



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SÃO LUÍS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

HENRIQUE RÊGO BANDEIRA SOUSA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: UM ESTUDO DE CASO EM CASARÃO DO CENTRO HISTÓRICO
DE SÃO LUÍS – MA**

SÃO LUÍS
2025



HENRIQUE RÊGO BANDEIRA SOUSA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: UM ESTUDO DE CASO EM CASARÃO DO CENTRO HISTÓRICO
DE SÃO LUÍS – MA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil da Universidade Federal
do Maranhão Campus São Luís, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. Mikhail Luczynski

SÃO LUÍS
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Henrique Rêgo Bandeira.

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: UM ESTUDO DE CASO EM CASARÃO DO CENTRO
HISTÓRICO DE SÃO LUÍS MA / Henrique Rêgo Bandeira Sousa.
- 2025.
72 f.

Orientador(a): Mikhail Luczynski.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, 2025.

1. Patrimônio Histórico. 2. Manifestações
Patológicas. 3. Corrosão. 4. Carbonatação. 5.
Recuperação Estrutural. I. Luczynski, Mikhail. II.
Título.

HENRIQUE RÊGO BANDEIRA SOUSA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: UM ESTUDO DE CASO EM CASARÃO DO CENTRO HISTÓRICO
DE SÃO LUÍS – MA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil da Universidade Federal
do Maranhão Campus São Luís, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 07 de agosto de 2025.

Banca Examinadora

Prof. M.Sc. Mikhail Luczynski (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof.º Dra. Solange da Silva Nunes Boni (Examinador 1)
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof.º Dr. Wener Miranda Teixeira dos Santos
Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

RESUMO

As edificações históricas são testemunhos materiais da memória coletiva, refletindo valores culturais, identidade e técnicas construtivas de seu tempo. Sua preservação exige ações técnicas criteriosas e políticas públicas consistentes, sobretudo em conjuntos urbanos como o Centro Histórico de São Luís – MA, tombado pelo IPHAN e reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Cultural Mundial. Nesse contexto, a análise de manifestações patológicas é fundamental para orientar intervenções que conciliem a conservação do valor histórico-arquitetônico com a segurança estrutural e funcional. Este trabalho investiga as manifestações patológicas em um casarão do século XIX, situado no Centro Histórico de São Luís, com o objetivo de avaliar suas condições estruturais e propor soluções adequadas à recuperação. Trata-se de pesquisa exploratória-descritiva, de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de estudo de caso. A investigação foi realizada por inspeções visuais, ensaio de pacometria e registro fotográfico com drone. A análise teórica abordou patologias típicas em construções antigas, com destaque para corrosão das armaduras e carbonatação do concreto, discutindo causas, evolução, métodos de identificação e diretrizes normativas da ABNT. Os resultados revelaram alto grau de deterioração, com fissuras, infiltrações, armaduras expostas e corroídas, perda de seção, deslocamento do concreto, eflorescência e colapso parcial da cobertura. As soluções propostas incluem tratamento das armaduras com inibidores de corrosão, recomposição com argamassas especiais, impermeabilização de paredes e reestruturação do telhado. Conclui-se que são necessárias ações emergenciais e manutenção contínua, aliadas a capacitação técnica e políticas públicas integradas, para assegurar a longevidade e o valor histórico-cultural do patrimônio arquitetônico de São Luís.

Palavras-chave: Patrimônio histórico. Manifestações patológicas. Corrosão. Carbonatação. Recuperação estrutural.

ABSTRACT

Historic buildings are tangible testimonies of collective memory, reflecting the cultural values, identity, and construction techniques of their time. Their preservation requires meticulous technical actions and consistent public policies, especially in urban ensembles such as the Historic Center of São Luís – MA, listed by IPHAN and recognized by UNESCO as a World Cultural Heritage site. In this context, the analysis of pathological manifestations is essential to guide interventions that reconcile the preservation of historical and architectural value with structural and functional safety. This study investigates the pathological manifestations in a 19th-century mansion located in the Historic Center of São Luís, aiming to assess its structural conditions and propose appropriate recovery solutions. It is an exploratory-descriptive research with a qualitative approach, developed through a case study. The investigation was carried out by means of visual inspections, rebar scanning tests, and aerial photographic records using a drone.

The theoretical analysis addressed typical pathologies in historic constructions, with emphasis on reinforcement corrosion and concrete carbonation, discussing causes, progression, identification methods, and ABNT normative guidelines. The results revealed a high degree of deterioration, with cracks, infiltrations, exposed and corroded reinforcement bars, section loss, concrete spalling, efflorescence, and partial roof collapse.

The proposed solutions include treatment of the reinforcement with corrosion inhibitors, reconstruction using special mortars, wall waterproofing, and roof restructuring. It is concluded that emergency actions and continuous maintenance, combined with technical training and integrated public policies, are necessary to ensure the longevity and historical-cultural value of the architectural heritage of São Luís.

Keywords: Historical heritage. Pathological manifestations. Corrosion. Carbonation. Structural recovery.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Tipologia das edificações – sobrados.	15
Figura 2 – Tipologia das edificações – solares.....	16
Figura 3 - Pilar com armadura exposta e deterioração do cobrimento.....	22
Figura 4 – Tipos de corrosão.....	24
Figura 5 - Vista aérea da edificação.....	30
Figura 6 - Arranjo mostrando o posicionamento do pacômetro sobre a superfície. ...	34
Figura 7 - Pilar de concreto armado com perda de cobrimento e armadura exposta.	36
Figura 8 - Detalhe do pilar com deslocamento do concreto.	36
Figura 9 - Região inferior de viga com armadura principal exposta.	37
Figura 10– Região inferior de laje com armaduras expostas e deterioração por infiltração.....	39
Figura 11 - Levantamento estrutural e medição de cotas entre pilares e vigas.....	41
Figura 12 - Pilar com fissuração vertical e manchas de umidade.	45
Figura 13 - Viga com armadura oxidada e concreto delaminado.	45
Figura 14 - Pilar com armadura oxidada e perda total do cobrimento de concreto. ...	47
Figura 15 - Paredes e teto com infiltrações e eflorescências.	47
Figura 16 - Teto com umidade ascendente e presença de microfissuras e bolhas...48	
Figura 17 - Laje parcialmente delaminada, com armadura de distribuição totalmente exposta.....	48
Figura 18 - Amplas áreas de delaminação com presença de armaduras rompidas..49	
Figura 19 - Paredes externas com revestimento destacando.	50
Figura 20 - Alvenaria estrutural com ferragem oxidada e presença de barro no interior da parede.	51
Figura 21 - Vista ampliada da armadura longitudinal em processo de corrosão profunda.	51
Figura 22 - Fachada externa tomada por umidade.	52
Figura 23 - Vista interna da área com cobertura colapsada.....	52
Figura 24 - Detalhe da cobertura.....	53
Figura 25 - Fachada posterior com cobertura parcialmente desabada.	53
Figura 26 - Vista superior da cobertura totalmente destruída.	54
Figura 27 - Fluxograma de tomada de decisão para inspeções e diagnósticos.....	55

Figura 28 - Etapas recomendadas para recuperação de estruturas com armaduras corroídas.	56
Figura 29 - Aplicação manual de pintura anticorrosiva rica em zinco nas armaduras expostas.	57
Figura 30 - Produto anticorrosivo Armatec ZN Vedacit, recomendado para tratamento preventivo e corretivo de ferragens expostas.	57
Figura 31 - Argamassas de reparo de alta resistência e baixa retração.	58
Figura 32 - Preparação do substrato e das armaduras para aplicação de material de reparo.	58
Figura 33 - Pintura epóxi como barreira de proteção química e adesiva entre armadura e base de concreto.	59
Figura 34 - Produto SikaDur 32, adesivo epóxi estrutural de alta resistência, usado para ancoragem e colagem estrutural.	59
Figura 35 - Argamassa impermeabilizante antiumidade Quartzolit, para recuperação de paredes contaminadas por umidade.	61
Figura 36 - Reboco impermeável Quartzolit: 3 em 1 – impermeabiliza, regulariza e reveste.	61
Figura 37 - CONTENÇÃO provisória com sacos de cimento (rip-rap)	63
Figura 38 - Aplicação de produto para tratamento contra cupins em base de fundação.	63
Figura 39 - Aplicação de impermeabilizante em parede em contato com o solo.	64
Figura 40 - Exemplo de reforma de telhado em edificação histórica.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores determinantes da corrosão em concreto.	24
Tabela 2 - Exigências normativas de fissuração.	27

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Justificativa	13
1.2.	Objetivo Geral	14
1.3.	Objetivos Específicos	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1.	Tipologias Arquitetônicas.....	15
2.2.	Sistemas Construtivos e Influências Portuguesas.....	17
2.3.	Desafios de Preservação	17
2.4.	Manifestações patológicas	19
2.4.1.	<i>Umidade</i>	<i>20</i>
2.4.2.	<i>Bolor</i>	<i>20</i>
2.4.3.	<i>Eflorescência</i>	<i>21</i>
2.4.4.	<i>Fissuras, Trincas e Rachaduras</i>	<i>21</i>
2.4.5.	<i>Desagregação do Concreto.....</i>	<i>21</i>
2.4.6.	<i>Corrosão.....</i>	<i>23</i>
2.5.	Abertura Limite de Fissuras – NBR 6118:2023	25
2.6.	Cobrimento Nominal – NBR 6118:2023.....	27
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1.	Materiais	29
3.2.	Caracterização do Objeto de Estudo	29
3.3.	Caracterização da Área	30
3.4.	Metodologia da Pesquisa.....	31
3.4.1.	<i>Quanto ao Objetivo:.....</i>	<i>31</i>
3.4.2.	<i>Quanto à Abordagem:</i>	<i>31</i>
3.4.3.	<i>Quanto aos Procedimentos Técnicos:.....</i>	<i>32</i>
3.5.	Procedimentos Metodológicos/Procedimento Experimental	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1.	Elementos inspecionados e prescrições normativas	33
4.1.1.	<i>Pilares de Concreto Armado.....</i>	<i>35</i>
4.1.2.	<i>Vigas de Concreto Armado.....</i>	<i>37</i>
4.1.3.	<i>Lajes de Concreto Armado.....</i>	<i>38</i>
4.1.4.	<i>Muro de Contenção</i>	<i>39</i>
4.1.5.	<i>Considerações Normativas.....</i>	<i>40</i>

4.2.	Levantamento Estrutural	40
4.3.	Patologias observadas.....	42
4.3.1.	<i>Edificação “Nova”:</i>	43
4.3.2.	<i>Edificação Antiga:</i>	43
4.4.	Subsolo – Edificação Nova	44
4.5.	Subsolo – Edificação Antiga	46
4.6.	Térreo – Edificação Antiga	49
4.7.	Soluções propostas	54
4.7.1.	<i>Elementos Estruturais</i>	55
4.7.2.	<i>Paredes e Pisos</i>	60
4.7.3.	<i>Paredes do Subsolo</i>	62
4.7.4.	<i>Telhados</i>	64
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

As edificações históricas são muito mais do que simples vestígios materiais; elas funcionam como guardiãs da memória de uma sociedade, materializando seus valores, modos de vida, técnicas de construção e trajetória ao longo do tempo. No Brasil, o patrimônio arquitetônico colonial e imperial desempenha um papel central na constituição da identidade nacional. Por isso, a preservação dessas estruturas não é apenas uma exigência legal, mas um compromisso ético com o futuro, que fortalece o senso de coletividade e conecta as gerações (Pollak, 1992).

O Centro Histórico de São Luís do Maranhão exemplifica essa riqueza, sendo um dos mais notáveis complexos urbanos da era colonial nas Américas. Com cerca de mil edificações dos séculos XVII a XIX (IPHAN, 2014), seu valor é inestimável. Reconhecido pelo IPHAN em 1974 e pela UNESCO como Patrimônio Cultural Mundial em 1997, o local exibe uma arquitetura singular, marcada pelas fachadas azulejadas e estruturas de madeira autoportantes, reflexos da influência portuguesa (Corrêa, 2001).

Contudo, a despeito de seu reconhecimento, a conservação do casario histórico de São Luís enfrenta desafios constantes. A degradação progressiva dos imóveis é fruto de um conjunto de fatores: a ausência de manutenção, o desgaste natural dos materiais, o uso inadequado e as reformas feitas sem orientação técnica (Tavares, 2011; Barbosa, 2017). Somados ao abandono e ao esvaziamento funcional, impulsionados por mudanças urbanas, esses problemas comprometem a integridade do conjunto (Graça e Feitosa, 2022).

Nesse contexto adverso, surgem as manifestações patológicas – fissuras, infiltrações, deslocamentos e outras anomalias – que servem como alertas visíveis da deterioração. Tais problemas ameaçam a estética, o valor cultural e, de forma mais crítica, a segurança estrutural e a habitabilidade dos edifícios (Carraro, 2014; Nazário, 2011). Portanto, a análise técnica aprofundada dessas patologias torna-se indispensável para diagnosticar suas causas e embasar projetos de restauração, reforço e reabilitação, seguindo os preceitos da engenharia diagnóstica (Cirino et al., 2020).

Entre os imóveis representativos do centro histórico está o antigo Orfanato Santa Luzia, fundado por Dona Luzia Bruce em 1913, na Rua Oswaldo Cruz. A edificação, que acolheu meninas órfãs e posteriormente sediou a Secretaria Municipal

de Educação, é um bem de grande valor simbólico e arquitetônico. Hoje desocupado, apresenta diversos sinais de comprometimento estrutural e funcional, o que evidencia a necessidade de um diagnóstico técnico aprofundado que subsidie futuras intervenções de restauro.

Neste sentido, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo principal analisar as manifestações patológicas presentes no casarão do antigo Orfanato Santa Luzia, inserido no Centro Histórico de São Luís. A investigação foi realizada por meio de uma avaliação técnico-visual da edificação, buscando mapear danos e compreender suas causas. Além disso, o estudo pretende refletir sobre a importância da conservação preventiva e fornecer subsídios para políticas públicas voltadas à preservação sustentável do patrimônio histórico edificado.

1.1. Justificativa

A escolha pelo estudo das manifestações patológicas em edificações históricas justifica-se pela urgência em preservar construções que compõem a memória urbana e cultural de cidades tombadas, como o Centro Histórico de São Luís do Maranhão — reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade desde 1997. Entre os inúmeros casarões da região, o antigo Orfanato Santa Luzia, fundado por Dona Luzia Bruce em 1913, destaca-se como exemplar de significativo valor arquitetônico, histórico e social, atualmente vulnerável devido à ausência de manutenção preventiva e ao avanço de patologias construtivas decorrentes da ação do tempo, de intervenções inadequadas e do uso prolongado sem restauro. A análise criteriosa dessas patologias é fundamental para subsidiar decisões técnicas embasadas na engenharia diagnóstica e na conservação do patrimônio, favorecendo intervenções eficazes que respeitem a originalidade das estruturas. Assim, este trabalho visa proposições que assegurem não apenas a preservação física e estrutural do imóvel, mas também contribuir para a manutenção da identidade cultural ludovicense e para o desenvolvimento sustentável da cidade, fortalecendo o compromisso coletivo com a memória histórica e cultural local.

1.2. Objetivo Geral

Avaliar as condições estruturais e propor intervenções adequadas para recuperação e conservação do casarão histórico em São Luís - MA, visando garantir sua segurança estrutural e contribuir para a preservação do patrimônio histórico-cultural da cidade.

1.3. Objetivos Específicos

- Analisar as causas das patologias identificadas, destacando fatores ambientais e falhas construtivas.
- Avaliar o grau de degradação das armaduras e demais elementos estruturais utilizando critérios normativos vigentes.
- Propor métodos eficazes para recuperação estrutural, especificando materiais e técnicas adequadas para reparos e reforços.
- Recomendar medidas preventivas e de manutenção periódica para evitar novas ocorrências de patologias.
- Promover a valorização e preservação do patrimônio cultural, respeitando normas locais e orientações do Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico do Maranhão (DPHAP).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O centro histórico de São Luís é um dos conjuntos arquitetônicos mais representativos do período colonial brasileiro. Sua arquitetura civil, predominantemente dos séculos XVIII e XIX, reflete técnicas construtivas luso-brasileiras, como a gaiola pombalina e a taipa de mão, além de influências diretas da Baixa Pombalina de Lisboa (Silva Filho, 1998 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 45).

2.1. Tipologias Arquitetônicas

As edificações históricas de São Luís podem ser classificadas em três categorias principais:

- **Sobrados:** Caracterizados por até quatro pavimentos, com térreo comercial estruturado em arcos de tijoleira e pavimentos superiores residenciais. Sua planta em formato de "L", "U" ou "C" favorecia a ventilação natural por meio de pátios internos (Meireles, 1980 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 78). A Figura 1 ilustra um exemplo desse tipo arquitetônico, evidenciando as características construtivas típicas da tipologia.

Figura 1 – Tipologia das edificações – sobrados.



Fonte: Marinho e Mesquita, (2022).

- Solares: Residências da elite rural, com fachadas ornamentadas em cantaria de lioz e estruturas em gaiola pombalina (Silva Filho, 2008 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 92). A Figura 2 apresenta um exemplo dessa tipologia, destacando seus elementos arquitetônicos distintivos e o padrão estético típico das construções históricas desse porte.

Figura 2 – Tipologia das edificações – solares.



Fonte: Marinho e Mesquita, (2022).

- Casas térreas: Subdivididas em porta-e-janela, meia-morada e morada-inteira, conforme o arranjo de vãos na fachada (BRASIL, 2008; ICOMOS, 2004 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 105).

2.2. Sistemas Construtivos e Influências Portuguesas

A arquitetura de São Luís apresenta:

- Paredes-mestras em pedra argamassada com terra e cal, complementadas por taipa de mão ou taipa com ripas (BRASIL, 2008; ICOMOS, 2004 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 120).
- Elementos importados de Lisboa, como vergas e ombreiras em pedra lioz, que padronizavam vãos e ornamentos (Silva Filho, 1998 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 134).
- Influência da Baixa Pombalina, com modulação rítmica de vãos e arcos no térreo (UNESCO, [s.d.] apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 150).

2.3. Desafios de Preservação

A degradação do patrimônio histórico de São Luís decorre de:

- Fatores climáticos, como umidade e chuvas intensas (Meireles, 1980 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 180).
- Falta de políticas públicas integradas, com intervenções descontínuas a cada mudança de governo (Silva Filho, 2008 apud Marinho e Mesquita, 2022, p. 195).

A preservação do patrimônio histórico edificado exige estudos técnicos aprofundados e intervenções compatíveis com as técnicas construtivas originais, associadas a políticas públicas de longo prazo e efetiva implementação (BRASIL, 2008; ICOMOS, 2004 apud MARINHO e MESQUITA, 2022, p. 210). No caso de São Luís, capital do estado do Maranhão, as características climáticas locais impõem desafios adicionais à conservação desses bens. O clima da cidade é classificado como tropical úmido monçônico (Am), segundo a classificação de Köppen-Geiger (Peel; Finlayson; McMahon, 2007), marcado por temperaturas elevadas ao longo de todo o ano e por uma estação chuvosa bem definida, alternada com um período seco menos intenso.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2024), a temperatura média anual em São Luís gira em torno de 26 °C, com variações médias entre mínimas de 25 °C e máximas superiores a 32 °C. A umidade relativa do ar permanece elevada na maior parte do ano, geralmente acima de 79%. A estação

chuvosa ocorre entre janeiro e junho, com picos de precipitação nos meses de março e abril, cujos índices pluviométricos ultrapassam os 400 mm mensais (Time and date, 2024; Nomadseason, 2024).

Entre julho e dezembro, observa-se uma acentuada redução no volume de chuvas em São Luís, especialmente nos meses de setembro e outubro, quando os índices pluviométricos caem para menos de 50 mm (Alves; Moura, 2015). Essa sazonalidade está intimamente relacionada à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sistema meteorológico responsável pela concentração das chuvas no primeiro semestre, influenciando diretamente o modo de vida da população e as estratégias de planejamento urbano (Lima; Silva, 2020).

Além disso, a capital maranhense está localizada em uma zona salina costeira, com elevada concentração de cloretos no ar devido à proximidade com o oceano Atlântico. Segundo Helene e Pereira (2005) e Cascudo (1997), ambientes marinhos e salinos intensificam significativamente os processos de corrosão das armaduras de concreto, pois os íons cloreto penetram na matriz cimentícia, rompendo a camada passivadora do aço e acelerando o processo corrosivo. Estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2014) destacam que áreas litorâneas como São Luís apresentam maior agressividade ambiental, exigindo cuidados adicionais no dimensionamento e na manutenção das edificações, especialmente aquelas com valor histórico e construtivo tradicional.

Assim, as condições climáticas e ambientais de São Luís — alta umidade relativa, períodos prolongados de chuva e atmosfera marinha salina — influenciam diretamente na degradação dos materiais construtivos, favorecendo infiltrações, apodrecimento de elementos de madeira, destacamento de revestimentos cerâmicos e corrosão de estruturas metálicas. Tais fatores comprometem a estabilidade e a durabilidade das construções históricas, tornando imprescindível o monitoramento contínuo e intervenções de manutenção especializada para sua preservação.

Além dos fatores ambientais, a ausência de práticas sistemáticas de manutenção preventiva e corretiva nos imóveis históricos — sobretudo nos casarões localizados no Centro Histórico — constitui um dos principais agravantes das patologias estruturais. A escassez de recursos financeiros, a carência de mão de obra qualificada e a falta de políticas públicas consistentes voltadas à conservação do patrimônio dificultam a implementação de medidas eficazes, agravando o estado de deterioração e tornando as futuras intervenções mais complexas e onerosas.

Outro problema recorrente diz respeito à execução de reformas e restaurações sem respaldo técnico adequado, muitas vezes desconsiderando as normas e diretrizes estabelecidas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). A adoção de técnicas impróprias ou o uso de materiais incompatíveis pode comprometer de forma irreversível os elementos construtivos originais, descaracterizando o valor histórico e artístico das edificações.

Apesar do avanço tecnológico e da disponibilidade de ferramentas modernas de engenharia diagnóstica — como drones, termografia infravermelha, escaneamento 3D e ultrassonografia estrutural —, a realidade local ainda enfrenta limitações logísticas e orçamentárias que dificultam sua aplicação. A ausência de estrutura técnica e a dificuldade no acesso a equipamentos especializados reduzem a abrangência e a precisão das inspeções, comprometendo a eficiência das decisões de restauração.

Nesse sentido, a presença de equipes multidisciplinares capacitadas, com domínio das exigências do IPHAN e conhecimento técnico em metodologias avançadas de inspeção e intervenção, torna-se essencial para assegurar a conservação adequada do patrimônio edificado. Essas equipes devem atuar em articulação com instituições públicas, universidades e a sociedade civil, promovendo a troca de saberes e o fortalecimento de políticas públicas.

Diante de todos esses desafios, é indispensável a formulação de um plano estratégico de conservação e gestão patrimonial, pautado em ações integradas, financiamento contínuo e cooperação institucional. Somente por meio da atuação conjunta entre IPHAN, instituições acadêmicas, profissionais especializados e poder público será possível garantir a preservação responsável, técnica e sustentável do patrimônio histórico de São Luís, assegurando sua permanência como referência cultural para as futuras gerações.

2.4. Manifestações patológicas

Os problemas patológicos em construções derivam de uma variedade de fatores que se somam com o passar do tempo. Suas origens podem incluir falhas de compatibilidade entre materiais, infiltração de água, ação de agentes biológicos e o uso incorreto de componentes construtivos, entre outras causas. Com o objetivo de guiar a identificação e análise desses problemas, o Instituto Brasileiro de Avaliações

e Perícias de Engenharia (IBAPE) lançou, em 2012, uma norma técnica. Essa norma define critérios para a execução de inspeções em edifícios, possibilitando que as patologias sejam classificadas segundo sua causa, natureza e nível de severidade.

Segundo Fioriti (2016), a designação mais adequada para danos ou falhas em edificações é "manifestações patológicas" ou "processos patológicos". Para que esses problemas sejam diagnosticados e solucionados com eficiência, é fundamental entender suas causas originais, os mecanismos de sua evolução e as particularidades dos danos visíveis. Cada material empregado na construção apresenta patologias próprias, o que demanda abordagens específicas tanto para o diagnóstico quanto para a aplicação das técnicas de correção apropriadas.

2.4.1. Umidade

A umidade é um problema recorrente na construção civil e se manifesta de diversas formas. A presença de água em excesso nas edificações pode causar uma série de danos, comprometendo tanto a integridade da estrutura quanto o conforto do ambiente. De acordo com especialistas como Helene e Terzian (1992), a umidade acelera a deterioração dos materiais, encurta a vida útil das construções e cria condições ideais para o surgimento de outras patologias.

A norma técnica brasileira NBR 9575:2010 serve como um guia, classificando as origens da umidade e sugerindo os métodos de impermeabilização mais adequados para cada caso. A negligência no tratamento dessas manifestações pode resultar em sérios prejuízos, incluindo o enfraquecimento de elementos estruturais e não estruturais, a degradação de acabamentos e a perda de conforto térmico e higrométrico dos espaços.

2.4.2. Bolor

A manifestação microbiológica conhecida como bolor se apresenta sob a forma de manchas escuras que se desenvolvem em superfícies de paredes internas. Sua aparição é favorecida por ambientes que combinam ventilação precária e alta concentração de umidade. Segundo Souza e Ripper (1998), essa condição é uma consequência direta da umidade retida e vai além de um simples defeito visual, representando um perigo para a saúde dos ocupantes por poder causar reações alérgicas e doenças do sistema respiratório. A presença do bolor sinaliza falhas na

impermeabilização, na vedação ou na aeração dos espaços, tornando essencial a correção da causa raiz da umidade antes de qualquer tentativa de remoção do fungo.

2.4.3. Eflorescência

A eflorescência se manifesta pela formação de depósitos esbranquiçados na superfície de materiais porosos, como alvenarias e argamassas, sendo provocada pelo transporte de sais solúveis carregados pela água. De acordo com Helene e Pereira (2005), o processo acontece quando a água se infiltra nos materiais, dissolve os sais contidos neles e, ao evaporar, os deposita na parte externa. Apesar de a eflorescência não afetar, em um primeiro momento, a integridade estrutural dos materiais, sua ocorrência repetida pode ser um sinal de umidade excessiva, colaborando para o prejuízo estético e para a perda de desempenho do revestimento. A norma ABNT NBR 13755:2017 aborda a performance de fachadas de edificações, contemplando aspectos ligados a este tipo de patologia.

2.4.4. Fissuras, Trincas e Rachaduras

As manifestações patológicas em elementos construtivos como paredes, lajes e estruturas de concreto podem ser classificadas em fissuras, trincas e rachaduras, conforme sua largura, profundidade e impacto estrutural. De acordo com o Manual de Inspeção Predial do IBAPE-SP (2002), fissuras são aberturas superficiais, finas e alongadas, geralmente com largura de até 0,05 mm, que não comprometem a integridade do elemento e costumam ocorrer em revestimentos devido à retração ou variações térmicas. Já as trincas são aberturas com maior profundidade e largura, situando-se entre 0,05 mm e 0,5 mm, podendo atingir o substrato e indicando movimentações ou esforços mais significativos, conforme descrito pela Caixa Econômica Federal (2008). Por fim, as rachaduras são aberturas com largura superior a 0,5 mm, profundas e extensas, podendo comprometer a estabilidade da edificação, sendo consideradas graves e exigindo intervenção imediata.

2.4.5. Desagregação do Concreto

A perda de coesão entre os constituintes do concreto, denominada desagregação, caracteriza-se pela formação de pó, destacamento da camada

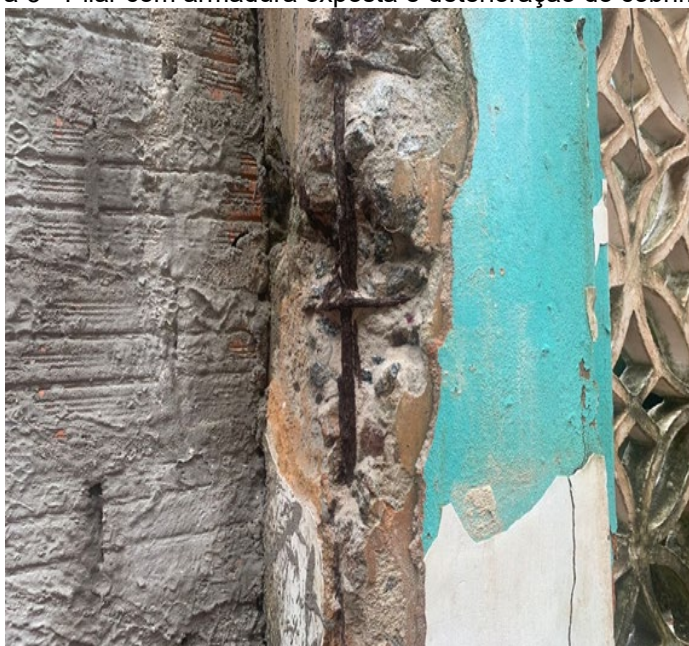
superficial e, em estágios mais avançados, pela exposição das armaduras de aço. Segundo Medeiros e Helene (2009), esse fenômeno pode ser desencadeado por diversos fatores, destacando-se a reação álcali-agregado, a carbonatação, a ação de substâncias químicas agressivas e a alternância cíclica entre períodos de alta umidade e secagem, que provocam variações volumétricas e fissuração.

De acordo com a ABNT NBR 6118:2023, a durabilidade do concreto está diretamente condicionada à escolha criteriosa de materiais de qualidade comprovada, à execução conforme boas práticas construtivas e à adoção de medidas de proteção contra agentes deletérios, como cloretos, dióxido de carbono e sulfatos (ABNT, 2023). A negligência a esses aspectos acelera a degradação, comprometendo o desempenho e a segurança estrutural.

A desagregação, quando não tratada de forma adequada, reduz significativamente a vida útil das estruturas, exigindo intervenções corretivas especializadas, tais como a remoção mecânica do concreto deteriorado, o tratamento anticorrosivo das armaduras e a recomposição com argamassas de alta performance (HELENE; PEREIRA, 2005; CÁNOVAS, 1988). Essas ações devem ser orientadas por inspeções técnicas e diagnósticos fundamentados, garantindo que os reparos sejam duráveis e compatíveis com o sistema construtivo original.

A Figura 3 ilustra um pilar da edificação antiga com armadura exposta e evidente deterioração do cobrimento, exemplo típico de manifestação patológica avançada causada por desagregação.

Figura 3 - Pilar com armadura exposta e deterioração do cobrimento.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

2.4.6. Corrosão

A corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado é uma das manifestações patológicas mais críticas, pois compromete diretamente a segurança estrutural, a durabilidade e a vida útil da edificação. Estudos recentes indicam que os principais fatores que favorecem esse processo estão associados à carbonatação do concreto e à penetração de íons cloreto, que destroem a camada passivadora do aço e iniciam reações eletroquímicas responsáveis pela deterioração (Medeiros; Helene, 2009; Andrade; Tutikian, 2011).

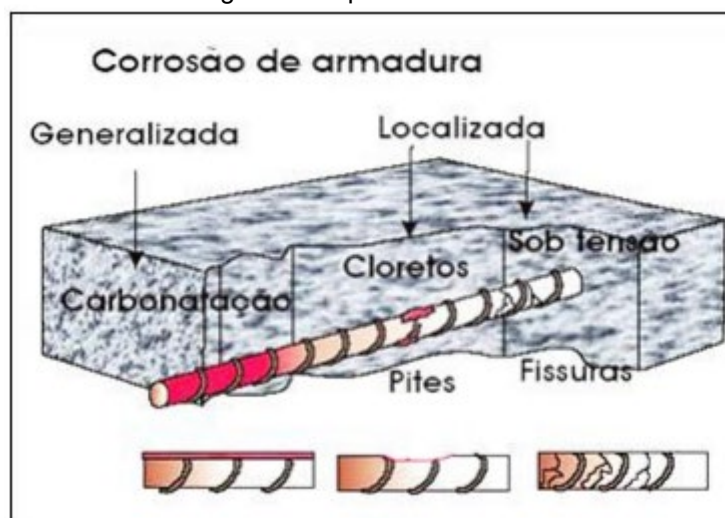
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 6118:2023, estabelece diretrizes para prevenção e controle da corrosão, como exigências mínimas de cobrimento, controle da permeabilidade do concreto, uso de aditivos apropriados e práticas construtivas que reduzam a exposição das armaduras a agentes agressivos. Tais parâmetros visam aumentar a durabilidade das estruturas e minimizar custos futuros de manutenção (ABNT, 2023).

A corrosão se desenvolve por meio de reações eletroquímicas que ocorrem na superfície das armaduras, em interação com o concreto e o ambiente externo. Segundo os estudos de Gentil (2003), Cánovas (1988), Helene (1993), Cascudo (1997), González et al. (1998) e Cabral (2000), esse processo é marcado pela formação de células eletroquímicas, nas quais algumas regiões do aço funcionam como ânodos — onde ocorre a oxidação — e outras como cátodos — onde ocorre a redução. A corrente elétrica gerada entre essas regiões acelera o desgaste do aço, reduzindo sua seção transversal e provocando aumento de volume nos produtos da corrosão. Isso leva ao surgimento de fissuras e deslocamento do cobrimento de concreto, além da perda de aderência entre a armadura e o concreto, o que pode comprometer seriamente a integridade estrutural e, em casos extremos, culminar no colapso da edificação.

A corrosão do tipo generalizada, conforme descrito por Cascudo (1997), está frequentemente associada ao processo de carbonatação do concreto. Esse fenômeno físico-químico resulta da reação entre o dióxido de carbono (CO_2) presente no ar e os compostos do cimento, formando carbonato de cálcio (CaCO_3) em determinadas regiões. A carbonatação progride da superfície externa para o interior da estrutura, criando uma frente de avanço. Quando essa frente atinge as armaduras, a camada passivadora é destruída, favorecendo o início do processo corrosivo. A Figura 4 ilustra

os diferentes tipos de corrosão que podem ocorrer nas armaduras, evidenciando a forma como o ataque generalizado se manifesta em função da perda de proteção do aço.

Figura 4 – Tipos de corrosão.



Fonte: Cascudo, (1997).

De acordo com as considerações de Miotto (2010), os processos de corrosão e degradação observados em estruturas de concreto estão associados a uma combinação de fatores mecânicos, físicos, biológicos e químicos. Essa relação multifatorial é evidenciada por Gentil (2003), conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Fatores determinantes da corrosão em concreto.

Fatores Determinantes da Corrosão em Concreto	
Fatores Mecânicos	As vibrações podem gerar fissuras no concreto, facilitando a penetração de agentes corrosivos nas armaduras. Já a circulação de fluidos, sobretudo com partículas em suspensão, provoca erosão e desgaste, agravados pela presença de abrasivos sólidos ou vapor, como na cavitação.
Fatores Físicos	Variações bruscas de temperatura podem causar choques térmicos e, devido às diferentes propriedades térmicas da pasta de cimento, agregados e armaduras, gerar microfissuras no concreto, facilitando a penetração de agentes agressivos.
Fatores Biológicos	Microrganismos, como bactérias que oxidam enxofre ou sulfetos, podem formar ácido sulfúrico, criando ambientes que aceleram a corrosão do concreto e das armaduras.
Fatores Químicos	Esses fatores estão ligados à presença de substâncias químicas em diversos ambientes, como água, solo e atmosfera. Os ácidos, a exemplo do sulfúrico e do clorídrico, são substâncias químicas particularmente agressivas. Tais fatores podem atuar sobre a pasta de cimento, os agregados e a armadura de aço-carbono.

Fonte: Gentil, (2003).

2.5. Abertura Limite de Fissuras – NBR 6118:2023

A NBR 6118:2023 estabelece critérios objetivos para o controle da abertura de fissuras em elementos estruturais de concreto armado, recomendando que a abertura máxima admissível varie conforme a classe de agressividade do ambiente e a função estrutural. Em ambientes urbanos, como o do casarão analisado, enquadrado na Classe de Agressividade Ambiental II (CAA II), a norma estipula que a abertura característica das fissuras seja limitada a 0,30 mm, visando à proteção das armaduras contra processos corrosivos (ABNT, 2023).

Contudo, em edificações históricas compostas por alvenaria de pedra, adobe ou tijolos maciços, por vezes associadas a estruturas de madeira ou concreto não armado, a ocorrência de fissuras está frequentemente ligada a recalques diferenciais, movimentações térmicas, envelhecimento dos materiais ou à ausência de manutenção. Nessas condições, a comparação direta com os parâmetros normativos aplicáveis a estruturas modernas deve ser ponderada, considerando as especificidades construtivas e o contexto histórico da edificação.

O controle da fissuração, ainda assim, é fundamental para garantir a durabilidade, o desempenho e a segurança de qualquer edificação. A própria NBR 6118:2023 define, por meio da abertura característica de fissura, os limites aceitáveis para que se evitem danos funcionais e estruturais. Esses limites são diretamente relacionados ao tipo de concreto, ao uso da estrutura e à agressividade do ambiente a que ela está submetida.

No caso do casarão situado na zona urbana de São Luís – MA, a classificação CAA II é atribuída devido à constante exposição à umidade, chuvas frequentes e maresia proveniente da orla marítima. Esses fatores aceleram os mecanismos de degradação, tornando imprescindível a adoção de medidas rigorosas de proteção. Mesmo que a estrutura original não tenha sido concebida em concreto armado, intervenções posteriores podem ter introduzido esse material, o que justifica a aplicação das recomendações da norma para avaliação técnica.

De acordo com a Tabela 14 da NBR 6118:2023, o valor admissível da abertura de fissuras para estruturas em CAA II, sob a condição de Estado Limite de Serviço para Fissuração (ELS-W), é de $\leq 0,30$ mm. Tal limite visa prevenir a entrada de agentes agressivos e proteger as armaduras contra corrosão precoce.

Esse parâmetro deve ser observado especialmente em estruturas expostas continuamente à umidade, já que fissuras além do limite favorecem o ingresso de cloretos, dióxido de carbono e outros agentes deletérios, comprometendo a durabilidade e reduzindo a vida útil da edificação. A norma estabelece tais critérios para assegurar o desempenho mínimo ao longo do tempo, mesmo em situações de uso frequente.

Durante a inspeção realizada no casarão, foram identificadas fissuras em vergas, pilares e paredes portantes com aberturas superiores ao limite estipulado, sugerindo falhas no cobrimento do concreto, deterioração de materiais e possível comprometimento estrutural. Ainda que a norma tenha foco em edificações modernas, seus valores de referência contribuem para diagnósticos comparativos e para a definição de estratégias de intervenção, desde que associados a critérios de conservação do patrimônio.

Esse limite normativo deve ser respeitado no dimensionamento e na execução de reforços estruturais, evitando a exposição das armaduras e a evolução de processos corrosivos. Além disso, a norma orienta que, para ambientes da classe CAA II, seja utilizada a combinação frequente das ações para a verificação do ELS-W. No caso específico do casarão, as fissuras observadas em elementos estruturais sugerem o não atendimento ao estado limite, demandando intervenções com materiais de alto desempenho, como grutes especiais, adesivos epóxi e, se necessário, reposição pontual de armaduras.

A Tabela 2, adaptada da própria norma técnica, resume as exigências de controle de fissuração para diferentes tipos de concreto estrutural e condições ambientais:

Tabela 2 - Exigências normativas de fissuração.

Tipo de concreto estrutural	Tipo de protensão	Classe de Agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	-	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	-	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	-	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	-	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
	Pós-tração	CAA I a CAA II		
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração	CAA I e CAA II	Verificar as duas condições abaixo ELS-F Combinação frequente ELS-D Combinação quase permanente	
	Pós-tração	CAA I a CAA IV		
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração	CAA I a CAA IV	Verificar as duas condições abaixo ELS-F Combinação rara ELS-D Combinação frequente	
	Pós-tração	CAA I a CAA IV		

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118, (2023).

2.6. Cobrimento Nominal – NBR 6118:2023

O cobrimento nominal das armaduras é um dos principais fatores de proteção das estruturas de concreto armado contra agentes agressivos, como a umidade, gases atmosféricos e íons cloreto. De acordo com a NBR 6118:2023, o cobrimento nominal é definido como a soma do cobrimento mínimo necessário para garantir a durabilidade da estrutura com a tolerância de execução permitida (ABNT, 2023).

Nas edificações históricas, como o casarão estudado no Centro Histórico de São Luís – MA, observa-se com frequência a ausência de cobrimento adequado ou a perda desse elemento protetivo ao longo dos anos, devido à ação do tempo, intervenções inadequadas ou exposição a ambientes agressivos, como regiões costeiras. Essa deficiência contribui significativamente para o avanço de manifestações patológicas, como a corrosão das armaduras, fissuração do concreto e desagregação superficial.

A NBR 6118:2023 estabelece diferentes espessuras mínimas de cobrimento conforme a classe de agressividade ambiental, sendo que, para ambientes classificados como classe II (fortemente agressivo), que corresponde às condições

típicas de áreas urbanas litorâneas como São Luís, o cobrimento mínimo pode variar entre 25 mm e 35 mm, a depender do tipo de elemento estrutural e do concreto utilizado (ABNT, 2023). No caso do casarão analisado, as inspeções visuais e os ensaios diagnósticos revelaram que o cobrimento está muito aquém dos parâmetros normativos atuais, o que explica, em parte, o grau avançado de deterioração de certos elementos estruturais.

A insuficiência ou inexistência do cobrimento nominal adequado compromete diretamente a vida útil da estrutura e a segurança da edificação, sobretudo em construções históricas que não foram projetadas segundo os critérios modernos de durabilidade. Assim, a compreensão dos parâmetros normativos atuais, como os definidos pela NBR 6118:2023, é essencial para orientar intervenções de reabilitação que respeitem tanto a integridade estrutural quanto o valor patrimonial da edificação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa, estruturada através de um estudo de caso. A escolha dessa metodologia justifica-se pela necessidade de realizar uma análise detalhada e aprofundada das condições estruturais do casarão histórico localizado na Rua Oswaldo Cruz, no Centro Histórico de São Luís - MA, avaliando as patologias existentes e propondo intervenções técnicas adequadas para sua recuperação e conservação.

Nesta perspectiva, a pesquisa exploratória permite identificar, de maneira inicial e sistemática, as patologias construtivas mais significativas que comprometem a segurança e durabilidade da edificação, enquanto a abordagem descritiva possibilita detalhar cada uma dessas patologias, apresentando suas causas, manifestações e consequências estruturais.

A abordagem qualitativa adotada neste estudo envolve técnicas específicas de coleta e análise de dados, tais como observação visual minuciosa, ensaios complementares de pacometria e sondagem geotécnica, permitindo assim compreender profundamente os fenômenos observados. Esses métodos contribuem para uma interpretação precisa das condições estruturais da edificação, considerando não somente aspectos técnicos e normativos, mas também históricos e culturais.

Por fim, a escolha pelo estudo de caso como procedimento técnico proporciona um olhar específico e detalhado sobre o objeto analisado, destacando as particularidades construtivas, históricas e ambientais que influenciam diretamente as condições atuais do casarão histórico. Dessa forma, a metodologia utilizada assegura um diagnóstico completo e fundamentado, subsidiando propostas eficazes de intervenção para recuperação e preservação deste relevante patrimônio arquitetônico.

3.1. Materiais

Para a realização deste estudo, foram utilizados materiais específicos para o levantamento das condições estruturais e identificação das patologias do casarão histórico. Entre os principais materiais e equipamentos empregados estão:

- Trena laser: Instrumento utilizado para realizar medições precisas das dimensões estruturais (pilares, vigas e lajes).
- Drone: Equipamento empregado na obtenção de imagens aéreas, possibilitando uma inspeção visual abrangente e segura das áreas de difícil acesso, especialmente das coberturas e fachadas superiores.
- Pacômetro: Utilizado para medir o cobrimento nominal das armaduras em elementos de concreto armado, permitindo avaliar a exposição das barras à corrosão.
- Equipamentos de sondagem geotécnica: Empregados para analisar o perfil do solo e definir características geotécnicas importantes para subsidiar a avaliação das fundações existentes e possíveis reforços estruturais necessários.

Além dos equipamentos citados, utilizaram-se catálogos técnicos específicos dos fabricantes VEDACIT e SIKA, bem como a norma técnica da ABNT NBR 6118:2023, essenciais para o embasamento técnico e normativo das análises realizadas.

3.2. Caracterização do Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é um casarão histórico situado à Rua Oswaldo Cruz, nº 1374, no Centro Histórico de São Luís - MA. Trata-se de uma edificação tombada pelo Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e

Paisagístico do Maranhão (DPHAP), construída no século XIX, com uma parte adicional erguida em meados da década de 1980. O casarão originalmente funcionou como o primeiro orfanato da cidade, posteriormente abrigando a Secretaria Municipal de Educação.

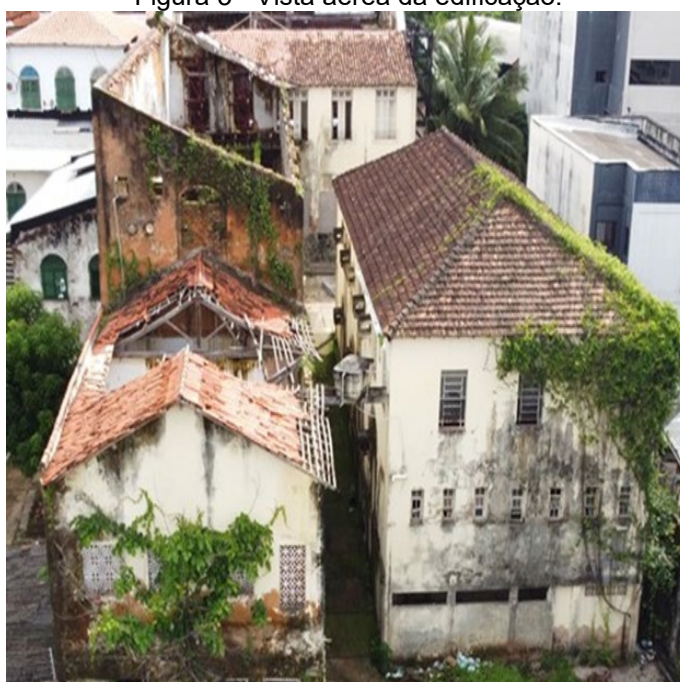
Sua arquitetura é predominantemente colonial portuguesa, com fachadas revestidas por azulejos ornamentais e esquadrias em arco, características marcantes do patrimônio ludovicense. Estruturalmente, o prédio é composto por pilares, vigas e lajes em concreto armado convencional e muros de pedra argamassada (concreto ciclópico), com uma área construída aproximada de 1.300 m².

3.3. Caracterização da Área

O casarão histórico encontra-se em uma região urbana consolidada no centro da cidade de São Luís - MA, inserido numa área de intensa movimentação e densidade populacional, caracterizada por edificações antigas e históricas. O entorno é fortemente marcado pela influência arquitetônica colonial portuguesa, integrando um conjunto reconhecido mundialmente pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade desde 1997.

A Figura 5 apresenta uma vista aérea da edificação, evidenciando o colapso estrutural da cobertura principal, o que demonstra o avançado estado de degradação do imóvel e reforça a urgência de intervenções.

Figura 5 - Vista aérea da edificação.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Além disso, por estar localizada em zona litorânea e salina, São Luís sofre impactos acentuados da maresia, que acelera processos corrosivos em estruturas de concreto e armaduras metálicas. Segundo Araújo e Silva (2019), “regiões litorâneas aceleram o processo corrosivo por inúmeros motivos, sendo a maresia um dos principais. A maresia é uma névoa salina provinda do mar carregada principalmente com sais como cloreto de sódio e de magnésio”. Um estudo da Universidade Estadual do Maranhão também destaca que a atmosfera marinha da cidade contribui para a maior agressividade no transporte de cloretos para o interior dos elementos de concreto

3.4. Metodologia da Pesquisa

A metodologia utilizada neste TCC pode ser caracterizada como uma pesquisa exploratória-descritiva com abordagem qualitativa e estudo de caso. Segundo Gil (2017), a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, enquanto a pesquisa descritiva busca descrever as características de determinado fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis.

3.4.1. Quanto ao Objetivo:

A pesquisa exploratória-descritiva é adequada quando se deseja compreender e caracterizar fenômenos ainda pouco investigados, possibilitando a formulação de hipóteses e a definição de estratégias de intervenção (GIL, 2017; PRODANOV; FREITAS, 2013). Neste trabalho, a aplicação dessa abordagem possibilita explorar e descrever detalhadamente as condições estruturais e as patologias identificadas no casarão histórico estudado, com o intuito de propor soluções práticas e técnicas para sua recuperação e preservação.

3.4.2. Quanto à Abordagem:

Optou-se pela abordagem qualitativa, que segundo Minayo (2012), busca compreender os fenômenos em sua complexidade, priorizando a análise interpretativa e o contexto em que ocorrem. Foram utilizadas técnicas como observação visual detalhada, registro fotográfico, análise técnica descritiva das manifestações patológicas e interpretação dos resultados de ensaios complementares, como

pacometria e sondagem geotécnica. Não houve emprego de métodos estatísticos avançados, mas sim de uma análise baseada em critérios normativos e experiência técnica especializada.

3.4.3. Quanto aos Procedimentos Técnicos:

Adotou-se o estudo de caso, definido por Yin (2015) como uma investigação empírica que examina um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. O estudo concentrou-se em um casarão histórico localizado no Centro de São Luís – MA, permitindo uma análise aprofundada das manifestações patológicas e das condições construtivas, considerando aspectos históricos, culturais e técnicos.

3.5. Procedimentos Metodológicos/Procedimento Experimental

O procedimento metodológico empregado nesta pesquisa seguiu uma sequência técnica rigorosa, estruturada em etapas:

Etapa 1 – Vistoria Inicial:

Realizou-se uma inspeção visual detalhada da edificação nos dias 30 de abril e 02 e 03 de maio de 2024. Durante a vistoria inicial foram identificadas e catalogadas visualmente as patologias mais aparentes, como fissuras, manchas de umidade, corrosão das armaduras e falhas estruturais visíveis.

Etapa 2 – Levantamento Estrutural e Pacometria:

Nesta etapa, foi realizado o levantamento das dimensões estruturais dos pilares, vigas e lajes através do uso de trena a laser. Paralelamente, foi conduzido o ensaio de pacometria para avaliar o cobrimento nominal das armaduras das estruturas, conforme parâmetros técnicos da NBR 6118:2023.

Etapa 3 – Registro Fotográfico com Drone:

Para complementar o levantamento inicial, foram feitas imagens aéreas detalhadas utilizando drone, proporcionando maior abrangência visual e identificação de patologias em áreas inacessíveis ou de risco elevado para inspeção direta.

Etapa 4 – Sondagem Geotécnica:

Realizou-se uma sondagem geotécnica no solo onde se assenta a edificação, com o intuito de analisar suas características e definir parâmetros fundamentais para futuras intervenções e reforços estruturais nas fundações existentes.

Etapa 5 – Análise Técnica e Diagnóstico das Patologias:

Os dados foram analisados conforme critérios normativos, com apoio de um engenheiro civil mestre em diagnóstico e recuperação estrutural, cuja expertise contribuiu para a precisão na identificação das causas, consequências e prioridades de intervenção.

Etapa 6 – Proposição de Intervenções e Soluções:

Finalmente, com base no diagnóstico técnico, foram propostas soluções específicas para recuperação estrutural e conservação do casarão histórico, definindo-se técnicas construtivas, materiais adequados e procedimentos detalhados para garantir a segurança, durabilidade e preservação do patrimônio em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elementos inspecionados e prescrições normativas

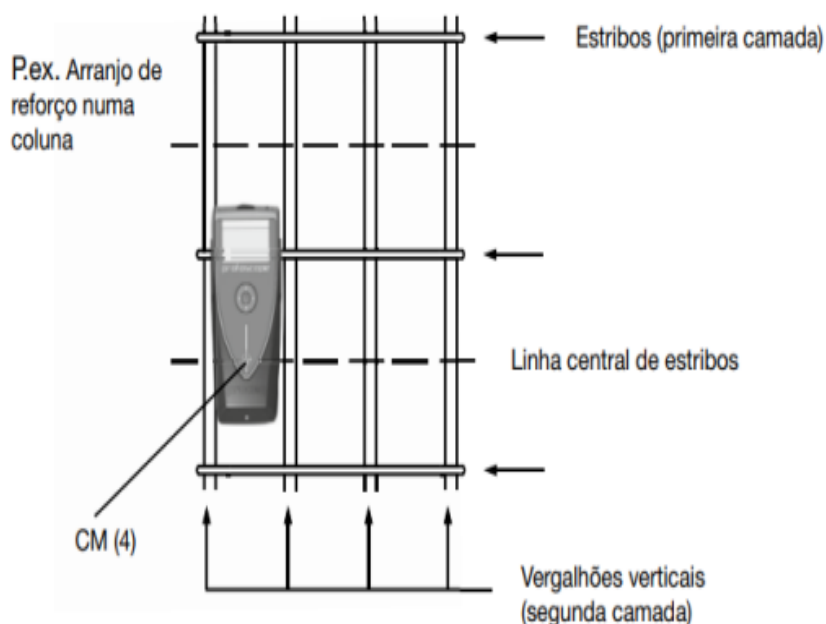
A avaliação estrutural do casarão histórico localizado na Rua Oswaldo Cruz, no Centro de São Luís - MA, contemplou a inspeção criteriosa de diversos elementos estruturais e não estruturais da edificação. A inspeção seguiu rigorosamente os parâmetros estabelecidos nas normas técnicas vigentes, especialmente a Associação Brasileira de Normas Técnicas.

. A pacometria revelou, em diversos pontos inspecionados, que o cobrimento existente é inferior ao mínimo normativo exigido, especialmente nos pilares e vigas localizados na parte mais antiga da edificação.

A insuficiência de cobrimento, somada à alta umidade local, favoreceu a corrosão das armaduras e o deslocamento do concreto, exigindo intervenções emergenciais para recuperar a integridade estrutural e prolongar a vida útil do edifício.

O atendimento aos parâmetros normativos de cobrimento nominal é essencial para proteger as armaduras, garantir a durabilidade estrutural e preservar o patrimônio histórico-cultural. Conforme mostra a Figura 6, o posicionamento correto do pacômetro assegura a medição precisa do cobrimento, contribuindo para a conservação da edificação.

Figura 6 - Arranjo mostrando o posicionamento do pacômetro sobre a superfície.



Fonte: Proceq, (2014).

As leituras são realizadas quando o equipamento é deslizado ao longo da peça e, quando emitir o sinal, significa que o pacômetro encontrou uma barra, então o operador faz anotações na própria superfície da estrutura, registrando os dados necessários para a execução do ensaio, como diâmetro, espaçamento, e quantidade de barras. (Fonseca et al., 2021).

De acordo com Pedroza (2018), em casos em que a densidade de armadura é muito alta, o pacômetro não oferece resultados satisfatórios, pois o equipamento tem dificuldade de identificar barras muito próximas ou sobrepostas. Ainda assim, os resultados do ensaio de pacometria são úteis em estudos de avaliação e manutenção de estruturas de concreto, além de auxiliar na execução de outros ensaios (Alves e Abreu, 2021).

Diferentemente do método do esclerômetro, o ensaio de pacometria não é regulamentado por normas brasileiras, embora exista o código ACI 228 2R-98, que apresenta uma revisão sobre os métodos não destrutivos para avaliação das condições das armaduras do concreto e sua aplicabilidade (ACI 228 2R-98, 2004).

4.1.1. Pilares de Concreto Armado

Foram inspecionados todos os pilares visíveis e acessíveis da edificação, com especial atenção àqueles localizados nas áreas da construção original do século XIX e da ampliação realizada na década de 1980. Os pilares apresentaram manifestações patológicas severas, como:

- Exposição das armaduras principais;
- Avanço de processos de corrosão, caracterizado pela perda de seção das barras de aço;
- Fissuração longitudinal e transversal nas superfícies de concreto;
- Desplacamento do cobrimento, revelando deficiência nos valores mínimos previstos em norma.

Conforme a ABNT NBR 6118:2023, o cobrimento nominal mínimo em ambientes classificados como de agressividade ambiental II (zonas urbanas) deve ser de 30 mm para pilares.

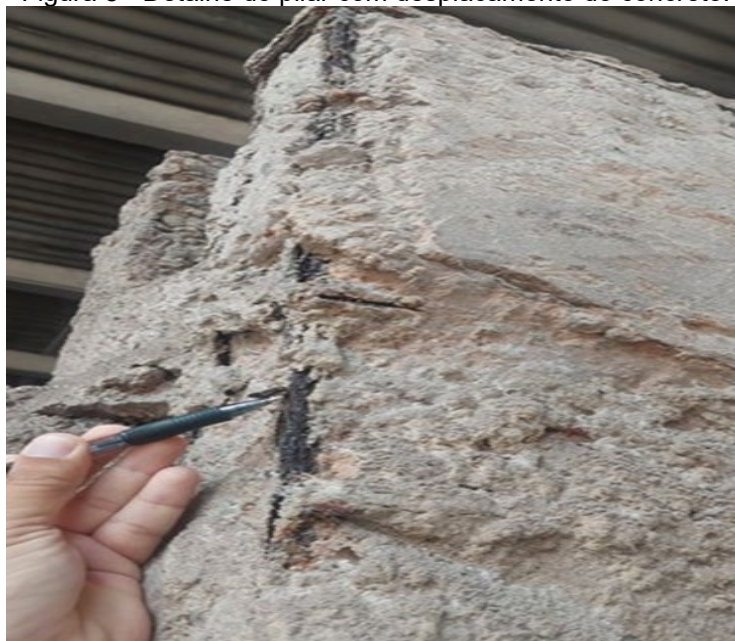
A análise visual do elemento estrutural apresentado nas Figuras 7 e 8 evidenciam perda significativa de cobrimento e armadura exposta, acompanhada de processo avançado de corrosão, resultado direto da não conformidade com os parâmetros normativos e da ação prolongada de agentes agressivos. Essas condições comprometem a capacidade resistente do pilar e reforçam a urgência de intervenções corretivas para restabelecer a integridade estrutural e prolongar a vida útil da edificação.

Figura 7 - Pilar de concreto armado com perda de cobrimento e armadura exposta.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 8 - Detalhe do pilar com deslocamento do concreto.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

4.1.2. Vigas de Concreto Armado

As vigas inspecionadas, tanto no subsolo quanto nos pavimentos térreo e superior, apresentaram deterioração significativa, incluindo:

- Fissuras longitudinais e verticais com abertura superior aos limites admissíveis pela NBR 6118:2023 para o Estado Limite de Serviço (ELS);
- Presença de armaduras expostas e avançado estágio de corrosão;
- Indícios de deslocamento parcial do concreto de recobrimento.

O levantamento dimensional indicou que as seções médias das vigas são de aproximadamente 20 cm x 60 cm. A não observância dos limites de fissuração compromete a durabilidade das estruturas, podendo evoluir para colapsos locais caso não sejam realizadas intervenções corretivas adequadas. Conforme evidenciado na Figura 9, a região inferior de uma das vigas apresenta armadura principal totalmente exposta e severamente oxidada, o que reduz significativamente a capacidade resistente do elemento e acelera o processo de deterioração. A presença de corrosão avançada neste nível indica falhas graves no cobrimento e na proteção da armadura,

Figura 9 - Região inferior de viga com armadura principal exposta.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

O processo de corrosão observado nos elementos inspecionados é resultado direto da conjugação de diversos fatores patológicos, como a insuficiência de

cobrimento nominal, infiltrações recorrentes devido à ausência de impermeabilização adequada, e a ação contínua de agentes agressivos, típicos do clima tropical úmido da região.

O avanço desse tipo de patologia leva à perda da aderência entre o aço e o concreto, à redução da seção resistente da armadura e ao comprometimento da estabilidade dos elementos estruturais, configurando risco iminente à segurança da edificação. Diante disso, a correção dessas manifestações patológicas exige intervenções técnicas urgentes, como escarificação do concreto, substituição das armaduras comprometidas, aplicação de tintas anticorrosivas ricas em zinco e recomposição das seções com grautes cimentícios de alta resistência à carbonatação.

4.1.3. Lajes de Concreto Armado

As lajes de concreto armado, especialmente na região do subsolo e da edificação antiga, encontram-se em estado avançado de degradação. Foram identificadas as seguintes anomalias:

- Exposição e corrosão da armadura principal, sobretudo nas áreas em que o telhado original colapsou, deixando as lajes expostas diretamente às intempéries;
- Gotejamento interno devido à ausência de proteção contra chuvas, favorecendo a infiltração e a intensificação dos processos patológicos;
- Perda de seção transversal e fragmentação das armaduras.

A espessura média das lajes inspecionadas é de 15 cm. Conforme estabelece a ABNT NBR 6118:2023, para ambientes de classe de agressividade ambiental II (CAA II), o cobrimento nominal mínimo para lajes deve ser de 25 mm.

Esse requisito, no entanto, não foi atendido em diversas áreas, como evidenciado na Figura 10, onde se observa a região inferior da laje com armaduras expostas e avançado processo de deterioração causado por infiltração, especialmente no subsolo da edificação nova. Essa condição compromete a durabilidade e a integridade estrutural, exigindo intervenções corretivas urgentes para evitar o agravamento do quadro patológico.

Figura 10– Região inferior de laje com armaduras expostas e deterioração por infiltração.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

4.1.4. Muro de Contenção

Foi inspecionado também o muro de contenção da edificação antiga, com altura aproximada de 2,70 metros, construído em alvenaria de tijolos cerâmicos. Este elemento, além da função de vedação, desempenha papel estrutural relevante na contenção de esforços horizontais. Foram constatadas patologias como:

- Grande incidência de manchas de umidade e eflorescências;
- Presença de infiltrações ascensionais provenientes do contato direto com o solo;
- Indícios de fragilidade estrutural, com deslocamento e perda de integridade de parte dos tijolos cerâmicos.

Devido às condições observadas, o muro apresenta riscos à estabilidade, requerendo intervenções de impermeabilização, contenção provisória e recuperação estrutural.

4.1.5. Considerações Normativas

A inspeção de todos os elementos estruturais foi fundamentada na aplicação das prescrições normativas vigentes, com destaque para:

- ABNT NBR 6118:2023 define as condições mínimas de durabilidade, cobrimento nominal, limites de fissuração admissíveis e requisitos para a proteção das armaduras contra agentes agressivos.

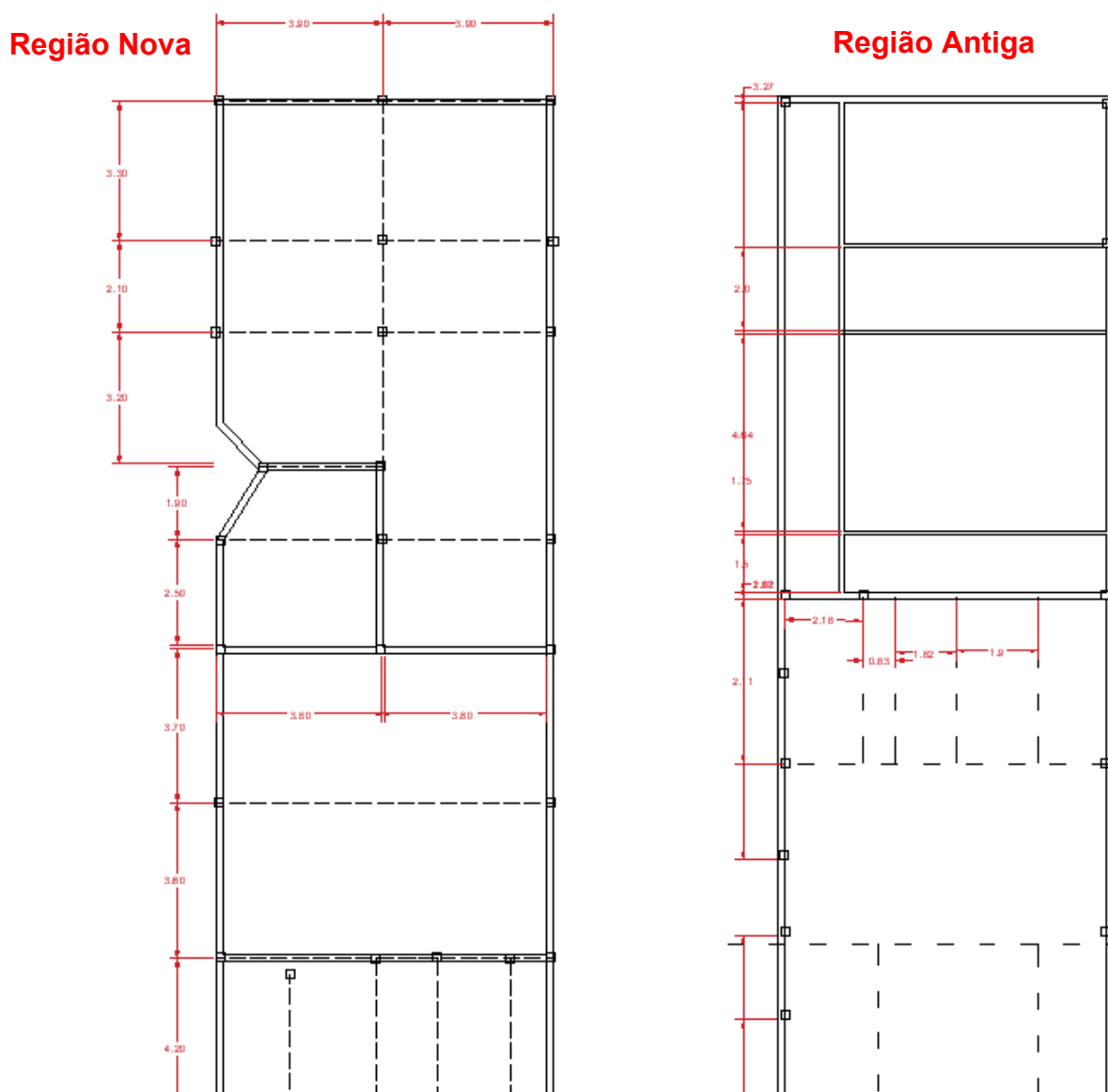
Essas normas garantiram que a análise estrutural seguisse parâmetros técnicos atualizados e condizentes com a necessidade de preservação de edificações de valor histórico e cultural.

4.2. Levantamento Estrutural

Durante as vistorias técnicas realizadas in loco, foi executado o levantamento das dimensões dos principais elementos estruturais da edificação, com o objetivo de registrar as características geométricas e espaciais dos componentes em concreto armado.

Essa etapa, ilustrada na Figura 11, foi conduzida por meio de inspeção visual e utilização de trena a laser, recurso que proporcionou maior precisão e agilidade na coleta das medidas. O levantamento contemplou tanto a região nova quanto a parte antiga da edificação, permitindo a comparação dimensional entre pilares e vigas e contribuindo para a análise das condições estruturais de cada setor.

Figura 11 - Levantamento estrutural e medição de cotas entre pilares e vigas.



Fonte: Autor, (2024).

Foram identificadas e caracterizadas as seguintes dimensões dos elementos:

- Pilares de canto e de borda: seção transversal aproximada de 30 cm × 30 cm;
- Pilares internos: seção transversal de 15 cm × 20 cm;
- Vigas: seção média de 20 cm × 60 cm;
- Lajes: espessura média de 15 cm, típicas de pavimentos com uso administrativo;
- Altura livre entre pavimentos: variando de 2,10 m a 4,20 m, conforme distribuição vertical da estrutura.

A análise da planta estrutural elaborada através das medidas levantadas no local permitiu identificar que os vãos entre pilares variam entre 2,80 m e 3,80 m, evidenciando um sistema estrutural modular e repetitivo, típico de construções em concreto armado de uso institucional ou administrativo.

Com base nesse levantamento, foi possível contabilizar, no total (incluindo as partes antiga e nova da edificação):

- 30 Pilares;
- 16 Vigas;
- 04 Lajes.

Todos executados em concreto armado convencional, sem uso de elementos pré-moldados.

Este levantamento serviu como base para as análises técnicas e diagnósticos estruturais descritos nos capítulos subsequentes, além de auxiliar no dimensionamento preliminar das soluções de recuperação estrutural. A correta caracterização dimensional dos elementos é essencial para a aplicação precisa das prescrições das normas técnicas vigentes, especialmente a ABNT NBR 6118:2023, no que tange ao dimensionamento, durabilidade, cobrimento nominal e avaliação da integridade das seções estruturais.

4.3. Patologias observadas

Com base nas vistorias técnicas realizadas, foi possível identificar diversas manifestações patológicas nos elementos estruturais e não estruturais do casarão histórico. Essas patologias refletem tanto o avançado grau de deterioração causado pela ação do tempo, quanto a ausência de manutenção preventiva e corretiva ao longo dos anos. A seguir, apresentam-se as principais anomalias observadas, organizadas de acordo com as áreas da edificação inspecionadas.

4.3.1. Edificação “Nova”:

- Pilares, lajes (especialmente em sua região inferior) e vigas localizados no subsolo encontram-se em estágio avançado de carbonatação. Tal deterioração está diretamente relacionada ao tipo de revestimento utilizado, composto predominantemente por barro e argila, materiais que favorecem a absorção de umidade e comprometem a durabilidade da estrutura.
- Observou-se ainda a presença de armaduras expostas em diversos elementos estruturais, tanto nos pilares quanto nas vigas e lajes. A provável causa, além da composição inadequada do revestimento, é a insuficiência do cobrimento nominal mínimo exigido pelas normas técnicas, o que torna a armadura mais vulnerável à ação de agentes agressivos.

4.3.2. Edificação Antiga:

- Nesta parte da edificação, observou-se a presença de patologias não apenas em elementos estruturais, mas também em elementos não estruturais, como paredes internas e externas. A alta incidência de umidade, causada pela exposição constante às chuvas e pela ausência de impermeabilização, resultou em inúmeras manchas, fissuras e deterioração visível do revestimento.
- As patologias predominantes identificadas foram processos de corrosão e carbonatação, ambos agravados pelo tipo de material de revestimento utilizado: barro. Esse material, por natureza, possui alta porosidade e capacidade de absorção de umidade, o que intensifica o risco de degradação das estruturas adjacentes.
- O laudo de análise estrutural complementou as vistorias, confirmando a presença de frentes de carbonatação em diferentes pontos das duas edificações. Tais frentes demonstram que o processo de deterioração se encontra em estágio avançado, exigindo intervenções técnicas urgentes para garantir a estabilidade e a preservação do patrimônio.
- Ressalta-se ainda que o revestimento de barro contribui diretamente para a redução da proteção das armaduras, uma vez que sua tendência à expansão com a umidade provoca fissuras no concreto e facilita a penetração de agentes

agressivos até as armaduras, acelerando os processos de corrosão e delaminação do concreto.

4.4. Subsolo – Edificação Nova

Na região do subsolo da edificação denominada como 'Nova', observou-se um conjunto de patologias estruturais com alto grau de comprometimento. Pilares, vigas e lajes apresentaram manifestações severas de carbonatação, decorrentes da exposição prolongada à umidade. Grande parte das armaduras encontrava-se exposta, com presença visível de corrosão avançada e deslocamento do concreto de cobrimento.

Esse quadro patológico é intensificado pelo uso de revestimento à base de barro e argila, materiais que absorvem e retêm umidade. Além disso, a pacometria revelou que o cobrimento nominal das armaduras é insuficiente para as exigências da ABNT NBR 6118:2023, o que facilitou o avanço do processo de deterioração.

A continuidade dessas condições, sem intervenção, poderá resultar em perda da capacidade resistente dos elementos estruturais, agravando os riscos de colapsos localizados e comprometendo a segurança da edificação.

A análise visual do subsolo da edificação mais recente revelou um quadro severo de comprometimento estrutural. As imagens registradas evidenciam a exposição generalizada das armaduras em lajes, vigas e pilares, resultante da delaminação do cobrimento de concreto. Observa-se nas fotografias que a perda de material de recobrimento expôs diretamente a armadura principal, que se encontra em avançado estado de corrosão. A oxidação é visivelmente intensa, caracterizada por coloração avermelhada e redução da seção útil das barras.

As lajes apresentam destacamento de camadas inteiras de concreto, indicando falhas graves no processo construtivo original, especialmente no que se refere à compactação e cura. Além disso, o revestimento composto por barro e argila contribuiu para a absorção excessiva de umidade e para a transferência de água às armaduras. Esses materiais, altamente porosos, aumentaram a permeabilidade da superfície estrutural, acelerando os processos de carbonatação e corrosão.

As figuras também mostram a presença de eflorescências, fissuração longitudinal nos pilares e manifestações associadas à ausência de manutenção preventiva. Os danos evidenciam que os elementos estruturais do subsolo da

edificação nova se encontram em estágio crítico de deterioração, demandando intervenções imediatas.

As figuras 12 e 13 evidenciam o estado crítico de deterioração dos elementos estruturais do subsolo da edificação nova, caracterizado por manifestações patológicas severas. Na Figura 13, observa-se um pilar com fissuração vertical, manchas de umidade e presença de barro no revestimento, indicando processos de carbonatação e infiltração decorrentes da ausência de manutenção preventiva. Já a Figura 14 apresenta o detalhe de uma viga com armadura oxidada e concreto delaminado, localizada em ambiente sem ventilação, o que potencializa o avanço da corrosão e a perda da capacidade resistente da estrutura.

Figura 12 - Pilar com fissuração vertical e manchas de umidade.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 13 - Viga com armadura oxidada e concreto delaminado.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

4.5. Subsolo – Edificação Antiga

Na parte antiga do subsolo da edificação, as patologias observadas evidenciam um elevado nível de degradação estrutural, resultante de um processo prolongado de deterioração. Os pilares inspecionados apresentavam armaduras expostas, com intensa corrosão e perda significativa de área útil, condição que compromete diretamente a capacidade resistente desses elementos (Figura 14).

As infiltrações generalizadas, associadas à inexistência de um sistema adequado de impermeabilização, favoreceram o aumento da umidade interna e externa, causando danos expressivos à alvenaria e ao revestimento. Tais manifestações podem ser visualizadas na presença de eflorescências e manchas de umidade nas paredes e tetos, conforme ilustrado na Figura 15, que evidencia também o avanço da degradação superficial.

A análise da região inferior das lajes revelou armaduras principais totalmente expostas, com perda de cobrimento e sinais de colapso parcial, em decorrência da ação das intempéries após o colapso do telhado original. A Figura 16 demonstra a presença de umidade ascendente e microfissuras, fatores que aceleram o processo corrosivo e fragilizam a estrutura.

Observou-se, ainda, a delaminação do concreto em diversos pontos, com exposição integral das armaduras de distribuição (Figura 17). Em áreas mais críticas, identificaram-se amplas regiões de destacamento do cobrimento, com barras rompidas e comprometimento severo da integridade estrutural, como evidenciado na Figura 18.

Esse conjunto de patologias demonstra que o subsolo da edificação antiga se encontra em estado crítico, com estabilidade comprometida e risco potencial de falhas localizadas. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a adoção de medidas emergenciais de recuperação estrutural, contemplando tanto a restauração das armaduras e cobrimento quanto a implementação de sistemas eficientes de impermeabilização e ventilação, de modo a interromper o avanço do processo de degradação.

Figura 14 - Pilar com armadura oxidada e perda total do cobrimento de concreto.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 15 - Paredes e teto com infiltrações e eflorescências.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 16 - Teto com umidade ascendente e presença de microfissuras e bolhas.



Fonte: Acervo do Autor, (2024)

Figura 17 - Laje parcialmente delaminada, com armadura de distribuição totalmente exposta.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 18 - Amplas áreas de delaminação com presença de armaduras rompidas.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

4.6. Térreo – Edificação Antiga

No pavimento térreo da edificação antiga, as manifestações patológicas são amplamente visíveis e de caráter crítico, comprometendo severamente a estabilidade global da estrutura. As observações in loco evidenciaram pilares com perda total do revestimento de concreto, armaduras expostas e intensamente corroídas, além de fraturas significativas nos elementos verticais (Figura 19). O processo de delaminação do concreto é notório, revelando não apenas falhas na execução do revestimento, mas também a ausência de manutenção preventiva ao longo das décadas (Figura 20).

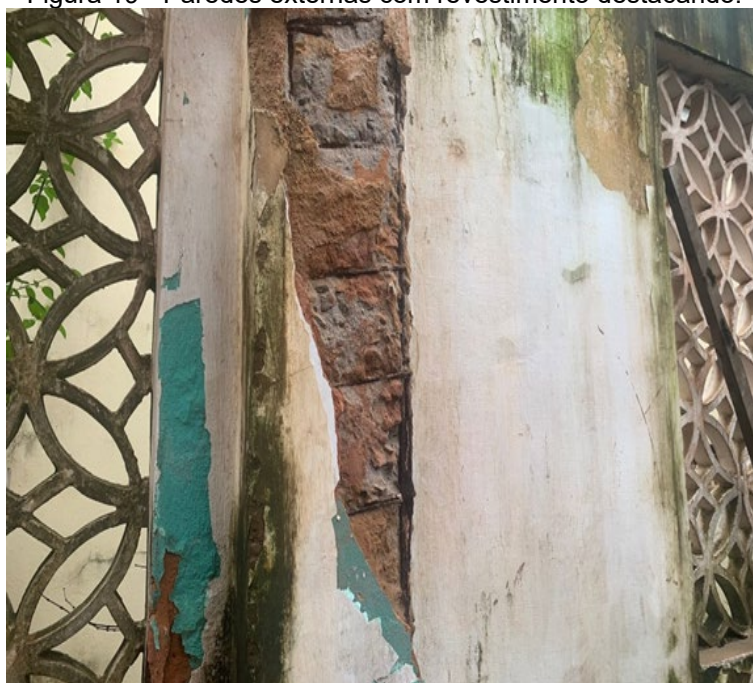
As fachadas externas apresentam revestimento de argamassa e pintura em avançado estado de degradação, com destacamentos, manchas de umidade e proliferação de fungos e vegetação biológica (Figura 21). Em determinados pontos, o desgaste superficial expõe o substrato original de pedra e barro, materiais de elevada porosidade e natureza higroscópica, que absorvem e retêm umidade, acelerando a deterioração das estruturas adjacentes (Figura 22).

No interior da edificação, foram identificadas áreas com escoramentos metálicos e de madeira instalados de forma emergencial para conter riscos de colapso parcial das alvenarias (Figura 23). As fissuras verticais contínuas e a perda de aderência entre elementos estruturais indicam severo comprometimento das ligações construtivas.

A cobertura apresenta áreas totalmente colapsadas (Figura 24), expondo as vigas e demais elementos estruturais às intempéries. Na fachada posterior, a cobertura encontra-se parcialmente desabada, com vegetação se desenvolvendo no interior do edifício (Figura 25). A situação é agravada pela completa exposição da estrutura inferior, como evidenciado na vista superior da cobertura totalmente destruída (Figura 26), condição que acelera os processos de deterioração.

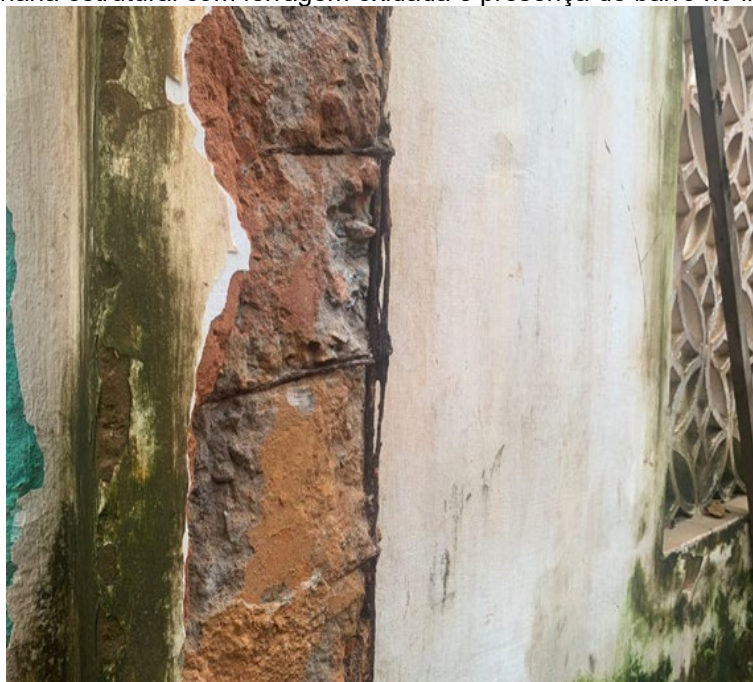
O conjunto de patologias observadas revela um quadro de elevada vulnerabilidade estrutural, tornando urgente a implementação de um plano abrangente de recuperação, incluindo a recomposição dos elementos estruturais, a reabilitação das fachadas e a reinstalação de sistemas de proteção contra intempéries.

Figura 19 - Paredes externas com revestimento destacando.



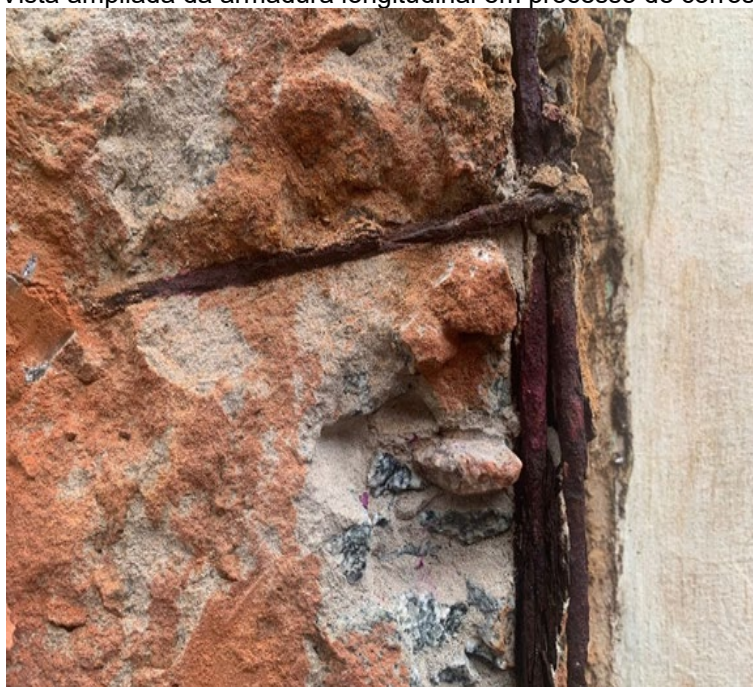
Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 20 - Alvenaria estrutural com ferragem oxidada e presença de barro no interior da parede.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 21 - Vista ampliada da armadura longitudinal em processo de corrosão profunda.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 22 - Fachada externa tomada por umidade.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 23 - Vista interna da área com cobertura colapsada.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 24 - Detalhe da cobertura.



Fonte: Acervo do Autor, (2024)

Figura 25 - Fachada posterior com cobertura parcialmente desabada.



Fonte: Acervo do Autor, (2024)

Figura 26 - Vista superior da cobertura totalmente destruída.



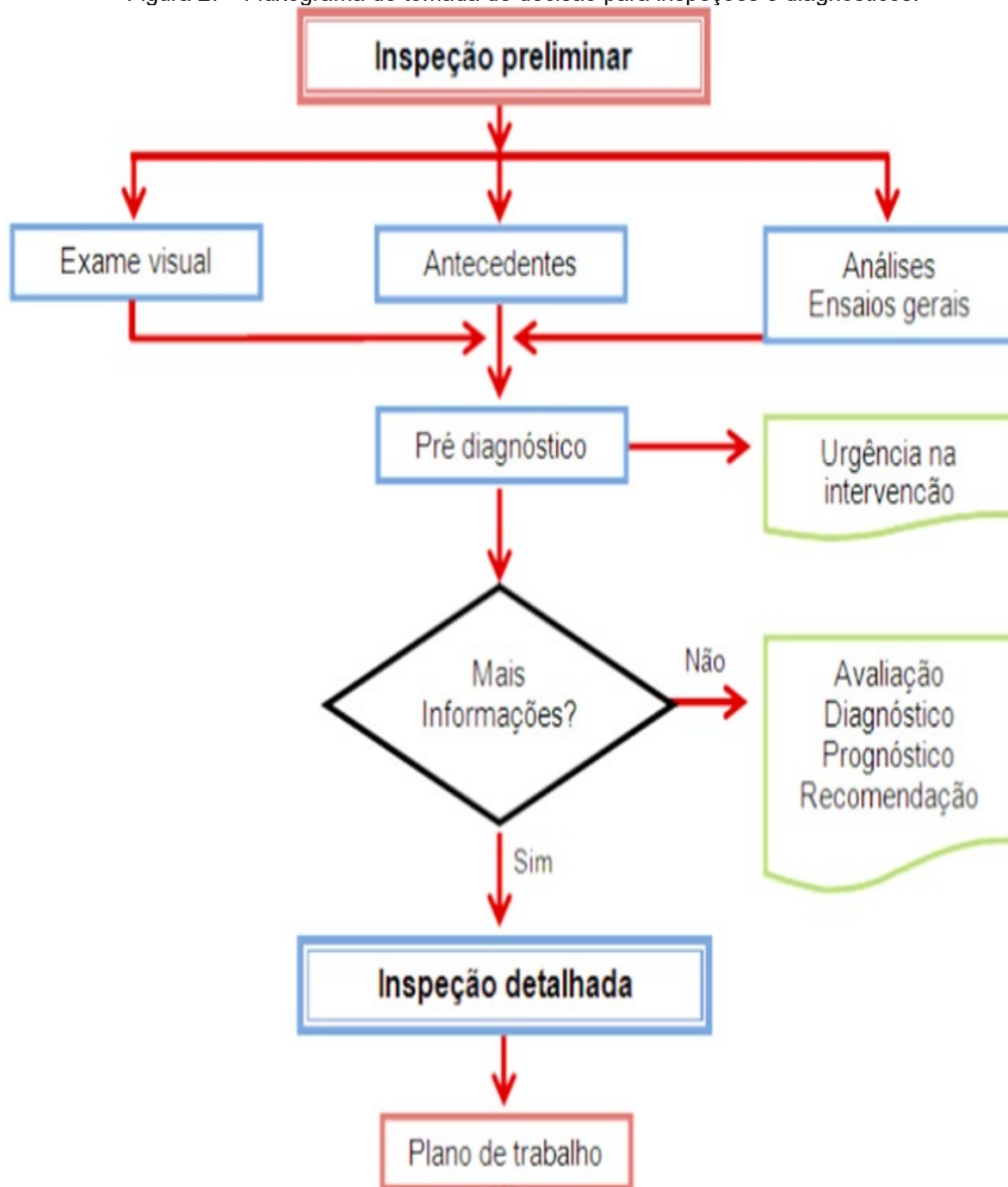
Fonte: Acervo do Autor, (2024).

4.7. Soluções propostas

A seguir, apresentam-se possíveis soluções para a correção das patologias identificadas nas estruturas do casarão histórico, fundamentadas na experiência técnica da equipe responsável, nas evidências obtidas durante as inspeções e na literatura especializada sobre recuperação de estruturas em concreto armado.

O processo de inspeção e análise foi conduzido com base em um fluxograma técnico (Figura 27) que norteia a tomada de decisões em processos diagnósticos de degradação estrutural. Este modelo metodológico inicia-se com a inspeção preliminar, que envolve avaliação visual, levantamento de antecedentes, e análises ou ensaios gerais, visando a elaboração de um pré-diagnóstico.

Figura 27 - Fluxograma de tomada de decisão para inspeções e diagnósticos.



Fonte: Autor, (2024).

4.7.1. Elementos Estruturais

Para os elementos estruturais do casarão — pilares, vigas e lajes — foram observadas diversas manifestações de corrosão nas armaduras e delaminação do concreto, em especial nas regiões expostas à umidade e maresia. O procedimento proposto prevê, inicialmente, o escoramento prévio das estruturas, mediante

elaboração de plano técnico com a empresa executora, seguido da escarificação mecânica do concreto deteriorado até a exposição das armaduras comprometidas (Figura 28). Posteriormente, as armaduras devem ser limpas com escova de aço para remoção de ferrugem e produtos de corrosão, sendo substituídas aquelas que apresentem fragmentação ou perda significativa de seção.

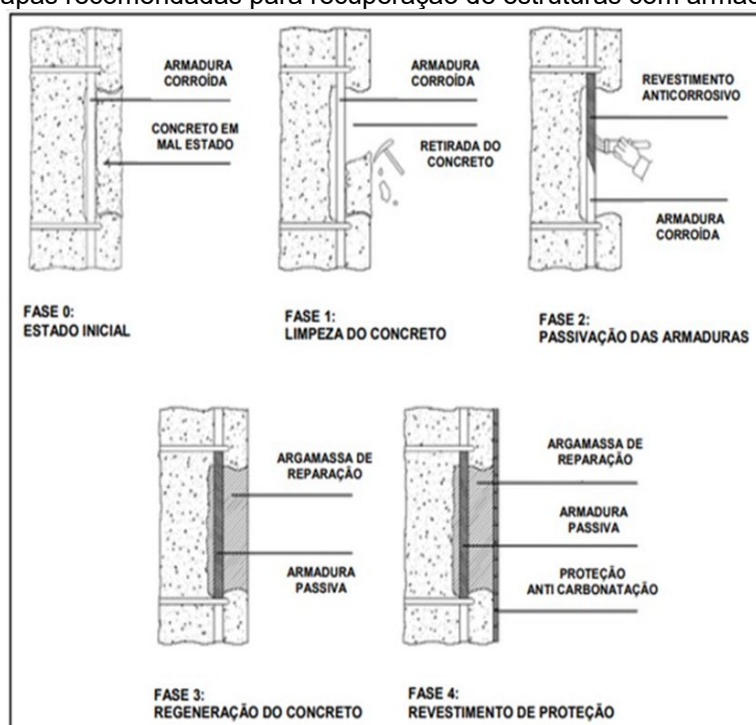
Em seguida, recomenda-se a aplicação de pintura anticorrosiva à base de zinco, como o produto Armatec ZN (VEDACIT, 2024), que atua como ânodo de sacrifício e oferece proteção catódica de alta durabilidade.

Para a recomposição das seções estruturais, sugere-se a utilização de argamassas de reparo de alta resistência e baixa retração, como a SikaGrout 428 FS (SIKA, 2024a), indicada para aplicações em superfícies verticais e horizontais.

A preparação adequada do substrato e das armaduras para aplicação do material de reparo é fundamental, assim como a aplicação de barreira epóxi de proteção química e adesiva, como o Sikadur 32 Hi-Mod (SIKA, 2024b), que garante aderência entre aço e concreto e maior resistência à penetração de agentes agressivos.

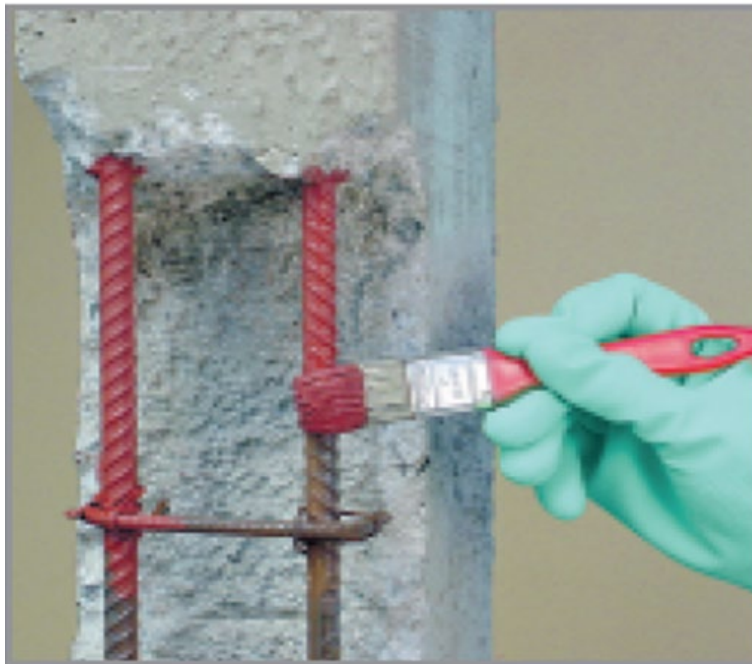
Esse conjunto de procedimentos visa restaurar a capacidade resistente das estruturas e aumentar sua durabilidade frente a agentes como umidade e maresia, especialmente nas áreas mais expostas do casarão.

Figura 28 - Etapas recomendadas para recuperação de estruturas com armaduras corroídas.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 29 - Aplicação manual de pintura anticorrosiva rica em zinco nas armaduras expostas.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 30 - Produto anticorrosivo Armatec ZN Vedacit, recomendado para tratamento preventivo e corretivo de ferragens expostas.



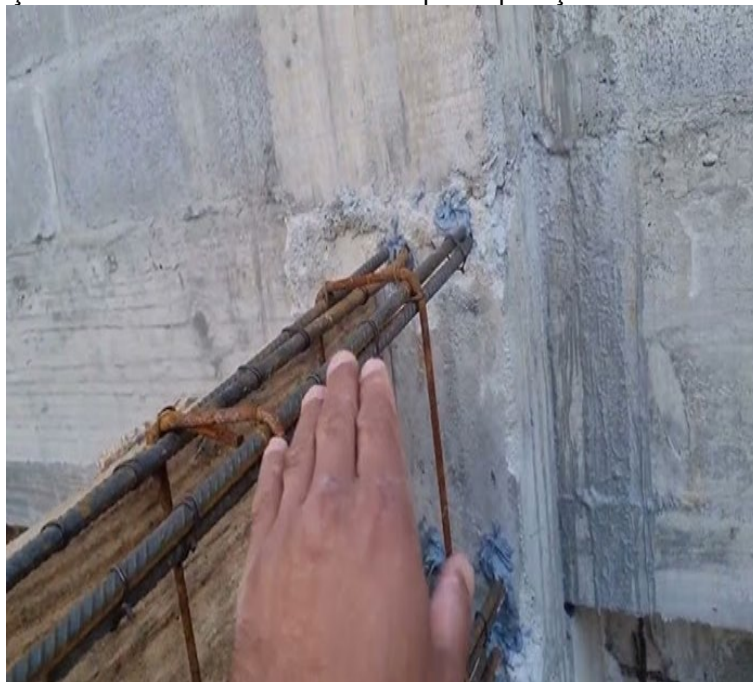
Fonte: (VEDACIT, 2024).

Figura 31 - Argamassas de reparo de alta resistência e baixa retração.



Fonte: (SIKA, 2024a).

Figura 32 - Preparação do substrato e das armaduras para aplicação de material de reparo.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 33 - Pintura epóxi como barreira de proteção química e adesiva entre armadura e base de concreto.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 34 - Produto SikaDur 32, adesivo epóxi estrutural de alta resistência, usado para ancoragem e colagem estrutural.



Fonte: (SIKA, 2024b).

4.7.2. Paredes e Pisos

As paredes internas e externas da edificação, bem como as lajes de piso do pavimento superior, apresentaram elevada incidência de umidade ascendente, eflorescências e destacamentos do revestimento. Com base nisso, recomenda-se a substituição completa dos revestimentos existentes por sistemas modernos de impermeabilização baseados em argamassas poliméricas prontas, de alta performance e durabilidade.

Essas argamassas impermeabilizantes, disponíveis no mercado nacional, atuam simultaneamente como camada de regularização e barreira contra a penetração de umidade. Produtos como os da linha Quartzolit, especificamente as versões 'antiumidade' e 'reboco impermeável', são indicados para a recuperação de superfícies contaminadas por umidade e para ambientes sujeitos à ação de chuvas, condensações ou infiltrações.

A aplicação deve ser precedida pela remoção do revestimento danificado, limpeza da base, tratamento de juntas e nivelamento do substrato. A execução deve seguir as recomendações técnicas do fabricante e deve ser realizada por mão de obra qualificada, preferencialmente supervisionada por engenheiro responsável.

No tratamento das paredes contaminadas por umidade, recomenda-se a aplicação de argamassa impermeabilizante antiumidade, como o produto Antiumidade Quartzolit (QUARTZOLIT, 2024a), indicada para recuperação de paredes com presença de infiltrações e sais higroscópicos (Figura 36). Para finalizar o processo, pode-se utilizar o reboco impermeável Quartzolit 3 em 1, que além de impermeabilizar, também regulariza e reveste a superfície, proporcionando maior proteção e durabilidade (QUARTZOLIT, 2024b) (Figura 37).

Figura 35 - Argamassa impermeabilizante antiumidade Quartzolit, para recuperação de paredes contaminadas por umidade.



Fonte: Quartzolit (2024a).

Figura 36 - Reboco impermeável Quartzolit: 3 em 1 – impermeabiliza, regulariza e reveste.



Fonte: Quartzolit (2024b),

4.7.3. Paredes do Subsolo

A parede de contenção localizada no subsolo da edificação desempenha dupla função: atuar como elemento de vedação e como estrutura de contenção de esforços laterais do solo. Devido à sua função crítica, o processo de recuperação e proteção dessa parede deve seguir metodologia técnica segura e eficaz (HELENE; TERZIAN, 1992).

As etapas recomendadas para o reparo e a impermeabilização da parede de contenção do subsolo incluem:

- Realizar escavação controlada do solo adjacente à parede, pelo lado interno, de forma manual ou mecanizada, com atenção à integridade das fundações (Figura 38);
- Durante a escavação, implantar contenção provisória com sacos de cimento tipo rip-rap para evitar deslizamentos (Figura 38);
- Eliminar focos de infestação por cupins na base das fundações, aplicando produto químico específico (Figura 39);
- Executar impermeabilização das vigas baldrame e elementos expostos com produtos à base de polímeros ou membranas flexíveis de alta aderência;
- Aplicar impermeabilização direta na parede de contenção, utilizando argamassas poliméricas ou revestimentos cimentícios de dupla camada (Figura 40), garantindo estanqueidade contra umidade ascendente e proveniente do solo;
- Concluir o acabamento com aplicação de pintura acrílica ou outro sistema compatível com ambientes subterrâneos.

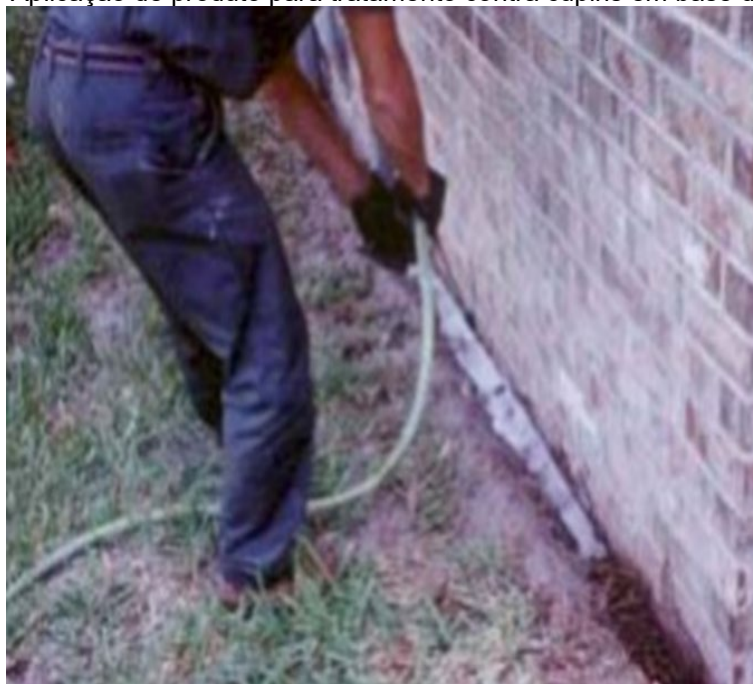
As soluções devem respeitar o histórico construtivo do imóvel e utilizar produtos compatíveis com estruturas antigas, conforme diretrizes do Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico do Maranhão (DPHAP, 2024).

Figura 37 - Contenção provisória com sacos de cimento (rip-rap)



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 38 - Aplicação de produto para tratamento contra cupins em base de fundação.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

Figura 39 - Aplicação de impermeabilizante em parede em contato com o solo.



Fonte: Acervo do Autor, (2024)

4.7.4. Telhados

A recuperação do sistema de cobertura da edificação antiga é uma etapa fundamental do processo de reabilitação estrutural e arquitetônica. O telhado, além de proteger os pavimentos inferiores da ação direta das intempéries, também contribui para a composição estética e patrimonial do casarão histórico.

A proposta de recuperação contempla a reconstrução integral da cobertura, utilizando estrutura de treliças ou tesouras de madeira moldadas com base na geometria original, respeitando a inclinação, dimensões e proporções históricas. Recomenda-se o reaproveitamento de telhas cerâmicas originais, sempre que possível, ou substituição por peças equivalentes, mantendo-se a unidade visual do imóvel.

Toda a madeira utilizada deve ser de origem controlada, tratada contra agentes xilófagos (como cupins e brocas) e resistente à umidade, podendo-se utilizar madeiras nativas como maçaranduba, ipê ou cumaru, ou ainda madeiras reflorestadas previamente imunizadas. A compatibilidade dos materiais e técnicas deve ser avaliada junto ao Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico (DPHAP), para garantir a aprovação e a preservação do valor histórico da edificação.

Na Figura 41 observa-se um exemplo de reabilitação de telhado em patrimônio edificado, utilizando andaimes metálicos e procedimentos técnicos adequados, com ênfase na manutenção da estética original.

Figura 40 - Exemplo de reforma de telhado em edificação histórica.



Fonte: Acervo do Autor, (2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidenciou, ao longo de suas análises, a necessidade de execução urgente dos reparos estruturais nos elementos de concreto armado, bem como intervenções corretivas nas paredes, pisos, subsolo e sistema de cobertura do casarão histórico, conforme descrito nas recomendações técnicas deste relatório.

Somente após a realização dessas etapas corretivas, a edificação poderá ser reaproveitada com segurança para fins administrativos. Tendo em vista que o imóvel é tombado pelo Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico (DPHAP), todas as intervenções deverão ser realizadas sob a supervisão de um profissional habilitado, com experiência comprovada em recuperação de estruturas históricas.

A prioridade das ações deve estar voltada à contenção do avanço das manifestações patológicas diagnosticadas, especialmente os processos de carbonatação, corrosão de armaduras, destacamentos de cobrimento e degradação progressiva do telhado remanescente. As patologias identificadas, se não tratadas, tendem a se intensificar com o tempo, agravadas por fatores climáticos, como as chuvas intensas e elevada umidade da região.

Deve-se considerar, para o redimensionamento estrutural do uso futuro, os parâmetros da norma ABNT NBR 6120:2018. Conforme indicado na norma, para edifícios com função administrativa ou comercial, os corredores de uso comum devem ser dimensionados para uma carga mínima de 300 kgf/m². Essa diretriz deverá nortear os novos cálculos estruturais, especialmente nas lajes e áreas de circulação.

Dessa forma, conclui-se que a restauração estrutural do casarão é não apenas tecnicamente viável, mas também essencial à conservação patrimonial e à viabilidade funcional do imóvel, desde que executada com rigor técnico, materiais adequados e acompanhamento especializado contínuo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. S.; ABREU, G. M. Análise qualitativa e quantitativa da execução do cobrimento de armadura em estruturas de concreto armado na cidade de catalão-go. 2021. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade UNA de Catalão, Catalão, 2021.
- ALVES, D. F.; MOURA, C. J. Clima e dinâmica atmosférica no estado do Maranhão. Revista Geográfica Acadêmica, v. 9, n. 1, p. 45-60, 2015.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 228 2R-98 (Reapproved 2004): Nondestructive test methods for evaluation of concrete in structures. Detroit, 2004. 62 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. Manual de inspeção predial: avaliação do estado de manutenção das edificações. São Paulo: IBAPE-SP, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com argamassa – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ALVES, J. M. B.; MOURA, A. R. A. Variabilidade da precipitação no Maranhão e sua relação com sistemas meteorológicos. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 64-84, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 14 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8802: Concreto endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARBOSA, M. T. G.; POLISSENI, A. E.; TAVARES, F. M. Análise e representação em contextos diversos: projeto, técnica e gestão do ambiente construído. In: ENANPARQ, 1., 2010, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Anparq, 2010.

BARBOSA, M. T. G.; POLISSENI, A. E.; TAVARES, F. M. Patologias de edifícios históricos tombados. In: ENANPARQ, 1., 2010, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos [...]. Rio de Janeiro: Anparq, 2010. Disponível em: .

BRASIL. [Anais...]. São Luís, 2008. 1 CD-ROM. ICOMOS. Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitectónico. Braga: Universidade do Minho, Dep. Engenharia Civil, 2004. 42 p.

CABRAL, A. E. B. Avaliação dos sistemas de reparo utilizados em estruturas atacadas por cloretos através da resistência de polarização. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Manual de recuperação, reforço e proteção de estruturas de concreto: manifestações patológicas em estruturas de concreto armado – prevenção, diagnóstico e reparo. Brasília: CEF, 2008.

CÁNOVAS, M. F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. 1. ed. São Paulo: PINI, 1988. 522 p.

CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social. FapUNIFESP (SciELO), [S. l.], v. 14, n. 2, p. 125-139, 2014.

CASCUDO, O. Aplicação de inibidores de corrosão para armaduras de concreto armado. São Paulo: Pini, 1997.

CASCUDO, O. Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto com problemas de corrosão de armadura. In: ISAIA, G. C. (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 2, p. 1071-1108.

CASCUDO, O. O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: PINI; Goiânia: UFG, 1997.

CASCUDO, O.; HELENE, P. R. L. Avaliação experimental da corrosão de armaduras em concreto utilizando as técnicas de medida dos potenciais de eletrodo. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: EPUSP, 1992.

CASCUDO, Osvaldo. O Controle da Corrosão das Armaduras em Concreto. Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997.

CIRINO, M. A. G. et al. Avaliação das manifestações patológicas das edificações do departamento de engenharia de alimentos da Universidade Federal do Ceará. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 1-21, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4424/3659>. Acesso em: 1 ago. 2025.

CORRÊA, A. F. Vilas, parques, bairros e terreiros: novos patrimônios na cena das políticas culturais em São Paulo e São Luís. São Paulo: [s. n.], 2001.

FIORITI, C. F. Estudo de patologia em estruturas de concreto armado. 2016. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2016.

FONSECA, F. B. et al. Ensaios não destrutivos para avaliação da rigidez em elementos de concreto armado. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 20009-20018, fev. 2021.

GENTIL, V. Corrosão. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.

GONZÁLEZ, J. A. et al. Some considerations on the effect of chloride ions on the corrosion of steel reinforcements embedded in concrete structures. *Magazine of Concrete Research*, v. 50, p. 189-199, 1998.

GRAÇA, J. C. P. da; FEITOSA, A. C. Requalificação da costa norte da cidade de São Luís: o mirante da Litorânea. In: RODRIGUES, Z. M. R.; FEITOSA, M. M. M. (Org.). Singularidades do espaço urbano de São Luís: toponímia, memória, ressignificação. Teresina: Cancioneiro, 2022.

HELENE, P. R. L. A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das estruturas de concreto. In: SEMINÁRIO DE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES DO LEME/UFRGS, 2., 2004, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/53535215/LEME-30anos-PauloHelene>.

HELENE, P. R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 1993. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HELENE, P. R. L. Corrosão das armaduras em concreto armado. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO - SIMPATCON, 4., 1981, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 1981.

HELENE, P. R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Pini/IPT, 1986. 47 p.

HELENE, P. R. L. Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB 1/2001. In: WORKSHOP ELETRÔNICO SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1.; WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos, 2001. p. 58-94.

HELENE, P. R. L. Vida útil das estruturas de concreto. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 4.; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 4., 1997, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 1997. v. 1, p. 1-30.

HELENE, P. R. L.; PEREIRA, J. C. T. Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. Manual de fissuração e recuperação das estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P.; PEREIRA, V. C. Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras de concreto armado. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, BT/PCC/358, 2005.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1991–2020. [2022?]. Disponível em: <https://www.gov.br/inmet>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Corrosão em estruturas de concreto em ambiente marinho: prevenção e recuperação. São Paulo: IPT, 2014.

IPHAN. Preservação do Patrimônio Edificado: A questão do uso. [2014?]. Disponível em: .

LIMA, C. A.; SILVA, R. A. Influência da Zona de Convergência Intertropical no regime de chuvas no Maranhão. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 625-637, 2020.

LIMA, R. A.; SILVA, M. L. Análise do regime pluviométrico em São Luís – MA. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, p. 101-115, 2020.

MARINHO, J. L. A.; MESQUITA, E. F. T. (Org.). Patologias das edificações: manifestações nas edificações e no patrimônio histórico. 2. ed. São Paulo: LEUD, 2022. 296 p.

MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. R. L. Durabilidade de estruturas de concreto: causas e prevenção. São Paulo: Pini, 2009.

MEIRELES, M. História do Maranhão. 2. ed. São Luís: FUNC/SIQG, 1980. 430 p.

NAZARIO, D.; ZANCAN, E. C. Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, [S. l.], 2011.

NOMADSEASON. Clima e tempo – São Luís, Maranhão, Brasil. Disponível em: <https://nomadseason.com/climate/brazil/maranhao/sao-luis.html>. Acesso em: 11 ago. 2025.

PEDROZA, L. F. M. Avaliação do desempenho do ensaio não destrutivo de pacometria para verificação do cobrimento e posicionamento de barras de aço. 2018. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, DF, 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences, v. 11, p. 1633–1644, 2007. DOI: 10.5194/hess-11-1633-2007.

POLLAK, M. Memória e identidade social. Estudos Históricos, Rio de Janeiro, v. 5, n. 10, p. 200-212, 1992.

PROCEQ. Betonprüfhammer concrete test hammer scléromètre à béton. 2017. Disponível em: .

PROCEQ. Profoscope detector de vergalhões totalmente integrado. 2017. Disponível em: .

PROCEQ. Profoscope instruções de operação. 2014. Disponível em: .

PROCEQ. Punditlab soma funcionalidade de campo ao instrumento ultrassônico de teste em concreto. 2017. Disponível em: .

SECID MA. Adote um Casarão no Centro Histórico de São Luís. [S. l.]: Governo do Maranhão, 2019. Disponível em: <https://www.ma.gov.br/noticias/adote-um-casarao-ja-cedeu-14-imoveis-empresas-e-grupos-culturais-no-centro-historico-de-sao-luis>.

SECID MA. Programa Nosso Centro. [S. l.]: Governo do Maranhão, 2022. Disponível em: <https://secid.ma.gov.br/programas-oucampanhas/programa-nosso-centro>.

SILVA FILHO, O. P. Arquitetura luso-brasileira no Maranhão. 2. ed. Belo Horizonte: Formato, 1998. 251 p.

SILVA FILHO, O. P. Dossiê de tombamento para as praças de Teresina: Praças Pedro II, Liberdade, São Benedito, João Luís, Saraiva, Deodoro e Da Costa e Silva. 2008.

SOUZA, R.; RIPPER, T. Patologia das construções: identificação, diagnóstico e prevenção. São Paulo: PINI, 1998.

TAVARES, F. M. Metodologia de diagnóstico para restauração de edifícios dos séculos XVIII e XIX nas primeiras zonas de mineração em Minas Gerais. 2011. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2011.

TIME AND DATE. Clima – São Luís, Maranhão, Brasil. Disponível em: <https://www.timeanddate.com/weather/brazil/sao-luis/climate>. Acesso em: 11 ago. 2025.

UNESCO. Monumentos Patrimônio Mundial. [2022?]. Disponível em: .

ANDRADE, T.; TUTIKIAN, B. Durabilidade do concreto: causas e prevenção. São Paulo: Pini, 2011.

MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Durabilidade de estruturas de concreto armado. Concreto & Construções, São Paulo, v. 54, p. 42-51, 2009.

ARAÚJO, André Lucas Rocha de; SILVA, Natacha Stephany Sousa da. Desenvolvimento de uma câmara de névoa salina para simulação e análise da ação da maresia na região litorânea da cidade de São Luís – Projeto de viabilidade da implementação do primeiro laboratório de corrosão da Universidade Estadual do Maranhão. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

FRAZÃO, Yuri Leandro Abas; PICANÇO, Marcelo de Souza. Análise qualitativa da agressividade de intempéries do meio ambiente em concreto na cidade de São Luís – MA. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2023.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

VEDACIT. Protetor anticorrosivo à base de zinco – Armatec ZN. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://vedacit.com.br/para-voce/produtos-e-solucoes/produtos/protetor-anticorrosivo-a-base-de-zinco->. Acesso em: 11 ago. 2025.

SIKA. SikaGrout 428 FS – Grout cimentício de alta resistência. 2024. Disponível em: <https://usa.sika.com/en/construction/repair-protection/grouts/cementitious-grouts/sikagrout-428-fs.html>. Acesso em: 11 ago. 2025.

SIKA. Sikadur 32 Hi-Mod – Adesivo epóxi estrutural. 2024. Disponível em: <https://usa.sika.com/en/construction/repair-protection/multi-purpose-epoxies/adhesives/sikadur-32-hi-mod.html>. Acesso em: 11 ago. 2025.

QUARTZOLIT. Argamassa impermeabilizante antiumidade Quartzolit. Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/impermeabilizacao/argamassa-anti-umidade>. Acesso em: 11 ago. 2025.

QUARTZOLIT. Reboco impermeável Quartzolit 3 em 1. Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/impermeabilizacao/reboco-impermeavel-3-em-1>. Acesso em: 11 ago. 2025.