (2023)

As fachadas estruturais têm a função de suportar cargas verticais, como pavimentos e painéis superiores, o que pode eliminar a necessidade de pilares nas bordas e vigas de apoio para pisos, reduzindo custos. desse modo, painéis de fachada não estrutural desempenham funções de fechamento e acabamento, podendo ser conectados a diferentes tipos de estruturas, como concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* etc. O caso de aplicação mais usual é a aplicação em conjunto com estruturas de esqueleto. Por fim, a utilização desses sistemas oferece a vantagem de proteger a construção internamente em estágios iniciais da obra.

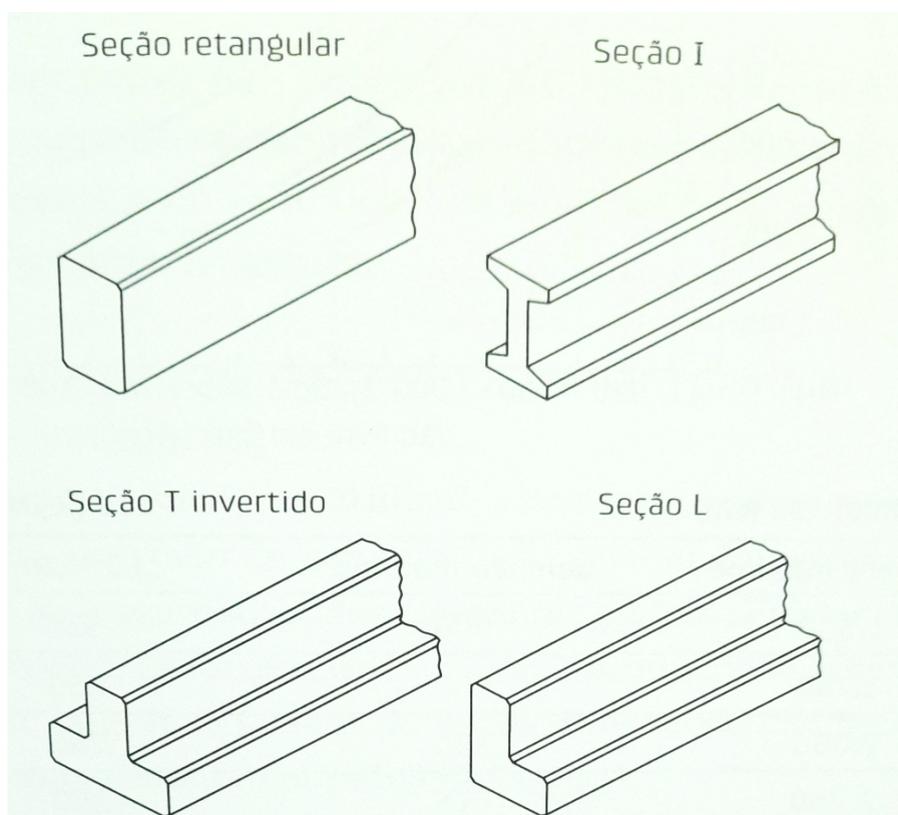
## 4. ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Embora existam no mercado de construção civil aplicações soluções de toda sorte de concreto pré-moldado/pré-fabricado, este trabalho se limitará a mencionar apenas elementos de considerável importância para a realização do artigo, que são: estacas, vigas, pilares, lajes e escadas.

### 4.1. VIGAS

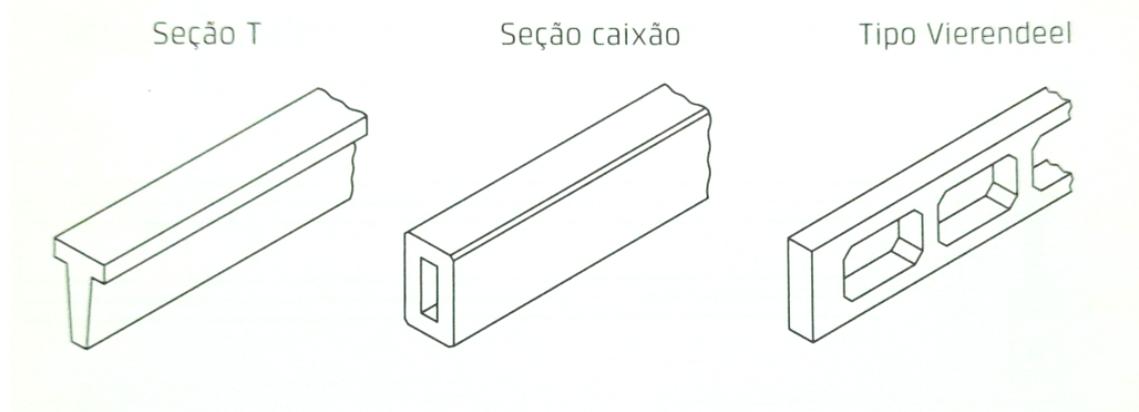
Os tipos de seções transversais mais comuns para vigas pré-moldadas são indicados nas Figuras 5 e 6. El Debs (2017) indica que seções diferentes possuem aplicações diferentes, como: vigas de cobertura, sem laje acima, geralmente possuem seção I, enquanto para vigas que suportam lajes, as seções T e retangular são recomendadas.

**Figura 5** - Seções transversais de viga pré-moldada mais populares



Fonte: El Debs (2017)

**Figura 6** - Outros tipos menos populares de seções transversais de viga pré-moldada



Fonte: El Debs (2017).

As vigas pré-moldadas são, em geral, feitas preferencialmente com concreto protendido em relação ao concreto armado, devido a capacidade de vencer maiores vãos, e tal elemento também afeta o tipo de seção transversal, pois de acordo com El Debs (2017), vigas de seção retangular geralmente são empregadas em vãos da ordem de 10 metros, enquanto vigas de seção I são geralmente empregadas em vãos da ordem de 10 a 40 metros.

## 4.2. PILARES

De acordo com El Debs(2017), os pilares pré-moldados em geral são compostos por concreto armado, com a protensão ocorrendo no caso do primeiro ser sujeito a momentos fletores elevados. Bertoli (2007) aponta que enquanto as vigas, por serem padronizadas ao máximo tanto em produção quanto em projeto, os pilares acabam tendo sua própria padronização reduzida em prol de possuírem dimensionamento especializado para cumprir o sua função estrutural em uma edificação. De acordo com a ABNT NBR 6118 (2023), as dimensões mínimas da seção transversal de um pilar nunca poderão ter menos que 19 cm de largura por faces, salvo casos especiais, onde deverá ser feita a multiplicação dos esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional indicado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores do coeficiente adicional  $\gamma_n$  para pilares e pilares-parede

$b$ cm	$\geq 19$	18	17	16	15	14
$\gamma_n$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

onde

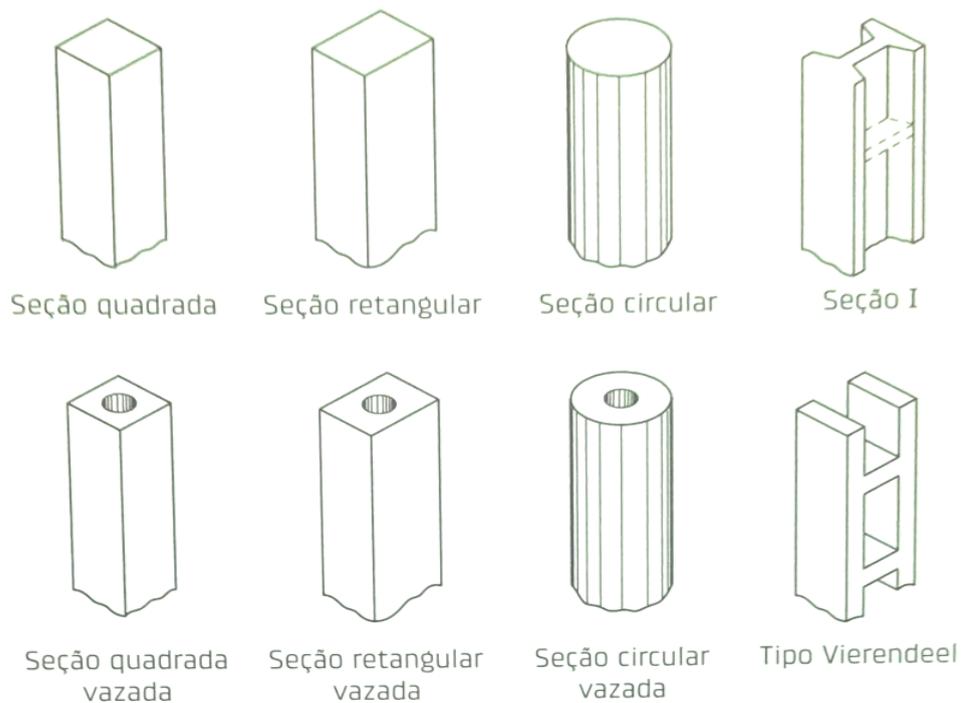
$$\gamma_n = 1,95 - 0,05 b;$$

$b$  é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente  $\gamma_n$  deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

Fonte: NBR 6118 (2023).

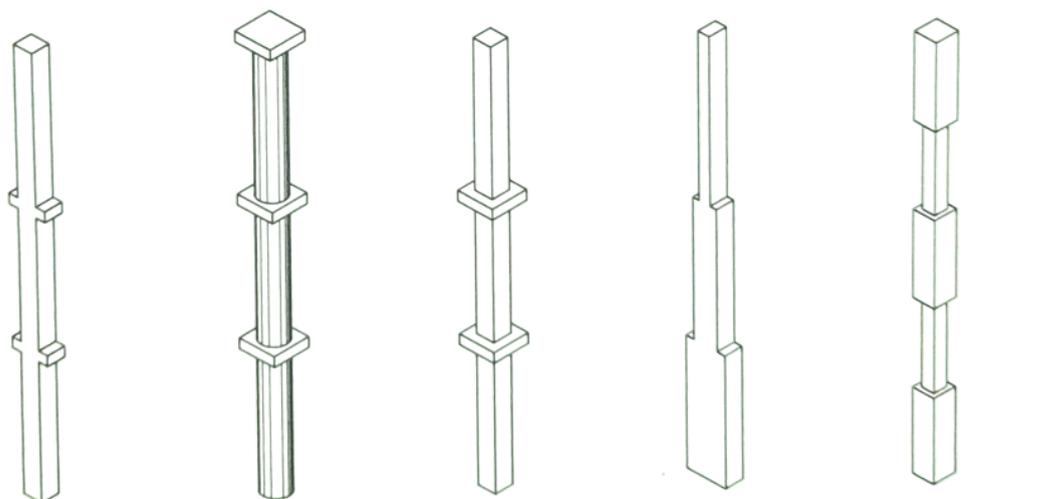
As seções transversais mais comuns a serem adotadas para pilares são apontadas na Figura 7.

**Figura 7** - Seções transversais de pilares

Fonte: El Debs (2017)

Já em relação a forma do pilar, El Debs(2017) aponta que as seções mais adotadas são as quadradas e retangulares, vazadas ou não, enquanto a constância nas seções transversais é prevalente, com variação na mesma sendo um fenômeno incomum, com a Figura 8 ilustrando exemplos comuns de formas de pilares pré-moldados

**Figura 8 - Formas usuais de pilares**



Fonte: El Debs (2017).

### **4.3. PISOS (LAJES)**

Os elementos pré-moldados para pisos e coberturas (lajes) compreendem uma gama diversificada de soluções, sendo as principais: sistemas de painéis alveolares protendidos, painéis com nervuras protendidas, painéis maciços de concreto, lajes mistas e lajes com vigotas pré-moldadas. A aplicação de pisos pré-moldados não se restringe a estruturas pré-moldadas, sendo utilizados em conjunto com diversos materiais, de estruturas metálicas até concreto moldado in loco e sua escolha varia conforme fatores locais, como transporte, facilidade de montagem e práticas construtivas regionais. O tipo mais apropriado de elementos de piso é determinado pela interação de variáveis, incluindo disponibilidade de mercado, logística, simplicidade de instalação e custos operacionais, adaptando-se às demandas específicas de cada projeto e localidade. O critérios mais importantes a serem considerados são:

- Capacidade de superar vãos: lajes com armadura protendida tem a maior capacidade de superar vãos, em especial as lajes nervuradas, geralmente utilizadas em indústrias, armazéns etc. Já as lajes sem protensão de armadura devem ser utilizadas em situações onde apenas pequenos vãos devem ser vencidos, como residências, apartamentos etc;
- Tipologias das faces inferiores dos elementos de laje : cada tipo de piso pré-moldado possui tipologia própria, na qual ajustes devem ser feitos na fase de projeto para melhor utilização dessa característica do mesmo, a exemplo: lajes com nervuras aparentes inferiores oferecem a possibilidade da embutimento de dutos e tubos entre essas nervuras, lajes alveolares protendidas podem ter uma camada de isolamento térmico na face inferior etc;
- Resistência a incêndios: em condições normais, lajes de concreto são capazes de resistir a incêndios por até 60 minutos, sendo necessário aumentar o recobrimento de concreto das armaduras para prolongar esse tempo útil;
- A capacidade de isolamento de ruídos aéreos é diretamente proporcional à densidade dos painéis. Assim, os pisos de concreto podem facilmente atender aos requisitos mínimos de desempenho para isolamento de ruídos com propagação atmosférica devido a sua densidade, porém, medidas adicionais devem ser tomadas contra ruídos de impacto, como contrapiso flutuante.

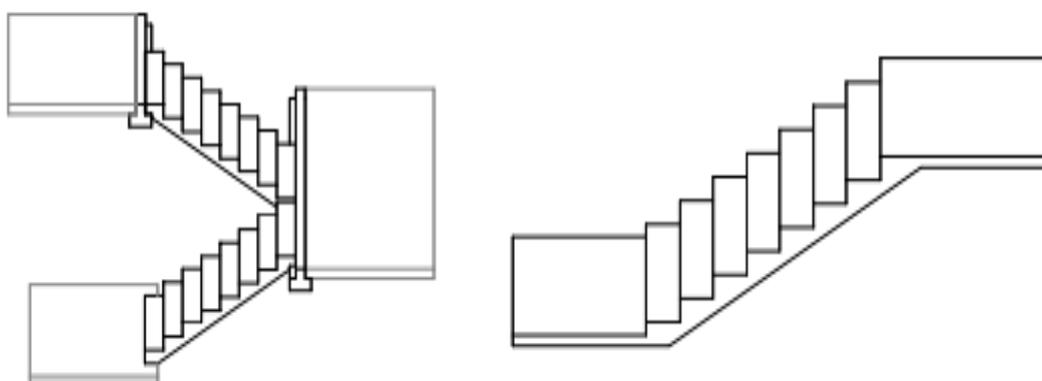
#### **4.4. ESCADAS**

De acordo com Bernardes de Assis (2021), os principais tipos de escadas pré-moldadas são: escadas de peças com grandes dimensões, que são compostas de uma única peça (o elemento por inteiro) com a inclusão de patamar ou não; e escadas com peças de pequenas dimensões, formadas por múltiplas peças projetadas para a possível montagem manual pelos operários da obra, com o peso das peças limitado considerando o manuseio manual das peças. As escadas de peças de grandes dimensões são, como já mencionado, compostas por uma única peça, e além de seu tamanho, a massa agregada deste elemento construtivo

impossibilita a montagem manual, montagem essa que deverá ocorrer através do içamento da peça no seu local de instalação com auxílio de maquinário específico para tal, como apontado por Mamede (2001).

De acordo com Mamede (2001), o dimensionamento desse tipo de escada é similar à sua versão moldada no local, com a adição de considerações referentes às situações transitórias, em que são frequentes ocorrerem solicitações diferentes das que ocorrem na situação final. A Figura 9 mostra 2 exemplos de escadas pré-moldadas deste tipo.

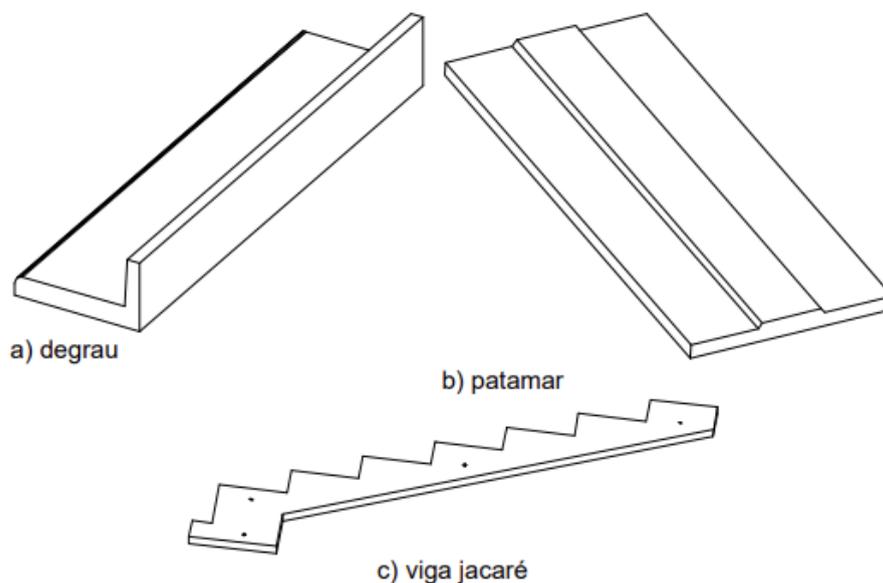
**Figura 9** - Exemplos de escadas de grandes dimensões em I e em U



Fonte: Mamede (2001)

As escadas de peças de dimensões pequenas, como descrito anteriormente, são compostas por pequenas peças preparadas para o manuseio e montagem manuais na obra. Mamede (2001) aponta que existem no mercado 2 subtipos dessa escada, que são: escada nervurada, escada jacaré. De acordo com Mamede (2001), escadas nervuradas são compostas por: vigotas pré-moldadas (geralmente treliçadas) com função de base da estrutura, elemento de enchimento como blocos vazados ou de poliestireno expandido, compondo os degraus da escada, capeamento de concreto moldado no local e, eventualmente armadura na capa de concreto. As escadas jacaré, nome adquirido devido a semelhança da viga de sustentação com uma cauda de jacaré, são compostas por: duas vigas denteadas ou vigas jacaré; degraus em “L”; patamares pré-moldados; peças de apoio do patamar, peças complementares de ajuste. A Figura 10 ilustra os principais componentes de uma escada jacaré.

**FIGURA 10** - Componentes principais de uma escada jacaré



Fonte: Mamede (2001)

Esse tipo de escada é mais popular em edificações com alvenaria estrutural, tendência descrita por Mamede (2001):

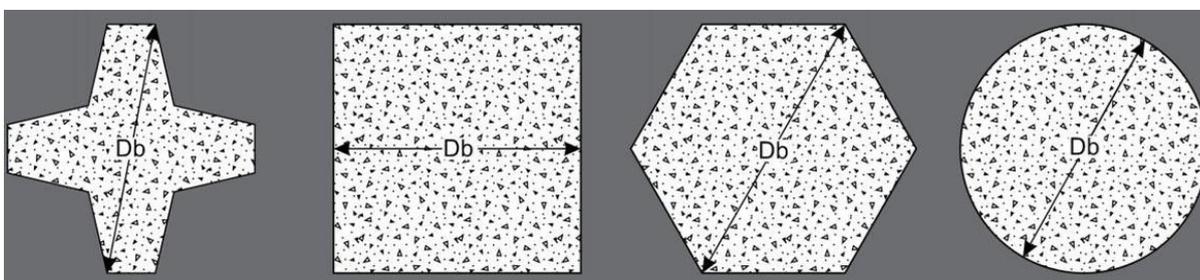
“A afinidade entre o processo construtivo em alvenaria estrutural e as escadas jacaré está na presença de paredes portantes capazes de suportarem as cargas provenientes do chumbamento de peças pré-moldadas e pelo fato de os elementos pré-moldados da escada chegarem ao local de execução já prontos, restando apenas a montagem no devido local.”

#### 4.5. ESTACAS PRÉ-MOLDADAS

As estacas pré-moldadas de concreto se comportam, em questão de dimensionamento estrutural, de forma similar a sua contraparte moldada *in loco*, com nenhuma distinção clara feita na NBR 6122, que rege sobre o projeto e execução de fundações como um todo, com o único adendo de que as peças devem ser capazes de resistir a esforços causados “...não só atuantes nelas como elemento estrutural de fundação, como também aqueles que decorram do seu manuseio, transporte, levantamento e cravação”. Entretanto, os cálculos estruturais devem obedecer às indicações das normas NBR 6118 (2023) e 9062 (2017), como qualquer elemento construtivo de concreto pré-moldado, e a NBR 16258 (2017),

específica para este tipo de estaca. As diferenças emergem principalmente na execução das mesmas, pois como Pereira Filho (2016) aponta, as estacas pré-moldadas são estacas de deslocamento, ou seja, deslocam o solo no local de sua cravação para a sua circunvizinhança. De acordo com Pereira Filho (2016), características específicas como seção e formato variam bastante de fabricante para fabricante. Ainda sim, é possível elencar alguns tipos de seções transversais de estaca comuns para exemplo, como as seções quadradas, circulares, hexagonais e estrela, como na Figura 11 a seguir:

**FIGURA 11** - Exemplos de seções transversais de estacas pré-moldadas



Fonte: NBR 16258 (adaptado)

Em questão do método de cravação, a NBR 6122 indica aponta 3 métodos principais: percussão (através de bate estacas), prensagem (com auxílio de macaco hidráulico) ou vibração (via martelo vibratório). Todavia, Pereira Filho (2016) aponta que a forma mais comum de cravação deste tipo de estaca é a por percussão com o uso de bate estaca de queda livre.

Os principais pontos positivos deste tipo de estaca se revelam na forma de maior qualidade do concreto (produção especializada em fábricas dedicadas para tal), e por consequência maior capacidade de carga e resistência a esforços de compressão e cisalhamento, de acordo com Pereira (2013). Porém, a alta produção de vibrações causadas pelo cravamento via percussão e vibração reduzem a margem de utilização das estacas pré-moldadas, devido a possíveis danos que podem ser infligidos nas fundações de edificações vizinhas, gerando recalque e outras manifestações patológicas de fundações, além da dificuldade de execução de emendas e seções limitadas por questões de transporte, como é apontado por Pereira (2013).

## 5. PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

A patologia é uma ciência que consiste em uma parte da medicina que estuda as doenças. Segundo Verçozza (1991), as edificações também podem apresentar sintomas semelhantes a doenças, tais como: manchas, fissuras, corrosão, trincas, eflorescências, umidade, conforme ilustrado nas Figuras 12, 13 e 14 abaixo. Comparado com a patologia médica, a patologia das construções integra o estudo e a identificação das causas desses problemas (diagnósticos) e sua correção (terapia). Logo, a patologia pode ser subdividida em patologias específicas: patologia das fundações, alvenaria, obras em madeira, umidade, patologias em estruturas pré-moldadas, instalações domiciliares etc.

**Figura 12** - Demonstração de manchas em painéis pré-moldado



Fonte: Acervo dos Autores (2023)

**Figura 13** - Presença de fissuras e manchas em pilar pré-moldado



Fonte: Acervo dos Autores (2023)

**Figura 14** - Corrosão em pilar pré-moldado



Fonte: Acervo dos Autores (2023)

Atualmente as construções modernas favorecem significativamente o surgimento de problemas patológicos e devido a busca de máxima economia, reduzindo cada vez mais o nível de segurança, o desprezo sobre o comportamento dos materiais e das técnicas construtivas por parte de alguns profissionais, além da mão de obra desqualificada ainda utilizada na construção civil.

Contudo, a etapa de impermeabilização nas edificações é de extrema importância e deve ser realizada com muita atenção e cuidado, pois é imprescindível para segurança e qualidade da obra contribuindo também para a prevenção de futuras manifestações patológicas, visando também tornar os ambientes mais salubre e adequado para habitação.

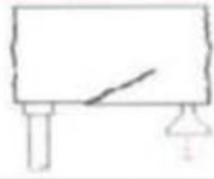
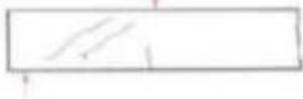
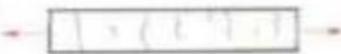
Segundo Grunau (1981), citado por Helene (1992), a maior parte dos problemas patológicos podem ser atribuídos em 40% de projeto e 28% de execução. Assim, conclui-se por meio desses percentuais a importância de um bom projeto e de uma execução criteriosa, com mão de obra qualificada, fatores que devem influenciar diretamente na vida útil de uma edificação, estimada em 50 anos, conforme a ABNT NBR 6118 (2023).

## 5.1 FISSURAS

De acordo com a NBR 15.575-2 (2013) fissuras são componente estrutural seccionamento na superfície ou em toda a seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocada por tensões normais ou tangenciais que podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas e entre outras) ou passivas (abertura constante). Segundo a NBR 6118 (2023), as aberturas serão chamadas de fissuras quando apresentarem espessura inferior a 0,6 mm e serão denominadas trincas quando apresentarem espessura maior ou igual a 0,6 mm.

Um fator recorrente no concreto armado é a retração do concreto que ocorre devido à perda de água durante o processo de endurecimento do concreto. Quando a água evapora, o concreto tende a contrair, resultando na redução do volume. Esse fenômeno pode levar à formação de fissuras, especialmente em estruturas mais extensas. Além da retração hidráulica (perda de água), outros fatores como a retração térmica (devido às variações de temperatura) e a retração por secagem (quando o concreto está exposto ao ar) também desempenham papéis na retração total do concreto armado. Para minimizar os efeitos da retração, são adotadas práticas como a utilização de aditivos redutores de retração, controle adequado da relação água-cimento, cura adequada e o emprego de juntas de dilatação em locais estratégicos para acomodar a movimentação do concreto. Por fim, essas medidas ajudam a preservar a integridade e a durabilidade das estruturas de concreto armado. No Quadro 2 abaixo, há exemplos de fissuras em estruturas.

QUADRO 2- Demonstração de fissuras em estruturas

TIPO DE FISSURA	PEÇAS MAIS SUJEITAS	CONFIGURAÇÃO TÍPICA	EXEMPLO
Recalque Diferencial da fundação	Paredes / Vigas	→ Inclinação, se afastamento da região que menos recalçou; → Abertura variável.	
Cisalhamento	Qualquer elemento	→ Mais inclinadas junto ao apoio, verticalizando-se em direção ao meio do vão; → Abertura variável, desaparecendo ao atingir a região comprimida da peça.	
Flexão	Qualquer elemento;  Lajes, junto aos cantos.	→ Mais concentradas junto às regiões de máximo momento fletor e aumento gradativamente o espaçamento, ao se afastarem dessa região; → Abertura variável, desaparecendo ao atingirem a região comprimida; → Diagonal, formando um triângulo aproximadamente isósceles com os cantos.	
Torção	Peças lineares, com cargas não coincidentes com seu eixo longitudinal.	→ Em forma de hélice ao longo do eixo longitudinal	
Tração	Qualquer elemento tracionado longitudinalmente	→ Perpendiculares à direção da carga de tração, seccionando a seção transversal; → Mais fechadas junto as armaduras.	
Tração	Peças de suporte	→ Perpendiculares à direção da reação de apoio das peças apoiadas indiretamente.	

Fonte: Ambrósio, 2004, apud Carvalho, 2019.

## 5.2. INFILTRAÇÕES

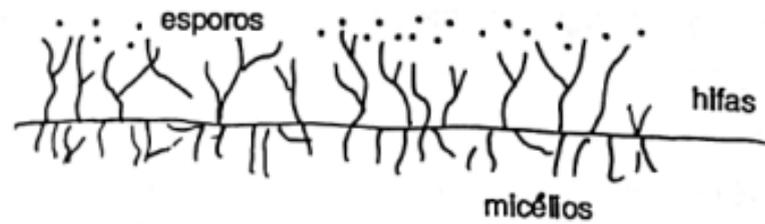
Segundo Oliveira Nunes (2020), a infiltração, de modo geral, pode ser descrita como a ação de um fluido que transpassa um corpo sólido onde normalmente é a água. Dessa forma, a umidade proveniente da água atravessa os espaços vazios presentes em superfícies vulneráveis e escorre por toda a sua área até sair em algum local em que ela possa se depositar ou evaporar.

Em decorrência da umidade, surgem manifestações patológicas devido à ausência ou incorreta execução, assim como a utilização de materiais que apresentem qualidade duvidosa ou material incorreto para a situação em específico, dimensionamento incorreto do fluxo de água das juntas de dilatação, rachaduras, entupimento de drenos e tubulações, mau acabamento ao redor de ralos e passagens de tubulações, entre outros fatores. Logo, é extremamente necessário realizar manutenção referente a impermeabilização nas edificações (LICHTENSTEIN, 1986 *apud* MATOS, 2022).

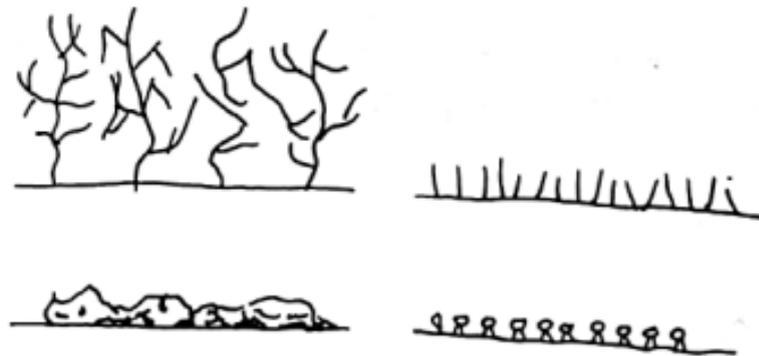
## 5.3. MANCHAS, BOLOR, MOFO

De acordo com Verçoza (1991), o bolor é uma manifestação patológica de um tipo de micro-vegetais. Visto isso, os fungos são vegetais inferiores do qual não possui clorofila. De acordo com isso, nos vegetais ditos superiores é a clorofila que decompõem as substâncias orgânicas mais complexas para formar substâncias mais simples que servem de alimento para o vegetal. Como dito anteriormente, os fungos não têm clorofila e suas raízes (denominadas micélios) segregam enzimas que realizam a decomposição conforme a Figura 12. Segundo Verçoza (1991), essas enzimas funcionam como um ácido sobre o material onde cresce o fungo: o material é atacado e queimado, surgindo quase sempre a coloração escura. Considera-se que em alguns tipos de fungos as manchas podem possuir outra cor além da preta (das quais podem ser: esverdeada, branca, avermelhada, amarelada e entre outras) devido ao tipo de reação química ou até mesmo à deposição das sementes dos fungos (esporos) apropriado a cor do próprio vegetal, quando visível. Os fungos têm preferência por bases orgânicas por frestas, fissuras e se desenvolvem mais facilmente em ambientes úmidos por condensação, onde a água não é corrente.

**Figura 15** - Formas e estruturas dos fungos



**Algumas formas de fungos**



Fonte: Verçoza (1991).

Logo, conforme demonstrado na Figura 13 abaixo, essa manifestação patológica pode se desenvolver em fachadas e em qualquer tipo de material (cerâmica, concreto, argamassa) já que esses vegetais necessitam de muito pouco alimento e podem se alimentar de partículas depositadas com o pó ou até mesmo no próprio material do qual estão inseridos.

**Figura 16** - Demonstração de mofo em painéis pré-moldados na fachada frontal.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

O bolor consiste em uma alteração perceptível microscopicamente na superfície de vários materiais, sendo um resultado do desenvolvimento de microorganismos do qual pertence ao grupo dos fungos. A diferença dos fungos em relação aos vegetais consiste na ausência de clorofila. Outro ponto fundamental para o desenvolvimento dos fungos é a temperatura, pois esses organismos se expande relativamente entre 10°C e 35°C, possuindo uma grande multiplicidade de comportamentos fora do limite de acordo com a espécie classificada (ALUCCI *et al*, 1985 *apud* PERES, 2001, p.28). De acordo com isso, uma eliminação superficial apenas com pano úmido e fungicidas não é o suficiente, pois os fungos voltam à superfície com o tempo. É necessário remover as condições para a sua

sobrevivência, que são a umidade acima de 75% e temperatura entre 10° e 35°C. Por fim, é imprescindível uma boa ventilação para auxiliar a secar a superfície ou até mesmo uma intervenção com impermeabilização na região afetada.

#### **5.4 EFLORESCÊNCIA**

As eflorescências consiste no surgimento de formações salinas na superfície dos materiais, segundo Verçozza (1991), na maior parte dos casos as eflorescências não causam problemas maiores do que o mau aspecto resultante, porém existem circunstâncias em que o sal formado na alvenaria pode resultar em descolamentos de revestimentos, pinturas, desagregação das paredes e queda de elementos construtivos. Quimicamente, as eflorescências são causadas por sais de cálcio, sódio, magnésio ou até mesmo de ferro. Visto isso, a umidade é o ponto principal para a formação de eflorescências e por conta disso a correção muitas vezes implica na eliminação da umidade na região que está sendo afetada.

De acordo com Fiorito (2003), essa manifestação patológica também é proveniente da utilização de produtos que possuem substâncias nocivas e que em contato direto com os revestimentos ocasiona a deterioração em consequência de serviços de profissionais que não possuem qualificação e execução. Visto isso, o autor retrata que as eflorescências também surgem por intermédio da chuva, em contato com a superfície dos revestimentos que não possui proteção impermeabilizante (FIORITO,2003 apud NELSON,2021,p.36).

Em tese, a eflorescência consiste em uma patologia que pode estar vigente tanto nas paredes internas quanto nas paredes externas das edificações, em consequência de ser uma manifestação patológica proveniente de infiltrações em regiões que possuem lençol freático superficial (LONGHI,2019 *apud* LIMA,2021,p.26). Desse modo, a eflorescência pode ser originada por três fatores do qual devem existir coincidentemente para que ocorra a manifestação: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou até mesmo componentes, presença constante de água e pressão hidrostática para facilitar a migração de determinadas soluções para a superfície.

Essa manifestação patológica também pode ser classificada de acordo com seu aspecto e forma de manifestação. Logo, os fenômenos são estudados e

ilustradas onde são comparados os tipos, aspectos e característica conforme representado no Quadro 3 abaixo:

**QUADRO 3** - Tipos, aspectos e características das eflorescências

<b>Tipo 1</b>	Manchas de cor castanha, ou de ferrugem
<b>Tipo 2</b>	Mancha de cor branca, escorrida
<b>Tipo 3</b>	Manchas brancas, com aspecto de nuvem, pulverulentas

Fonte: Acervo dos autores, 2023

A eflorescência do tipo 1 normalmente é causada por sulfatos de sódio, potássio, cálcio ou magnésio e raramente por carbonato de cálcio ou carbonato de potássio. Visto isso, esses tipos de manchas são facilmente solúveis em água e felizmente não desagregam os materiais, a danificação que podem causar fora o mau aspecto e depreciação é o descolamento de pinturas.

A eflorescência do tipo 2 não é solúvel em água e apresenta muita aderência. Visto isso, esse tipo de mancha não corroem o material, mas resultam um péssimo aspecto na superfície e podem causar o descolamento dos revestimentos ou pinturas. Logo, a correção de manchas de carbonato é complexa, porque o sal não é solúvel na água e com isso a lavagem normal ou até mesmo a chuva não resolve o problema.

Conforme Verçoza (1991) a eflorescência do tipo 3 são facilmente solúveis em água e felizmente não desagregam os materiais. A danificação que pode causar fora o mau aspecto e depreciação, é o descolamento de pinturas. No caso de haver incrustação, lavar com auxílio de escova. Por fim, nas superfícies externas normalmente a chuva se encarrega de fazer a remoção de todo o material

## 5.5 ESTALACTITE

A estalactite consiste em um pêndulo com aspecto esbranquiçado que, por sua vez, acontece quando há presença de umidade. Nisso, infiltra-se a água onde atravessa os vazios nas estruturas de concreto, argamassas, revestimentos ou outros elementos estruturais carregando carbonato de cálcio para formação da estalactite. Na Figura 14 apresenta um exemplo de estalactite em painéis em concreto pré-moldado exposto na fachada lateral com carbonatação e formação de estalactite, lixiviação do concreto, presença de fungos e limo.

**Figura 17** - Presença de estalactite em painéis externos



Fonte: Acervo do autor (2023).

## 5.6 ALGAS VERMELHAS

As algas vermelhas consistem em um tipo de manifestação patológica com aspecto de coloração avermelhada, atualmente muito presente nas fachadas de edifícios do município de Lauro de Freitas e Salvador-BA. A existência dessa anomalia tem sido uma calamidade para diversas edificações na cidade, principalmente aquelas que se encontram próximas à costa marítima. Logo, o

surgimento e comportamento dessas algas ainda se encontra em processo de análise no ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas e origens das manifestações patológicas que ocorrem na construção civil. Visto isso, essa anomalia pode ser parecida com a presença de fungos, pois também se trata de organismos vivos que se proliferam onde existe presença de umidade, luz do sol e temperaturas favoráveis para sua existência. Por fim, a Figura 15 demonstra o surgimento de algas avermelhadas em elemento estrutural de concreto pré-moldado.

**Figura 18** - Presença de algas vermelhas em pilar externo



Fonte: Acervo dos autores (2023)

## 5.7 CORROSÃO DAS ARMADURAS

Em geral, a corrosão é um processo químico em que um material é degradado devido às suas interações (de natureza química) com o seu ambiente. Na área da engenharia civil, tal fenômeno ocorre primariamente nos elementos construtivos metálicos (como armaduras, vigas etc) e no próprio concreto armado,

sendo uma patologia que tende a ser de risco médio ou crítico nas edificações onde se está presente.

De acordo com Marcelli (2007), esse tipo de corrosão se caracteriza como uma das patologias mais frequentes e danosas em edificações, acumulando pesados prejuízos e várias vítimas. O fenômeno de corrosão da armadura no concreto pode ser de natureza eletroquímica ou oxidativa, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos, internos, incorporados ao concreto ou gerados pelo meio ambiente. Para haver corrosão, devem concorrer alguns fatores tais como presença de oxigênio, umidade e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletroquímica. Os principais elementos a serem considerados para a avaliação do nível potencial de corrosão são: o tipo de edificação a ser construído (urbano, comercial etc), se o concreto será aparente e qual tipo de concreto a ser utilizado, a agressividade da atmosfera e solo locais a estrutura, e fatores climáticos (umidade, presença de ácidos, amplitude térmica, etc). A NBR 6118 (2023) possui uma tabela que determina o grau de agressividade do ambiente, necessária para a determinação do cobrimento de armadura e outros elementos do projeto de estruturas de concreto.

## **6. FATORES QUE INFLUENCIAM A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS**

Entende-se que toda estrutura de concreto tem uma durabilidade que prediz desde do projeto, serviço e manutenção. De acordo a (NBR 6118:2023) os mecanismo nos quais deterioram a estrutura são todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, dentre outras ações que causam tal problema na edificação. A mesma norma informa que, por sua vez, muitas estruturas de concreto a deterioração acontece precocemente devido a vários erros cometidos durante a fase de projeto e também na própria execução da obra. A falta de detalhes construtivos importantes, erro na especificação dos materiais, uso de dosagens inadequadas, mão de obra não qualificada, cura insuficiente etc, podem determinar a redução da vida útil do concreto, onde os maiores problemas referentes à durabilidade são a alta permeabilidade, baixa compactação e deficiência da camada de concreto do cobrimento das armaduras (AGUIAR, 2006 *apud* Carvalho, 2019).

Na NBR 6118 (2023) tem-se um quadro classificando as classes da agressividades ambientais na estrutura de concreto e suas perspectiva região que deve ser enquadrada. A partir deste quadro são feitas exigências quanto à classe do concreto, relação água/cimento e ao cobrimento nominal das armaduras (CARVALHO, 2019).

## 6.1 AGENTES AMBIENTAIS

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 concreto (NBR 6118 : 2023). A classificação dos agentes agressividade ambiental pode ser avaliada, simplificadamente, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes. No Quadro 5 a NBR 6118 (2023) descreve em classes as agressividades ambientais que podem acontecer.

**Quadro 4 - 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 : NBR 6118 (2023).

## 6.2 QUALIDADE DO CONCRETO

A durabilidade das estruturas está diretamente relacionada à qualidade do concreto, os ensaios para comprovar o desempenho da durabilidade da estrutura, considerando o tipo e nível de agressividade ambiental devem ser realizados para estabelecer os parâmetros mínimos a serem utilizados no projeto e execução das edificações (AGUIAR, 2006 *apud* Carvalho, 2019). Na falta desses ensaios e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento juntamente com a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permitem que sejam adotados os requisitos mínimos, conforme apresentado no Tabela 2 (NBR 6118, 2023 *apud* CARVALHO, 2019).

**Quadro 5** - 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 (2023) e Carvalho (2019).

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

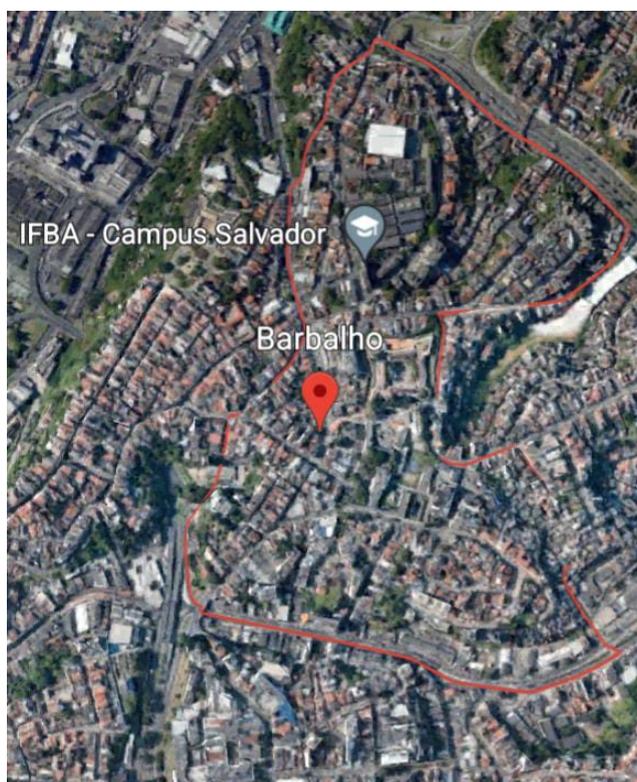
No presente tópico será discutido os dados obtidos no âmbito da pesquisa, cada incidência causadora e os tipos de manifestações patológicas encontradas nas edificações em concreto pré-moldado na cidade de Salvador/BA. Desse modo, pode-se desenvolver um possível diagnóstico de acordo com os estudos e observações realizadas em campo. Nas Figuras abaixo mostra a localização no GPS dos bairros da cidade estudada.

**Figura 18** : Localização no GPS do Centro Administrativo da Bahia



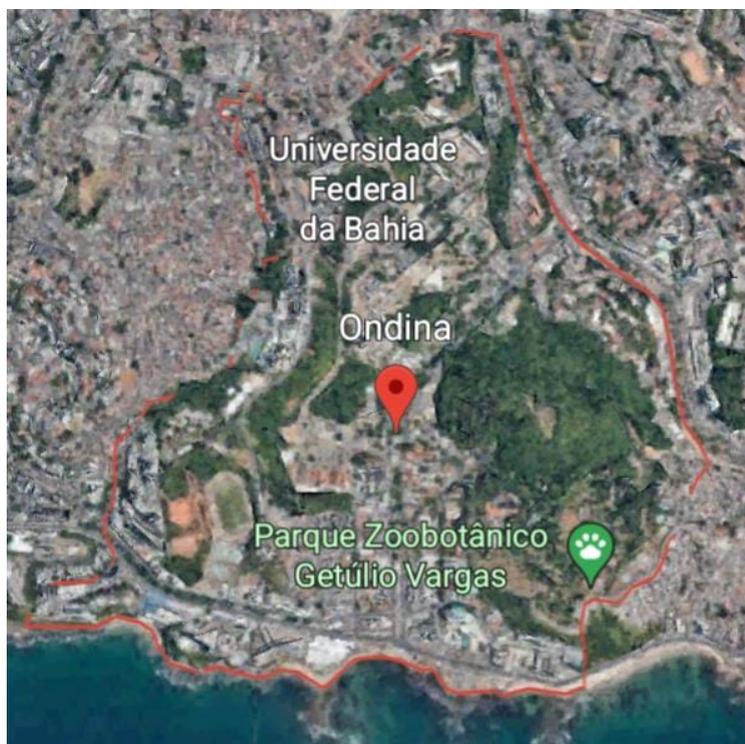
Fonte: Google Maps (2023)

**Figura 20** : Localização no GPS do bairro do Barbalho



Fonte: Google Maps (2023)

**Figura 21:** Localização no GPS do bairro da Ondina



Fonte: Google Maps (2023)

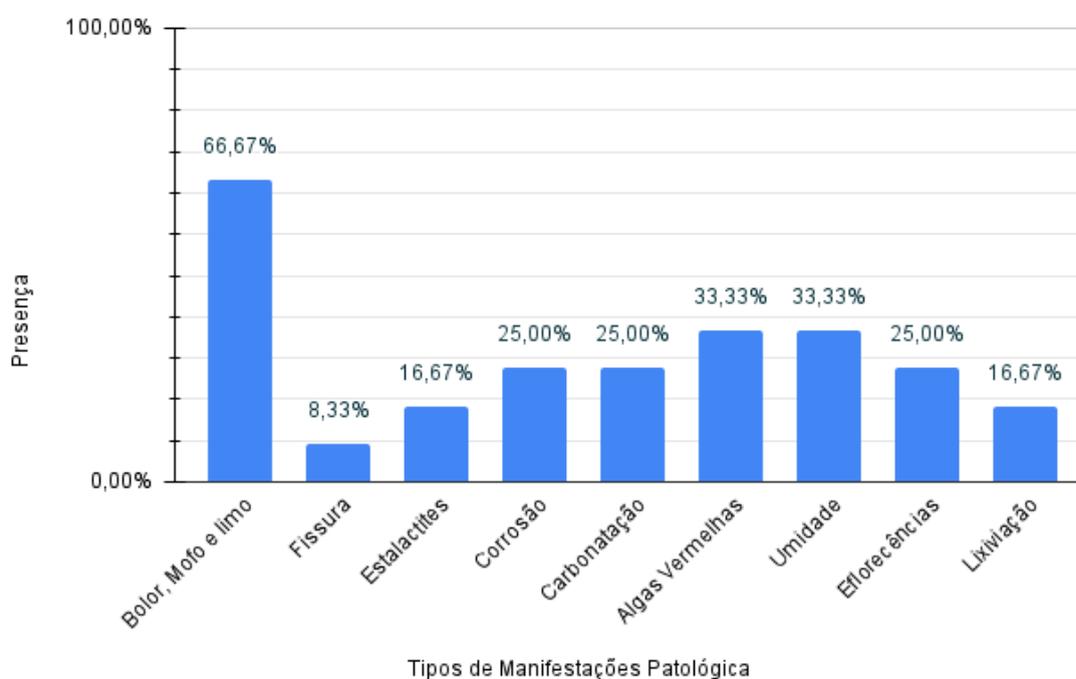
## **7.1 DISCUSSÃO DE CADA TIPO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS**

É importante destacar que nessa etapa da pesquisa as análises e os dados foram obtidos através de visitas técnicas de campo com base em exame visual e fotografias de edificações com presenças de anomalias em estruturas de pré-moldado em concreto. visto isso, a caracterização da área de estudo das edificações vistoriados/visitadas possuíram características acadêmicas (sendo a maior parte delas) e empresariais de acesso público em suas respectivas localizações. Dessa forma, ao longo da pesquisa bibliográfica e estudo de campo foi possível observar nitidamente a presença de manifestações patológicas em quase todas as edificações em concreto pré-moldado. De acordo com isso é perceptível

afirmar que 66,7% dos edifícios visitados possuíam ao menos de um a três tipos de anomalia, conforme o Gráfico 3 localizado ao final das análises abaixo. Logo, também foi analisado e constatado a ocorrência das principais manifestações patológicas encontradas nos edifícios danificados de concreto pré-moldado de modo geral, conforme o Gráfico 1 abaixo.

**Gráfico 1** - Percentual das principais manifestações patológicas nos edifícios em geral

### Frequência das Manifestações Patológicas nos Edifícios em Geral

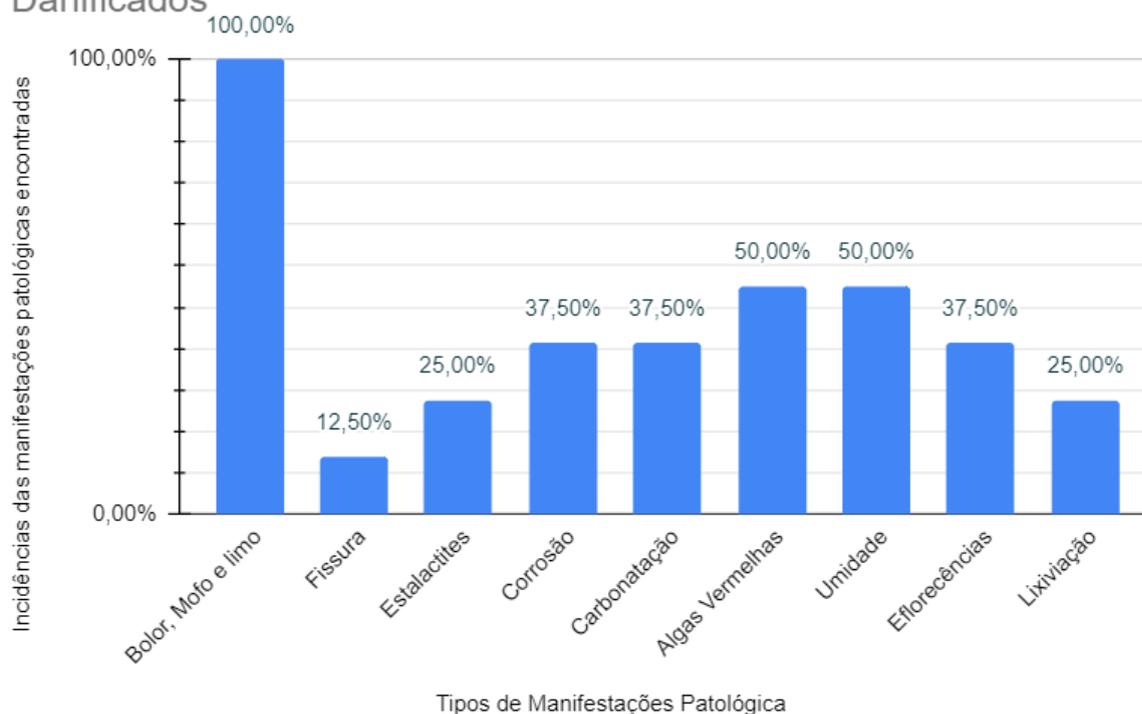


Fonte: Acervo dos autores (2023)

Visto isso, também foi verificado e questionado quais os problemas mais predominantes nos edifícios, de modo a identificar as principais incidências de doenças encontradas nesses locais. Desse modo, ao realizar a observação foi possível identificar as mais perceptíveis anomalias predominantes em edificações em concreto pré-moldado nesta cidade. No Gráfico 2 são demonstradas algumas das principais formas de incidências de manifestações patológicas em edifícios danificados em Salvador-BA.

**Gráfico 2** - Percentual das principais manifestações patológicas encontradas em edifícios danificados em concreto pré-moldado na cidade estudada.

### Frequência das Manifestações Patológicas nos Edifícios Danificados



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Conforme verificado, Salvador possui diversos tipos de manifestações patológicas em concreto pré-moldado com percentuais significativos, entretanto a presença de bolor, mofo e limo é um dos problemas mais ocorrentes nas estruturas de concreto pré-moldado com um percentual de 100%, de acordo com o Gráfico 2. Esses problemas em muitos casos, segundo Verçoza (1991) podem ser resultado da ocorrência sucessiva de umidade e se desenvolvem mais facilmente em ambientes úmidos por condensação, onde a água não é corrente cuja colocação normalmente é escura. Visto isso, durante as vistorias em campo foram encontradas anomalias referentes ao bolor, mofo e limo em edifícios localizados na Ondina. À vista disso, essas manifestações patológicas foram encontradas com maior incidência nas superfícies de painéis em concreto pré-moldado, inserido na fachada principal,

conforme demonstrado na Figura 19 abaixo. Logo, um possível diagnóstico para os problemas referentes ao bolor, mofo e limo nos edifícios estudados pode ter sido em consequência da constante presença de umidade, falta de impermeabilização nos painéis pré-moldados e falta de manutenção preventiva nas fachadas.

**Figura 22:** Presença de mofo, bolor e limo em painéis pré-moldados na fachada frontal



Fonte: Acervo dos autores (2023)

No Gráfico 1, as fissuras são a menor de todas as porcentagens, apresentando 8,33% das demais manifestações patológicas, já no Gráfico 2 essa mesma anomalia se apresenta em 12,50% nos edifícios danificados. Na Figura 17 abaixo apresenta um exemplo de fissuras em pilar pré-moldados que foi encontrado em umas das vistorias no edifício no Barbalho. Essa anomalia pode ter acontecido devido ao processo da corrosão via oxidação das armaduras. Em que o gás oxigênio da atmosfera interage em uma reação de oxirredução com o as armaduras de aço do concreto armado, formando óxido de ferro I ( $Fe_2O_3$ ), que por ser menos denso que o aço, se expande, aplicando tensões de compressão e tração, fissurando e eventualmente expulsando a camada de cobrimento do pilar.

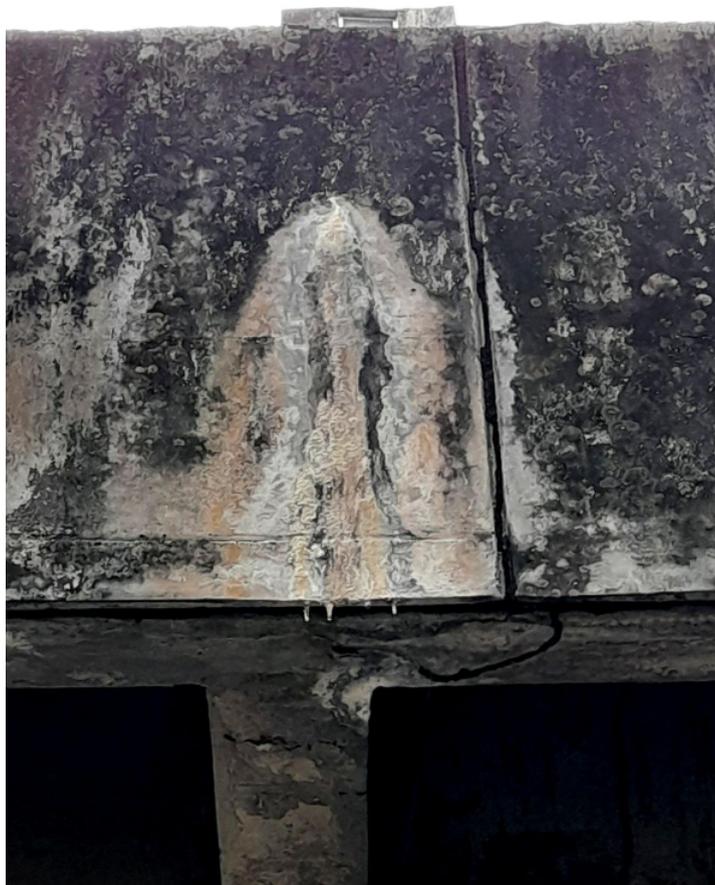
**Figura 23:** Fissuras em pilar pré-moldado



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Outra manifestação patológica não muito evidente no trabalho que se encontra no Gráfico 2 é a estalactite que, por sua vez, corresponde a de incidência 25,00%. A Figura 18 abaixo, demonstra o exemplo dessa anomalia que pode ser causada em consequência da infiltração da água nos vazios da superfície dissolvida com os sais existentes do concreto e na própria água, muitas vezes compostas principalmente de calcita, são criadas pelo gotejamento lento da água carregada de minerais dissolvidos. Pode-se assemelhar a cortinas naturais, pendendo de uma superfície como o teto de uma caverna. Visto isso, essa anomalia não só causa problemas estéticos, como também pode causar futuros problemas de saúde aos indivíduos. A presença deste tipo de manifestação patológica se correlaciona com a presença de carbonatação e eflorescências, que geram os sais que serão depositados pelo gotejamento da água que passa pelo substrato, neste caso, de concreto armado.

**Figura 24:** Presença de estalactite em painéis pré-moldado na fachada



Fonte : Acervo dos autores (2023)

Outro problema muito comum nas superfícies de fachadas que possuem origem devido à presença de umidade, segundo o Gráfico 2, são as eflorescências com percentual de incidência de 37,50% na cidade estudada. Segundo Verçosa (1991) essa manifestação patológica consiste no surgimento de formações salinas na superfície de elementos estruturais e não causam problemas maiores do que o mau aspecto resultante, mas em alguns casos essa anomalia pode provocar degradação em paredes e queda de elementos construtivos dependendo do seu nível de agressividade. Dessa forma, durante as vistorias realizadas em campo, foram encontrados problemas relacionados às eflorescências em alguns edifícios estudados. Desse modo, neste estudo de casos foi possível identificar através de vistorias técnicas e fotografias a presença desta anomalia inserida no encontro de

duas Vigas em ambiente externo com estágio aparentemente avançado. Por fim, um possível diagnóstico para essa manifestação patológica pode ter sido por conta da constante presença de umidade/infiltração ou hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) solúvel em água, presente nos materiais ou até mesmo no cimento endurecido onde é migrado para a superfície e reage com o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), presente na atmosfera.

**Figura 25:** Presença de eflorescência em encontro de vigas



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Ainda conforme resultados obtidos através do Gráfico 2, um tipo de anomalia que também se encontra atacando edifícios próximos a costa marítima consistem nas algas vermelhas, apresentando um percentual significativo de 50,00% de incidência. Visto isso, essa manifestação patológica se apresenta como uma calamidade na cidade estudada, apresentando cor avermelhada na fachada de alguns edifícios, resultando também em um mau aspecto estético em fachadas e

elementos estruturais. Visto isso, essa manifestação foi encontrada em alguns edifícios no bairro da Ondina, localizado em Salvador-BA. Ao decorrer das vistorias realizadas em campo foi possível identificar a presença de algas vermelhas em pilar de concreto pré-moldado em ambiente externo com estágio de incidência desenvolvida, apresentando forte destaque de coloração avermelhadas, conforme a Figura 23 abaixo. Logo, esse estudo de caso se limitará a se adentrar em detalhes a respeito de um possível diagnóstico para esse tipo de manifestação patológica, pois essa anomalia ainda se encontra em estudo no ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas e origens das manifestações patológicas na engenharia civil.

**Figura 26** - Presença de Alga vermelha encontrada em pilar em concreto pré-moldado



Fonte: Acervo dos autores (2023)

A frequência de incidência de corrosão e carbonatação conforme o Gráfico 2, com percentual de 37,50% para ambos é considerável, embora não surpreendente. A cidade de Salvador como um todo reúne diversos fatores de risco para maior presença de corrosão como um todo (ABNT NBR 6118 : 2023), como por exemplo a atmosfera urbana, atmosfera marítima e proximidade de centros industriais (como o polo industrial de Camaçari), além da presença extenuante de manifestações relacionadas a umidade já discutidas neste trabalho, com o diagnóstico mais provável envolvendo a incidência de água diretamente em substrato sem impermeabilização, com a Figura 24 abaixo como exemplo.

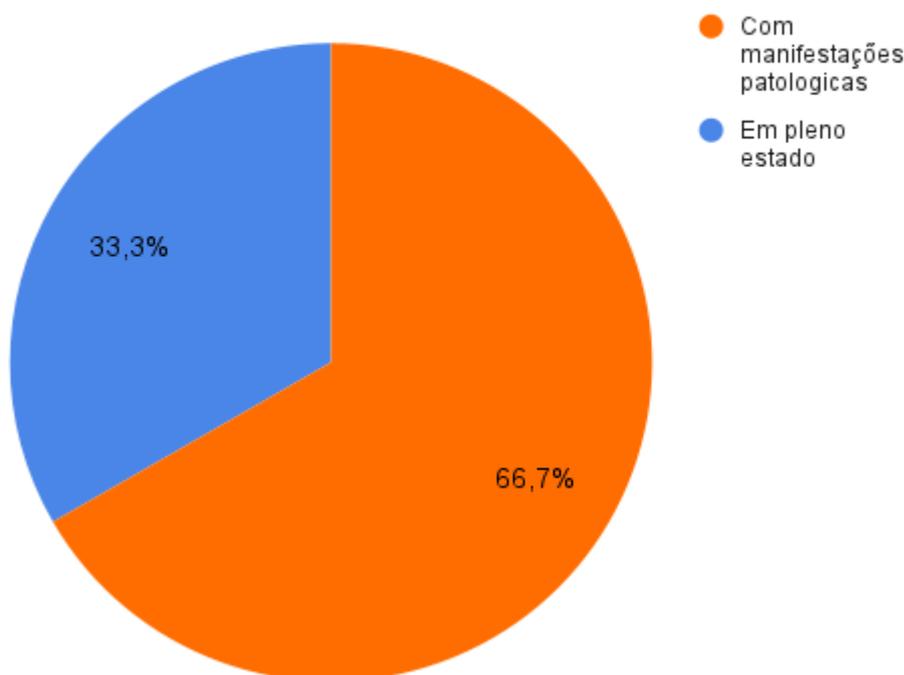
**Figura 27:** Presença de corrosão encontrada em pilar de pré-moldado:



Fonte: Acervo dos autores (2023)

**Gráfico 3** - Percentual de edificações em concreto pré-moldado que possuíam um a três tipos de manifestação patológica.

### Porcentagem dos edifícios com manifestações patológicas



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Conforme demonstrado no Gráfico 3, apenas 33,3% dos edifícios em pré-moldado vistoriados se encontravam em pleno estado e visivelmente em manutenção em dia, onde felizmente não apresentaram nenhum tipo de problema, conforme a Figura 25, 26 e 27 abaixo. Os edifícios baixos foram vistoriados no CAB (Centro Administrativa), onde as fachadas principais destas edificações se encontram em bom estado, com manutenções em dias e excelente conservação. Por fim, podemos demonstrar que infelizmente a maior parte dos edifícios vistoriados cuja porcentagem foi de 66,7% apresentaram de um a três tipos de manifestações patológicas, conforme demonstrado nas figuras anteriores localizadas acima.

**Figura 28:** Fachada de edifício em pré-moldado em pleno estado



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Logo, durante a visita em campo também foi possível observar que as fachadas desses edifícios junto com a arquitetura possuem o mesmo modelo cujo único elemento utilizado para diferenciar essas edificações foram as cores inseridas nas fachadas, conforme demonstrado na Figura 26 e 27 abaixo.

**Figura 29:** Demonstração de edifício em bom estado de conservação



Fonte: Acervo dos autores (2023)

**Figura 30:** Fachada de edifício em pré-moldado



Fonte: Acervo dos autores (2023)

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir das observações em campo foi possível identificar várias anomalias, que após averiguação posterior foram confirmadas como manifestações patológicas. Após a devida catalogação das mesmas, ficou constatado a presença de várias manifestações patológicas nas edificações da cidade estudada, com destaque para o fato de que 66,7% dos edifícios danificados apresentavam de um a três tipos de anomalia possivelmente resultante da presença de umidade nos componentes estruturais e da falta de impermeabilização e manutenção regular nas peças pré-moldadas, em especial nas fachadas.

A falta de manutenção em edifícios se configurou como um fator significativo para o surgimento de manifestações patológicas das construções pré-moldadas em Salvador. Todos os edifícios sem danos passaram por manutenção preventiva regular, situação incomum nos edifícios danificados. Outro fator importante responsável pela incidência de manifestações patológicas nas construções estudadas foram as condições climáticas e geográficas em que as mesmas se encontram. Salvador-BA é uma metrópole litorânea, fornecendo uma atmosfera urbana e marítima com alta que favorece a presença de corrosão e carbonatação, como comprovado neste trabalho. Além disso, a cidade possui uma umidade relativa do ar média mensal por volta de 81,11% em abril e 76,91% em agosto, de acordo

com Climate Data, situação que colabora com a presença de 33,33% de umidade nos edifícios estudados, sendo a segunda mais frequente manifestação patológica encontrada. Em suma, os objetivos iniciais de identificar as manifestações patológicas mais frequentes nas estruturas de concreto pré-moldado foram alcançados, oferecendo conhecimento sobre a durabilidade e performance deste elemento nas edificações que se localizam em Salvador-BA, com manutenção preventiva e impermeabilização como fatores significativos para a preservação desse tipo de edificação.

## 9. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. ABNT. Rio de Janeiro, 2017, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. ABNT. Rio de Janeiro, 2023, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752 - Perícias de engenharia na construção civil. ABNT. Rio de Janeiro, 1996, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16258 - Estacas pré-fabricadas de concreto - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2017, RJ

AMBRÓSIO, T. D. S. Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2004, SP.

AGUIAR, J. E. D. Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2006.

ASSIS, Ellon Bernardes de. **Análise numérica da fixação de escadas pré-moldadas leves em alvenaria estrutural sob incêndio**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, José. **A Alma do Concreto: Uma História de Vida e Superação**,[s.d].

ARAÚJO, Renzo et al., Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. [s.d].

BERTOLI, Rafael de Camargo. Concreto Pré-Moldado Execução de Vigas e Pilares. **Monografia do curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco**, 2007.

CARVALHO, Jean. Manifestações patológicas na construção: estudo de caso em residências do município de Crisópolis (BA). Paripiranga, 2021.

CARVALHO, Rodrigo Beling. Patologia em estruturas pré-moldadas em concreto: Estudo de caso nas cidades de Palhoça- SC e São José-SC. **Palhoça. Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina**, 2019.

DE SÁ SILVA, Tiago. Estruturas pré-moldadas na construção civil. 13 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001

**Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte, 2002.**

FREITAS, Daniel. Concreto pré-moldado: Processos executivos e análise de mercado. Belo Horizonte, 2015. 63 p.

GABRIELE et al., Uso de pré-moldado na construção civil: comparativo entre o método tradicional e os pré-moldados. Repositório universitário da Ânima, 2022. 22 p.[s.d].

JUNIOR, LOPES, FARIA. Paulo Roberto Miranda, Axel Ostrowski, Msc Michela Steluti Poleti: Estudo de infiltrações por água em residências unifamiliares.

**Joinville: Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, 2021.**

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das Construções: Procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações: **São Paulo: Escola Politécnica da USP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.**

LICHTENSTEIN, N. B. Procedimento para a resolução de problemas patológicos nas construções. **Engenharia, São Paulo, 1986.**

MARCELLI, Maurício. **Sinistros da Construção Civil.** São Paulo: Pini, 2007

MAMEDE, Fabiana Cristina. Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural. **São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2001.**

Matos, Tamires Muricy Carvalho, Lima, Elizane Borges. Manifestações Patológicas Causadas Pela ausência ou falha de Impermeabilização. **Senhor do Bonfim. Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário AGES. 2022.**

MARTINS, Rosilena. Levantamento de Manifestações Patológicas em Prédio Histórico - Um Estudo de Caso. Porto Alegre, 2001.

NELSON, José. Patologias na construção civil: análise e causas das principais manifestações patológicas em residências do município de Paripiranga (BA). Paripiranga, 2021. 69 p.

Oliveira, Luiz Alexandre Aquino. Estudo da infiltração por umidade ascendente em residências unifamiliares. **Mossoró. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, 2020.**

PERES, Rosilena M. Levantamento e Identificação de Manifestações Patológicas em Prédio Histórico – Um Estudo de Caso. 2001. 158 f..

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C.; ROCHA, M. O.; CHAVES, M. V. Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada. **Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte, 2002.**

SOTOMAYOR, Camila Ribeiro Gomes. Gerenciamento e gestão da implantação e manutenção de uma central de pré-moldados em obra de edificações: estudo das vantagens e desvantagens/ Camila Ribeiro Gomes Sotomayor. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

SUPLICY, George Felix da Silva. Patologias causadas pela umidade nas edificações. 2012. Monografia de Graduação – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012

THOMAZ, E. Trincas em edifícios - causas, prevenção e recuperação. 1. ed. São Paulo: PINI: IPT, v. 1, 1989.

VERÇOZA, Ênio. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: Sagra,1991

SUPLICY, George Felix da Silva. Patologias causadas pela umidade nas edificações. 2012. Monografia de Graduação – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012

VAN ACKER, Arnold. Manual de sistemas pré-fabricados de concreto. **Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo, SP: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2002.**

**ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO, PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS**

**RESUMO.** Disponível em:

<<https://www.apl.eng.br/artigos/2016-METODOLOGIA-ESTACA-PRE-MOLDADA.pdf>  
>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PEREIRA, Caio. **Tipos de Estacas para fundação.** Escola Engenharia, 2013.

Disponível em:

<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-estacas-para-fundacao/>. Acesso em:  
15 de novembro de 2023.

**Salvador climate: Average Temperature by month, Salvador water temperature.**

Disponível em:

<<https://en.climate-data.org/south-america/brazil/bahia/salvador-854/>>. Acesso em:  
24 nov. 2023.