

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Rodrigo Andrade dos Santos

**Protocolo de perícia judicial técnica para magistratura-civil:
aplicação em estudos de casos de obras com patologias em
edifício multipavimentos em concreto e em edificação pública
municipal.**

**São Paulo
2024**

Rodrigo Andrade dos Santos

Protocolo de perícia judicial técnica para magistratura civil: aplicação em estudos de caso de obras com patologias em edifício multipavimentos em concreto e em edificação pública municipal.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia.

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Dr. Valdecir Angelo Quarcioni
(Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valdecir Angelo Quarcioni (Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Júlio Cesar Sabadini de Souza (Membro)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Cláudio Sbrighi Neto (Membro)
IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto

Rodrigo Andrade dos Santos

Protocolo de perícia judicial técnica para magistratura civil: aplicação em estudos de caso de obras com patologias em edifício multipavimentos em concreto e em edificação pública municipal.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia.

Área de Concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios – TCE.

Linha de Pesquisa: Patologia e Terapias das Construções Habitacionais

Orientador: Prof. Dr. Valdecir Ângelo Quarcioni

São Paulo

Nov./ 2024

Ficha Catalográfica

Elaborada pela GITEB – Gerência de Gestão da Informação Tecnológica e Bibliográfica
do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

S237p	Santos, Rodrigo Andrade dos Protocolo de perícia judicial técnica para magistratura civil: aplicação em estudos de caso de obras com patologias em edifício multipavimentos em concreto e em edificação pública municipal. / Rodrigo Andrade dos Santos. São Paulo, 2024. 136p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios. Orientador: Prof. Dr. Valdecir Ângelo Quarcioni 1. Perícia judicial 2. Laudo pericial 3. Patologia das edificações 4. Corrosão 5. Edifício de múltiplos pavimentos 6. Tese I. Quarcioni, Valdecir Ângelo, orient. II. IPT. Unidade de Negócios em Ensino Tecnológico III. Título
2025-01	CDU 69.059(043)

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista ao meu Deus, por me conduzir e iluminar o meu caminho ao longo desta trajetória.

Salmos 111:10 – O temor do Senhor é o princípio da sabedoria; todos os que cumprem os seus preceitos revelam bom senso. Ele será louvado para sempre!

Salmos 119:73 – As tuas mãos me fizeram e me formaram; dá-me entendimento para aprender os teus mandamentos.

Salmos 119:169 – Chegue à tua presença o meu clamor, Senhor! Dá-me entendimento conforme a tua palavra.

A Ele toda Honra e Toda Glória, hoje e sempre. Amém.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que compreendeu minhas ausências ao longo do desenvolvimento dos créditos do mestrado e da dissertação, com destaque especial à minha querida esposa, Vanusa Moraes de Andrade. Sou igualmente grato aos meus amados filhos, Daniel Moraes de Andrade e Alice Moraes de Andrade. Além disso, registro minha gratidão pelos incansáveis estímulos que recebi, os quais foram fundamentais para que eu prosseguisse com os estudos acadêmicos e concluísse a pesquisa.

Agradeço também ao meu filho Gabriel Maria Andrade Saramago, que, no meio de todo esse desenrolar jurídico, surgiu em minha vida, trazendo um novo sentido.

Ao meu pai, Sr. José Costa dos Santos, e à minha mãe, Sra. Unigenita Costa Andrade dos Santos, que sempre me incentivaram nos estudos. E, claro, aos meus irmãos Jefferson Andrade dos Santos, Lucas Andrade dos Santos e Abitael Andrade dos Santos, pela constante presença e apoio.

Ao meu orientador, Professor Dr. Valdecir Angelo Quarcioni, pela dedicação e paciência ao longo da orientação, além do inestimável apoio e incentivo, que foram essenciais para a conclusão desta dissertação.

Aos membros da Banca de Avaliação do Mestrado, Professor Dr. Júlio Cesar Sabadini de Souza e Professor Dr. Cláudio Sbrighi Neto, pelas valiosas orientações e contribuições durante a avaliação desta dissertação.

Agradeço também a todos os funcionários do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), em especial a Mary Yoshioka Pires de Toledo, Bruno Francisco da Silva e Adilson Feliciano Nascimento. E à Josefa Eliane, por sempre nos brindar com um saboroso café nos intervalos das aulas.

Aos meus colegas de mestrado, o arquiteto Ricardo Bastos Calabrese, o engenheiro Denis Emanuel de Souza e o engenheiro Rafael Navalho Machado, pela parceria incondicional em sala de aula e pelo constante apoio ao longo desta jornada.

Aos meus amigos advogados, Dr. Milton Fernandes Novais e Dr. Irineu Raposo, que me introduziram ao mundo jurídico e às perícias judiciais, contribuindo significativamente para meu crescimento profissional.

Aos meus irmãos em Cristo, o advogado Dr. Romildo José da Silva Filho e Liv Augustta Rodrigues Ferreira, por me ajudarem com as pesquisas no âmbito judicial.

À advogada Dra. Ana Claudia Silva Dias, que incondicionalmente me apoiou e incentivou, além de não medir esforços para conseguir as autorizações necessárias.

À engenheira Kelly Krystina Oliveira de Jesus, pelo apoio incondicional e incentivo para a realização desta dissertação.

Ao advogado e engenheiro Francisco Maia Neto, que gentilmente autorizou a utilização do documento “A Prova Pericial na Orientação de Processos Judiciais”, disponível na internet.

Aos engenheiros Walberto Antônio Melarato e José Luiz Villela Macedo Brandão, que autorizaram a utilização dos Laudos Periciais no Estudo de Caso.

Ao meu grande amigo Luiz Henrique de Oliveira, que não mede esforços para me apoiar e ajudar. São anos de amizade e parceria.

Aos meus amigos Donizete Mendes de Oliveira e Karina kelim Leal Barbosa, não sei mencionar a quantidade de vezes que vocês pararam tudo que estavam fazendo para me ajudar. Sem falar da parceria e amizade incondicional. Muito obrigado.

À minha professora Regina Cláudia Brunoro, da qual tive a honra de ser aluno no curso de pós-graduação em Engenharia e Perícia, que sempre torceu por mim e me incentivou a continuar meus estudos desde então.

Agradeço ao engenheiro civil e advogado Jefferson Luiz Alves Marinho, presidente do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Ceará – IBAPE-CE, pelo apoio incondicional e por suas contribuições ao meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao meu amigo engenheiro José Ivan Caballero Montero, pela parceria e contribuição incondicional para o e desenvolvimento profissional.

Por fim, e não menos importante, ao grande amigo e Pastor Alberto Fragoso Dias Dantas, que sempre me apoiou, me incentivou e esteve pronto para me ajudar. Vou sempre lembrar da forma carinhosa que sempre se dirigiu a mim, “fala minha pedra”, nossas esposas diziam “são amigos de infância”, sou grato a Deus por sua vida e pelo tempo que convivemos.

RESUMO

A deterioração de estruturas de concreto armado é um problema grave e comum em regiões litorâneas, pois nesse ambiente há uma grande concentração de íons cloretos na atmosfera. Os íons cloretos são facilmente encontrados devido à proximidade com a água do mar, são transportados pelo ar do mar para as zonas urbanas, onde se acumulam na estrutura de concreto armado, penetrando-o por poros do próprio material e pelas fissuras existentes nas estruturas, atingindo as armaduras de aço, com início ao processo de corrosão. Sequencialmente, a corrosão das armaduras, provoca sérias consequências negativas para uma estrutura de concreto armado, envolvendo segurança, durabilidade e comprometendo a sua integridade. Associado a este cenário tem-se redução da vida útil da estrutura e, naturalmente, com prejuízos financeiros e estéticos que, em casos mais graves, com danos aos usuários e a terceiros. Em situações dessa natureza, é compreensível que as pessoas procurem assistência do Poder Judiciário para proteger seus direitos e buscar compensações pecuniárias pelos danos sofridos. É nessa seara que surge a figura do perito do juízo que, por sua vez, é um profissional de engenharia nomeado por um juiz de direito. Tal perito desenvolverá um laudo técnico de engenharia com informações precisas e objetivas que auxiliará o magistrado na tomada de decisão.

Palavras Chaves: Laudo pericial; Perícia de Engenharia; Cloreto; Concreto; Corrosão.

ABSTRACT

Technical judicial expertise protocol for civil judiciary: application in case studies of pathological works in multi-storey concrete buildings and municipal public buildings.

The deterioration of reinforced concrete structures is a serious and common problem in coastal regions, as in this environment there is a large concentration of chloride ions in the atmosphere. Chloride ions are easily found due to their proximity to sea water, they are transported by sea air to urban areas, where they accumulate in the reinforced concrete structure, penetrating it through pores in the material itself and through cracks in the structures, reaching the steel reinforcement, starting the corrosion process. Sequentially, the corrosion of reinforcement causes serious negative consequences for a reinforced concrete structure, involving safety, durability and compromising its integrity. Associated with this scenario is a reduction in the useful life of the structure and, naturally, with financial and aesthetic losses which, in more serious cases, with damage to users and third parties. In situations of this nature, it is understandable that people seek assistance from the Judiciary to protect their rights and seek monetary compensation for the damages suffered. It is in this area that the figure of the court expert appears, who, in turn, is an engineering professional appointed by a judge. This expert will develop a technical engineering report with precise and objective information that will assist the judge in making a decision.

Keywords: Forensic report; Engineering Expertise; Chloride; Concrete; Corrosion.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Fase inicial da demanda judicial conforme o Código de Processo Civil.	28
Figura 2: Fase inicial da demanda judicial conforme o Código de Processo Civil.	29
Figura 3: Realização da perícia conforme o Código de Processo Civil.	29
Figura 4: Entrega do laudo conforme o Código de Processo Civil.	30
Figura 5: Esclarecimentos, segunda perícia e inspeção judicial	30
Figura 6: Classificação das fissuras.	43
Figura 7: Fissura geométrica.	44
Figura 8: Fissura geométrica.	44
Figura 9: Fissura mapeada padrão uniforme	45
Figura 10: Fissuração em torno de aberturas em parede submetida a sobrecarga.	48
Figura 11: Instalação de verga e contraverga.	49
Figura 12: Início do processo de carbonatação e oxidação do aço.	50
Figura 13: Estrutura de concreto armado carbonatada e armadura com corrosão.	51
Figura 14: Lixiviação, eflorescência e formação de estalactite.	52
Figura 15: Lixiviação e eflorescência.	53
Figura 16: Diagrama de equilíbrio termodinâmico (Fe – H ₂ O; 25°C).	57
Figura 17: Processo de ingresso de aerossol marinho em estrutura de concreto.	69
Figura 18: Representação esquemática das zonas de agressividade.	74
Figura 19: Deposição de cloretos do aerossol marinho e a distância do mar.	78
Figura 20: Manchas de escorrimento de ferrugem (a) e sujidades na fachada (b).	86
Figura 21: Revestimento com marcas de ferrugem (a) e oxidação galvânica na estrutura do alambrado (b).	87
Figura 22: Infiltração na laje, lixiviação (a) e destacamento e falta de aderência da manta de impermeabilização com a argamassa (b).	87
Figura 23: Banheiros acessíveis, sendo: torneira sem alavanca ou sensor eletrônico e lavatório sem barra de apoio (a) e espelho sem inclinação (b).	88
Figura 24: Detalhe da área de realização do teste de aderência. A seta vermelha indica a situação do delimitador de profundidade e do selante.	88
Figura 25: Poço de ventilação desprotegido contra queda.	89
Figura 26: Trincas nas alvenarias (a) e estufamento com descolamento das pastilhas (b).	89

Figura 27: Abertura entre a alvenaria e o piso (a) e fissura no alinhamento do rejunte do piso cerâmico (b).	90
Figura 28: Ausência de suportes para fixar a caixa sifonada (a) e tubulação hidráulica sem pintura e registros sem identificação (b).	90
Figura 29: Desplacamento do gesso devido a Infiltração (a) e (b).	91
Figura 30: Alvenaria da escadaria de emergência revestida com textura pontiaguda (a) e (b).	91
Figura 31: Corrimão obstruído e escamação da pintura (a) e (b).	92
Figura 32: Ausência de compartimentação vertical entre os pavimentos.	92
Figura 33: Caixa de distribuição elétrica com barra de ferro, fiação elétrica amarrada com arame, presença de madeira e papel (a) e (b).	93
Figura 34: Fissura, trinca, buraco e argamassa pulverulenta no piso da garagem.	93
Figura 35: Não houve contato da argamassa de assentamento e o tardo, causado a quebra.	94
Figura 36: Umidade na alvenaria do subsolo, desgaste da pintura (a) e (b).	94
Figura 37: Instalação de curva 90° na prumada sem dispositivo de inspeção para limpeza.	95
Figura 38: Manchas esbranquiçadas de eflorescência sobre o piso de granito (a) e (b).	96
Figura 39: Planta baixa e vista aérea da creche municipal.	104
Figura 40: Fissura com 1mm de abertura, sendo: (a) aspecto geral da alvenaria com fissuras e (b) detalhe de medição da abertura da fissura em campo.	104
Figura 41: Fissura com 0,9mm de abertura, sendo: (a) aspecto geral da alvenaria com fissuras e (b) detalhe de medição da abertura da fissura em campo.	105
Figura 42: Trinca de 0,9mm causada por ausência ou ineficiência da verga.	105
Figura 43: Contraverga não atende o requisito altura (a) e (b) a barra de aço instalada no furo do tijolo.	106
Figura 44: Armadura exposta no fundo da viga, sendo: (a) o aspecto geral da viga de concreto armado e (b) o detalhe da medição, que mostra 19mm de cobrimento no aço.	106
Figura 45: Aspecto geral das áreas úmidas, sendo: (a) ausência de revestimento cerâmico (a) e (b) falta a instalação de revestimento cerâmico.	107
Figura 46: Ausência das instalações hidráulicas e hidrossanitárias (a) e (b).	107

Figura 47: Vista geral da marquise, sendo: (a) com marcas de infiltrações, bolores e eflorescências e (b) medição da estalactite com 11,5cm de altura.	108
Figura 48: Aspecto geral da paginação do madeiramento do telhado (a) e medição da distância entre os caibros 69,50cm.	108
Figura 49: Ausência de emenda entre as terças (a) e pontalete com calços (cunhas) (b).	109
Figura 50: Teto sem aplicação de reboco, foi aplicado gesso (a) e (b).	109
Quadro 1: Classes de agressividade ambiental (CAA).	36
Quadro 2: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.	37
Quadro 3: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.	37
Quadro 4: Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto.	38
Quadro 5: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.	39
Quadro 6: Faixas de agressividade do aerossol marinho.	74
Quadro 7: Valores de velocidade crítica.	77

Lista de Tabela

Tabela 1: Influência da umidade relativa, da temperatura e da velocidade do vento na deposição de cloretos na cidade de Havana (Cuba), através de regressão multivariada linear.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CAA	Classes de Agressividade Ambiental
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CIM	Corrosão Induzida por Microrganismos
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-SP	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de São Paulo
CNJ	Conselho Nacional de Justiça
CPC	Código de Processo Civil
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
Fck	Feature Compression Know
IBAPE	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IT	Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros
TJSP	Tribunal de Justiça de São Paulo
MLE	Mandado de Levantamento Eletrônico
MPa	Mega Pascal
Mg	Miligrama
NCPC	Novo Código de Processo Civil
RAA	Reação Álcali-Agregado
RH	Umidade Relativa
RPT	Recomendações Técnicas de Procedimentos
STJ	Superior Tribunal de Justiça
VUP	Vida Útil de Projeto
VLT	Veículo Leve Sobre Trilho
ZAM	Zona de Atmosfera Marinha

Lista de Símbolos

m/s :	metro por segundo
m^2 :	Metro quadrado
μm :	micrômetro
$Dep :$	deposição de cloretos em $mg/(m^2.dia)$
V	Velocidade
T	Temperatura
RH	Umidade relativa
mm	Milímetro
m	Metro

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Contextualização e Justificativa	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	METODOLOGIA.....	19
4	PROTOCOLO DE PERÍCIA JUDICIAL TÉCNICA: SUBSÍDIOS PARA A MAGISTRATURA CIVIL	20
4.1	Classificação das Perícias Judiciais	20
4.2	O Perito Judicial.....	22
4.3	O Assistente Técnico	24
4.4	O Conceito de Laudo Técnico Pericial	25
4.5	Honorários Periciais.....	25
4.6	Acontecimento da Prova Pericial	27
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
5.1	Concreto, Aplicação e Patologias Vinculadas às Obras	32
5.2	Durabilidade do Concreto Armado.....	34
5.3	Conceituação Sobre Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado.....	34
5.4	Características do Concreto para Regiões Marinhas.....	35
5.5	Patologias em Estrutura de Concreto Armado.....	40
5.6	Fissuras e Trincas.....	42
5.7	Falhas ou Ausência de Sistema de Impermeabilização.....	45
5.8	Recalque de Fundação	46
5.9	Verga e Contraverga.....	47
5.10	Carbonatação do Concreto	49
5.11	Ataque de Sulfato.....	51
5.12	Lixiviação do Concreto	52
5.13	Eflorescência.....	52
5.14	Reação Álcali-Agregado.....	53
5.15	Conceito de Corrosão de Armadura por Ação de Íons Cloreto	54
5.16	Passivação da Armadura do Concreto.....	56
5.17	Fatores que Influenciam a Corrosão das Armaduras em Estrutura de Concreto	57

5.18 Fatores Determinantes da Velocidade e Profundidade de Penetração de Íons Cloreto.....	58
5.19 Penetração de Água e Transporte de Íons no Concreto.....	60
5.20 Métodos de Avaliação do Processo de Corrosão.....	64
5.21 Caracterização da Agressividade em Zona de Atmosfera Marinha.....	67
5.22 Fatores que Influenciam a Geração, o Transporte e a Acumulação de Íons Cloretos na Superfície do Concreto	68
5.23 Composição da Água do Mar.....	70
5.24 Formação de Aerossol Marinho.....	72
5.25 Velocidade e Direção dos Ventos.....	75
5.26 Distância ao Mar.....	77
5.27 Distribuição em Altitude.....	78
5.28 A influência da Temperatura, Umidade Relativa e a Pressão Atmosférica.....	79
5.29 Efeito Blindagem ou Barreira.....	81
6 ESTUDOS DE CASOS: APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE PERÍCIA JUDICIAL TÉCNICA EM OBRAS COM PATOLOGIAS EM CONCRETO	82
6.1 Estudo de Caso A: Edifício Residencial Multipavimento.....	82
6.2 Registros e Detalhamento da Inspeção Técnica Pericial.....	85
6.2.1 Laudo Técnico Judicial.....	86
6.2.2 Análise da Sentença Judicial.....	96
6.3 Estudo de Caso B: Edifício Destinado à Creche Pública	103
6.3.1 Caracterização e Contextualização.....	103
6.3.2 Análise da Sentença Judicial.....	110
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS.....	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Justificativa

O Brasil é o maior país da América do Sul e o quinto maior do mundo em termos de extensão territorial, cobrindo aproximadamente 8.514.876 quilômetros quadrados. Sua vasta área representa cerca de 48% de toda a superfície da América do Sul. Possui uma costa litorânea que se estende do Oiapoque, no Estado do Amapá até Barra do Chuí, no Estado do Grande do Sul, totalizando mais de 7.367 mil quilômetros de forma contínua, banhado pelo Oceano Atlântico.

Por muito tempo, o concreto foi considerado praticamente inabalável. No entanto, começaram a surgir manifestações patológicas significativas e frequentes, acompanhadas de custos elevados para se fazer o reparo (BORBA JUNIOR, 2011). Essas patologias não apenas afetam a estética das estruturas de concreto, as fachadas dos edifícios, mas também, em muitos casos, comprometem sua capacidade de resistência, estabilidade estrutural e segurança, podendo ocorrer colapso parcial ou total da construção.

A incidência dessas patologias pode ser atribuída a dois fatores principais. Primeiro fator é o aumento da esbeltez das estruturas, resultando em dimensões menores das peças estruturais, correlacionada com menor cobertura das armaduras e aumento das tensões de trabalho, favorecendo a tendência à fissuração e a diminuição da proteção das armaduras. Já o segundo fator é o aumento da agressividade do ambiente. Principalmente devido à industrialização e à localização dessas construções em áreas costeiras sujeitas à atmosfera marinha (BORBA JUNIOR, 2011). Uma estrutura de concreto armado está sujeita a diversas patologias, que se não tratadas adequadamente degradam a estrutura, tais como: fissura e trinca, carbonatação, eflorescência, lixiviação, corrosão, ataque de sulfato, reação álcali-agregado etc.

A corrosão é a patologia que está mais presente em estruturas de concreto, além de representar riscos à segurança e estabilidade das edificações. Esse processo corrosivo deteriora as barras de aço, levando à perda progressiva da seção nominal das barras e à formação de produtos expansivos que, inevitavelmente, causam fissuras no concreto. Esse processo é progressivo e, se não for tratado, tende a piorar com o passar do tempo (BORBA JUNIOR, 2011).

A avaliação da durabilidade das estruturas de concreto armado envolve a análise do ambiente onde os edifícios estão inseridos. A norma ABNT NBR 6118 (2023), que aborda o projeto de estruturas de concreto, classifica a agressividade ambiental em quatro classes e estabelece parâmetros de projeto específicos para cada uma delas, incluindo a espessura mínima de cobrimento das armaduras e a resistência mecânica característica. Destacam-se as classes de agressividade do ambiente marinho, fator importantíssimo que, ao se projetar uma estrutura de concreto, deve ser observado com atenção pelo projetista.

Possuir esses conhecimentos permitirá o desenvolvimento de projetos de estruturas de concreto armado que adotem medidas preventivas contra a corrosão das armaduras causada pela ação de íons de cloreto, priorizando a durabilidade das construções.

Estudos realizados por Borba Junior (2011) indicam que os cloretos presentes na atmosfera se acumulam na superfície das estruturas de concreto e penetram em seu interior através dos poros e fissuras. Quando atingem a região próxima às armaduras, a concentração desses cloretos aumenta até um ponto que desencadeia a corrosão das barras de aço.

Dessa forma, o ambiente marinho se caracteriza por ser uma atmosfera com alta concentração de íons de cloretos, as estruturas de concreto que são construídas nessas regiões e recebem diretamente os respingos ou as névoas salinas, estão sujeitas as patologias de oxidação, diminuindo consequentemente a vida útil da estrutura. De tal forma que, as edificações construídas mais afastadas da orla do mar ou em regiões mais altas apresentam concentrações menores de íons de cloretos.

Um aspecto relevante destacado por Gustafsson e Franzén (1996) é que a influência do vento na concentração de íons de cloretos diminui à medida que se afasta do mar. No mar aberto, as partículas de íons de cloreto são continuamente formadas e depositadas. Esse ciclo não permite que a concentração de cloretos na atmosfera diminua significativamente. Na costa, a concentração atmosférica de cloretos é maior e a gravidade faz com que as partículas se depositem mais rapidamente nas estruturas. Com o aumento da velocidade do vento, essas partículas percorrem distâncias maiores. Além disso, obstáculos urbanos e naturais podem interromper o transporte das partículas, especialmente em áreas urbanas.

Em situações em que ocorram a falta de manutenção preventiva, corretiva e preditiva, as estruturas de concreto armado irão se degradar ao ponto de colapsar

totalmente ou parcial, tal situação gera desconforto, prejuízos materiais e até perdas de vidas humanas. Contudo, é natural que a pessoa peça auxílio no Poder Judiciário para preservar seus direitos e buscar indenizações pecuniárias. É nessa seara que surge a figura do perito judicial, que por sua vez é um profissional legalmente habilitado detentor de conhecimentos específicos, sua nomeação é uma prerrogativa do juiz de direito. Sua atuação é para fazer as investigações necessárias com o propósito de identificar a origem e a causa do litígio. O resultado dessa investigação será o desenvolvimento de um Laudo Pericial que auxiliará o juiz na tomada de decisão.

A atuação do perito judicial é ampla e abrangente, ao atuar em diversas áreas do conhecimento. Oliveira (2009) elenca as modalidades de perícia, incluindo a perícia grafotécnica, a perícia médica, a perícia contábil, a perícia econômica, a perícia psicológica, a perícia administrativa, a perícia de tradução e interpretação, a perícia veterinária e a perícia de engenharia, a perícia em informática.

Soares e Magri (2022) destacam que a estimativa de honorários é a primeira oportunidade que o perito tem de compreender o que se discute no processo e a finalidade da perícia, isto deve ser considerado para fundamentar o valor dos honorários. É neste momento que o perito pode informar ao Juízo quaisquer restrições e observações sobre o desenvolvimento da perícia, ou escusar-se da designação pericial, conforme o artigo 467 do Código de Processo Civil (CPC).

A aplicação do Protocolo de Perícia Judicial é um avanço significativo no processo de resolução de questões complexas atrelado à engenharia civil no âmbito judicial. A sistematização dos procedimentos técnicos propostos pelo protocolo, proporciona maior eficiência na coleta de evidências na análise das anomalias construtivas e na elaboração do laudo pericial, esse enfoque técnico fortalece as decisões judiciais, promove a segurança jurídica, proporciona confiança na engenharia e no sistema judiciário brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é desenvolver e propor um protocolo (roteiro) para a atuação do perito judicial, como suporte ou subsídio à magistratura em demandas de processo cível onde requer a atuação da engenharia civil.

2.2 Objetivos Específicos

Detalhar o procedimento de nomeação de um perito judicial, à luz do Direito. Para tanto, será relatado o procedimento de nomeação em um processo judicial, apresentação do organograma com o ciclo processual, desde a aceitação da nomeação até a entrega final do laudo pericial. Pretende-se demonstrar a relevância da atuação do perito judicial no sistema judiciário brasileiro, abrangendo desde a nomeação, análise da demanda judicial, estimativa de honorários, execução de vistorias técnicas até a entrega do laudo pericial.

Ilustrar o protocolo por meio de dois estudos de casos relativos a dois processos judiciais selecionados, sendo o primeiro que envolve uma edificação de multipavimentos localizada no litoral paulista e o segundo relacionado a uma construção de obra pública na região do Vale do Ribeira.

Incorporar a experiência deste signatário em processo judicial, focando no diagnóstico das patologias construtivas de uma edificação pública situada na região do Vale do Ribeira. Com isso, ilustrar a relevância da atuação do perito judicial como profissional capacitado para subsidiar tecnicamente o magistrado na tomada de decisões relativas a processos judiciais que demandam um laudo técnico.

3 METODOLOGIA

De forma concisa, foram realizadas pesquisas sobre o tema relacionado com a patologia estrutural de concreto, patologias em edificações em regiões litorâneas, a fim de construir um embasamento sólido e consistente para a dissertação. Isto posto, foram utilizadas fontes bibliográficas compostas por livros nacionais e internacionais que tratam das patologias estruturais, normas, teses, dissertações e artigos científicos. Adaptação de um fluxograma mostrando a atuação do perito judicial em realização de uma perícia técnica, fundamentada no artigo 149 do Novo Código de Processo Civil (NCPC). Pesquisa no site do Tribunal de Justiça de São Paulo, em busca de processo judicial, onde houve a necessidade de realização de perícia relacionada às patologias de construção civil em região litorânea.

Contato com o assistente técnico da edificação localizada no litoral Paulista e com os representantes da prefeitura Municipal da região do Vale do Ribeira no Estado de São Paulo, a fim de solicitar autorização para uso das imagens e do laudo pericial, coletar dados sobre os projetos das estruturas, dados das características ambientais onde a estrutura está inserida, assim como dados da composição atmosférica do ambiente, relatórios das condições das estruturas estudadas, relatórios de processos de recuperação aos quais as estruturas tenham sido submetidas, informações sobre o planejamento de manutenção.

Para atender aos objetivos aqui propostos, desenvolveu-se uma revisão bibliográfica, para construir a fundamentação teórica necessária para a discussão a que este trabalho se propõe.

4 PROTOCOLO DE PERÍCIA JUDICIAL TÉCNICA: SUBSÍDIOS PARA A MAGISTRATURA CIVIL

4.1 Classificação das Perícias Judiciais

A engenharia e o direito estão em constante evolução para atender às crescentes demandas da sociedade. Ambas as áreas desempenham papéis essenciais na resolução de problemas complexos e na promoção da justiça, com constante aprimoramento, com o desenvolvimento de normas e regulamentos mais rigorosos para garantir a segurança e estabilidade das edificações. A coleta e análise de dados desempenha um papel crescente na engenharia e no direito, permitindo a tomada de decisão mais precisa com relação à manutenção preventiva e corretiva, salvaguardando o direito individual.

Medeiros e Fiker (2013) afirmam que quando duas ou mais pessoas demonstram interesse em relação ao mesmo bem, ou utilidade, isso resulta em um conflito de interesses entre elas. Ao passo que esse conflito pode levar a uma situação em que uma das partes busca sua vontade, exigindo que o interesse da outra parte seja subordinado ao seu próprio, o que é conhecido como “pretensão”. Caso a outra parte resista a essa pretensão, gera uma animosidade conhecida como litígio ou lide. A responsabilidade de resolver essa lide recai sobre um terceiro indivíduo, que deve ser imparcial e desinteressado na questão. Esse terceiro sujeito é representado pelo Estado por meio de seus órgãos jurisdicionais.

Dados do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), revelam que os brasileiros recorreram ao Poder Judiciário de forma sem precedentes em 2022. Foram iniciados 31,5 milhões de processos nesse período, representando um aumento de 10% em relação ao ano de 2021. Ainda segundo o CNJ, as ações apresentadas pela primeira vez em 2022, excluindo os casos em andamento em instâncias superiores e as execuções judiciais, o total é de 21,3 milhões de processos, representando um aumento de 7,5% em relação ao ano anterior.

Segundo as diretrizes da ABNT NBR 13752 (2024), para a atuação de peritos de engenharia é necessário ser imparcial, ter ética profissional e competência técnica. A referida norma, também, define perícia como uma atividade que envolve a verificação das causas que motivaram determinado evento ou a afirmação de direitos relacionados à construção civil.

Isso implica que a perícia de engenharia é uma investigação técnica realizada por profissionais para determinar as causas de um evento, como um acidente, uma falha estrutural, um problema de construção, para avaliar a conformidade com direitos contratuais, regulamentares ou legais. O objetivo da perícia é fornecer informações precisas e imparciais que possam ser usadas em processos judiciais, de forma autônoma, para auxiliar o juiz em sua decisão.

A referida norma classifica as seguintes espécies de perícias:

- **Arbitramento:** Quando envolve a tomada de decisão ou posição entre as alternativas tecnicamente controversas ou que decorrem de aspectos subjetivos.
- **Avaliação:** Análise técnica para determinar custos, valores ou indicadores de viabilidade econômica para um determinado bem, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes.
- **Exame:** Constatação de fatos ou desenvolvimento de processo analítico fundamentado que permita extrair conclusões acerca de causas e consequências, ainda que no âmbito da probabilidade, tendo por objeto pessoas, semoventes e bens móveis.
- **Vistoria:** Constatação de fatos ou desenvolvimento de processo analítico fundamentado que permita extrair conclusões acerca de causas e consequências, ainda que no âmbito da probabilidade, tendo por objeto bens imóveis.

Normalmente as perícias são provenientes dos seguintes litígios:

- Ações judiciais;
- Ações administrativas;
- Ações extrajudiciais.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Estado de São Paulo (IBAPE-SP), em sua Norma Básica para Perícias de Engenharia de IBAPE/SP-2015, apresenta em sua redação as seguintes definições quanto às classificações das perícias de engenharia:

- **Quanto à natureza do objeto da perícia.**
 - Imóveis e Benfeitorias
 - Máquinas e Equipamentos
 - Veículos Automotores

- Instalações
- Frutos (para o artigo 95 do Código Civil, os aluguéis recebidos de um imóvel deixado de herança, objeto de um contrato de locação, são considerados frutos civis)
- Direitos
- Projetos e Documentos Técnicos
- **Quanto às espécies de perícias**
 - Avaliações
 - Exames
 - Vistorias

4.2 O Perito Judicial

De acordo com a definição da ABNT NBR 13752 (2024), o perito é um profissional legalmente habilitado pelo Conselho de Classe de Engenharia ou Arquitetura com atribuições para realizar a perícia.

Nos processos judiciais, especialmente em casos que envolvem questões técnicas complexas que vão além do conhecimento do magistrado, é natural que o juiz faça a nomeação de um profissional com conhecimentos específicos, para auxiliá-lo na análise da problemática. Esses profissionais são conhecidos de perito judicial, “expert”, que por sua vez são profissionais especializados em uma área técnica específica, como engenharia, medicina, contabilidade, psicologia, entre outras, e são legalmente habilitados a fornecer informações técnicas e imparciais para auxiliar o juiz na tomada de decisão (VITÓRIO, 2003).

Conforme o artigo 149 do NCPC, o perito é um auxiliar da justiça. Sua presença é exigência quando a prova do fato depender de conhecimento técnico ou científico (ART. 156, NCPC 2015). Sua nomeação observa o cadastro de experts mantido pelo tribunal ao qual o juiz está vinculado. E estabelece as diretrizes para a habilitação profissional do perito nomeado pelo juiz, transcrito a seguir:

O juiz será assistido por perito quando a prova do fato depender de conhecimento técnico ou científico.

§ 1º Os peritos serão nomeados entre os profissionais legalmente habilitados e os órgãos técnicos ou científicos devidamente inscritos em cadastro mantido pelo tribunal ao qual o juiz está vinculado.

§ 2º Para formação do cadastro, os tribunais devem realizar consulta pública, por meio de divulgação na rede mundial de computadores ou em jornais de grande circulação, além de consulta direta a universidades, a conselhos de classe, ao Ministério Público, à Defensoria Pública e à Ordem dos Advogados do Brasil, para a indicação de profissionais ou de órgãos técnicos interessados.

§ 3º Os tribunais realizarão avaliações e reavaliações periódicas para manutenção do cadastro, considerando a formação profissional, a atualização do conhecimento e a experiência dos peritos interessados.

§ 4º Para verificação de eventual impedimento ou motivo de suspeição, nos termos dos artigos 148 e 467, o órgão técnico ou científico nomeado para realização da perícia informará ao juiz os nomes e os dados de qualificação dos profissionais que participarão da atividade.

§ 5º Na localidade onde não houver inscrito no cadastro disponibilizado pelo tribunal, a nomeação do perito é de livre escolha pelo juiz e deverá recair sobre profissional ou órgão técnico ou científico comprovadamente detentor do conhecimento necessário à realização da perícia. (CÓDIGO DE PROCESSO CIVIL, ART. 145, 2015)

As perícias de engenharia na construção civil devem ser realizadas apenas por profissionais habilitados, devidamente registrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) ou no Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), nas respectivas atribuições profissionais contempladas na legislação vigente.

As respectivas atribuições profissionais são contempladas nas Leis Federais n.º 5.194 de 21/12/1966 e n.º 12.378 de 31/12/2010 e resoluções do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) e Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil.

O Código de Processo Civil, em seus artigos 144 e 145, prevê os casos de impedimento e suspeição do juiz que também são aplicados para o perito. É importante ressaltar que a imparcialidade e a independência são fundamentais para a atuação de um perito judicial.

Segundo Vitório (2003), o perito judicial pode e deve declarar-se suspeito em situações em que haja motivos legítimos para duvidar de sua imparcialidade ou independência, mesmo que seja uma questão de foro íntimo, tais quais:

- a)** Se o perito faz parte no processo;
- b)** Se tiver trabalhado no processo com outra função;

- c) Se alguma das partes for parente seu, consanguíneo ou afim, em linha reta ou, na colateral, até o terceiro grau;
- d) Não versar sobre a matéria da perícia.
- e) Ser inimigo capital de qualquer das partes;
- f) Ser devedor ou credor em mora de qualquer das partes, dos seus cônjuges, de parentes destes em linha reta ou em linha colateral até o terceiro grau ou entidades das quais esses façam parte de seu quadro societário ou de direção;
- g) Ser herdeiro presuntivo ou donatário de alguma das partes ou dos seus cônjuges;
- h) Ser parceiro, empregador ou empregado de uma das partes;
- i) Aconselhar, de alguma forma, parte envolvida no litígio acerca do objeto da discussão;
- j) Houver qualquer interesse no julgamento da causa em favor de uma das partes.

4.3 O Assistente Técnico

A Norma Brasileira ABNT NBR 13752 (2024) define o Assistente Técnico como um profissional legalmente habilitado pelo conselho de classe, é indicado e contratado por uma das partes envolvidas em um processo judicial ou arbitral para prestar assistência técnica. A função do assistente técnico é orientar e apoiar a parte que o contratou durante todas as fases da perícia e, quando necessário, emitir seu próprio parecer técnico sobre as questões em disputa.

Entretanto, Vítório (2003) diz que o assistente técnico tem as seguintes participações:

- Analisar tecnicamente o processo em que está atuando, procurando enumerar os itens que poderá ir adiantando quando se iniciarem as diligências;
- Formulação dos quesitos iniciais e complementares, que poderão ocorrer ao longo da realização da perícia;
- Informar ao perito do juízo sobre o andamento do processo, facilitando seu acesso aos imóveis, documentos e informações úteis à perícia;
- Analisar o laudo elaborado pelo perito do juízo, explicando as conclusões dele ao advogado e ao cliente que o indicou;

- Em caso de divergência com o laudo do perito judicial, elaborar seu laudo pericial de contestação em separado, apresentando suas divergências técnicas com justificativas e bem fundamentadas.

4.4 O Conceito de Laudo Técnico Pericial

O laudo técnico pericial é uma peça na qual o perito, expõem a análise e fundamentação, expostas de forma clara, objetiva, inteligível, devendo contemplar tudo quanto necessário para o perfeito entendimento da matéria, apoiadas em referências técnicas pertinentes, dentre outras: normas técnicas, bibliografia, projetos, especificações, memoriais, regulamentos, manuais, legislação, contratos, cronogramas, orçamentos, pareceres especializados, ensaios, testes e procedimentos técnicos consagrados. Devendo constar, quando for cabível, a anamnese do caso, apresentada cronologicamente, identificando as datas de ocorrência dos eventos, relatório fotográfico e desenhos elucidativos (MAIA NETO, 2019).

A clareza e a objetividade são essenciais na elaboração de um laudo técnico pericial, e apresentar linguagem técnica adequada, com disposição racional dos textos e ilustrações. Conter apenas considerações que não, fomentem qualquer dúvida de natureza técnica, evitando parágrafos longos de difícil compreensão e que sejam inconclusivos (VITÓRIO, 2003).

Cabe destacar a importância da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), que encontra amparo na Lei Federal 6.496/77, que estabelece a obrigatoriedade de sua emissão. O referido documento é emitido por um profissional de engenharia, nele se especifica a natureza e os limites da responsabilidade e serve como uma declaração formal de que o profissional é responsável pelo trabalho técnico realizado, incluindo a elaboração de laudos, pareceres técnicos, projetos, entre outros.

4.5 Honorários Periciais

Após ser nomeado pelo juiz, o perito recebe um prazo de 5 dias para estudar o processo e apresentar o valor dos honorários. Essa é a primeira oportunidade que o perito tem de compreender o que se discute no processo e qual será a finalidade da perícia. Essas análises são fundamentais para estimar e fundamentar o orçamento de honorários, com detalhamento das etapas e dos documentos necessários. É neste momento que o perito pode informar ao magistrado quaisquer restrições e

observações sobre o desenvolvimento da perícia ou, nos termos do artigo 467 do CPC, escusar-se da designação pericial (SOARES e MAGRI, 2022).

Após a apresentação da estimativa de honorários, é possível que o perito seja intimado para prestar esclarecimentos ou responder a impugnações relacionadas ao valor da proposta de honorários e ao escopo de trabalho. Significa dizer que as partes envolvidas no processo judicial, como as partes litigantes ou o Juízo, podem ter dúvidas ou objeções em relação aos detalhes da estimativa de honorários, ou ao trabalho pericial planejado (MAIA NETO, 2019).

Nesse cenário, o perito deve estar preparado para fornecer informações adicionais, explicar sua proposta de honorários e esclarecer qualquer questionamento em relação ao escopo da perícia. Essa comunicação e transparência podem ser cruciais para resolver possíveis discordâncias e garantir que o trabalho pericial prossiga de maneira adequada e conforme as expectativas das partes envolvidas e do sistema judicial.

Conforme previsto no parágrafo 3º do artigo 465 do CPC, a definição do valor dos honorários periciais é de responsabilidade do Magistrado. Esse valor pode ser determinado pelo juiz, independentemente de ser considerada ou não a estimativa de honorários realizados pelo perito.

Segundo o artigo 95 do CPC, a remuneração do perito judicial é de responsabilidade da parte que solicita a perícia. No entanto, caso a perícia seja determinada pelo juiz por iniciativa própria (de ofício) ou um pedido mútuo, a remuneração é rateada entre as partes.

Art. 95. Cada parte adiantará a remuneração do assistente técnico que houver indicado, sendo a do perito adiantada pela parte que houver requerido a perícia ou rateada quando a perícia for determinada de ofício ou requerida por ambas as partes. (CPC, artigo 95).

Após a estimativa de honorários periciais, o juiz determina que as partes se manifestem a respeito, permitindo que elas possam solicitar esclarecimentos adicionais do perito ou apresentar impugnações quanto ao valor estimado pelo perito. Esse processo deverá ocorrer em um prazo comum de 5 dias, conforme previsto no parágrafo 3º do artigo 465 do CPC.

O valor dos honorários periciais é fixado pelo Magistrado somente após a concordância das partes ou, caso haja discordância entre elas, o juiz fixa o valor.

Posteriormente, esse valor é destinado ao depósito em conta judicial. O § 4º do artigo 465 do CPC estabelece a possibilidade de adiantamento de até 50% do valor dos honorários periciais depositados. Contudo, o restante desse valor só poderá ser retirado pelo perito após a entrega do laudo pericial e, se for o caso, após a prestação de eventuais esclarecimentos adicionais.

O depósito judicial do valor dos honorários periciais não implica nenhum pagamento direto ao perito. Para ocorrer o pagamento, é necessário peticionar e solicitar a expedição do Mandado de Levantamento Eletrônico (MLE), seguindo o modelo e as instruções disponíveis no site do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (SOARES e MAGRI, 2022).

Durante o curso da perícia, e antes da apresentação do laudo final, caso seja necessário, o perito tem a prerrogativa de solicitar novamente documentos complementares às partes envolvidas, informar ao juiz em que estágio está o desenvolvimento do laudo pericial, explicar e fundamentar a eventual necessidade de contratação de serviços adicionais (SOARES e MAGRI, 2022).

4.6 Acontecimento da Prova Pericial

A importância de uma prova pericial em um processo judicial é amplamente reconhecida no Brasil, uma vez que, por meio dela, permite-se sustentar de forma sólida as descrições pela parte envolvida.

No entanto, apesar de se considerar exclusivamente a eficácia desse instrumento, a sua utilização no sistema judicial brasileiro ainda é limitada, deixando margem para incertezas e até mesmo para decisões equivocadas, nas quais os direitos são concedidos a quem não os merece verdadeiramente.

Sobre a relevância das provas, Mittermaier (1996) expressa o seguinte entendimento:

As mais sábias leis, que decretam penas contra quem as infringir, seriam verdadeiramente infrutuosas, se os infratores, com desprezo de suas disposições, não fossem irremissivelmente sujeitos aos castigos, que elas determinam. A única consideração que pode suspender o braço do homem resolvido ao crime, a única garantia que, por conseguinte, a Lei pode dar à sociedade, é a certeza que deve ter o delinquente de que não escapará à vingança da Lei, nem às penas que o crime merece. Um crime sem punição dá origem a dez outros: trava-se uma luta aberta entre o criminoso e a lei demasiado fraca. [...] Em

qualquer sentença proferida sobre a culpabilidade de um acusado há uma parte essencial: a que decide se o crime foi cometido; se o foi pelo acusado; e que circunstâncias efetivamente determinam a penalidade. [...] Essa sentença sobre a verdade dos fatos, pois, que é sobre a prova que versam as prescrições legais mais importantes em matéria de processo criminal (MITTERMAIER 1996).

A prova pericial no contexto jurídico é conhecida como a “rainha das provas”, devido ao seu elevado nível de seleção. Isso ocorre porque ela é elaborada por peritos que possuem capacidade técnica e intelectual necessária para analisar diversos tipos de cenários, recriando os eventos ocorridos e simulando-os com o objetivo.

O ciclo da perícia no Código de Processo Civil visa garantir a imparcialidade, a objetividade e a qualidade das informações técnicas apresentadas no Tribunal de Justiça para auxiliar na tomada de decisões justas e fundamentadas.

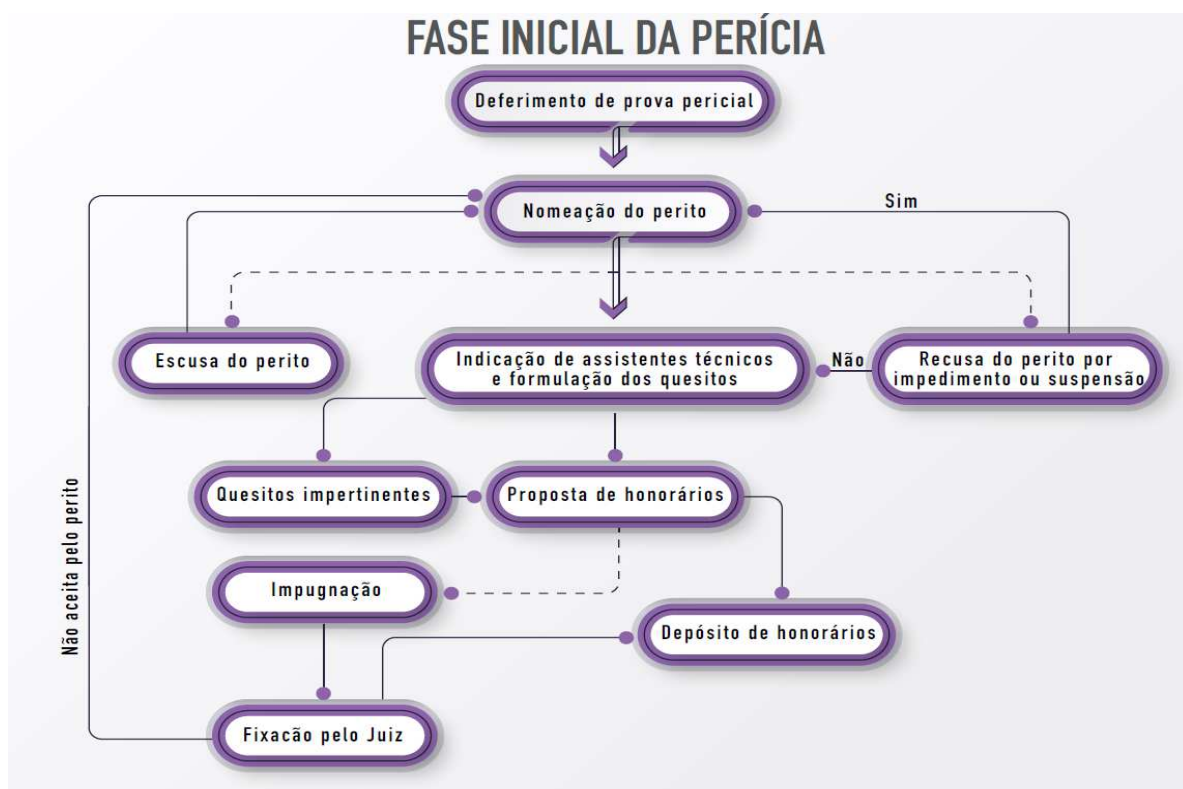
Após o ingresso da petição judicial (Figuras 1 a 5), o juiz inicia uma sequência de análise que abrange diversas etapas: análise da petição inicial, citação da parte contrária, análise da contestação, análise de provas documentais, decisões interlocutórias, audiências e produção de provas, sentença final (MAIA NETO, 2019).

Figura 1: Fase inicial da demanda judicial conforme o Código de Processo Civil.



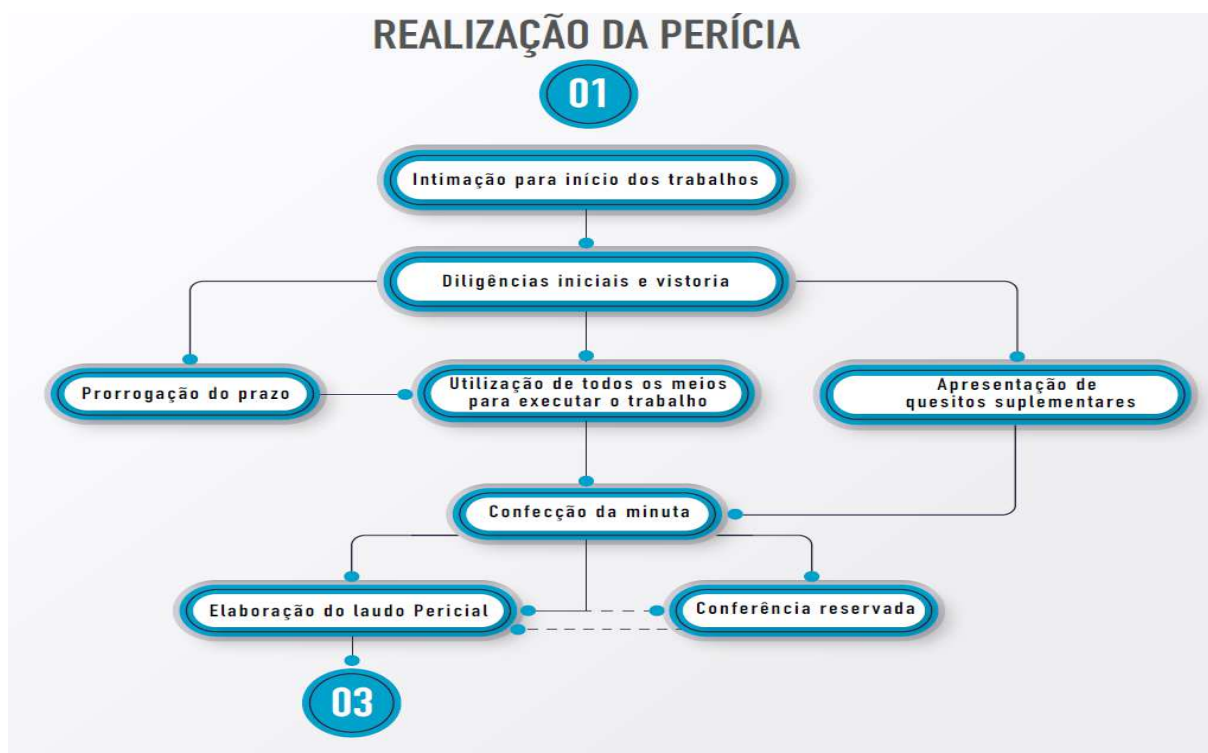
Fonte: Maia Neto (2019) – Adaptado.

Figura 2: Fase inicial da demanda judicial conforme o Código de Processo Civil.



Fonte: Maia Neto (2019) – Adaptado.

Figura 3: Realização da perícia conforme o Código de Processo Civil.



Fonte: Maia Neto (2019) – Adaptado.

Figura 4: Entrega do laudo conforme o Código de Processo Civil.



Fonte: Maia Neto (2019) – Adaptado.

Figura 5: Esclarecimentos, segunda perícia e inspeção judicial



Fonte: Maia Neto (2019) – Adaptado.

Dependendo da complexidade do caso, o juiz pode designar audiências para ouvir testemunhas, colher depoimentos das partes e realizar a produção de provas. Essas etapas ajudarão a esclarecer os fatos e fundamentar a decisão final. Após concluídas todas as etapas anteriores, o juiz emite uma sentença final que decide o mérito da causa. A sentença pode ser favorável a uma das partes ou, em alguns casos, pode resultar em um acordo ou decisão parcial.

O juiz desempenha um papel crucial na análise e resolução de questões legais, combinando uma análise minuciosa das alegações das partes com a aplicação da legislação, doutrina, jurisdição relevantes e análise de prova pericial para tomar uma decisão justa e fundamentada.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Concreto, Aplicação e Patologias Vinculadas às Obras

As obras de engenharia como edifícios, píeres, cais, pontes, estradas, barragens e outros tipos de infraestrutura, estão suscetíveis a uma série de fatores que podem afetar sua integridade e desempenho ao longo do tempo. Isso se refere a problemas ou falhas que podem estar presentes desde o início do projeto, tais como: erros na elaboração dos projetos, mão de obra inexperiente ou desqualificada, escolha de materiais de baixa qualidade, aplicação de métodos de construtivos inadequados e ausência de fiscalização, (MEIRA e PADARATZ, 2002).

Esses problemas podem atuar isoladamente ou associados, de tal forma que podem levar a falhas estruturais, compromete a estabilidade e segurança, produz inconsistências na qualidade da construção, compromete a durabilidade, reduz a vida útil, especialmente se não forem implementados controles de qualidade rigorosos durante o processo construtivo.

Embora muitas edificações e estruturas de engenharia tenham demonstrado uma durabilidade notável sob condições adversas, é importante compreender que todas as construções têm uma vida útil finita. Acrescenta-se a esse processo o desgaste natural ao longo do tempo devido à exposição a elementos como vento, água, mudanças de temperatura.

Em especial, as edificações localizadas em regiões litorâneas, onde se constata a forte ação da névoa salina e cloreto em suspensão. Os íons cloretos são facilmente encontrados devido à proximidade com a água do mar, são transportados pelo ar do mar para as zonas urbanas, onde se acumulam na estrutura de concreto armado, penetrando-o por meio dos poros, fissuras existentes nas estruturas, chegando nas armaduras de aço dando início ao processo de corrosão, (ANGST, 2019; BERTOLINI et al., 2004).

Com relação à durabilidade, ela pode ser entendida como a capacidade que um material possui de resistir às ações de intempéries, ataques químicos, abrasão e outros processos de deterioração, mantendo suas características originais, ABNT NBR 6118, (2023). Cabe destacar que a corrosão das armaduras é um processo no qual o aço retorna à forma de óxido de ferro, e no concreto armado é estimulada pela redução de pH devido à carbonatação ou pela presença de cloretos.

Sequencialmente, a corrosão das armaduras provoca sérias consequências negativas para a segurança, durabilidade, comprometendo a integridade, reduz a vida útil da estrutura de concreto armado, colapso parcial ou total dessas, e em casos mais graves, danos à vida humana e animal. Além de provocar prejuízos financeiros e estéticos, é necessário manutenções periódicas, reparos estruturais e reforço estrutural.

A história revela que o concreto surgiu nas construções do império romano, por volta de 400 a.C., na época era chamado de cal pozolânica, e era constituído por cal hidratada e cinza vulcânica. Os romanos notaram que a mistura destes materiais resultava em uma espécie de aglomerante que endurecia após o contato com a água. Logo então, as construções passaram a incorporar essa mistura, principalmente nas fundações, uma vez que o solo da região era extremamente arenoso. (REGANATI, 2020; HEMBRAFER, 2019).

O grande passo para o desenvolvimento das construções foi a descoberta do cimento Portland. Joseph Aspdin foi o inventor que deu o grande passo em direção ao desenvolvimento. Por volta de 1824, ele obteve o material queimando argila e calcário moídos em altas temperaturas. Após essa descoberta, outras foram sendo realizadas em curto espaço de tempo. Em 1836, na Alemanha, ocorreu o primeiro teste sistemático do concreto feito com cimento Portland, com a intenção de medir a resistência à compressão e a tração do material. Já na década de 1840, houve controvérsias sobre a resistência dos cimentos produzidos, as empresas responsáveis pela fabricação na época tiveram amostras de seus cimentos testados em prensas hidráulicas de 75 toneladas em 1847 e 1848 (REGANATI, 2020).

Em 1849, Joseph Monier observou que a fragilidade do concreto era sua baixa resistência a esforços de tração, então, para resolver esse problema, ele combinou a resistência à tração que o aço possui com as características únicas do concreto. Nos seus primeiros experimentos, foram utilizados cubas e tubos com armações de aço preenchidas com concreto, eis então, o concreto armado.

Já no século XX, o concreto foi aprimorado do ponto de vista tecnológico, ao ponto que, na década de 30, começou a ser produzido em usina o que ficou conhecido como concreto usinado, dando um grande salto em termos de qualidade e redução no tempo de fabricação. Em 1980 já existia o concreto de alta resistência e o concreto reforçado com adição de fibras, além disso, tem-se o início da adição de aditivo na fabricação de concreto usinado. (REGANATI, 2020; MARTINO, 2022). Tem-se que

reconhecer que o concreto é um dos materiais de grande aplicação no mundo, sinônimo de progresso e responsável pela transformação urbana.

5.2 Durabilidade do Concreto Armado

O concreto armado é um excelente material que reúne resistência à compressão do concreto e a resistência à tração do aço. Sob a ótica da mecânica, possui grandes vantagens quanto ao custo e durabilidade (SILVA, 2011).

Segundo Metha e Monteiro (2013), a durabilidade dos materiais de construção está sujeita à sua interação com o ambiente ao longo do tempo, e isso pode causar modificações na microestrutura dos materiais, causando alterações nas propriedades macroscópicas. No caso concreto, ele é suscetível a vários fatores ambientais que podem afetar sua durabilidade, sendo inevitável o envelhecimento e degeneração ao longo do tempo. (PEREIRA, 2001). Portanto, a redução da durabilidade se forma em função dos processos de degradação responsáveis pela deterioração precoce ou esperada do material (ROMANO, 2009).

5.3 Conceituação Sobre Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado

As normas ABNT NBR 6118 (2023) e ABNT NBR 15575 (2013), afirmam que a durabilidade de uma estrutura de concreto, está relacionada com a capacidade de resistir à ação das intempéries, a esforços mecânicos, a ataques químicos, ou a qualquer outro processo de deterioração previsto e manter-se em serviço e desempenhar as funções para as quais foram projetadas e construídas, quando expostas ao seu meio ambiente e uso, durante certo período.

A vida útil de uma estrutura representa o período durante o qual ela pode operar de forma eficaz e segura, conforme os parâmetros estabelecidos no projeto, caso sejam realizadas as devidas ações de manutenção e cuidados ao longo do tempo. De acordo com Roque e Moreno Jr (2005), a vida útil de um material específico termina quando suas características de projeto tornam o uso inseguro ou excessivamente custoso.

A norma ABNT NBR 15575 (2013), introduz dois novos conceitos: Vida Útil de Projeto (VUP), que se refere ao período estimado em que um sistema é projetado para atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nas normas, quando for seguido o programa de manutenção delineado no manual de operação, uso e manutenção; e

Vida Útil Requerida, que representa a duração especificada para atender às necessidades do usuário, as quais são definidas no projeto ou em especificações de desempenho.

Segundo Rostam (2006), a vida útil de uma estrutura de concreto armado é estabelecida pela interação entre a estrutura e o ambiente ao seu redor, podendo variar significativamente, geralmente entre 10 até 200 anos, dependendo do tipo e da relevância da estrutura em questão.

Pereira (2001), destaca que os desafios que comprometem a durabilidade das estruturas de concreto armado são o resultado de uma combinação de vários fatores, que englobam a falta de compreensão do ambiente onde a estrutura está localizada, especificações inadequadas e a execução da construção em desacordo com as normas técnicas vigentes.

Os avanços no estudo da durabilidade das estruturas de concreto armado e pretendido representaram um marco importante, uma vez que proporcionaram um aprofundamento no entendimento dos mecanismos de transporte de líquidos e gases agressivos em meios porosos. Esses progressos permitiram a correlação do tempo com modelos matemáticos que quantificam tais mecanismos, constituindo um elemento essencial para a compreensão e previsão do comportamento de longo prazo dessas estruturas.

O conhecimento acerca da durabilidade das estruturas de concreto e das técnicas de prognóstico da vida útil desempenha um papel crucial em diversas áreas da engenharia civil. Essas informações impactam diretamente a capacidade de prever o desempenho do concreto a longo prazo, prevenir manifestações patológicas prematuras e contribuir para a economia, durabilidade e sustentabilidade das estruturas (MEDEIROS, ANDRADE e HELENE, 2011).

5.4 Características do Concreto para Regiões Marinhas

A ABNT NBR 6118 (2023), sintetiza que as estruturas de concreto necessitam ser projetadas e construídas de tal forma, a atender aos requisitos de qualidade quanto, a aptidão em serviço, a durabilidade, o desempenho em serviço, a capacidade resistente e que conservem a segurança, a estabilidade durante o período correspondente à sua vida útil, sob as condições ambientais. Pois a degradação da estrutura de concreto está relacionada à presença de partículas sólidas de cloreto que se prendem na superfície das peças estruturais (LIMA, 2011).

O surgimento de determinadas patologias tem relação direta com o ambiente que a estrutura de concreto está inserida, e a maior ou menor severidade desses fatores representam uma maior, ou menor agressividade ambiental, a agressividade ambiental varia segundo as condições de exposição da edificação, conforme se observa no Quadro 1 extraído da ABNT NBR 6118 (2023).

Quadro 1: Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a,b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a,b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a,b}	Elevado
		Respingo de maré	
a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.			
c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023) – Projeto de Estruturas de Concreto.

A referida norma apresenta a correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal, conforme apresentado nos Quadros 2 e 3 respectivamente.

Quadro 2: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55
a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.					
b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ³ 15mm.					
c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.					
d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.					

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023) – Projeto de Estruturas de Concreto.

Quadro 3: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq \text{C20}$	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C40}$
	CP	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C35}$	$\geq \text{C40}$
a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.					
b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.					

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

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023). Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento.

Cabe observar que a ABNT NBR 6118 (2023), exige que o projetista de estruturas, seja mais criterioso na elaboração dos projetos e atento para o regime de agressividade que a estrutura será inserida, visando a sua durabilidade.

Como o objetivo de garantir a durabilidade das estruturas de concreto armado, expostos a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sal, água salgada, água do mar ou respingos de água do mar, a ABNT NBR 12655 (2015), estabelece a utilização de um concreto com relação água/cimento de 0,40, fck mínimo de 45 MPa e fixa o teor máximo admissível de íons cloro de cloro (Cl^-) no concreto em 0,15% sobre a massa de cimento, conforme se observa no Quadro 4. Diz também que não é permitido o uso de aditivos contendo cloretos em sua composição em estruturas de concreto armado ou protendido.

Quadro 4: Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto.

Classe de agressividade	Condições de serviço da estrutura	Teor máximo de cloreto (Cl^-) no concreto. % sobre a massa de cimento
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviços da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviços da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

Fonte: ABNT NBR 12655 (2015) – Concreto de cimento Portland.

A norma ABNT NBR 12655 (2015), também estabelece condições para o concreto armado não exposto a cloreto nas condições de serviço da estrutura, sendo admitido um teor máximo de íon cloro (Cl^-) de 0,30% sobre a massa de cimento, classe de agressividade II, e o cobrimento da armadura deve ser de 25mm para laje, 30mm

para viga, pilares e elementos estruturais em contato com solo. A referida norma estabelece que o fator água/cimento em massa para a classe de agressividade II é menor que 0,60 e o consumo de cimento Portland maior que 280 kg/m³.

Para concreto armado em brandas condições de exposição (ambiente seco ou protegido da umidade), o teor máximo de íon cloro (Cl⁻) será de 0,40% sobre a massa de cimento, classe de agressividade I, e o cobrimento da armadura será de 20mm para laje, 25mm para viga, pilares e elementos. No caso de estruturas em contato com solo, 30mm. A ABNT NBR 12655 (2015) estabelece que o fator água/cimento em massa para a classe de agressividade I é menor que 0,65 e o consumo de cimento Portland maior que 260 kg/m³.

Para concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura, o teor máximo de íon cloro (Cl⁻) de 0,15% sobre a massa de cimento, classe de agressividade III e IV. No Quadro 5 extraído da ABNT NBR 12655 (2015), estabelece-se que o cobrimento da armadura na laje para classe de agressividade III será de 35mm e para viga, pilares, elementos e estruturais em contato com solo o cobrimento será de 40mm. Já o cobrimento da armadura para classe de agressividade IV será de 45mm para viga, pilares, elementos estruturais em contato com solo, o cobrimento será de 50mm. E estabelece também que o fator água/cimento em massa para a classe de agressividade III é menor que 0,55 e o consumo de cimento Portland maior que 320 kg/m³.

Quadro 5: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Reação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ C260	≥ C280	≥ C320	≥ C360
CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.					
CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Fonte: ABNT NBR 12655 (2015) – Concreto de cimento Portland.

5.5 Patologias em Estrutura de Concreto Armado

Matildes (2022) informa que o termo “patologia” tem origem no grego, onde “pathos” significa “doença” e “logia” significa “estudo” ou “ciência”. Portanto, “patologia” se refere ao estudo ou à ciência que se dedica ao estudo das doenças, suas causas, natureza, efeitos e consequências. Ao longo do tempo, o conceito de patologia foi estendido para outras áreas do conhecimento, incluindo a engenharia civil, para descrever o estudo das anomalias, falhas, defeitos e danos que podem afetar edificações e estruturas (SANTOS, 2011).

Silva (2012) conceitua patologia como sendo “a ciência que tem em vista estudar os defeitos e incidentes que os materiais podem promover nas construções modo geral e que visa diagnosticar as origens dessas causas e efeitos e compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico”. Ambrósio (2013) diz que “as patologias da construção civil são definidas como sendo os problemas causados pelo uso inadequado de materiais como também pelo envelhecimento destes materiais”. O autor conceitua:

“As patologias são defeitos que podem acabar comprometendo o desempenho das funções para as quais foi planejada, como também são oriundas de trabalhos mal executado, de uso de materiais de péssima qualidade ou até mesmo pela mão de obra desqualificada” (AMBRÓSIO, 2013).

A definição apresentada por Costa (2011) sobre patologia na construção civil complementa o entendimento da disciplina. De acordo com essa definição, a patologia na construção civil se refere às manifestações dos defeitos em diversas partes de uma construção, incluindo peças, construções, edificações, projetos, estruturas ou acabamentos.

Conforme apontado por Silva (2011), as patologias podem resultar de projetos deficientes, execuções inadequadas ou surgir ao longo da vida útil da estrutura devido à falta de manutenção adequada. O mau desempenho das estruturas pode acarretar despesas com reparos corretivos e, em situações extremas, levar à deterioração das edificações, resultando em acidentes e consideráveis perdas econômicas (SILVA, 2011).

Souza (2012) apresenta que as patologias na construção civil enfatizam que essas falhas são resultantes da má utilização de mão de obra ou do uso de materiais inadequados. Essas falhas podem se manifestar de diversas maneiras, incluindo

fissuras, vazamentos e desprendimento de revestimentos, como o piso. Essa definição destaca a importância da qualidade da mão de obra e dos materiais utilizados em uma construção, uma vez que esses fatores desempenham um papel fundamental na prevenção de patologias. A escolha adequada de técnicas construtivas e materiais de qualidade é essencial para evitar problemas futuros nas construções.

O autor Santos (2011) destaca um ponto importante na área da construção civil: as manifestações patológicas podem ser resultantes de diversos fatores, tanto internos quanto externos à construção, bem como da falta de preparo por parte dos profissionais envolvidos na execução do projeto e da escolha inadequada de materiais de construção. Esses fatores combinados podem levar ao surgimento de irregularidades e patologias nas edificações. Essas manifestações patológicas podem incluir uma ampla variedade de problemas, desde fissuras, infiltrações, carbonatação, lixiviação, oxidação da armadura, desprendimento de revestimentos até problemas mais sérios que afetam a estrutura e a segurança da edificação.

Helene (2011) discorre que “os tipos de danos da construção civil são de quatro tipos diferentes, definidos como sendo a Infiltração, a carbonatação, deslocamento no revestimento e as fissuras”.

Antunes (2013) complementa:

As infiltrações são decorrentes das falhas no momento da realização das instalações da parte hidráulica que ocasiona defeitos durante e após a obra, já a carbonatação é uma patologia causada pela corrosão das armaduras de aço e que são oriundas por agentes químicos, o deslocamento no revestimento é o resultado das escolhas erradas que os profissionais fazem em relação aos produtos usados, como a aplicação inadequada da argamassa, umidade excessiva ou até mesmo a colocação de juntas de assentamento e as fissuras, trincas e rachaduras são definidas como aberturas que se estendem pelas paredes ou partes estruturais das edificações, como vigas, pilares e lajes, sendo que o que promove a diferença entre elas é o tamanho e o tempo de vida de cada uma” (ANTUNES, 2013).

O estudo das anomalias envolve investigações das origens e dos fatores que afetam sistemas construtivos, identificando as causas de defeitos ou problemas em edificações e estruturas. A partir desse conhecimento, é possível encontrar as soluções adequadas para corrigir essas patologias e garantir a durabilidade e a segurança das construções. (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Desse modo, as patologias na construção civil podem ser compreendidas como defeitos, problemas ou doenças que afetam uma determinada parte da estrutura ou

toda a edificação. E podem ter diversas origens, incluindo erros na concepção, projeto, execução, uso inadequado de materiais, falta de manutenção, mão de obra desqualificada e outros fatores. As consequências dessas patologias vão desde danos estéticos até comprometimentos graves da segurança e durabilidade da estrutura. Isto posto, é importante identificar, diagnosticar e corrigir essas patologias adequadamente para garantir a integridade e o desempenho das construções ao longo do tempo.

5.6 Fissuras e Trincas

A fissuração ocorre sempre que a deformação à tração a que o concreto está submetido excede sua própria resistência (GRANATO, 2002). Essa deformação pode ser causada por diversos fatores, incluindo movimentos internos no concreto, expansão de materiais ou condições externas que exercem forças sobre a estrutura, comumente ocasionada por tensões dos materiais (OLIVEIRA, 2012).

Conforme destaca Thomaz (2020), não existem valores para definir precisamente a diferença entre fissuras, trincas e rachaduras. Geralmente se admite que fissuras são aquelas com aberturas desde capilaridade até da ordem de 0,5mm, trincas com abertura da ordem de 2mm ou 3mm e rachaduras com aberturas maiores. Essas aberturas evidenciam como um meio de aliviar tensões originadas pela movimentação dos materiais e seus elementos constituintes. Elas surgem quando as forças atuantes nos materiais ou em suas ligações superam as forças de resistência, como destacado por (VEIGA, 1998).

O controle de fissuras está estabelecido na ABNT NBR 6118 (2023), de acordo com seu item 13.4, que diz:

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto a tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos.

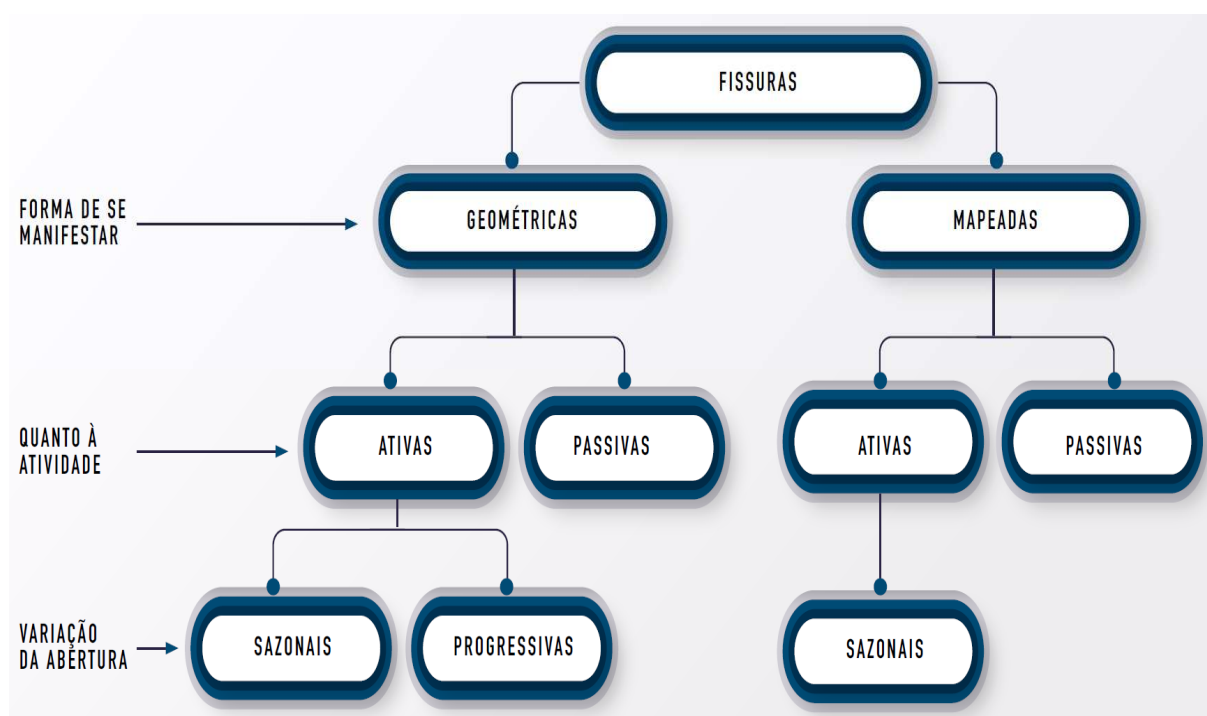
Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto a corrosão e a aceitabilidade dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras (ABNT NBR 6118, 2023).

Silva (2011) destaca que as fissuras são aberturas que danificam a superfície de elementos estruturais de concreto armado, criando uma via facilitada para a penetração de agentes agressivos na estrutura.

O surgimento de fissuras nas estruturas de concreto leva a um aumento na permeabilidade do concreto, permitindo a entrada acentuada de agentes agressivos, como água e íons de cloreto. Isso, por sua vez, acelera o processo de corrosão do aço presente na estrutura, como destacado por Marcelli (2007). Além disso, a água que penetra na estrutura pode dissolver os hidróxidos presentes no cimento, levando à formação de eflorescências (SANTOS, 2011).

Sahade (2005), classifica as fissuras com base em três critérios: sua forma de manifestação, sua atividade e a variação da abertura, conforme a Figura 6.

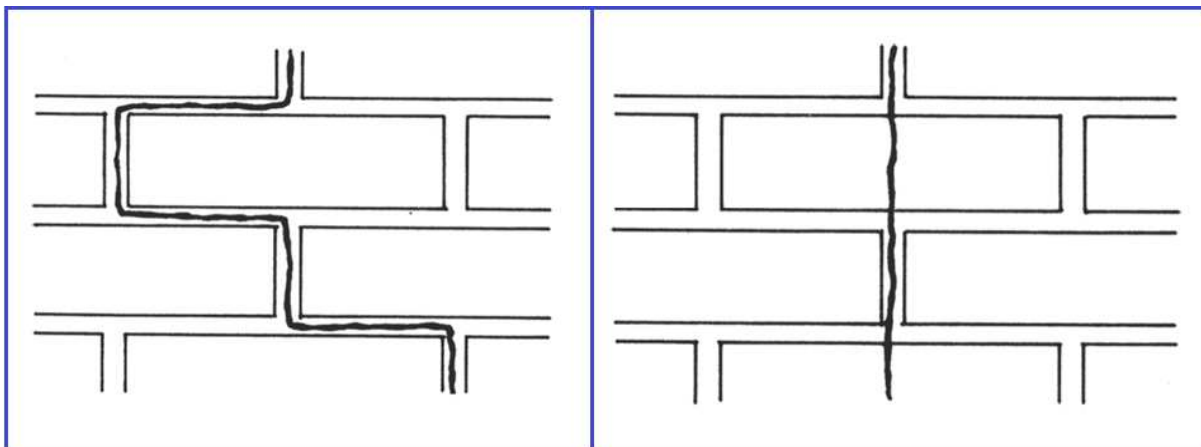
Figura 6: Classificação das fissuras.



Fonte: Sahade (2005) – adaptado.

Conforme a ABNT NBR 13749 (2013), as fissuras podem ser classificadas em geométricas e mapeadas. As fissuras geométricas (Figura 7 e 8) ocorrem isoladamente e podem surgir devido à retração da argamassa de assentamento, falta de juntas de dilatação e diferentes materiais na base (THOMAZ, 2020).

Figura 7: Fissura geométrica.



Fonte: Thomaz (2020) – adaptado.

Figura 8: Fissura geométrica.



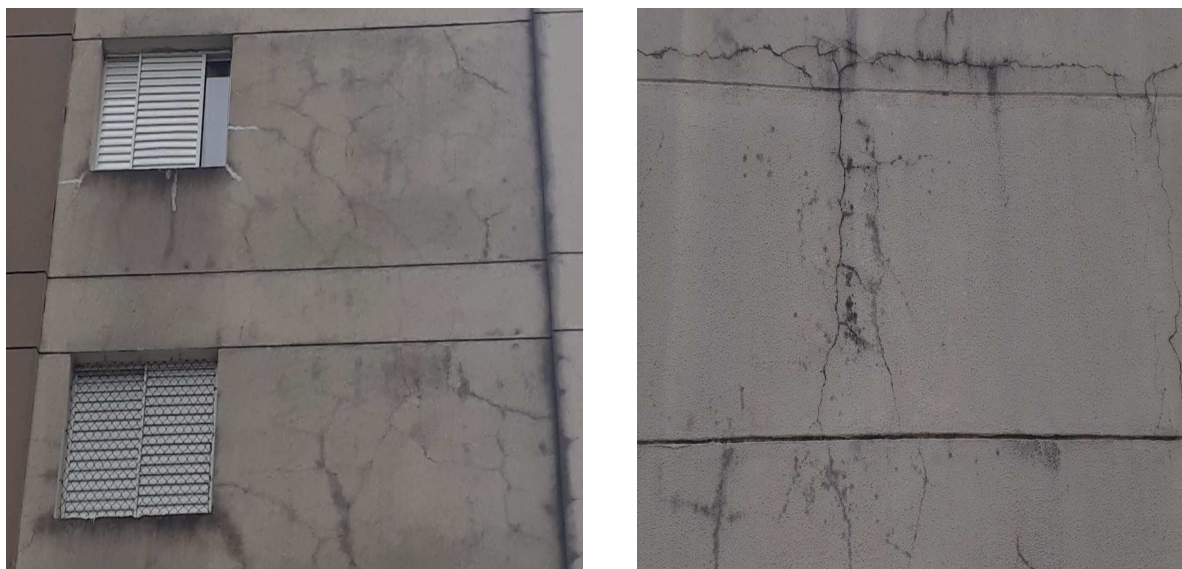
Fonte: Autor.

A fissura geométrica recebe esse nome, ao seguir um padrão regular e acompanhar as linhas dos blocos cerâmicos ou de alvenaria. Geralmente, essas fissuras ocorrem devido a mudanças nas propriedades térmicas ou de umidade dos materiais utilizados na construção. Elas podem se formar ao longo das juntas dos blocos, criando linhas retas ou padrões regulares que acompanham a estrutura da parede ou superfície.

A fissura mapeada (Figura 9), por outro lado, não apresentam um padrão uniforme, surgindo de maneira aleatória. Geralmente, são superficiais e podem ser causadas por fatores como traço inadequado, excesso de finos ou aglomerantes.

Essas fissuras podem ser subdivididas em ativas e passivas. As fissuras ativas apresentam variações significativas em sua abertura ao longo do tempo, enquanto as fissuras passivas mantêm uma abertura constante, sem expansão ou contração adicional (CORSINI, 2010).

Figura 9: Fissura mapeada padrão uniforme



Fonte: Autor.

É importante registrar que as fissuras podem servir como indicadores precoces de problemas em uma construção e, portanto, a supervisão constante delas é essencial para garantir a durabilidade e a integridade da edificação. Pois as fissuras não apenas comprometem a estética e a segurança, como mencionado anteriormente, mas também podem ser um sinal de que outros problemas estão surgindo ou se agravando.

Então, faz-se necessário identificá-las e tratá-las precocemente, para evitar que esses problemas se aprofundem e causem danos mais sérios à construção. Além disso, a supervisão adequada das fissuras pode contribuir para a manutenção preventiva da estrutura, prolongando sua vida útil e economizando custos de reparo futuros.

5.7 Falhas ou Ausência de Sistema de Impermeabilização

O sistema de impermeabilização é fundamentado nas normas ABNT NBR 9575 (2010), seguindo as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15575-1 (2013), ABNT

NBR 16636 (2017) partes 1 e 2. O objetivo é satisfazer os requisitos essenciais de proteção da construção contra a infiltração de fluidos, assegurando simultaneamente os padrões de salubridade, segurança e conforto para os usuários. Isso implica garantir a estanqueidade dos elementos construtivos que demandam tal proteção. O sistema em si é constituído por diversas camadas, sendo que uma delas desempenha o papel crucial de ser impermeável, impedindo a passagem de fluidos.

Na construção civil, a impermeabilização e a patologia estão intrinsecamente interligadas. A ausência de impermeabilização em uma edificação pode resultar em diversas manifestações patológicas que prejudicam as edificações, tais como infiltrações, umidade e corrosão das armaduras. Esses problemas comprometem o ciclo de vida útil da construção, acarretando não apenas custos financeiros e retrabalho, mas também causando desgaste físico e emocional aos proprietários ou usuários que enfrentam a má qualidade de vida decorrente dos problemas presentes no imóvel. (SILVA; OLIVEIRA, 2018).

5.8 Recalque de Fundação

Os solos são compostos por partículas sólidas, água (ou outro líquido) e ar nos espaços intermediários. Dessa forma, as partículas estão disponíveis para deslocamentos entre si. Sob a influência de cargas externas, todos os solos sofrem deformações, variando em extensão. Quando essas deformações ocorrem de maneira diferenciada ao longo do plano das fundações de uma obra, elevadas tensões podem ser introduzidas na estrutura, potencialmente resultando no surgimento de trincas e fissuras. (THOMAZ, 2020).

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 6122 (2022), o recalque é definido como o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. No caso de um movimento ascendente, o termo adequado é levantamento. Além disso, a norma define o recalque diferencial específico como a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre eles.

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), a causa mais comum de problemas em fundações é a falta ou realização incompleta da investigação do subsolo. Em mais de 80% dos casos de desempenho inadequado em fundações de construções de porte pequeno e médio, a ausência total de investigação é o motivo subjacente à escolha de soluções inadequadas.

A ausência de investigação adequada para fundações pode resultar em uma variedade de problemas típicos, tais como: dimensionamento inadequado, incompatibilidade com o solo, instabilidade do solo, infiltração de água, seleção inadequada do tipo de fundação, riscos de erosão, desconhecimento de potenciais problemas geotécnicos, rebaixamento do lençol freático, solos colapsáveis, escavações em áreas adjacentes à fundação, vibrações e escavação de túneis.

Cabe destacar que, quando os recalques variam ao longo da fundação, o impacto se torna mais acentuado, podendo resultar em trincas e fissuras nas estruturas. As fissuras resultantes de recalques frequentemente apresentam inclinação, o que pode ser confundido com trincas causadas pela deflexão dos elementos estruturais. Geralmente, essas fissuras indicam a localização do maior recalque, inclinando-se em direção ao ponto onde ocorreu o rebaixamento do solo. Essa inclinação fornece pistas importantes sobre a natureza e a extensão do problema geotécnico, sendo crucial para a avaliação e correção adequada do recalque diferencial nas fundações.

É interessante notar que as fissuras resultantes de recalques muitas vezes apresentam características adicionais. Entre essas características, destacam-se esmagamentos localizados, frequentemente em forma de escamas, fornecendo indícios das tensões de cisalhamento que as originaram. Em situações em que os recalques são significativos, é possível observar claramente variações na abertura das fissuras. No entanto, é importante reconhecer que recalques diferenciados podem resultar em fissuras com diversas configurações, influenciadas por variáveis como a geometria da edificação ou do componente, o tamanho e a localização de aberturas, o grau de enrijecimento da construção (incluindo o uso de vigas, vergas e contravergas) e a eventual presença de juntas no edifício (THOMAZ, 2020).

5.9 Verga e Contraverga

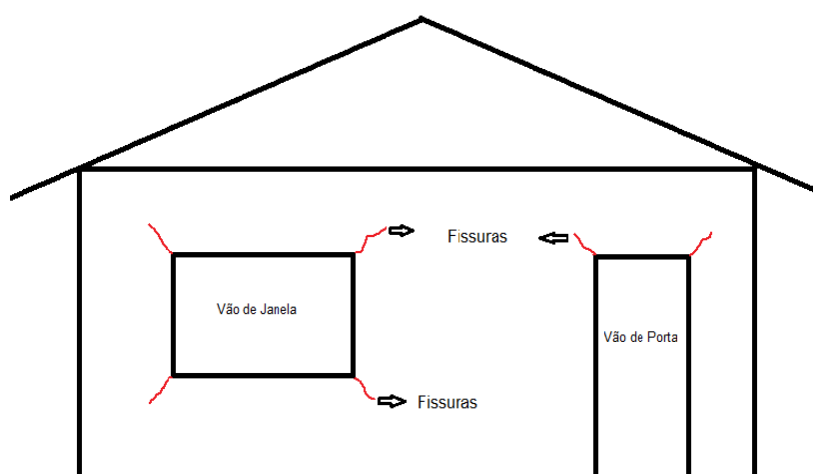
São componentes externos aos vãos, integrados à alvenaria, com a finalidade de distribuir as tensões que se concentram nos vértices das aberturas de janelas e portas. Esses elementos ajudam a prevenir o surgimento de fissuras causadas pelo cisalhamento e, no caso das vergas, desempenham o papel de absorver as tensões de tração geradas pela flexão (SILVA, 2003).

As contravergas, localizadas nos vãos inferiores das janelas, e as vergas, posicionadas sobre os vãos de portas e janelas, podem ser confeccionadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas diretamente no local ou pré-fabricadas, conforme as especificações do projeto (ABNT NBR 15961, 2011).

De acordo com Thomaz (2020) a ocorrência de fissuras causadas por sobrecargas em torno de aberturas é comum em paredes de alvenaria descontínuas. Essas paredes são submetidas a carregamentos de compressão excessivos e possuem uma ou mais aberturas. Uma característica distintiva desse fenômeno é desenvolver fissuras a partir do vértice das aberturas. Esse padrão de fissuração muitas vezes reflete as tensões concentradas nessa região da parede, destacando a importância de considerar a geometria da alvenaria e as condições de carregamento ao projetar e construir aberturas em paredes de alvenaria.

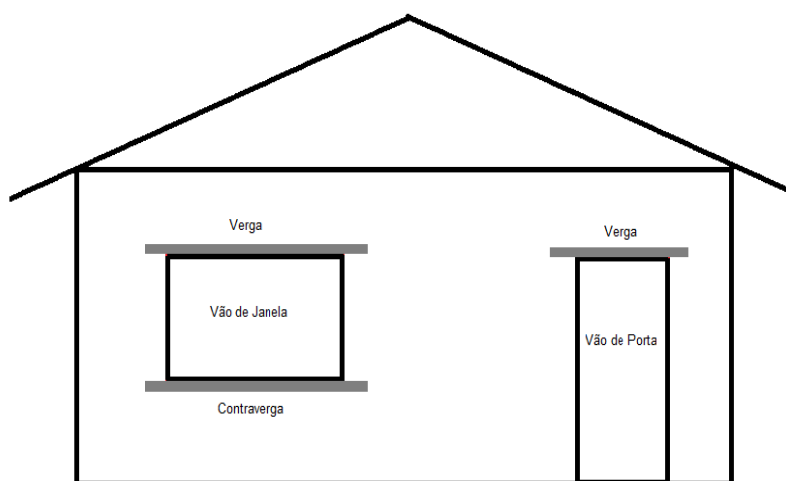
A ausência ou execução inadequada de vergas e contravergas em aberturas pode levar ao surgimento de fissuras devido à concentração de tensões nesses locais, conforme ilustram as Figuras 10 e 11. Nesse contexto, o agravamento da situação pode ocorrer quando essas fissuras se encontram com outras já existentes, provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão ou da flexão local dos componentes de alvenaria, sem um mecanismo adequado de amarração.

Figura 10: Ilustração de fissuras em torno dos vãos de portas e janelas em paredes, submetidos à sobrecarga.



Fonte: Autor.

Figura 11: Ilustração de instalação verga e contraverga em porta e janela.



Fonte: Autor.

5.10 Carbonatação do Concreto

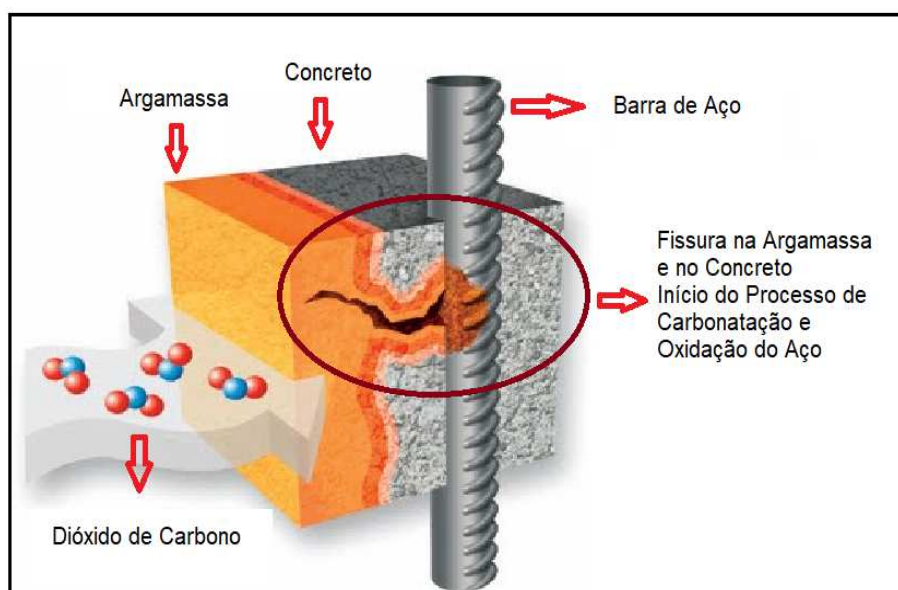
Conforme Souza e Ripper (1998), sobre a carbonatação do concreto é um processo químico que ocorre quando o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera penetra nas porosidades do concreto e reage com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), os quais são um dos produtos da hidratação do cimento. Essa reação forma carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo uma substância sólida. O processo de carbonatação do concreto envolve a transformação do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que é alcalino, em carbonato de cálcio (CaCO_3), os quais são menos alcalinos. Isso resulta na redução do pH do concreto, que normalmente varia de 12,5 a 14 (muito alcalino), para valores inferiores a 9 (menos alcalino). Ou seja, o carbonato de cálcio reduz o pH do concreto, tornando-o mais ácido.

Cascudo (1997) destaca que a despassivação da armadura ocorre exatamente quando a carbonatação atravessa o concreto de cobrimento e atinge a armadura, causando a perda da camada passivadora do aço, camada que protege a barra de corrosões. Ressaltar ainda, que o grau de gravidade do processo de carbonatação está diretamente relacionado ao ambiente onde a estrutura de concreto está localizada.

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, associado com as características do concreto, como porosidade, permeabilidade e fissuração, desempenha um papel crucial na velocidade e na profundidade da carbonatação. De tal forma que, em ambientes com baixa concentração de CO_2 , a carbonatação tende a ficar limitada à camada de cobrimento das armaduras. Isso pode resultar em uma maior resistência química e mecânica do concreto devido à formação de carbonato de cálcio (CaCO_3), que preenche os poros e não prejudica o filme de óxido que protege a armadura. Isso, por sua vez, ajuda a evitar a corrosão das armaduras. Essa relação é diretamente proporcional, ao ponto que em ambientes com alta concentração de CO_2 , ou em estruturas onde a camada de cobrimento é insuficiente, a carbonatação pode atingir a armadura mais rapidamente, comprometendo sua passivação e tornando-a suscetível à corrosão. (CASCUDO, 1997).

A velocidade média do processo de carbonatação em concretos de qualidade mediana, varia entre 1mm até 3mm por ano. Portanto, as armaduras que têm uma menor espessura de cobrimento estarão sujeitas a serem atingidas pela carbonatação mais rapidamente. Isso significa que, se a espessura do cobrimento for insuficiente, as armaduras ficarão expostas à carbonatação mais cedo, aumentando o risco de corrosão e comprometendo a durabilidade da estrutura de concreto, conforme as Figuras 12 e 13 (LAPA, 2008).

Figura 12: Início do processo de carbonatação e oxidação do aço.



Fonte: Tormann (2022) – Adaptado.

Figura 13: Estrutura de concreto armado carbonatada e armadura com corrosão.



Fonte: Autor.

5.11 Ataque de Sulfato

De acordo com Pedroso (2021), os sulfatos são sais que podem ser introduzidos no concreto através dos cimentos e agregados (fontes internas) ou por águas residuais industriais, águas subterrâneas, esgoto, água do mar, chuva ácida e águas agrícolas contaminadas por fertilizantes (fontes externas). Em geral, os íons de sulfato livres em soluções aquosas presentes nos poros do concreto reagem, ao longo do tempo, com compostos da pasta de cimento, gerando produtos expansivos que fissuram e deterioram o concreto das estruturas. Lapa (2008) acrescenta que o ataque do sulfato é caracterizado por uma ação expansiva, que gera tensões elevadas capazes de fissurar o concreto.

Neville (1997) explica que as consequências do ataque por sulfatos não se limitam apenas à desagregação por expansão e fissuração, mas também incluem a perda de resistência do concreto. Isso ocorre devido à perda de coesão na pasta de cimento e à perda de aderência entre a pasta de cimento e as partículas de agregado. Mattos (2015) esclarece que a manifestação patológica por ataque de sulfato tem uma coloração esbranquiçada ou amarronzada.

A limitação do teor de sulfatos solúveis em agregados não deve exceder 0,1%, como estabelecido pela ABNT NBR 7211 (2022), é uma medida preventiva essencial para evitar problemas associados a sulfatos no concreto.

5.12 Lixiviação do Concreto

A lixiviação em concreto armado é uma patologia causada pelo contato da água com a estrutura. Esse fenômeno ocorre quando a água possui baixa ou nenhuma concentração de íons de cálcio. Em concretos com alta porosidade ou fissuras, a água pura penetra e entra em contato com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), o qual é um produto da hidratação do cimento. Essa reação dissolve o hidróxido de cálcio e o transporta para fora da superfície do concreto (MOREIRA, 2015).

Essa patologia pode causar a perda da resistência do concreto, além de afetar a estética da estrutura. O produto lixiviado, composto por íons de cálcio, quando entra em contato com o dióxido de carbono (CO_2) presente no ar, forma carbonatos. Esses carbonatos podem se manifestar na superfície do concreto na forma de manchas brancas e até mesmo formar estalactites. (DNIT, 2006). Essas manchas brancas e estalactites são um indício claro de eflorescência, sendo um dos efeitos visuais indesejados da lixiviação conforme as Figuras 14.

Figura 14: Lixiviação, eflorescência e formação de estalactite.



Fonte: Autor.

5.13 Eflorescência

A eflorescência é uma patologia que ocorre em superfícies de concreto e alvenaria, apresentando-se com manchas esbranquiçadas. Essas manchas são causadas pela presença de cal livre no concreto ou nos materiais de alvenaria, que reagem com a água presente no ambiente e formam sais solúveis em água, como o carbonato de cálcio. Quando esses sais se cristalizam na superfície, deixam as manchas visíveis (NEVES, 2019).

O processo de formação de eflorescência, descrito por Neves (2019) ocorre devido à migração de sais solúveis, como a cal livre, que estão presentes no interior do concreto ou dos materiais de alvenaria. Quando a água entra em contato com esses sais, dissolve-os e transporta-os para a superfície por meio de osmose. Conforme a água evapora na superfície, os sais solúveis se cristalizam, deixando manchas esbranquiçadas visíveis, conforme as Figuras 15.

É importante destacar que a eflorescência não é apenas um problema estético, ao implicar na presença de umidade nas estruturas. É importante identificar e tratar a causa subjacente para evitar danos adicionais à construção. Isso pode envolver a melhoria da drenagem, sistema de impermeabilização, o uso de materiais de construção com menor teor de cal livre e a aplicação de selantes ou revestimentos protetores para evitar a penetração de água nas superfícies.

Figura 15: Lixiviação e eflorescência.



Fonte: Autor.

5.14 Reação Álcali-Agregado

A Reação Álcali-Agregado (RAA), também conhecida como “reação álcali-silica” ou “reação álcali-silicato” é um fenômeno patológico que ocorre em estruturas de concreto quando determinados tipos de agregados reagem com os álcalis presentes no cimento. Essa reação química pode levar à formação de um gel expansivo no interior do concreto, resultando em expansão volumétrica, fissuração e consequentemente, na deterioração do concreto (ANDRADE, 2005).

Uma característica típica dessa patologia é a formação de mapa de fissuras, que se desenvolvem em várias direções, muitas vezes em padrões irregulares, e tendem a se concentrar em áreas onde a reação está ocorrendo de forma mais intensa. À medida que as fissuras evoluem, facilitam o acesso da umidade no concreto, criam um ambiente propício para a penetração de agentes agressivos, como dióxido de carbono (CO_2) e íons de cloreto, que podem desencadear outras patologias, como a carbonatação e a corrosão da armadura.

É importante ressaltar que a ABNT NBR 15577-1 (2018) fornece diretrizes específicas para o controle e prevenção da Reação Álcali-Agregado em estruturas de concreto. A detecção precoce e a adoção de medidas corretivas adequadas são fundamentais para evitar danos significativos às estruturas de concreto devido a essa reação.

5.15 Conceito de Corrosão de Armadura por Ação de Íons Cloreto

Helene (1993) define como “uma interação destrutiva de um material com o meio ambiente, seja por ação física, química, eletroquímica ou a combinação dupla”. Isso enfatiza que a corrosão pode resultar de diversos processos e interações entre um material e seu ambiente.

Gentil (2003) especifica a corrosão como “deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliado, ou não, a esforços mecânicos”. Esta definição é ainda mais profunda, destacando que a corrosão envolve não apenas processos químicos ou eletroquímicos, mas também pode ser influenciada por ações mecânicas.

Ambas as definições enfatizam que a corrosão é um processo de proteção de materiais, sendo uma preocupação significativa em diversas áreas, incluindo engenharia, metalurgia e ciência dos materiais, devido aos seus impactos adversos na durabilidade e na integridade dos materiais metálicos.

A corrosão das armaduras pode ser entendida como um processo eletroquímico resultante em limitações e deterioração do aço que causa perda de funcionalidade das armaduras.

Conforme destacado por Ouglova et al., (2006), destacam que a ação de íons cloretos nas armaduras de concreto armado representam sérios problemas, tanto do ponto de vista econômico quanto em termos de segurança. Isso porque a corrosão das armaduras não resulta apenas em custos significativos de reparo e manutenção, mas também coloca em risco a integridade estrutural das construções. A barreira das armaduras enfraquece a estrutura de concreto armado, comprometendo sua capacidade de suportar cargas e aumentando o potencial de falhas estruturais e outras patologias. Portanto, o controle e a prevenção da corrosão das armaduras são questões de extrema importância na engenharia civil, o que significa garantir a segurança das construções e a economia de recursos a longo prazo.

As condições ideais para o processo corrosivo ocorrer, conforme destacado por Bohni (2005), incluem:

- a) **Diferença de Potencial:** Que ocorra uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos na armadura, permitindo o fluxo de elétrons.
- b) **Presença de Umidade:** O concreto deve ser úmido, o que proporcionando a existência de um eletrólito. O eletrólito é uma solução úmida que permite o transporte de íons de cloreto e elétrons necessários à corrosão.
- c) **Presença de Oxigênio:** O oxigênio deve estar presente, uma vez que desempenha um papel fundamental na ocorrência catódica do processo de corrosão. Ele é essencial para a oxidação do aço.
- d) **Rompimento da Camada Passivadora:** A camada passivadora da armadura deve ser rompida. Isso pode ocorrer devido à ação de íons de cloreto, que podem penetrar no concreto, ou devido à carbonatação do concreto. Quando essa camada protetora é danificada, a superfície do aço fica exposta à corrosão.

Portanto, essas condições representam os fatores-chave considerados para o início e a progressão do processo corrosivo nas armaduras. Controlar esses fatores é essencial para prevenir ou mitigar a corrosão e garantir a durabilidade das estruturas de concreto.

5.16 Passivação da Armadura do Concreto

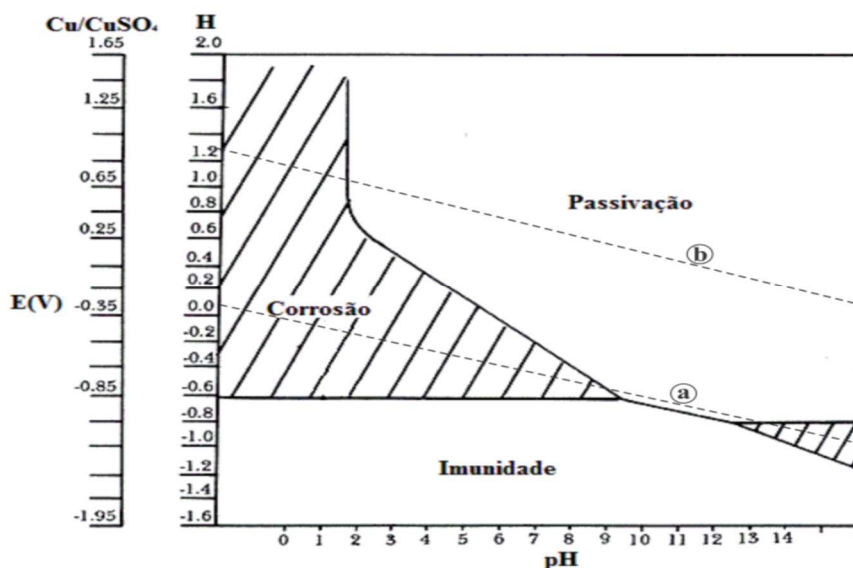
O concreto oferece à armadura uma proteção dupla: uma de natureza mecânica, evidenciada pela camada de concreto que separa a superfície externa da armadura (também conhecida como cobertura); e outra de natureza química, relacionada à estabilidade termodinâmica da camada passiva que se forma devido ao alto pH da solução presente nos poros (MEIRA, 2017; CASCUDO, 1997).

Durante o processo de hidratação do cimento, a solução nos poros do concreto torna-se alcalina, com um pH que varia de aproximadamente 13 a 13,8 (BERTOLINI et al., 2004). Inicialmente, acreditava-se que essa alta alcalinidade era atribuída à presença de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2). No entanto, com o tempo, descobriu-se que o pH elevado se deve principalmente à presença de hidróxidos de sódio (NaOH) e potássio (KOH) (ANDRADE e PAGE, 1986). Sob essas condições, os compostos de ferro, incluindo óxidos e oxihidróxidos, alcançam uma estabilidade termodinâmica. Consequentemente, formando naturalmente uma camada fina protetora de óxido na superfície da armadura, conhecida como camada passiva (POURBAIX apud FERREIRA, 2022).

Essa camada passiva tem uma espessura extremamente reduzida, medindo apenas alguns nanômetros, constituída por óxidos de ferro com diversos graus de hidratação, bem como íons ferrosos (Fe^{2+}) e férricos (Fe^{3+}), que se formam como resultado de uma reação eletroquímica rápida. A camada passivante desempenha um papel fundamental na manutenção de taxas de corrosão da armadura muito baixas, e isso não acarreta consequências significativas a longo prazo (BERTOLINI et al., 2004; CASCUDO, 1997).

A Figura 16 apresenta a estabilidade da película passivadora, garantida pela alcalinidade do concreto e pelo potencial eletroquímico da armadura. Com esse diagrama, é possível identificar as regiões em que uma barra de ferro pode ser encontrada em estados de imunidade à corrosão, passividade e corrosão.

Figura 16: Diagrama de equilíbrio termodinâmico (Fe – H₂O; 25°C).



Fonte: Pourbaix (1987) apud Ferreira, (2022).

A região de imunidade é aquela onde não ocorre corrosão, independentemente do pH do meio no qual a armadura está inserida. Esse estado é alcançado apenas por intervenções artificiais, como a aplicação de correntes elétricas (Proteção Catódica). Na região de passivação, o processo de corrosão é tão lento que a barra de aço permanece visualmente inalterada ao longo do tempo, devido à formação e estabilidade da película passivadora. No entanto, na região de corrosão ocorre o processo de oxidação do aço (Meira, 2017).

5.17 Fatores que Influenciam a Corrosão das Armaduras em Estrutura de Concreto

De acordo com as pesquisas de Freire (2005) e Andrade (2010), a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado, quando causada pela ação de íons cloretos, é um processo influenciado por uma série de fatores fundamentais. Dentre esses fatores, destacam-se os seguintes:

- **Concreto:** Propriedades como permeabilidade (relacionada à granulometria dos agregados e ao fator água/cimento), pH (acidez ou alcalinidade), espessura de cobertura e resistividade elétrica do concreto são críticas. Quanto maior a atividade iônica, menor a resistividade elétrica do eletrólito, aumentando a probabilidade de corrosão. Além disso, o concreto pode ter um efeito passivante sobre a armadura, contribuindo para sua proteção.

- **Tipo de aço:** O tratamento superficial do aço pode influenciar diretamente a durabilidade das armaduras.
- **Ambiente:** As características do ambiente ao redor da estrutura de concreto armado são cruciais. Fatores como umidade, temperatura, presença de agentes agressivos (como gases corrosivos) e exposição a atmosferas marinhas podem acelerar a corrosão das armaduras.
- **Presença de íons de cloretos:** Os íons de cloretos podem ser introduzidos não especificamente de diversas maneiras. Durante a produção, a contaminação pode ocorrer devido ao uso inadequado de agregados contaminados, aditivos com cloretos ou água de massagem contaminada. Após a cura do concreto, a exposição a águas ou ventos contaminados com cloretos, tais como água do mar, atmosferas marinhas, produtos de limpeza ácidos, sais de gelo e efluentes industriais, pode contribuir para a incorporação de íons cloretos no concreto.

Nesse contexto, a corrosão das armaduras em estruturas de concreto por íons cloretos é um fenômeno multifacetado que envolve uma interação complexa entre as propriedades do concreto, as características do aço, o ambiente circundante e a presença de íons cloretos. A compreensão e a gestão adequada desses fatores são essenciais para a preservação da durabilidade e integridade das estruturas de concreto armado.

5.18 Fatores Determinantes da Velocidade e Profundidade de Penetração de Íons Cloreto

Troian (2010) informa que existem vários elementos que podem determinar a menor ou maior capacidade de um concreto resistir à penetração de cloretos, à difusão iônica em seu interior e à sua habilidade de incorporação de cloretos. Cabral (2000) expõe os principais fatores que exercem influência sobre a entrada dos íons cloretos no interior do concreto, desencadeando, assim, o processo de corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado.

A velocidade e a profundidade de penetração de íons cloretos em estruturas de concreto são influenciadas por diversos fatores, conforme descrito a seguir:

- **Composição e tipo de cimento:** A composição do cimento desempenha um papel crucial na capacidade de combinação com os íons cloreto. Cimentos que contêm baixas quantidades de compostos como o aluminato tricálcico (C_3A) e o aluminoferro tetracálcio (C_4AF) possuem menor capacidade de imobilização de íons cloreto. Isso ocorre porque esses cimentos têm uma capacidade limitada de formar um complexo de sal insolúvel denominado cloro-aluminato de cálcio hidratado (Sal de Friedel). A formação deste sal reduz a concentração de íons cloreto livres na solução úmida nos poros do concreto (CABRAL, 2000).
- **Relação água/cimento, adensamento e cura:** Os poros com diâmetros que variam de alguns ângstrons (é uma unidade de medida equivalente a 10^{-10} m), que se originaram devido ao excesso de água empregado para facilitar a mistura. Assim, quanto menor a relação água-cimento (a/c), menor será a porosidade do concreto, tornando-o menos permeável e diminuindo a sua susceptibilidade à penetração de agentes agressivos, como os cloretos, além de retardar o processo de corrosão, como destacado por Cabral (2000). A redução da relação água-cimento (a/c) resulta na diminuição da porosidade do concreto, no aumento da resistência mecânica do concreto e, conseqüentemente, reduz a velocidade e a intensidade do processo corrosivo. Esse efeito se traduz no retardo da difusão de agentes agressivos, como os cloretos, e do oxigênio, essencial para o processo de corrosão das armaduras. Além disso, a redução da relação a/c dificulta a entrada de umidade e de outros agentes indesejáveis no interior do concreto, contribuindo para a proteção das estruturas (CABRAL, 2000).
- **Grau de saturação dos poros e concentração de íons de cloreto:** A penetração dos íons de cloreto no interior do concreto ocorre principalmente por mecanismos de difusão, mas também pode ocorrer por sucção capilar quando há ciclos de umedecimento e secagem. O grau de saturação dos poros influencia a velocidade e a profundidade de penetração dos íons cloretos, uma vez que os poros mais saturados oferecem menos espaço para a entrada desses íons.

As fissuras desempenham um papel crítico na penetração de íons cloretos, essa é a primeira região a ser afetada pelos íons de cloretos. Isso ocorre porque as fissuras criam pequenas regiões anódicas no interior das fissuras e regiões catódicas maiores

fora delas. A velocidade de desenvolvimento da corrosão depende da abertura das fissuras, da qualidade do concreto e da relação entre a área catódica e anódica.

Portanto, para controlar a barreira de íons bloqueados e minimizar a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado, é fundamental considerar esses fatores durante o projeto, a mistura do concreto e a execução adequada da estrutura. Isso garantirá uma maior durabilidade e integridade das construções em ambientes agressivos.

5.19 Penetração de Água e Transporte de Íons no Concreto

Nepomuceno (2005) destaca que a degradação das estruturas de concreto armado é resultado da penetração, mediante poros e fissuras, de substâncias prejudiciais nas formas de gases, vapores e líquidos. Essas substâncias interagem com os materiais constituintes do concreto, podendo essa interação envolver natureza química ou física. A prevalência da interação de natureza química é notável, principalmente nos casos que envolvem a exposição aos cloretos e o processo de carbonatação.

Como já destacado, os cloretos dissolvidos presentes no ambiente externo podem penetrar no concreto por meio de diversos mecanismos de penetração de água e transporte de íons, esses mecanismos incluem:

Permeabilidade: Conforme definido por Metha e Monteiro (2013), desempenha um papel fundamental no controle da entrada de água, oxigênio e cloretos não concretos, especialmente nos processos relacionados às aparências de corrosão das armaduras. Esses autores definem a permeabilidade como a propriedade que governa a taxa de fluxo que um fluido pode percolar por meio de um sólido relativamente poroso sob a influência de um gradiente de pressão externa. No contexto do concreto, esse gradiente de pressão externa impulsiona a entrada do fluido (água, oxigênio ou cloretos) para o interior da matriz porosa do concreto.

A compreensão da permeabilidade da massa de cimento é um aspecto fundamental no estudo da durabilidade do concreto. Conforme destacado por Metha e Monteiro (2013), a permeabilidade da pasta de cimento experimenta variações ao longo do processo de hidratação do cimento e na fase de endurecimento do concreto.

No estágio inicial, quando a massa de cimento continua fresca, a movimentação da água na massa é controlada principalmente pelo tamanho, forma e concentração

das partículas de cimento. O gel formado durante o processo de hidratação preenche gradualmente os espaços deixados pela água que reage ou evapora. Isso resulta em uma redução da permeabilidade à medida que o gel se forma e ocupa os poros.

Não especificado, a permeabilidade é determinada principalmente pelo tamanho e pela continuidade dos poros deixados pela água evaporada não consumida durante o processo de hidratação, perdidos para o ambiente externo. A permeabilidade depende também do tamanho, forma e concentração das partículas do gel formado, bem como da presença ou ausência de descontinuidades nos capilares do concreto.

Portanto, a capacidade do concreto de resistência à penetração de água, oxigênio, cloretos e outros agentes agressivos estão diretamente relacionadas com a sua permeabilidade. Reduzir a permeabilidade é uma estratégia essencial para melhorar a durabilidade das estruturas de concreto armado.

O conceito apresentado por Metha e Monteiro (2013) sobre a permeabilidade do concreto em relação à permeabilidade da pasta de cimento é importante para entender a vulnerabilidade do concreto aos processos de manipulação. De acordo com esses autores, a permeabilidade do concreto é geralmente maior do que a permeabilidade da pasta de cimento correspondente, e isso ocorre devido às microfissuras que se formam na zona de transição entre o agregado e a pasta de cimento durante os estágios iniciais de hidratação do concreto.

Essa zona de interface, onde a pasta de cimento encontra o agregado, é uma área frágil e suscetível à fissuração. Essas fissuras são frequentemente causadas por uma série de fatores, como diferenças de deformação entre a massa e o agregado, retração durante a secagem, contração térmica e aplicação de cargas externas. Embora essas fissuras possam não ser visíveis a olho nu, elas têm o potencial de estabelecer interconexões microscópicas que aumentam a permeabilidade do sistema na totalidade.

Em termos práticos, isso significa que, mesmo quando uma pasta de cimento em si possui uma baixa permeabilidade, a presença dessas microfissuras na zona de transição entre a massa e o agregado pode comprometer a resistência do concreto à penetração de água, resistência e outros agentes agressivos. Portanto, o controle da formação de microfissuras e o fortalecimento dessa zona de interface são considerações importantes no projeto e na produção de concreto com baixa

permeabilidade, especialmente em estruturas sujeitas a condições ambientais adversas.

- **Absorção Capilar:** A atenção capilar no concreto envolve a penetração da água nos poros do material devido à sucção capilar, sendo uma tensão existente entre a superfície da água e as paredes dos poros. A estrutura porosa do concreto, caracterizando-o como um material hidrófilo, significa que o concreto tem uma camada natural pela água, tornando-o ávido por absorver a umidade. Como resultado, a absorção capilar é a forma mais rápida pela qual a água penetra em concretos que sejam razoavelmente secos. Nas condições ideais, a água contaminada por agentes agressivos pode penetrar vários milímetros no interior do concreto em questão de poucas horas.

Isso é especialmente relevante em ambientes onde o concreto está exposto a águas contaminadas, substâncias químicas corrosivas ou agentes agressivos que podem causar danos à estrutura do concreto. A capacidade específica de absorver rapidamente a água contaminada aumenta o risco de deterioração da estrutura, incluindo a corrosão das armaduras.

- **Difusão Iônica:** É um processo que ocorre na engenharia civil quando um fluido, seja ele um gás, vapor ou íons em solução, se move num material, como o concreto, devido a uma variação na concentração do componente em questão. Esse movimento não é impulsionado por diferenças de pressão, mas sim pela tendência natural das partículas se dispersarem de áreas de maior concentração para áreas de menor concentração.

De acordo com Cascudo (1997), a difusão iônica no concreto ocorre devido os gradientes de concentração iônica, seja entre o meio externo e o interior do concreto, seja no próprio concreto. As disparidades nas concentrações de cloretos, onde a face externa do concreto exibe uma concentração mais elevada em relação aos poros internos, impulsionam as particularidades de difusão desses íons em direção ao interior do concreto, buscando estabelecer um estado de equilíbrio.

Guimarães (2004) destaca que a difusão iônica se assemelha à permeabilidade, por demonstrar uma redução quando a relação água/cimento. No entanto, o efeito dessa redução na difusão iônica é menos pronunciado em comparação com a permeabilidade. A difusão iônica exerce sua influência de maneira

mais significativa quando os poros presentes na matriz de cimento hidratado estão completamente saturados, impedindo a ação das forças capilares. Isso pode ocorrer mesmo em concretos que estão apenas parcialmente saturados.

O processo de difusão iônica é extremamente lento, sendo assim, a penetração de cloretos nas camadas superficiais ocorre significativamente mais rápida devido à absorção capilar. Isso é especialmente evidente em climas quentes, quando há uma névoa salina contendo cloretos suspensos nas gotículas de umidade do ar. No entanto, nas camadas internas do concreto, onde não ocorre a evaporação rápida, a presença de eletrólitos permanece mais constante, reduzindo a ocorrência do mecanismo de absorção capilar. Nestas camadas mais profundas, o mecanismo predominante é o de difusão iônica, influenciado pelas cargas elétricas presentes nos eletrólitos.

- **Migração iônica:** Processo do transporte de íons em um eletrólito impulsionado pela criação de um campo elétrico gerado por uma diferença de potencial aplicada por uma fonte externa. Nesse contexto, na migração iônica, a proliferação dos íons cloretos ocorre predominantemente em direção ao interior do concreto, onde a presença do eletrólito é mais constante, devido à ação do campo elétrico gerado pela corrente do processo eletroquímico. Isso deve ser uma carga elétrica negativa de íons.
- **Porosidade do concreto:** Meira (2017) destaca que a porosidade do concreto é definida como a relação entre o volume ocupado pelos poros e o volume total do concreto, expressa em porcentagem. Quando a porosidade é elevada e os poros estão conectados, a permeabilidade é alta. No entanto, se os poros forem descontínuos, a permeabilidade será baixa, o mesmo que a porosidade será alta. Portanto, de maneira geral, a relação entre permeabilidade e estrutura dos poros é uma característica qualitativa.

Os vazios capilares consistem em espaços não preenchidos pelos produtos de hidratação e pelo cimento. O volume e o tamanho desses poros são determinados pela relação água/cimento e pelo grau de hidratação. As partículas não hidratadas do cimento têm tendência de se atrair e formar aglomerados que retêm uma quantidade significativa de água de mistura. Isso resulta em variações localizadas na relação água/cimento, que são responsáveis pelo desenvolvimento da estrutura porosa e heterogênea da massa de cimento, como explicado por Mehta e Monteiro (2013).

Cabe destacar que a cura insuficiente do concreto reduz o grau de hidratação do cimento, principalmente em regiões superficiais, resultando em uma maior interligação entre a pasta de cimento e os poros, aumentando a porosidade (BRANDÃO, 1998).

Cascudo (1997), afirma que a estrutura porosa da pasta de cimento endurecida desempenha um papel crucial no transporte de íons cloreto, oxigênio, água e outras traduções dissolvidas para o interior do concreto, exercendo uma influência significativa no início e na tradução do processo de corrosão das armaduras. A interconexão dos poros determina a porosidade aberta, que facilita o transporte dessa substância, definindo assim a permeabilidade da pasta endurecida. Enquanto isso, a distribuição do tamanho dos poros afeta a velocidade de transporte dessa publicação. A qualidade efetiva do concreto na obra deve ser assegurada por um correto procedimento de mistura, moldagem, transporte, lançamento, adensamento, desmoldagem e cura, pois estes procedimentos têm efeito muito importante nas propriedades de difusividade, permeabilidade e absorção capilar de água e gases.

5.20 Métodos de Avaliação do Processo de Corrosão

Ensaio de potencial de corrosão (Ecorr): Essa metodologia teve sua origem na década de 1950, nos Estados Unidos da América, e posteriormente ganhou ampla adoção pelo mundo afora. Esse ensaio é extensivamente empregado para registro e mapeamento de manifestações patológicas resultantes da corrosão em estruturas em aço e de concreto armado. É importante registrar que com o passar dos anos ocorreu a evolução da engenharia diagnóstica, de tal forma que, os procedimentos foram aprimorados a fim de atender às demandas da indústria metalúrgica e da construção civil, visando fornecer avaliações rápidas e confiáveis dos produtos e serviços disponibilizados no combate à corrosão (TORRES, 2010).

A técnica de potenciais de eletrodo ou de corrosão é um método utilizado para medir a diferença de potencial entre um eletrodo, como armaduras metálicas em estruturas de concreto armado, e um eletrodo de referência. A medição é realizada utilizando um voltímetro de alta impedância de entrada. Os resultados dessa técnica são apresentados na forma de linhas equipotenciais que são mapeadas sobre uma estrutura de concreto armado, sendo conhecidas como mapeamento de potenciais.

Essa técnica é útil na avaliação da corrosão em estruturas de concreto armado, ao permitir identificar áreas onde a corrosão pode ocorrer ou ser iminente. As linhas

equipotenciais mostram as variações de potencial elétrico na superfície da estrutura, onde o processo corrosivo pode ser mais ativo.

O mapeamento de potenciais por meio da técnica de potenciais de eletrodo é uma ferramenta importante para a manutenção preventiva e a identificação de áreas críticas em estruturas de concreto armado, contribuindo para a preservação da integridade dessas estruturas ao longo do tempo.

Torres (2010) pontua que alguns fatores interferem diretamente nas medidas de potencial, tais como:

- **Camadas superficiais de concreto de alta resistividade:** a corrente de corrosão tende a evitar o concreto resistivo pela sua baixa umidade;
- **Profundidade de cobrimento:** A cobertura é a distância entre a superfície do concreto e a armadura metálica. Quanto maior o valor do cobrimento, maior a distância que os íons têm que percorrer para atingir a armadura. Isso pode dificultar a identificação do processo de corrosão, uma vez que a corrosão inicial pode não ser detectada facilmente. Uma maior profundidade de cobertura pode atrasar a detecção de corrosão, permitindo que ela avance antes de ser identificada.
- **Qualidade do concreto:** A relação água/cimento é um indicador fundamental da qualidade do concreto. Concretos com uma relação água/cimento menor tendem a ter menor porosidade e maior resistividade elétrica. Isso dificulta a migração de íons de retorno até o eletrodo de referência. Portanto, para avaliações precisas da corrosão em estruturas de concreto armado, é importante considerar tanto a qualidade do concreto quanto a profundidade de cobertura. Concretos de alta qualidade e uma cobertura adequada podem contribuir para a preservação da integridade das estruturas ao dificultar a progressão da corrosão. No entanto, isso também enfatiza a importância de técnicas de inspeção regular e monitoramento, como o mapeamento de potenciais, para identificar a corrosão em estágios iniciais e permitir uma intervenção precoce (GOMES, 2017).

Ensaio de intensidade de corrosão (icorr): Representa um valor instantâneo da corrente elétrica, associada à corrosão em um ponto específico do tempo durante a realização de um ensaio. Registrar periodicamente esses valores de intensidade de corrosão ao longo do tempo é uma maneira eficaz de acompanhar e entender a

evolução do processo corrosivo em uma estrutura de aço e de concreto armado. Cabe destacar que a intensidade de corrosão e a taxa de corrosão são diferentes, porém utilizados para o mesmo objetivo (ANDRADE et al, 1996).

Valores isolados de intensidade de corrente são utilizados para comparar corpos de prova e estruturas metálicas e de concreto armado. Registram a intensidade de corrosão ou corrente naquele momento. Ao integrar os dados durante todo o tempo de ensaio, chega-se ao valor de taxa. A intensidade de corrosão tem como unidade $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ e taxa de corrosão $\mu\text{m}/\text{ano}$, assumindo que a corrosão ocorre de maneira uniforme na armadura.

Cascudo (1997) destaca que, através da eletroquímica, pode-se obter a resistência à polarização, que por sua vez representa a inércia que um sistema possui em desenvolver um processo eletroquímico de corrosão. De tal forma que, quanto maior for a resistência à polarização, menos intensas serão as velocidades de corrosão encontradas.

Ensaio de resistividade (Rohm): A resistividade elétrica do concreto é uma ferramenta versátil que encontra aplicação tanto em estudos laboratoriais para a análise das propriedades intrínsecas do material como no monitoramento in loco de estruturas de concreto. Especificamente no contexto deste último cenário, quando combinado com a densidade do potencial do eletrodo, ela se revela como um indicador eficaz para avaliar o risco potencial de corrosão.

Também conhecido como método dos quatro eletrodos, é uma das técnicas mais usadas para se determinar a resistividade elétrica superficial do concreto. Inicialmente, foi desenvolvido para se determinar a resistividade elétrica do solo, porém foi adaptado para uso em estrutura de concreto armado.

Essa metodologia consiste na aplicação de corrente elétrica entre quatro eletrodos oferecidos em linha, com o auxílio de uma fonte de alimentação de corrente alternada. Posteriormente, será aferida a diferença de potencial elétrico entre esses eletrodos.

Silva (2016), afirma que no ensaio submete-se a estrutura de concreto armado ou corpo de prova, através dos eletrodos mais externos, à passagem de uma corrente elétrica alternada, de onda senoidal de frequência de 10 Hz, fixada de tal forma que a diferença de potencial entre esses eletrodos seja de 5 V. Após um período determinado, são realizadas duas medidas da diferença de potencial entre os

eletrodos internos e duas leituras da corrente elétrica passante entre os eletrodos externos da estrutura de concreto armado ou corpo de prova.

Torres (2010), pontua fatores que intervêm na aplicação dessa metodológica, tais como:

- Os efeitos provocados pela polarização;
- A resistência de contato entre o eletrodo e a superfície do concreto;
- O efeito da intensidade de corrente, da frequência, do tipo de onda, armadura e das dimensões dos corpos-de-prova;
- Tipo de cimento: a adição de agentes pozolânicos em geral aumenta a resistividade quando comparados com o cimento Portland;
- Porosidade do concreto: em função da relação a/c, adensamento e cura utilizada nos corpos de prova ou na estrutura real. O aumento da relação a/c provoca a redução da resistividade.

5.21 Caracterização da Agressividade em Zona de Atmosfera Marinha

O ambiente marinho tem sido objeto de extenso estudo devido à sua relevância e aos desafios que representa para as estruturas de concreto armado e fachadas de edifícios expostos a essas condições. É notável que muitos dos estudos relacionados à atmosfera marinha e à interação entre ventos e partículas maiores foram desenvolvidos e conduzidos nas décadas de 80 e 90 (WILKINS e SHARP, 1980; BUENFELD, 1984).

Esses estudos estabeleceram as bases para pesquisas posteriores e enfatizaram a importância de considerar os ventos e a velocidade crítica na formação e no transporte de partículas do aerossol marinho. Além disso, contribuíram para elevar a conscientização sobre a influência do aerossol marinho em diversos processos ambientais e climáticos.

Em particular a água do mar é um agente altamente corrosivo devido à sua composição química e à presença de vários elementos naturais. Aqui estão algumas considerações sobre os diferentes agentes de degradação no ambiente marinho:

- **Agentes químicos:** tem-se a água salgada do mar contém sais dissolvidos, como cloreto de sódio, magnésio, cálcio e muitos outros. Esses sais podem reagir com o concreto, causando corrosão e desgaste ao longo do tempo.
- **Agentes Físicos:** o ambiente marinho também apresenta desafios físicos, como ondas, correntes, abrasão e impactos causados por detritos flutuantes. Essas forças podem causar danos mecânicos às estruturas.
- **Agentes Biológicos:** tem-se organismos marinhos, como algas, cracas, moluscos e bactérias, podem colonizar as superfícies das estruturas submersas. A biocorrosão ou corrosão induzida por microrganismos (CIM), causada por esses organismos, pode acelerar a degradação do concreto e outros materiais.

Conforme Mehta e Monteiro (2014), no ambiente marinho, a água salgada desempenha um papel fundamental como agente responsável por processos físicos e químicos de degradação. Como mencionado anteriormente, a água do mar contém uma ampla variedade de sais e elementos químicos que conseguem interagir com as estruturas expostas, o que pode resultar em processos corrosivos e degradação física. Ross (2008) frisa que a variação na concentração desses elementos, com base em fatores como localização geográfica, estação do ano e atividade biológica, também é uma observação relevante. Essas variações podem ter um impacto significativo na taxa de degradação das estruturas no ambiente marinho.

5.22 Fatores que Influenciam a Geração, o Transporte e a Acumulação de Íons Cloretos na Superfície do Concreto

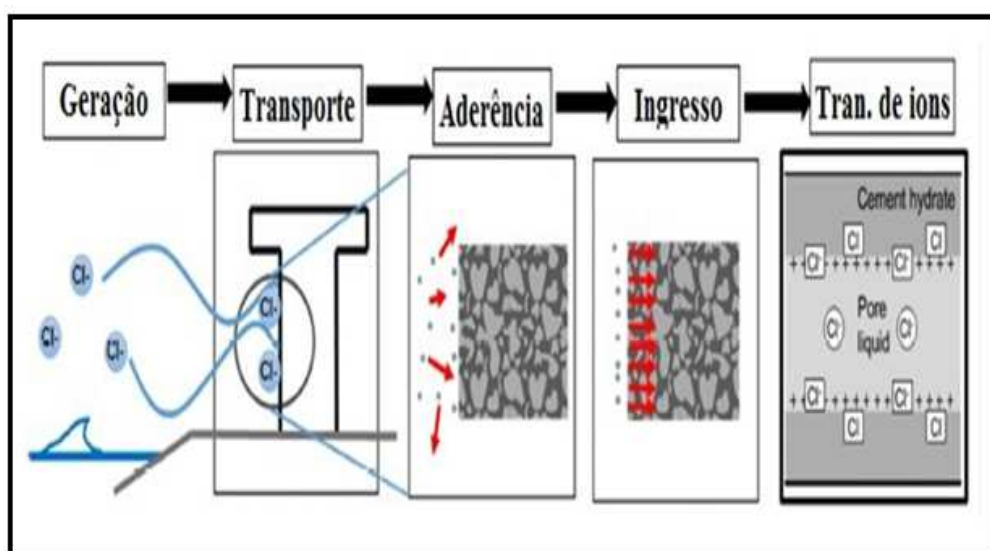
Conforme Wattanapornprom e Ishida (2017), o processo de geração, transporte e acumulação de íons cloretos em zonas de marinha podem ser divididos basicamente em quatro etapas:

- **Geração do aerossol marinho:** Quando a água do mar evapora, os íons cloretos são liberados na atmosfera;
- **Transporte do aerossol na zona de atmosfera marinha:** os íons cloretos presentes na atmosfera são transportados pelo vento e pela umidade atmosférica para áreas costeiras e estruturas de concreto próximas ao mar. O vento e a umidade carregam esses íons para áreas mais distantes da costa;

- **Deposição e lavagem:** Os íons cloretos transportados pelo ar podem ser depositados em superfícies, incluindo estruturas de concreto, por meio de processos como a deposição úmida. Além disso, a chuva pode lavar os íons cloretos das superfícies, causando um acúmulo temporário no solo ou no concreto;
- **Transporte no interior do concreto:** os íons cloretos, processos de difusão e migração iônica são depositados nas superfícies das estruturas de concreto, penetrando no material mediante processos de difusão e migração iônica. Com o passar do tempo, esses íons se acumularão no interior do concreto, levando à corrosão das armaduras de aço.

A Figura 17 apresenta, de forma esquemática, o processo de separação que influencia o ingresso de cloretos em estruturas de concreto armado. É essencial para entender como os íons cloreto penetram e se acumulam nas estruturas. Meira (2007), afirma que nem todos os cloretos depositados na superfície do concreto podem causar danos significativos, uma vez que muitos deles podem ser retidos na camada superficial ou removidos antes de alcançar as armaduras de aço no interior da estrutura.

Figura 17: Processo de ingresso de aerossol marinho em estrutura de concreto.



Fonte: Wattanapornprom e Ishida (2017) – adaptado.

No entanto, a quantidade e a concentração de cloretos que penetram especificamente são fatores críticos na avaliação da durabilidade das estruturas em

ambientes marinhos, pois a corrosão das armaduras de aço pode ser desencadeada quando os cloretos atingem níveis críticos no interior do concreto. Portanto, é importante considerar esses aspectos ao projetar e manter estruturas em tais ambientes.

5.23 Composição da Água do Mar

A água do mar é bastante complexa, mas, em termos gerais, ela é composta principalmente por água e uma variedade de sais dissolvidos, gases dissolvidos e outras substâncias, Ross, (2008). Aqui estão os principais componentes da composição da água do mar:

- **Água (H₂O):** a água é o principal componente da água do mar, compreendendo cerca de 96,5% a 97,5% da sua massa total.
- **Sais minerais:** os sais minerais dissolvidos na água do mar são responsáveis pela sua salinidade. Os principais sais incluem:
 - **Cloreto de sódio (NaCl):** é o sal mais abundante na água do mar e representa a maior parte da sua salinidade.
 - **Sulfato de magnésio (MgSO₄):** contribui para a salinidade da água do mar e afeta suas propriedades químicas.
 - **Cloreto de magnésio (MgCl₂):** também contribui para a salinidade e a composição iônica da água do mar.
 - **Cloreto de cálcio (CaCl₂):** encontrado em concentrações menores, mas ainda significativas, na água do mar.
- **Íons:** além dos íons provenientes dos sais mencionados acima, a água do mar contém muitos outros íons em concentrações menores, incluindo íons de potássio (K⁺), bicarbonato (HCO₃⁻), brometo (Br⁻), estrôncio (Sr²⁺), entre outros.
- **Gases dissolvidos:** a água do mar também contém gases dissolvidos, como oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂). Esses gases desempenham papéis cruciais na química e na biologia do ambiente marinho.
- **Matéria orgânica dissolvida:** a água do mar pode conter substâncias orgânicas dissolvidas, incluindo compostos orgânicos complexos, nutrientes e matéria orgânica em decomposição.

- **Sedimentos em suspensão:** partículas minerais em suspensão, como areia, silte e argila, podem estar presentes na água do mar, especialmente em áreas costeiras e perto da desembocadura de rios.
- **Micro-organismos:** a água do mar é o habitat de uma vasta gama de micro-organismo, incluindo fitoplâncton (algas microscópicas), zooplâncton (micro-organismos animais), bactérias e vírus.

Os autores Lemus, García e Frías (1997) afirmam que a estabilidade dos compostos químicos é importante no controle da composição geral dos oceanos, já se comprovou que, embora a quantidade total de sais dissolvidos seja variável, as proporções dos elementos principais são constantes. E que a salinidade normalmente pode variar de 33 a 37 partes por mil em oceano aberto e em áreas fechadas e locais onde as condições são apropriadas à amplitude, a salinidade pode variar entre 28 até 40 ou mais (partes por mil).

Afirmam também que a média global de salinidade aceita para todos os oceanos é de 35 partes por mil. E que a concentração de sais da água do mar varia segundo a profundidade, a temperatura, a latitude e a proximidade da costa. Tanto a salinidade e a temperatura são dois dos fatores mais importantes que influenciam as características físico-químicas da água do mar e têm um impacto direto na distribuição dos seres vivos no ambiente marinho.

A salinidade e a temperatura são dois dos principais parâmetros físico-químicos que afetam significativamente as características da água do mar e, por consequência, desempenham um papel fundamental na distribuição dos seres vivos nos ecossistemas marinhos. As interações químicas que ocorrem na água do mar e como essas interações estão relacionadas para manter o pH da água do mar relativamente estável, tornando os oceanos uma grande “solução tamponada”, é uma solução que, mesmo com a adição de um ácido ou base, não sofre variação de pH. Ou seja, uma solução tamponada é resistente às variações de pH.

Essas interações químicas, o dióxido de carbono (CO_2) é um gás presente na atmosfera, produzido por processos biológicos, como a respiração de organismos marinhos. Quando o CO_2 entra em contato com a água do mar, ele se dissolve e reage com a água para formar o ácido carbônico (H_2CO_3). Essa ocorrência aumenta a acidez da água e reduz seu pH.

Por fim, a pesquisa de Morelli & Lima (2004), comprovam que os íons de hidrogênio, provenientes da dissociação do ácido carbônico, geram os íons de bicarbonato (HCO_3^-) e a partir de íons de carbonato, decorrente da dissociação do carbonato de cálcio (CaCO_3), resultando no efeito de tamponamento da água do mar.

5.24 Formação de Aerossol Marinho

Os autores Swamy, Hamada e Laiw (1994) afirmam que o aerossol marinho desempenha um papel importante na degradação de estruturas de concreto em regiões com atmosfera marinha, ao carregar consigo partículas de sal que contêm cloretos corrosivos para o concreto armado.

A formação do aerossol marinho ou névoa marinha é resultado de vários processos que ocorrem na interface entre o oceano e a atmosfera, e esses processos inclui a evaporação da água do mar, que por sua vez é o ponto de partida para a formação do aerossol marinho. À medida que o sol aquece a superfície do oceano, a água evapora e se transforma em vapor de água na atmosfera. Esse vapor de água contém sais divididos do mar. Outro destaque importante, é o choque contínuo entre ondas e a topografia oceânica, da zona de quebra das ondas e da agitação da superfície (MEIRA, 2008; COLE, 2003).

Reações físicas, químicas e biológicas no leito do mar produzem bolhas de ar que, por serem leves, são levadas pelo vento à superfície e explodem como aerossol marinho (YANG, 2017). Em mar aberto há formação de aerossol marinho, no entanto, em menor quantidade, essa formação ocorre devido ao atrito do vento com a superfície do mar (MEIRA, 2004). Na região chamada zona de quebra das ondas, é onde o aerossol marítimo ganha mais e maiores partículas salinas, isso ocorre em virtude da constante movimentação das ondas.

Depois da formação de gotas do aerossol marinho, elas são transportadas pelos ventos, entrando em equilíbrio com o ambiente. O equilíbrio químico e a composição das gotas de aerossol podem variar dependendo das condições climáticas, como a umidade relativa do ar e a temperatura, bem como a concentração de sais distribuídos nas gotas. Essa concentração varia entre 70 e 74% de umidade relativa e as gotículas supersaturadas se tornam sólidas.

O volume e o escalonamento das partículas do aerossol marinho estão diretamente ligados com a topografia da área costeira e às condições meteorológicas. Morcillo et al. (1999) mediram o diâmetro das partículas do aerossol entre 0,1 e 400

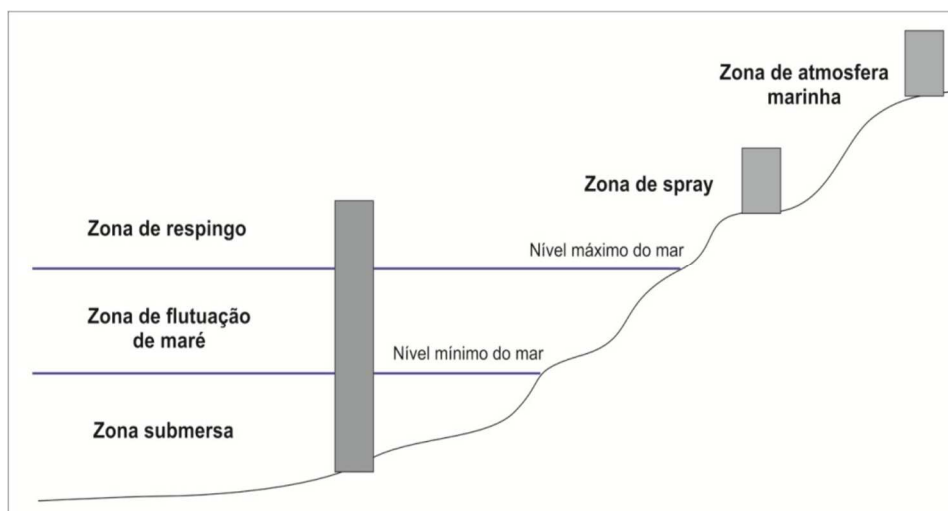
μm e Swatekititham (2004) mediu algo entre 2 e 100 μm . As partículas de maior tamanho e maior massa se depositam mais rapidamente nas estruturas de concreto que estão à sua volta, já as partículas menores e de menor massa permanecem maiores tempo em suspensão antes de se depositarem (MEIRA, 2008; COLE, 2003).

Os autores relacionados acima abordam as diferentes zonas de agressividade marinha, considerando a exposição das estruturas às condições do ambiente costeiro. Aqui estão algumas observações sobre essas classificações:

- **Zona Submersa:** o concreto está sempre abaixo do nível do mar, com alta concentração de cloretos, mas a falta de oxigênio limita a corrosão, além disso, destaca sobretudo por um transporte de difusão iônica e/ou permeabilidade (CASCUDO, 1997);
- **Zona de Flutuação de maré:** nessa zona o concreto está localizado entre os níveis máximos e mínimos da maré, experimentando ciclos de molhagem e secagem. Essa zona é altamente agressiva devido à alta concentração de cloretos e presença de oxigênio. Esse ambiente configura-se por um transporte de absorção capilar na superfície e difusão iônica nas camadas mais internas (CASTRO, 2001);
- **Zona de Respingo:** o concreto fica acima do nível do mar, mas recebe respingos do movimento da maré, sendo a segunda zona mais agressiva. Esse ambiente caracteriza-se por um transporte de convecção e difusão iônica na superfície e nas camadas mais internas apenas difusão iônica e/ou permeabilidade (MARTIN-PEREZ, 1999);
- **Zona de Spray:** o concreto está sujeito a respingos quando o vento está forte e, em outras ocasiões, está na zona de solo, com ventos mais fracos.
- **Zona de Solo ou atmosfera marinha:** O concreto recebe apenas a névoa formada pelo aerossol marinho e fica a uma distância de aproximadamente 10 – 20m do mar, mas não diretamente dos respingos (MEIRA, 2004).

Conforme Tang e Andersen (2000), propuseram uma categorização dos diferentes níveis de agressividade marinha, que incluem: regiões como zona submersa, zona de respingo e zona de atmosfera. A ABNT NBR 6118, (2023), adota uma abordagem semelhante, categorizando a agressividade marinha em diferentes faixas que incluem ambiente submerso, ambiente marinho e respingo de maré conforme a Figura 18.

Figura 18: Representação esquemática das zonas de agressividade.



Fonte: Meira (2004).

Dentre as zonas aqui apresentadas, a zona de flutuação de maré é o segmento mais deletério das estruturas de concreto armado, já que estas estruturas estão submetidas a ciclos de molhagem e secagem, onde ocorre o efeito combinado de transporte de agentes agressivos (absorção capilar e difusão iônica) aumentando, assim, a intensidade de penetração de cloretos. Atrelado a esse efeito combinado, pode-se colocar a ação física de choques das ondas com a superfície do concreto, provocando o efeito de lascamento.

Meira (2004) divide a agressividade da Zona de Atmosfera Marinha (ZAM) em três microrregiões, considerando a intensidade dos ventos, conforme o Quadro 6. Cabe ressaltar que essa classificação foi feita para uma região com ventos de baixa intensidade — até 5 m/s, diminuindo a presença salina na atmosfera.

Quadro 6: Faixas de agressividade do aerossol marinho.

Faixas de agressividade		Distâncias aproximadas para o local de estudo (m)
Nível de agressividade	Deposição média (mgCl/m².dia)	
Elevada	Acima de 100	Até 100
Moderada	Entre 10 e 100	Entre 100 e 750
Mínima	Menor que 10	Acima de 750

Fonte: Meira (2004).

O estudo de Morcillo (1999), que considera valores de deposição de cloretos para classificar a agressividade marinha, é uma abordagem importante para avaliar o risco de corrosão em estruturas expostas ao ambiente marinho. Eles estabeleceram critérios específicos para classificar a agressividade com base na quantidade de cloretos depositados nas superfícies das estruturas ao longo do tempo. Seguem os critérios:

- **Agressividade Baixa:** Esta categoria é atribuída quando os valores de deposição de cloretos estão abaixo de $100 \text{ mgCl}^-/\text{m}^2.\text{dia}$. Isso sugere que a quantidade de cloretos depositados nas superfícies das estruturas é relativamente baixa e, portanto, o risco de corrosão é considerado baixo.
- **Agressividade Elevada:** Quando os valores de deposição de cloretos excedem $400 \text{ mgCl}^-/\text{m}^2.\text{dia}$, a agressividade é classificada como elevada. Isso indica uma quantidade significativamente maior de cloretos sendo depositados nas estruturas, o que aumenta substancialmente o risco de corrosão.

Essa classificação é útil para avaliar o nível de proteção e manutenção necessários para estruturas expostas a condições marítimas. Estruturas localizadas em regiões com ventos fortes e, portanto, maior presença de sal na atmosfera, tendem a estar sujeitas a uma agressividade mais elevada e podem requerer medidas de proteção mais rigorosas, como revestimentos de alta resistência a cloretos, inspeções frequentes e manutenção preventiva para prolongar sua vida útil e garantir sua integridade estrutural.

Além disso, são úteis para projetistas e engenheiros ao projetar e dimensionar estruturas em ambientes marinhos, por ajudarem a determinar a exposição esperada e a escolher os materiais e as técnicas de proteção adequadas para garantir a durabilidade e a segurança das estruturas expostas a condições marítimas.

5.25 Velocidade e Direção dos Ventos

Estudos realizados Woodcock (1953) apresentam uma visão importante sobre a relação entre a velocidade dos ventos e a concentração salina na atmosfera, especificamente em relação à formação de aerossóis marinhos. A velocidade dos ventos faz com que um número maior da quantidade de partículas de todos os tamanhos componha o aerossol e, em especial, possibilita que as partículas maiores possam ter uma maior participação.

A ação do vento desempenha de fato um papel crucial na formação do aerossol marinho. Isso ocorre principalmente devido ao processo de aeração do oceano, que envolve a incorporação de ar na água do mar devido à colisão das ondas e à interação entre ar e a superfície do oceano. Esse processo resulta na formação de bolhas de ar na água, que podem variar em tamanho. Quando a velocidade do vento aumenta, o número de bolhas geradas aumenta, assim como a porcentagem de partículas maiores no espectro dos aerossóis (FITZGERALD, 1991).

Após a formação e a ascensão pelas correntes de ar, as partículas do aerossol marinho, que geralmente têm tamanhos variando entre 0,1 e 400 micrômetros (μm), são transportadas pelo vento marinho ao longo da costa (MORCILLO, 1999). No decurso desse processo de transporte, entra em ação o efeito gravitacional, que afeta as partículas de forma diferente, dependendo do seu tamanho.

A relação entre a gravidade e a velocidade do vento desempenha um papel crucial no processo de transporte do aerossol marinho. Como mencionado anteriormente, a gravidade atua de forma mais intensa sobre as partículas maiores, levando-as a sedimentar ou cair mais rapidamente em direção à superfície. A velocidade do vento, por sua vez, influencia a capacidade de transporte das partículas, determinando quanto tempo elas serão transportadas antes de serem depositadas (MEIRA, 2004). As partículas maiores do aerossol marinho carregam uma parcela significativa da concentração salina e têm tendência de percorrer distâncias menores antes de serem depositadas, isso resulta em uma forte diminuição da concentração de sal marinho nas áreas costeiras ou nas primeiras zonas terrestres.

É importante citar que a literatura científica apresenta o conceito de velocidade crítica dos ventos, esse conceito é relevante em estudos relacionados à geração e ao transporte de partículas maiores do aerossol marinho e consequente influência na concentração salina na atmosfera continental. Esta velocidade crítica representa o limite a partir do qual os ventos atingem uma intensidade que consegue desempenhar um papel significativo na formação e transporte dessas partículas.

O valor de 3 metros por segundo (m/s) como uma velocidade crítica para a geração e transporte de partículas maiores do aerossol marinho é amplamente aceito na comunidade científica, por ser suficiente para iniciar o processo de geração e transporte dessas partículas maiores. No entanto, é importante destacar que a velocidade crítica pode variar dependendo das condições locais, das características

do ambiente costeiro e das metodologias de medição, conforme observamos no Quadro 7.

Quadro 7: Valores de velocidade crítica.

Autor (es)	Velocidade crítica
Spiel e Leew (1996)	7 – 11 m/s
Piazzola e Despiau (1997)	> 5m/s
Fitzgerald (1991) O'Dowd et al. (1996) Morcillo et al. (2000) Meira (2007)	> 3m/s

Fonte: Borba Junior (2011) – Adaptado.

5.26 Distância ao Mar

O ponto destacado por Gustafsson e Franzén (1996) é de fato relevante na compreensão da influência do vento na concentração salina em áreas costeiras e marinhas. A influência do vento na concentração salina diminui à medida que se afasta do mar devido a uma série de processos que ocorrem na interface entre o oceano e a atmosfera. No mar, as partículas do aerossol marinho são formadas continuamente, devido a processos como a evaporação da água do mar e o choque das ondas.

Nas áreas costeiras próximas ao mar, a concentração de cloretos na atmosfera é elevada devido à presença de aerossol marinho, que contém sais distribuídos. Ventos mais fortes podem transportar partículas de aerossol marinho a distâncias maiores da costa, o efeito gravitacional é um fator predominante na deposição de partículas de cloretos na atmosfera terrestre. Partículas maiores e mais pesadas tendem a cair rapidamente e se depositam em superfícies próximas, como estruturas de concreto e fachadas dos edifícios (VITALI, 2013).

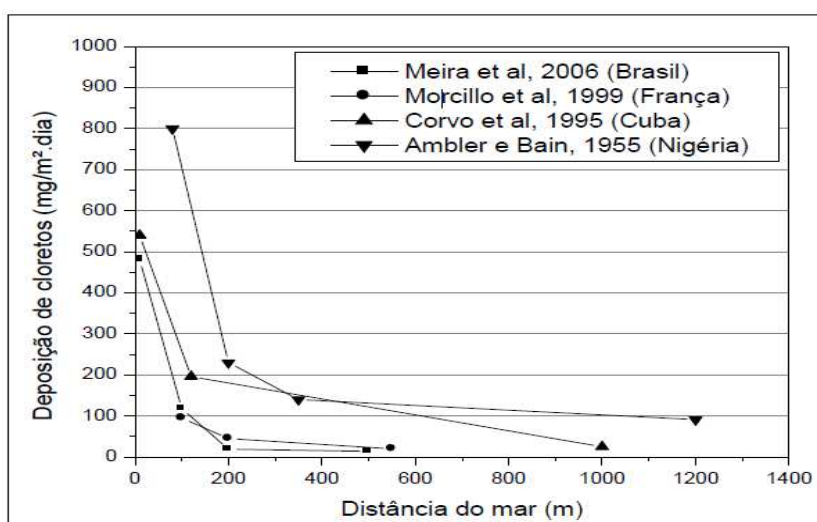
Cabe destacar que, em zonas urbanas costeiras, obstáculos como edifícios e estruturas podem barrar o transporte de partículas de cloretos pelo vento. Isso pode resultar em concentrações mais altas de cloretos em áreas urbanas próximas à costa, onde a dispersão atmosférica é restrita pelos obstáculos.

Portanto, a interação entre a ação da gravidade, a velocidade do vento e a presença de obstáculos desempenha um papel crucial na distribuição e na

concentração de cloretos e outros sais marinhos na atmosfera marítima. Essa dinâmica é relevante para a corrosão de estruturas.

Observa-se na Figura 19 resultados encontrados em estudos realizados em diferentes partes do mundo, e esses resultados mostram a variação da concentração de cloretos em relação à distância da costa. A concentração de cloretos em locais próximos ao mar varia conforme o local, haja vista, que essa concentração está diretamente ligada aos parâmetros climáticos, tais como: velocidade do vento e agitação do mar. Onde na faixa dos 200 metros, a deposição de cloretos sofre uma forte tendência decrescente. Isso ocorre, pois grande parte das partículas maiores e mais concentradas já se depositou e/ou foram barradas ao acessarem o continente por obstáculos físicos.

Figura 19: Deposição de cloretos do aerossol marinho e a distância do mar.



Fonte: Borba Junior (2011).

Dessa forma, a relação deposição de cloreto em relação a distância, não é linear, além disso, observa-se a diminuição da névoa salina marinha a medida em que se afasta do mar.

5.27 Distribuição em Altitude

A distribuição vertical do aerossol também pode influenciar diretamente a concentração salina na atmosfera. Blanchard e Cipriano (1984) investigaram a variação da concentração de aerossóis com a altitude, especialmente na região costeira entre o mar e o continente. Segundo o estudo, a concentração de aerossóis

tende a diminuir à medida que se eleva na atmosfera. Isso ocorre porque as partículas maiores, devido a ação gravitacional e sua massa, não conseguem alcançar altitudes significativas.

O estudo também revelou uma redução de até sete vezes na concentração de aerossóis em altitudes entre 14 e 620 metros em relação à menor altitude. Essa diminuição acentuada na concentração de aerossóis ocorre à medida que se afastam do nível do mar.

5.28 A influência da Temperatura, Umidade Relativa e a Pressão Atmosférica

Contudo, a velocidade do vento não é o único fator meteorológico que influencia a concentração superficial e a deposição de cloretos. As condições adversas, incluindo a temperatura e a umidade relativa, desempenham papéis importantes e interconectados nesse contexto, especialmente em áreas próximas à costa e sem obstáculos.

A umidade relativa do ar afeta a taxa de evaporação da água do mar. Quanto mais baixa a umidade relativa, mais rápida é a evaporação. Isso pode resultar em uma maior concentração de cloretos na atmosfera.

A temperatura influencia a capacidade da água do mar de reter sais. Em regiões mais quentes, a água do mar pode conter uma maior quantidade de sais antes de atingir a saturação, ou que pode variar a concentração de cloretos. Já as variações na pressão atmosférica podem afetar os padrões de vento e a movimentação do ar, ou que, por sua vez, podem influenciar a evaporação e a composição de aerossóis contendo cloretos (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Com o processo de formação e elevação do aerossol marinho pelas correntes de ar, as partículas de sal buscam o equilíbrio com o meio ambiente. Em razão dos fatores climáticos (temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica), as partículas de sal podem estar sob a forma de cristais de sal ou em solução salina (ZEZZA e MACRI, 1995; FITZGERALD, 1991).

As análises de Zezza e Macri (1995), destacam como a umidade relativa desempenha um papel fundamental na determinação da forma em que partículas de aerossol de sal são depositadas na atmosfera. Quando a umidade relativa é superior a 70%, as partículas de aerossol tendem a ser depositadas na forma de solução salina, em vez de cristais sólidos.

Em condições de alta umidade relativa, as partículas de sal podem absorver água do ar e se dissolver, formando uma solução salina. Isso ocorre porque a alta umidade relativa fornece um ambiente propício para que as partículas de sal absorvam a umidade atmosférica circundante. Por outro lado, em condições de baixa umidade relativa, as partículas de sal têm menos oportunidade de absorver água do ar e, portanto, têm maior probabilidade de se manterem na forma de cristais sólidos.

Para Cole (2003), a influência da umidade relativa (RH) na concentração de sal é predominantemente importante na escala de 50 a 70% devido à umidificação do sal, onde a umidade aumenta o tamanho da partícula de sal, facilitando a queda nas primeiras faixas de terra.

Essa compreensão é importante, ao demonstrar como as condições climáticas locais, como a umidade relativa, podem influenciar a forma e o comportamento das partículas de sal na atmosfera. Isso, por sua vez, afeta a deposição de sais, como cloretos, em superfícies próximas, incluindo corpos d'água costeiros e áreas costeiras.

Estudo realizado por Castañeda (2018), encontrará uma relação linear entre a umidade relativa, temperatura, velocidade do vento e deposição de cloretos na cidade de Havana, Cuba, é uma pesquisa valiosa para compreender as interações complexas entre variações adversas e os níveis de salinidade na região, conforme registra a Tabela 1.

Tabela 1: Influência da umidade relativa, da temperatura e da velocidade do vento na deposição de cloretos na cidade de Havana (Cuba), através de regressão multivariada linear.

Dist. de exposição (m)	r ² (%)	Regressão ($Dep = a + b \times RH + c \times T + d \times v$)				
		Medidor	a	b	c	d
20	91	1	828,86	27,73	410,72	88,55
	90	2	803,76	23,63	124,73	103,22
170	73	1	59,28	0,36	-2,93	-2,22
	73	2	60,67	0,36	-2,96	-2,40
600	63	1	0,41	0,28	-0,98	2,10
	66	2	0,56	0,22	-0,88	1,96
1365	75	1	207,40	1,45	-10,19	-1,30
	77	2	212,79	1,47	-9,09	-0,88
1772	85	1	21,01	0,12	-0,95	-1,02
	81	2	18,50	0,13	-0,90	-0,88
2365	76	1	20,64	0,20	-1,16	-1,30
	77	2	19,73	0,18	-1,09	-1,02
4911	75	1	9,84	0,13	-0,68	-0,30
	74	2	11,44	0,12	-0,69	-0,42

Fonte: Castañeda (2018).

Onde:

Dep é a deposição de cloretos em $\text{mg}/(\text{m}^2.\text{dia})$;

a, b, c e d são constantes de regressão;

v é a velocidade do vento em m/s ;

T é a temperatura em $^{\circ}\text{C}$;

RH é a umidade relativa.

A conclusão de Castañeda (2018), de que existe uma relação complexa entre a temperatura, a umidade relativa e a deposição de cloretos, ressalta a natureza multifacetada e interdependente dos processos envolvidos na transferência de sais, como cloretos, da atmosfera para a superfície do mar e áreas costeiras.

A deposição de cloretos na cidade de Havana, acontecem como gotas de solução salina e não como partículas cristalizadas, haja vista que a temperatura se manteve perto dos 25°C . Logo, conforme os autores, a entrada de uma frente fria pode inverter a formação do aerossol marinho, propiciando a cristalização dos sais.

5.29 Efeito Blindagem ou Barreira

As estruturas dos edifícios, vegetações altas, falésias etc. são considerados barreiras não naturais e naturais respectivamente. Essas barreiras, por sua vez, dificultam a dispersão dos aerossóis marinhos. Esse processo é denominado efeito blindagem ou barreira (CASTAÑEDA, 2018; LIU, 2018). O efeito de blindagem assume uma função importante para a remoção salina quando o aerossol é transportado a curta distância do mar, pois as partículas de aerossol de cloreto mais pesadas e maiores ficam retidas nessas barreiras.

Consequentemente, esse o acúmulo de cloretos depositados nas estruturas de concreto e nas fachadas dos edifícios, ocorre a percolação pelos poros do concreto, atingindo as armaduras de aço e provocando corrosão e deslocamento de trechos do concreto.

6 ESTUDOS DE CASOS: APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE PERÍCIA JUDICIAL TÉCNICA EM OBRAS COM PATOLOGIAS EM CONCRETO

A aplicação do protocolo de perícia judicial técnica desempenha um papel fundamental no contexto jurídico. Consiste em diagnosticar as irregularidades presentes em qualquer bem móvel ou imóvel, determinando sua origem subjacente e estabelecendo a conexão entre as anomalias e a responsabilidade da parte negligente. Por conseguinte, acelera o processo judicial, fornecendo informações técnicas precisas que podem evitar disputas prolongadas e dispendiosas.

O primeiro estudo de caso se trata de um edifício de vários pavimentos situado na região do litoral paulista, a uma distância de 600 metros da orla marítima. Onde, após quatro anos da obtenção do habite-se, a edificação apresentou uma série de defeitos construtivos e graves problemas estruturais que afetam a segurança, a estabilidade e a convivência social.

No segundo estudo de caso, é abordada uma situação judicial na qual o autor desempenhou a função de perito judicial. O litígio envolveu uma prefeitura em uma cidade do Vale do Ribeira que moveu uma ação contra uma construtora. Essa empresa, por sua vez, havia vencido uma licitação pública com o propósito de construir uma escola infantil, no contrato estipulava que deveria seguir os projetos executivos fornecidos pela municipalidade. Além disso, era a única responsável pela perfeição dos serviços, comprometendo-se a construir segundo as normas técnicas de engenharia vigente no país.

As provas periciais foram instrumentos de suma importância para auxiliar o Magistrado na elucidação do litígio e na identificação das responsabilidades pertinentes, de tal forma que as respectivas sentenças foram fundamentadas nos Laudos Periciais.

6.1 Estudo de Caso A: Edifício Residencial Multipavimento

A abordagem aborda uma ação judicial iniciada por um condomínio residencial contra uma construtora incorporadora. A fim de preservar a confidencialidade e a reputação das partes envolvidas no litígio.

O condomínio residencial está localizado em uma cidade do litoral paulista, a uma distância de 600m da orla marítima. É um edifício de múltiplos pavimentos, edificado em um terreno plano com dimensões: testada com 30m e profundidade com 64m, totalizando uma área de 1.920m², e área construída de 18.769,68m².

Foi construído em estrutura reticulada de concreto armado e com paredes de blocos cerâmicos. Distribuídos pelos seguintes pavimentos: subsolo, térreo, mezanino, 2º andar de garagem, 17 andares-tipo, cobertura e ático. Possui 136 apartamentos, sendo 8 por andar. Há três elevadores, sendo dois sociais e um de serviço. Conta com estacionamento que comporta 152 vagas distribuídas no subsolo, térreo e mezanino e na garagem do 2º andar.

A fachada é revestida em cerâmica, caixilhos envidraçados e guarda-corpos de alumínio com fechamento de vidro. O habite-se foi emitido pela Prefeitura Municipal em 12/02/2014. O imóvel, na ocasião do processo judicial, possuía idade de 04 anos.

O Condomínio Residencial apresentou uma ação judicial perante o Tribunal de Justiça de São Paulo, denominada "Ação de Obrigação de Fazer com Indenização por Danos Materiais". Alegando que há diversos vícios construtivos e sérios problemas estruturais que comprometem as seguranças, a estabilidade e o convívio social, tais como: ausência de impermeabilização da laje da cobertura, reforma completa dos pisos das garagens, reforma completa dos pisos de todos os pavimentos, infiltrações nas paredes e laje, estufamento do revestimento da fachada, remoção e reposição de pastilhas com sons cavos e soltas, ferrugem nas estruturas da quadra esportiva, tubulações sem a devida sinalização, tubulação de esgoto sem ponto de visita de manutenção, raspagem de rejunte, troca de rejuntamento das piscinas, deficiência no sistema de sinalização e rota de fuga, paredes da escadaria com aplicação de textura em alto-relevo.

O condomínio, meses antes de ingressar com a Ação Judicial, notificou a Construtora extrajudicialmente, solicitando amigavelmente que solucionasse os defeitos construtivos, porém não houve retorno.

A fim de realizar uma avaliação técnica, o condomínio contratou um engenheiro civil especialista em patologias da construção civil. Que por sua vez elaborou um Laudo de Inspeção Predial minucioso, no qual descreveu detalhadamente as patologias existentes na edificação e os reparos necessários para saná-las, além de apresentar os custos desses reparos onde está incluso o valor da mão de obra e material, totalizaram R\$ 916.289,00 (novecentos e dezesseis mil, duzentos e oitenta e nove reais).

Consta no processo que o Condomínio realizou reparos emergenciais que eram de responsabilidade da Construtora, totalizando um gasto de R\$ 9.491,00 (nove mil,

quatrocentos e noventa e um reais). Portanto, solicita-se o ressarcimento desse valor por parte da Ré, devidamente atualizado a partir da data do desembolso.

Diz ainda, que em caso a Construtora permaneça inerte ou não efetue os reparos, acompanhados do fornecimento dos materiais necessários, requer-se que essa obrigação seja convertida em Indenização por Danos Materiais, que totalizam o montante de R\$ 925.780,00 (novecentos e vinte e cinco mil, setecentos e oitenta reais) (valor de agosto de 2019), com a devida atualização monetária até o momento da efetivação dos reparos. Por fim, pede para a construtora ser condenada ao ônus de sucumbência na base de 20% sobre o valor total ao final apurado.

O engenheiro do condomínio identificou e registou as seguintes patologias e falhas construtivas:

- ✓ **Eflorescências** - constatadas manchas esbranquiçadas na região da rampa de acessibilidade e escadaria no térreo;
- ✓ **Ausência da proteção mecânica da impermeabilização** – em desconformidade com a ABNT NBR 9952 (2007);
- ✓ **Piso sem o caimento em direção aos ralos e grelhas** – em desconformidade com a ABNT NBR 9952 (2007). Ou seja, não garantir o caimento mínimo de 1% para os ralos e grelhas na camada de regularização;
- ✓ **Pintura texturizada da escadaria de emergência** – com acabamento superficial rugoso, em baixo relevo e pontiaguda, oferecendo riscos de danos a pele das pessoas em caso de emergência, ao descerem as escadarias em situação de incêndio. Em desconformidade com a ABNT NBR 9077 (2001) e com a legislação do Copo de Bombeiros exige em sua Instrução Técnica 11 - Saídas de Emergência;
- ✓ **Peças metálicas sem proteção contra corrosão** – oxidação e deterioração do material devido ao ambiente de cidade litorânea. Eletrodutos, fitas metálicas, luminárias da quadra de esportes na cobertura. Parafusos de fixação do corrimão da entrada do edifício (rampa de acessibilidade);
- ✓ **Ausência de escada marinho para acesso das lajes** – Em desconformidade com as recomendações da Fundacentro (RTP 04 – Escadas, Rampas e Passarelas);

- ✓ **Ausência de rufos e pingadeiras** – as platibandas da cobertura e terraços, vigas e demais locais não possui rufo e pingadeira;
- ✓ **Ausência de dispositivos de ancoragem** – em desconformidade com a NR 18 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho), determina que as edificações com no mínimo quatro pavimentos ou altura de 12m a partir do nível do térreo, devem ser instalados de dispositivos destinados a ancoragem;
- ✓ **Fissuras em piso de concreto das garagens** – os pisos das garagens possuem fissuras e buracos;
- ✓ **Ausência de junta de encontro ou de expansão (JE)** – há diversas fissuras e trincas no piso de concreto, principalmente no subsolo;
- ✓ **Ausência de junta serrada** – não foram instalados junta serrada em espaçamentos e profundidades corretos;
- ✓ **Ausência de material flexível** – não foram instalados isopor ou qualquer outro material flexível junto aos pilares e paredes;
- ✓ **Pilares sem o isolamento** – não foram instalados isolamento através de juntas de expansão em relação ao piso;
- ✓ **Fachada** – revestida com cerâmica, apresenta sujidade, fissuras e deslocamento

6.2 Registros e Detalhamento da Inspeção Técnica Pericial

Visando fornecer esclarecimentos técnicos ao processo, o Magistrado determinou a realização de uma perícia técnica judicial, nomeando um engenheiro civil para conduzir essa atividade.

O perito aceitou a nomeação e apresentou os valores dos honorários, que foram aceitos pela construtora e pelo condomínio. As partes apresentaram seus respectivos assistentes técnicos e os quesitos pertinentes ao caso. O magistrado homologou o valor dos honorários, aceitou as indicações dos assistentes técnicos e os quesitos formulados.

Para início dos trabalhos, o perito solicitou os seguintes documentos: plano de manutenção do edifício, registros das manutenções realizadas, comprovantes de abertura de chamados de assistência técnica, comprovantes de realização de serviços de manutenção periódica e corretiva. Projetos executivos de arquitetura, estrutural,

instalações elétricas e hidráulicas, caixilhos, impermeabilização e fachada, além do memorial descritivo.

Esclareceu também que o propósito do laudo é a identificação das patologias presentes no empreendimento, com a indicação das responsabilidades e consideração dos prazos de vigência das garantias dos serviços.

6.2.1 Laudo Técnico Judicial

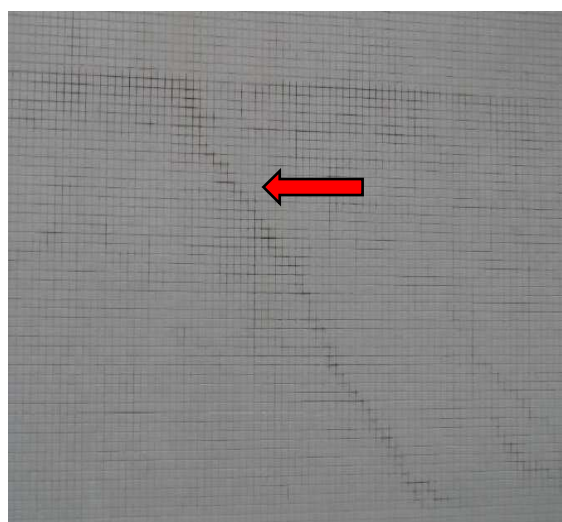
O perito judicial constatou que as anomalias não comprometam a segurança e a solidez da edificação. Além disso, as anomalias causam acúmulo de sujeira na superfície dos revestimentos (Figura 20).

Figura 20: Manchas de escoamento de ferrugem (a) e sujeiras na fachada (b).

(a)



(b)



Fonte: Brandão (2022).

O perito constatou que na interface entre a estrutura de concreto e a alvenaria não foram utilizados materiais adequados nem adotados procedimentos construtivos eficazes, como o uso de telas de reforço, preenchimento com argamassas e selantes específicos. Esses métodos são essenciais para prevenir a transmissão de deformações estruturais para as alvenarias e revestimentos. É importante frisar que diversos componentes metálicos do edifício, como parafusos, porcas, braçadeiras de tubulação, luminárias e refletores, estão apresentando corrosão severa (Figura 21). Essa corrosão está escoando pela fachada, resultando em manchas no revestimento.

Figura 21: Revestimento com marcas de ferrugem (a) e oxidação galvânica na estrutura do alambrado (b).

(a)



(b)



Fonte: Brandão (2022).

O perito constatou que na laje do ático e do barrilete há destacamento do revestimento de argamassa por falta de sua aderência à manta de impermeabilização, em virtude da ausência de instalação de uma tela para estruturar o revestimento, que causa infiltração de água de chuva na laje com presença de lixiviação (Figura 22).

Figura 22: Destacamento e falta de aderência da manta de impermeabilização na argamassa (a), com infiltração na laje e lixiviação (b).

(a)



(b)

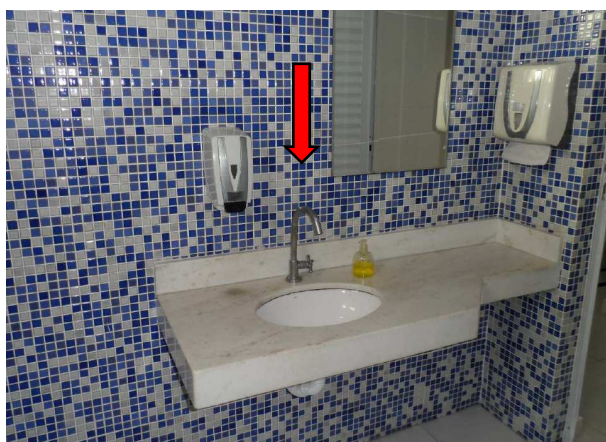


Fonte: Brandão (2022).

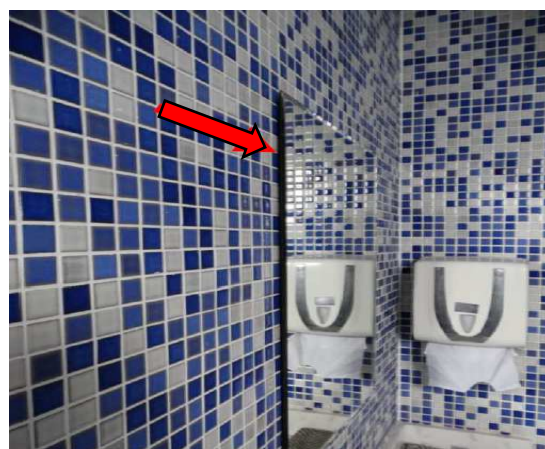
Conforme a ABNT NBR 9050 (2004), as torneiras dos lavatórios em banheiros acessíveis devem ser acionadas por alavanca, sensor eletrônico ou dispositivos equivalentes. Além disso, é obrigatório que os lavatórios tenham barras de apoio instaladas nas paredes, condições que não foram atendidas, contrariando as exigências da norma (Figura 23).

Figura 23: Banheiros acessíveis, sendo: torneira sem alavanca ou sensor eletrônico e lavatório sem barra de apoio (a) e espelho sem inclinação (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

A Figura 24 mostra que o perito cortou a alvenaria e retirou algumas amostras para realizar ensaios para determinar a resistência de aderência dos revestimentos.

Figura 24: Detalhe da área de realização do teste de aderência. A seta vermelha indica a situação do delimitador de profundidade e do selante.



Fonte: Melarato (2018).

No barrilete do edifício, há um poço de ventilação desprotegido, sem medidas de segurança contra quedas em altura, representando um risco para os usuários que acessarem o local (Figura 25).

Figura 25: Poço de ventilação desprotegido contra queda.



Fonte: Melarato (2018).

A Figura 26 mostra trincas nas alvenarias a 45° e verticais, além de estufamento e descolamento das pastilhas. Outra causa comum dessa patologia é a junção inadequada de materiais diferentes, argamassas muito resistentes e sem capacidade de absorver deformações.

Figura 26: Trincas nas alvenarias (a) e estufamento com descolamento das pastilhas (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

O perito identificou o surgimento de abertura entre a alvenaria e o piso, além de fissura no alinhamento do rejunte do piso cerâmico (Figura 27).

Figura 27: Abertura entre a alvenaria e o piso (a) e fissura no alinhamento do rejunte do piso cerâmico (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

Durante a inspeção das instalações hidráulicas prediais, o perito constatou a ausência de suporte de fixação da caixa sifonada, tubulação hidráulica sem pintura e registros sem identificação, conforme exige a ABNT NBR 6493 (Figura 28).

Figura 28: Ausência de suportes para fixar a caixa sifonada (a) e tubulação hidráulica sem pintura e registros sem identificação (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

O perito constatou o desenvolvimento de mofo e bolor, bem como a ausência de vedação na junção entre o caixilho e a alvenaria, o que resultou no deslocamento do gesso (Figura 29).

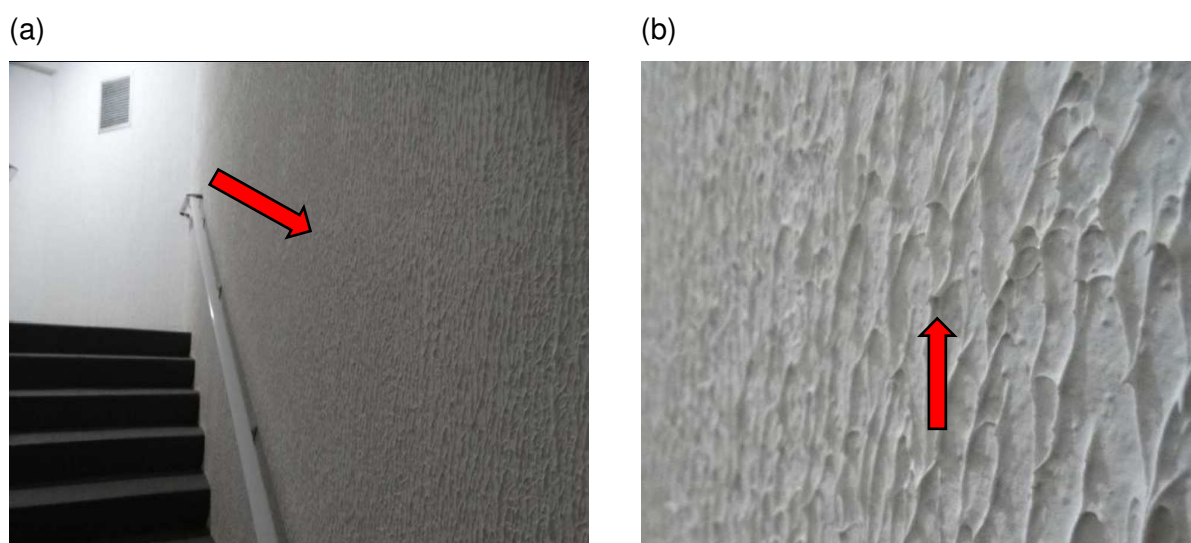
Figura 29: Deslocamento do gesso devido a Infiltração (a) e (b).



Fonte: Melarato (2018).

Constatou-se que a parede da escadaria de emergência estava revestida com textura pontiaguda (Figura 30), contrariando as diretrizes do item 4.7.4 da ABNT NBR 9077 (2001) e do item 5.7.4 da Instrução Técnica 11 (2011), pois, em emergências, pode causar ferimentos na pele das pessoas.

Figura 30: Alvenaria da escadaria de emergência revestida com textura pontiaguda (a) e (b).

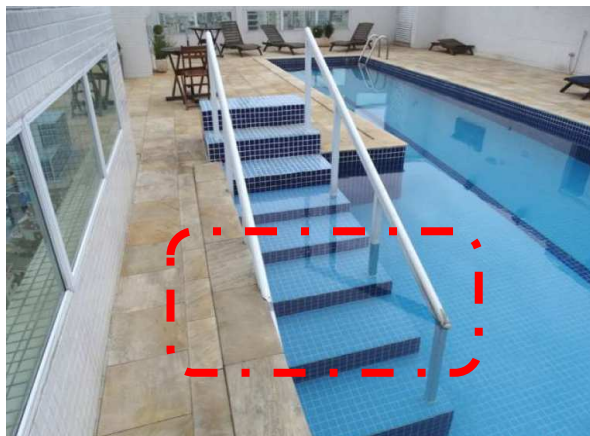


Fonte: Melarato (2018).

O corrimão instalado na escada da piscina está lateralmente obstruído e a pintura apresenta escamação devido ao contato com a água (Figura 31).

Figura 31: Corrimão obstruído e escamação da pintura (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

Durante a inspeção dos shafts localizados nos halls dos pavimentos, constatou-se ausência de vedação entre os pavimentos. Essas irregularidades contrariam o disposto no item 6.3.4 da IT 09 (2011), que estabelece que “todas as aberturas existentes nos entrespos, destinadas à passagem de instalações elétricas, hidrossanitárias, telefônicas e outras, que permitam a comunicação direta entre os pavimentos de um edifício, devem ser seladas para proporcionar uma vedação completa com resistência ao fogo” (Figura 32).

Figura 32: Ausência de compartimentação vertical entre os pavimentos.

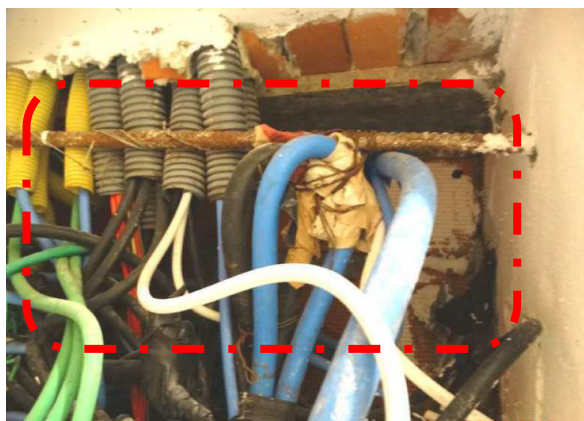


Fonte: Melarato (2018).

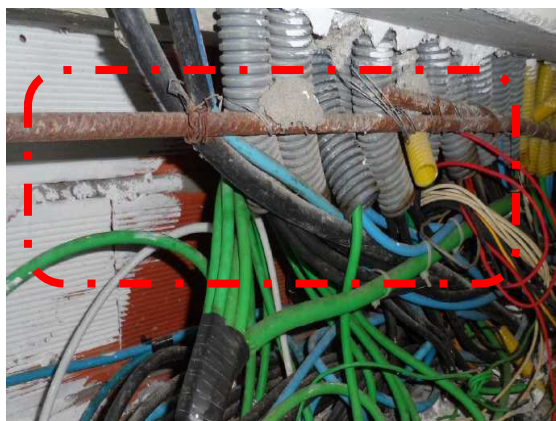
A Figura 33 mostra os quadros de distribuição elétrica com vestígios das formas de madeira utilizadas durante a construção, fios envolvidos em papel e amarrados com arame a vergalhões de ferro, além de toda a fiação estar desorganizada e sem identificação. Essas anomalias estão em desacordo com a ABNT NBR 5410 (2008).

Figura 33: Caixa de distribuição elétrica com barra de ferro, fiação elétrica amarrada com arame, presença de madeira e papel (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

O perito constatou que o piso da garagem apresentava fissuras, trincas, buracos, desagregação, argamassa frágil e pulverulenta, além da ausência de junta de dilatação (Figura 34), em desacordo com o item 5.1.2 da ABNT NBR 13753 (1996).

Figura 34: Fissura, trinca, buraco e argamassa pulverulenta no piso da garagem.

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

No pavimento térreo, foram constatadas peças cerâmicas quebradas, com som cavo no piso, indicando que não houve contato da argamassa de assentamento com o tardo de la placa cerâmica, causando o deslocamento do piso (Figura 35).

Figura 35: Não houve contato da argamassa de assentamento e o tardo, causado a quebra.

(a)



(b)

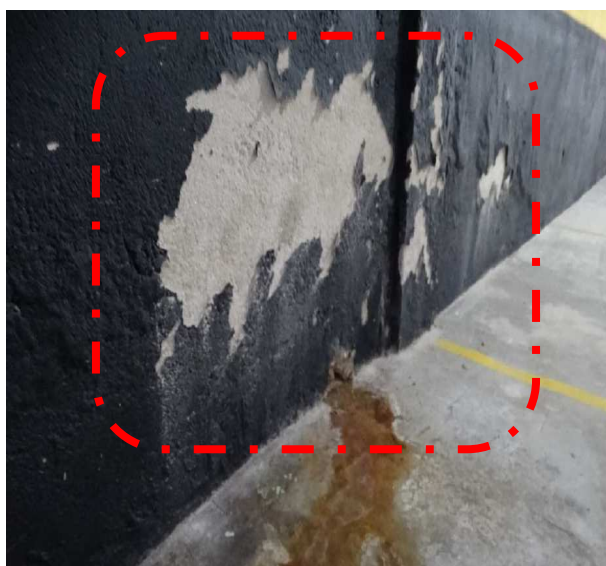


Fonte: Melarato (2018).

No subsolo, constatou-se infiltração proveniente da cortina de contenção, que causou desgaste no revestimento e na pintura, conforme a Figura 36.

Figura 36: Umidade na alvenaria do subsolo, desgaste da pintura (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

A NBR 8160 (1999) estabelece diretrizes específicas para a instalação de tubos de queda e dispositivos de inspeção em sistemas de esgoto sanitário. O item 4.2.4.1 prescreve que esses tubos devem ser instalados em um único alinhamento sempre que possível. Quando desvios forem necessários, eles devem ser realizados utilizando peças que formem um ângulo central inferior a 90°, como curvas de raio longo ou duas curvas de 45°. Além disso, o item 4.2.6.2 da mesma norma determina a instalação de um dispositivo de inspeção junto às curvas dos tubos de queda, preferencialmente a montante delas. Esse dispositivo de inspeção é fundamental, ao permitir a inspeção, limpeza e desobstrução das tubulações, especialmente quando as curvas não são acessíveis por dispositivos de limpeza introduzidos pelas caixas de inspeção ou por outros pontos de acesso (Figura 37).

Figura 37: Instalação de curva 90° na prumada sem dispositivo de inspeção para limpeza.

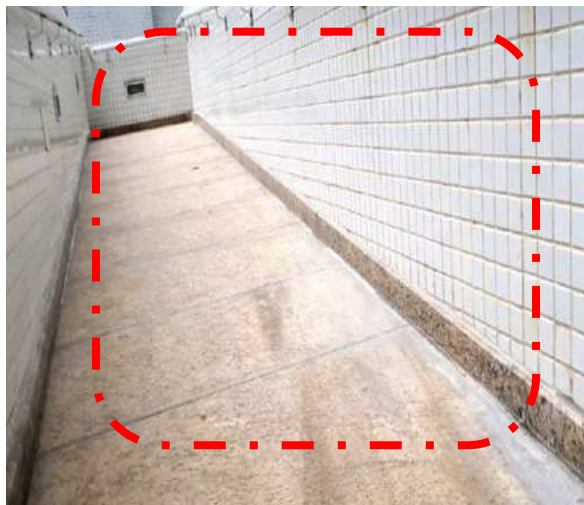


Fonte: Melarato (2018).

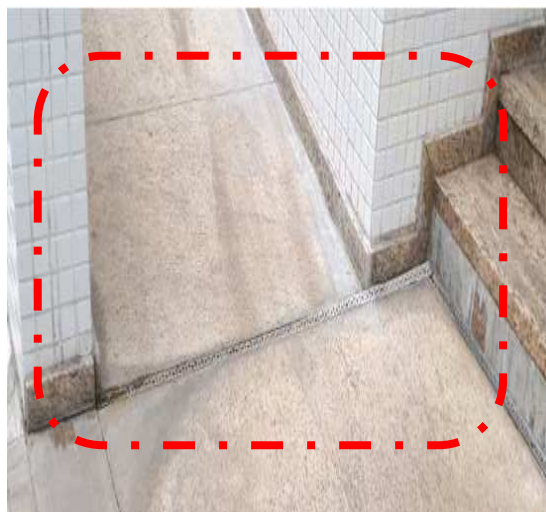
Na escada e na rampa, foi identificada a presença de eflorescências, as quais são sais insolúveis que aderiram às placas de granito. Essa patologia é causada por lixiviação devido à percolação de água que dissolve e transporta sais minerais, cristais de hidróxidos de cálcio presente na argamassa de assentamento, que quando secam, ficam visíveis sob a forma de manchas esbranquiçadas (Figura 38).

Figura 38: Manchas esbranquiçadas de eflorescência sobre o piso de granito (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Melarato (2018).

Por fim, foi elaborada uma estimativa com os valores dos serviços de responsabilidade da Construtora para realizar as correções das patologias. O cálculo tomou como premissa o “Custos Unitários Pini de Edificações – CUPE”, para edifícios com elevador de padrão médio. Indicando o valor total dos serviços de correção ($V_{\text{corretivos}}$) das patologias em R\$ 1.029.382,54 — válido para janeiro de 2022.

6.2.2 Análise da Sentença Judicial

A prova pericial foi um instrumento importantíssimo para auxiliar na elucidação do litígio e indicar as respectivas responsabilidades. O magistrado analisou o Laudo Pericial. Na sentença judicial consta que o Laudo Pericial se mostrou suficiente para comprovar a existência de vício construtivo e indicar os responsáveis. Sendo grande parte da responsabilidade atribuída à Construtora, tais como:

- a. Fissuras e trincas nas fachadas e paredes externas;
- b. Eflorescência no revestimento de pastilha cerâmica das fachadas;
- c. Manchas de oxidação na fachada posterior devido oxidação do suporte do alambrado metálico
- d. Oxidação em componentes metálicos;
- e. Umidade nas lajes do barrilete;

- f. Destacamento de requadro de argamassa no barrilete;
- g. Umidade nos tetos;
- h. Umidade em paredes internas;
- i. Guarda-corpo da piscina;
- j. Compartimentação vertical dos shafts;
- k. Desagregação superficial no piso cimentado das garagens;
- l. Destacamento de revestimento cerâmico no pavimento térreo;
- m. Destacamento de revestimento e pintura na cortina de contenção no subsolo;
- n. Eflorescências nos pisos da rampa e da escada da entrada do edifício;
- o. Tratamento das fissuras e trincas das fachadas e paredes externas;
- p. Tratamento das eflorescências das fachadas e paredes externas;
- q. Tratamento das manchas causadas pela oxidação do alambrado da quadra esportiva;
- r. Substituição dos componentes metálicos em processo de oxidação (parafusos e porcas, braçadeiras de tubulações, esticadores, luminárias e refletores) feitos de materiais adequados a ficarem expostos ao intemperismo;
- s. Implementação de sistema de impermeabilização das lajes descobertas acima do barrilete;
- t. Implementação de sistema de impermeabilização do barrilete;
- u. Implementação de sistema de impermeabilização da cobertura;
- v. Revisão do revestimento cerâmico das fachadas e vedação junto aos caixilhos;
- w. Substituição do guarda-corpo da piscina de adulto;
- x. Revisão da compartimentação vertical dos shafts;
- y. Reexecução dos pisos das garagens do subsolo, mezanino e 2º andar;
- z. Reexecução do revestimento cerâmico da garagem, circulação de veículos e áreas descoberta do pavimento térreo;
- aa. Tratamento das infiltrações existentes nas cortinas de contenção do subsolo;

bb. Reexecução do sistema de impermeabilização da escada da entrada social e da rampa de pedestres;

cc. Revisão do Manual do Proprietário.

Contudo, parte dos problemas não se coaduna com o pedido inicial, como deixou claro o perito, ou seja, alguns deles não são de responsabilidade da Construtora:

- a) sujidades nas fachadas em virtude da ausência de rufos pingadeiras;
- b) juntas de movimentação nas fachadas;
- c) juntas de dessolidarização nas fachadas;
- d) ausência de dispositivos de ancoragem;
- e) falta de proteção contra queda no poço de ventilação no barrilete;
- f) armaduras expostas;
- g) pintura de tubulações das instalações prediais;
- h) falta de terminalidade de serviços construtivos;
- i) pintura texturizada nas paredes da escada de emergência;
- j) pintura de sinalização no piso para os extintores;
- k) ausência de sinalização de emergência nas portas corta-fogo;
- l) empoçamento de águas pluviais no piso da quadra e no deck da piscina;
- m) deficiência de rejuntamento de pastilha cerâmica das piscinas;
- n) desvios nos tubos de queda de esgoto;
- o) acessibilidade;
- p) torneira do lavatório dos banheiros acessíveis;
- q) ausência de barras de apoio nos lavatórios dos banheiros acessíveis;
- r) ausência de puxador nas portas dos banheiros acessíveis;
- s) espelhos dos banheiros acessíveis;
- t) guarda-corpo da escada da piscina.

Dos itens acima mencionados, o magistrado entendeu não haver nexo causal com a obra empreendida pela ré, pois não guardam relação com vícios na construção do

edifício. Diante de todo o conjunto probatório, verifica-se que se trata de evidente culpa da parte ré com relação aos danos materiais causados na construção do edifício, à exceção dos itens “a” a “t”, acima mencionados.

A análise realizada no laudo pericial evidencia inconsistência no julgamento proferido pelo magistrado em relação aos itens de engenharia civil, o que sugere interpretação equivocada na atribuição de responsabilidades. O laudo pericial apontou que os itens listados de "a" a "t" são de responsabilidade da construtora. No entanto, a decisão judicial transferiu essa responsabilidade ao condomínio, revelando um desalinhamento com as orientações técnicas apresentadas no laudo.

Diante disso, é fundamental contextualizar essa observação para ressaltar a importância de uma delimitação precisa dos papéis e deveres das partes envolvidas, especialmente em questões relacionadas à engenharia civil e à perícia judicial. No entanto, é importante ressaltar que, em casos como este, a legislação faculta que a parte que se sentir prejudicada tem o direito de ingressar com um recurso, solicitando revisão da sentença para eventual correção de equívocos na decisão judicial.

O juiz afirma que nesta hipótese, não há como se condenar a ré conforme pleiteado na petição inicial, inclusive no que se refere à pretendida indenização autônoma, devendo responder apenas parcialmente pela reparação dos danos causados ao imóvel do condomínio, muito embora, em termos de valores, mostre-se a parcela mais elevada.

Assim, o perito assinalou claramente que a construção do edifício do condomínio, em alguns pontos, foi realizada inadequadamente, causando danos ocultos na obra, circunstância suficiente para o reconhecimento de nexo causal entre os danos constatados e a obra de edificação.

Desta forma, dos pleitos formulados na inicial, possível a condenação da ré apenas na obrigação de reparação dos seguintes danos: a) Tratamento das fissuras das fachadas e paredes externas; b) Tratamento das eflorescências das fachadas e paredes externas; c) Limpeza das manchas causadas pela oxidação do alambrado da quadra esportiva; d) Substituição dos componentes metálicos em processo de oxidação (parafusos e porcas, braçadeiras de tubulações, esticadores, luminárias e refletores) feitos de materiais adequados a ficarem expostos ao intemperismo; e) Reexecução do sistema de impermeabilização das lajes descobertas acima do barrilete; f) Reexecução do sistema de impermeabilização do barrilete; g) Reexecução do sistema de impermeabilização da cobertura; h) Revisão do revestimento cerâmico

das fachadas e vedação junto aos caixilhos; i) Substituição do guarda-corpo da piscina de adulto; j) Revisão da compartimentação vertical dos shafts; k) Reexecução dos pisos das garagens do subsolo, mezanino e 2º andar; l) Reexecução do revestimento cerâmico da garagem, circulação de veículos e áreas descoberta do pavimento térreo; m) Tratamento das infiltrações existentes nas cortinas de contenção do subsolo; n) Reexecução do sistema de impermeabilização da escada da entrada social e da rampa de pedestres; e o) Revisão do Manual do Proprietário.

Assim, de rigor a parcial procedência da demanda, para condenar a Construtora Ré na obrigação de executar novamente os serviços corretivos mencionados no laudo pericial, a iniciar-se após o trânsito em julgado. Em caso de descumprimento da obrigação, a ré deverá ressarcir o autor no valor de R\$ 1.029.382,54, com correção monetária a partir do mês de janeiro de 2022 e juros de mora de 1% ao mês, após o trânsito em julgado.

Assim, a sentença foi proferida em 23/03/2023 pelo Juiz de Direito, Doutor F. O. M., diz:

Diante do exposto, **JULGO PARCIALMENTE PROCEDENTE** a ação, com fundamento no artigo 487, inciso I, do Código de Processo Civil, **para condenar a ré a executar os serviços corretivos mencionados pelo perito do juízo no trabalho técnico**, a iniciar-se trinta dias após o trânsito em julgado, sob pena de arcar com o ressarcimento do valor das obras no importe de R\$ 1.029.382,54 (um milhão, vinte e nove mil, trezentos e oitenta e dois reais e cinquenta e quatro centavos), para o mês de janeiro de 2022, com correção monetária a partir de então e juros de mora de 1% ao mês a contar do trânsito em julgado. (TJ. Xª Vara Cível – Doutor F. O. M.; Data do Julgamento: 23/03/2023). **Grifei**

Posteriormente, a construtora, não satisfeita com o resultado da sentença proferida, ingressou com Embargos de Declaração, que em síntese é uma espécie de recurso especial para esclarecer contradição ou omissão ocorrida em decisão proferida pelo juiz, ou por órgão colegiado.

Dessa forma, em 19/04/2023, o Doutor F. O. M. analisou o Embargo de Declaração e julgou:

(...), não se trata do caso em apreço, em que, como já frisado, não se configuram, com relação às argumentações da embargante, quaisquer das hipóteses de cabimento elencadas no Código de Processo Civil.

Ante o exposto, recebo os embargos e, no mérito, apontados os fundamentos acima, **REJEITO-OS, pois ostentam nítido caráter infringente, não havendo o vício alegado**. (TJ. Vara Cível X – Doutor F. O. M.; Data do Julgamento: 23/03/2023). **Grifei**

O Embargo de Declaração foi rejeitado por não haver vício no julgamento, o juiz considerou que a decisão original não contém contradições, omissões ou obscuridades que precisam ser esclarecidas.

Ainda assim, não satisfeito com a Sentença Judicial e com a rejeição do Embargo de Declaração, a Construtora ingressou com Recurso de Apelação. O resultado dessa Apelação foi afastado a alegação de decadência sobre o Condomínio, acrescentou que nas demandas onde se discute a responsabilidade contratual, o prazo é prescricional decendial (10 anos), previsto no artigo 205 do Código Civil:

“É decenal o prazo prescricional aplicável às hipóteses de pretensão fundamentadas em inadimplemento contratual. **Nas controvérsias relacionadas à responsabilidade contratual, aplica-se a regra geral (art. 205 CC/2002) que prevê 10 anos de prazo prescricional e, quando se tratar de responsabilidade extracontratual, aplica-se o disposto no art. 206, § 3º, V, do CC/2002, com prazo de 3 anos.** Para fins de prazo prescricional, o termo reparação civil deve ser interpretado de forma restritiva, abrangendo apenas os casos de indenização decorrente de responsabilidade civil extracontratual”. (STJ. 2ª Seção. EREsp 1.280.825-RJ, Rel. Min. Nancy Andrighi, julgado em 27/06/2018). **Grifei**

Além de caso que foram julgados pelo próprio Tribunal em questão, onde:

Direito Civil. Ação de indenização. Danos materiais e morais. Compromisso de venda e compra de imóvel. Defeitos de construção. Imóvel com problemas de estanqueidade, apresentando infiltrações de água. Prescrição e Decadência. Pretensão indenizatória que implica, em caso de acolhimento, sentença condenatória, a afastar sua sujeição à decadência, mormente porque se trata de pretensão sem qualquer relação com as dimensões do imóvel. Prescrição que, por estar fundada em inadimplemento contratual, sujeita-se à prescrição decenal (art. 205, CC). Precedentes do STJ e deste Tribunal. Dano material. Vícios construtivos de responsabilidade da ré. Necessidade de reparos verificada. **Dano material quantificado por perícia judicial.** Dano moral. Reparos já determinados pela r. sentença. Sentença reformada em parte, somente para excluir a indenização por danos morais, pois não configurados. Recurso parcialmente provido. (TJSP; Apelação Cível 1044307-52.2019.8.26.0100; Relator (a): Ademir Modesto de Souza; Órgão Julgador: 7ª Câmara de Direito Privado; Foro Central Cível - 7ª Vara Cível; Data do Julgamento: 24/03/2023; Data de Registro: 27/03/2023). **Grifei**

O juiz reconhece que o laudo pericial apresentado ao tribunal foi minucioso e detalhado, esclarecendo quais anomalias são de responsabilidade da parte apelante e quais seriam de responsabilidade da parte apelada. O perito listou todos os defeitos a serem reparados pela parte apelante, explicando suas causas, seja por equívoco construtivo ou falha na informação adequada da parte apelada para realizar a manutenção adequada. A decisão mantém a sentença original, determinando que a parte apelada deve iniciar os reparos no prazo indicado na sentença. Também

menção que a correção do valor apurado não precisa ser modificada, e os juros e correção devem ser aplicados a partir do trânsito em julgado da sentença.

Além disso, a decisão aumenta a verba de honorários advocatícios, em favor da parte autora, para 12% do proveito econômico, conforme estabelecido na sentença de primeiro grau. No final, o voto foi pelo indeferimento do recurso.

A construtora, insatisfeita com a decisão que rejeitou sua apelação, optou por recorrer ao Superior Tribunal de Justiça (STJ) na busca por uma revisão da sentença e uma possível reformulação do julgamento. É importante destacar que o processo agora está em fase de análise pelo STJ, aguardando a apreciação e o julgamento pelos Desembargadores daquele tribunal.

Nesse estágio, o STJ examinará os argumentos apresentados pela Construtora em seu recurso e avaliará se há méritos para uma revisão da sentença ou reformulação do julgamento. O STJ é a última instância da justiça ordinária no Brasil, e suas decisões têm grande importância na jurisprudência do país. A partir desse ponto, o destino do processo dependerá das decisões tomadas pelos Desembargadores do STJ, que poderão confirmar a decisão anterior, reformulá-la segundo os argumentos apresentados ou tomar outra decisão que considerem adequada com base na legislação e na jurisprudência vigentes.

6.3 Estudo de Caso B: Edifício Destinado à Creche Pública

6.3.1 Caracterização e Contextualização

Este estudo de caso aborda um processo judicial no qual este signatário desempenhou a função de perito judicial. Situação que envolve uma ação judicial onde uma prefeitura da região do Vale Ribeira no Estado de São Paulo, processou a Construtora que venceu uma licitação para a construção de uma escola infantil em um terreno com área de 2800 m² e área construída de 991,02 m². Cabe destacar que o terreno possui topografia plana, aparenta ser seco e firme, podendo receber construções de qualquer porte, desde que obedecidas às posturas municipais e as Normas Técnica vigente no país.

O valor do contrato foi de R\$ 1.473.646,79 (um milhão, quatrocentos e setenta e três mil, seiscentos e quarenta e seis reais, e setenta e nove centavos), onde seriam fornecidos mão de obra especializada e todos os materiais necessários para a construção da creche municipal. O contrato também estipula que a construtora é a única responsável pela qualidade e perfeição dos serviços, sendo obrigada a refazê-los, às suas próprias custas.

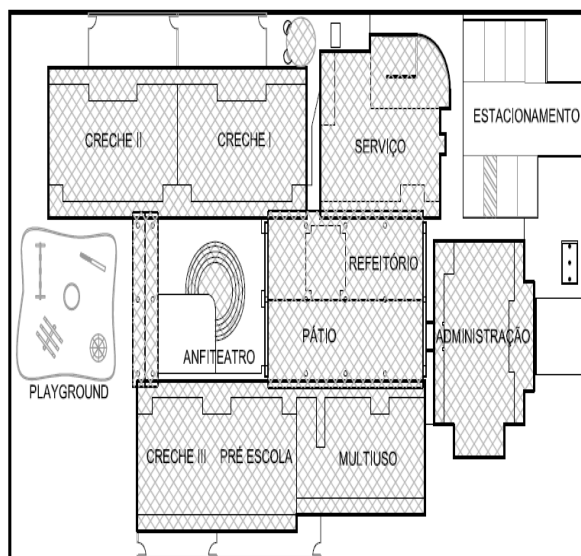
Após o início da implementação da construção, a municipalidade constatou que os materiais utilizados na obra apresentavam baixa qualidade. Além disso, verificou-se que os valores pagos mensalmente não correspondiam ao volume real da construção. Ou seja, os pagamentos deveriam refletir as medições dos serviços efetivamente executados.

O Departamento de Obras do Município foi requisitado para realizar vistorias no local. Como resultado, o engenheiro municipal elaborou um Laudo Técnico de Vistoria, no qual foram identificadas diversas irregularidades na execução dos serviços.

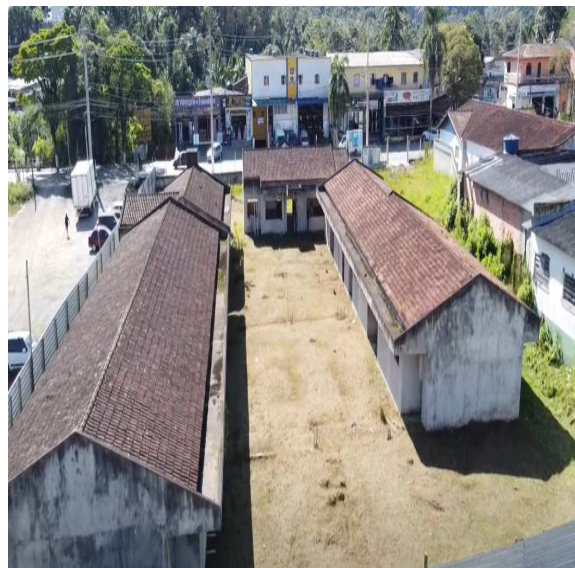
A Municipalidade instaurou dois processos administrativos, no quais foram apontadas diversas irregularidades, tanto na contratação quanto na execução dos serviços, tais como: pagamento de medições por serviços não executados e sem a devida vistoria por parte do Departamento Municipal de Obras, utilização de material reaproveitado, paralisação dos serviços, execução parcial dos serviços e materiais incompatíveis com os descritos no memorial descritivo. Na Figura 39, tem-se a planta baixa e vista aérea do local periciado.

Figura 39: Planta baixa e vista aérea da creche municipal.

(a)



(b)



Fontes: (a) Brasil (2008) e (b) autor (2024)

A Figura 40 registra trinca na alvenaria com fissuras de 1mm devido à ausência da verga, não atende às recomendações da ABNT NBR 6118 (2014).

Figura 40: Fissura com 1mm de abertura, sendo: (a) aspecto geral da alvenaria com fissuras e (b) detalhe de medição da abertura da fissura em campo.

(a)



(b)

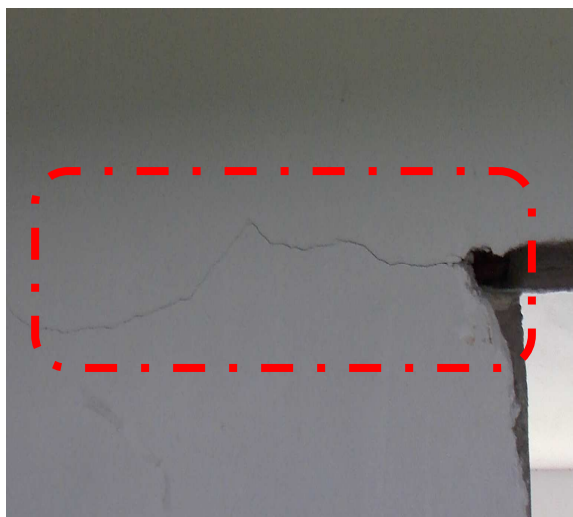


Fonte: Autor (2024).

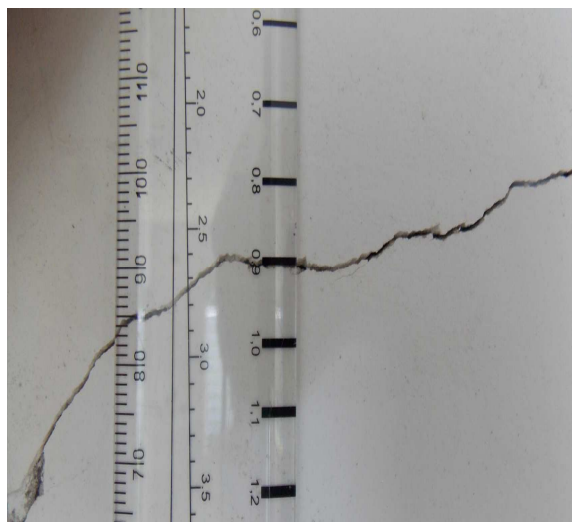
A Figura 41 registra a alvenaria com fissuras de 0,9mm devido à ausência de verga, essa situação está em desconformidade com a ABNT NBR 10837 (2011).

Figura 41: Fissura com 0,9mm de abertura, sendo: (a) aspecto geral da alvenaria com fissuras e (b) detalhe de medição da abertura da fissura em campo.

(a)



(b)

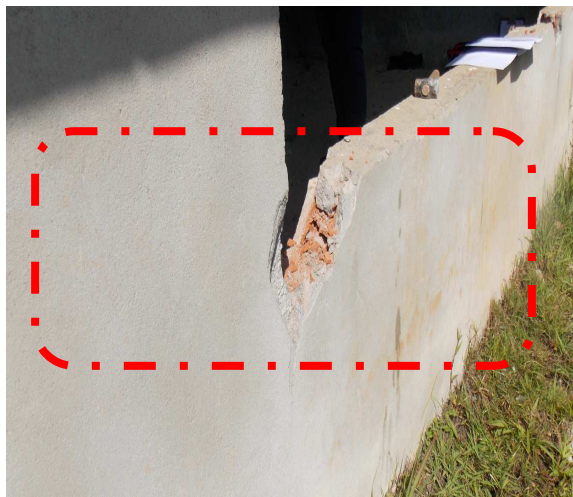


Fonte: Autor (2024).

Execução de demolição parcial da alvenaria (Figura 42), onde constatou a ausência de verga e da contraverga nos vãos de portas e janelas, situação que favorece o surgimento de fissuras e trincas.

Figura 42: Trinca de 0,9mm causada por ausência ou ineficiência da verga.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

Em alguns casos, a construtora instalou verga e contraverga nos vãos das janelas e das portas sem se atentar para a altura. Houve situações em que a barra de aço foi instalada no furo do tijolo (Figura 43), não atende à ABNT NBR 6118 (2023).

Figura 43: Contraverga não atende o requisito altura (a) e (b) a barra de aço instalada no furo do tijolo.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

Na parte superior de algumas janelas, há uma viga armada (Figura 44), contudo, essa viga não atende ao requisito mínimo de cobrimento da armadura no fundo, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6118 (2023).

Figura 44: Armadura exposta no fundo da viga, sendo: (a) o aspecto geral da viga de concreto armado e (b) o detalhe da medição, que mostra 19mm de cobrimento no aço.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

De acordo com o Memorial Descritivo, áreas como a cozinha, lactário, lavanderia, rouparia, DML, depósito, circulação de serviço, área de alimentação, vestiários, sanitários e área de banho deveriam ser revestidas com cerâmica branca desde o piso até o teto, e aplicação de rejunte (Figura 45).

Figura 45: Aspecto geral das áreas úmidas, sendo: (a) ausência de revestimento cerâmico (a) e (b) falta a instalação de revestimento cerâmico.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

A construtora estava encarregada de realizar todas as instalações hidráulicas e hidrossanitárias da creche municipal, entretanto, conforme observa na Figura 46, as instalações não foram executadas.

Figura 46: Ausência das instalações hidráulicas e hidrossanitárias (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

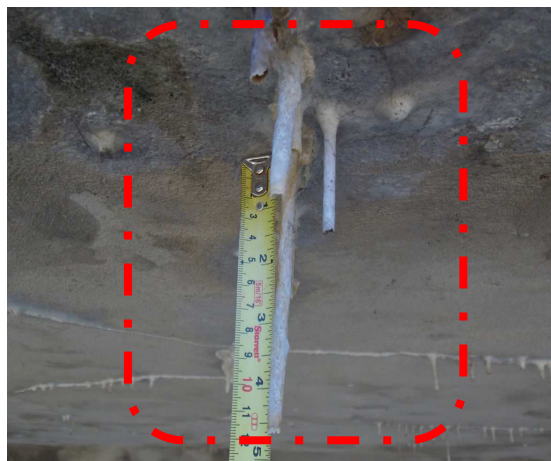
O projeto executivo determinava que a construtora deveria aplicar manta asfáltica impermeabilizante na calha de captação de água pluvial para evitar infiltrações, bolores e eflorescências na laje (Figura 47).

Figura 47: Vista geral da marquise, sendo: (a) com marcas de infiltrações, bolores e eflorescências e (b) medição da estalactite com 11,5cm de altura.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

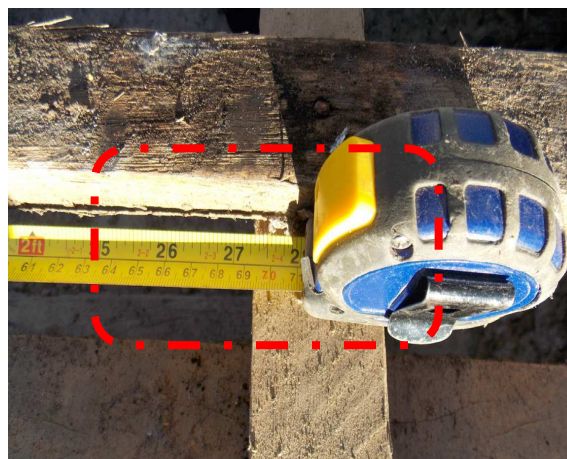
O contrato da construtora especificava a construção de um telhado colonial usando telhas cerâmicas, com espaçamento de 50cm entre os caibros e 35cm entre as ripas. Porém, essas condições não foram seguidas conforme a Figura 48.

Figura 48: Aspecto geral da paginação do madeiramento do telhado (a) e medição da distância entre os caibros 69,50cm.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

Entre os principais problemas, a construtora utilizou madeiramento com qualidade duvidosa para a sustentação do telhado, comprometendo a resistência mecânica, propiciando deformações e empenamentos (Figura 49).

Figura 49: Ausência de emenda entre as terças (a) e pontalete com calços (cunhas) (b).

(a)



(b)

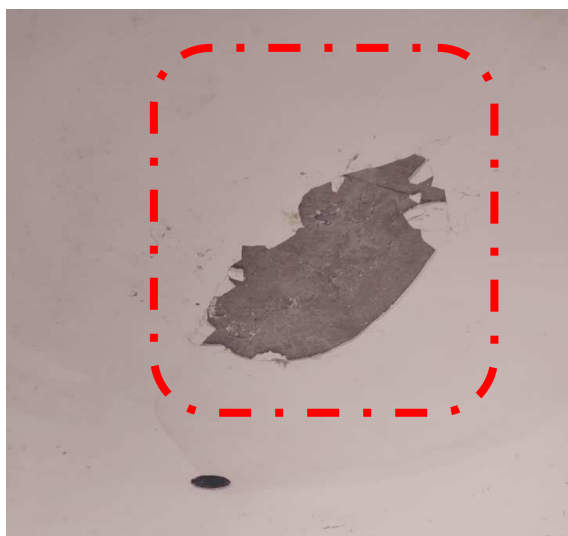


Fonte: Autor (2024).

O memorial descritivo continha instruções específicas para a preparação das superfícies com aplicação de argamassa nos tetos. No entanto, conforme registrado na Figura 50, a construtora ignorou essas orientações e optou deliberadamente por aplicar gesso.

Figura 50: Teto sem aplicação de reboco, foi aplicado gesso (a) e (b).

(a)



(b)



Fonte: Autor (2024).

6.3.2 Análise da Sentença Judicial

A construtora apresentou uma contestação ao Laudo Pericial, buscando desqualificá-lo ao alegar que a perícia foi conduzida com vícios. Além disso, afirmou que os projetos fornecidos ao perito estavam desatualizados.

Contudo, a construtora denunciou o perito judicial e a engenheira da prefeitura junto ao CREA-SP. A denúncia procurava descaracterizar a atuação do perito do juízo e buscava a anulação do Laudo Pericial, alegando violação dos artigos 9º, inciso II, linhas A, C, D e E; inciso III, linhas A e D; inciso IV, linhas B e C; artigo 10, incisos I, linhas B e C; inciso II, linha C e inciso IV, linhas C e D do Código de Ética Profissional (Resolução n.º 1002). Adicionalmente, a construtora afirmou que o CREA-SP é o único órgão com capacidade para avaliar e validar a perícia.

A denúncia foi analisada pela Câmara Especializada de Engenharia Civil, cujos membros julgaram e decidiram por unanimidade pelo indeferimento da denúncia, resultando no cancelamento e arquivamento do Processo Administrativo. Destacaram que o perito e a engenheira da Prefeitura desempenharam suas atividades profissionais em conformidade com os princípios legais estabelecidos pela Lei Federal 5194/1966.

Em 25 de maio de 2022, o Excelentíssimo Doutor Juiz de Direito, D. M. G. J., apresentou sua decisão:

Considerando que a prova pretendida neste expediente cautelar foi devidamente produzida, inclusive com a observância do contraditório e ampla defesa, verifico que os autos devem ser arquivados, pois são digitais e estão à disposição da Municipalidade para extração de cópia.

A propósito, considerando que neste procedimento não se admitirá defesa ou recurso, salvo contra decisão que indeferir totalmente a produção da prova pleiteada pelo requerente originário (art. 382 §4º, do CPC), o pedido de suspensão dos autos realizado pelo demandado não comporta deferimento. **Portanto, inexistindo prova complementar a ser realizada, DOU O PRESENTE FEITO POR ENCERRADO, arquivando-se os autos.**

Portanto, inexistindo prova complementar a ser realizada, DOU OPRESENTE FEITO POR ENCERRADO, arquivando-se os autos.

(TJ. Vara Cível X – Doutor D. M. G. J.; Data do Julgamento: 25/05/2022). **Grifei**

Sendo assim, todas as alegações apresentadas pela construtora foram refutadas e o Laudo Pericial aceito em sua integralidade, servindo de embasamento para o Magistrado fundamentar sua decisão.

A construtora não se deu por convencida e, em 23/07/22, ingressou com uma Apelação Cível, contestando a decisão judicial, a prova pericial e que não tem condições financeiras de arcar com as custas e despesas do processo.

O Ministério Público do Estado de São Paulo apresentou contestação quanto à Apelação da construtora, dizendo:

No mérito, a insurgência da empresa apelante não comporta acolhimento. Isto porque, a prova produzida antecipadamente serve mais à elucidação da futura causa judicial do que ao direito subjetivo da parte. Além disso, está franqueado a qualquer interessado a produção de qualquer prova no mesmo procedimento e relacionada ao mesmo fato, como assim permitido pelo §3º, do art.382,do CPC. (...)

Assim, não ocorreu qualquer cerceamento que pudesse comprometer a produção de tal prova pericial, devendo ser considerado, ainda, que “...ao servir de prova, no processo principal, não tem eficácia absoluta, já que, como todas as provas, sujeita-se ao contraditório judicial e ao princípio do livre convencimento do juiz” (...). Grifei

Dessa maneira, o processo foi julgado transitado em julgado, o que significa que não cabe mais recurso. A construtora está obrigada a reembolsar o Município pelos prejuízos causados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processo de concepção de uma estrutura de concreto, é possível ocorrer falhas, desde o estudo preliminar, durante a etapa de desenvolvimento do projeto até a fase de execução em campo. Identificar essas falhas precocemente é extremamente importante, pois quanto mais cedo forem detectadas, mais fácil será solucioná-las nas etapas subsequentes do projeto.

A essa temática, associa-se a falta de supervisão de um engenheiro civil qualificado e habilitado, juntamente com a busca excessiva por economia por parte de empresas da construção civil e/ou cliente. Muitas vezes, essas empresas contratam mão de obra sem o devido conhecimento técnico e optam por materiais de baixa qualidade. Esses fatores elevam consideravelmente o risco de problemas patológicos em uma edificação.

É fundamental que as construtoras projetem e executem suas obras com o máximo de atenção às normas técnicas, realizando controle tecnológico de qualidade em todas as fases do processo de construção. Devem, ainda, adotar precauções necessárias para assegurar que as estruturas sejam resilientes aos desafios específicos do ambiente em que estão inseridas, seja em áreas com atmosfera marítima ou em regiões urbanas. Além disso, o usuário deve se atentar a essas características ambientais e implementar adequadamente as recomendações de manutenções preditivas, preventivas e corretivas.

A manutenção e os cuidados adequados das edificações são essenciais para evitar prejuízos, colapsos e perda de vidas. Negligenciar esses aspectos pode levar à intervenção do Poder Judiciário, onde pessoas buscam proteger seus direitos e obter compensações. Nesse contexto, o perito do juízo, um engenheiro imparcial, investiga as anomalias construtivas e elabora um laudo técnico pericial detalhado, crucial para orientar o magistrado em sua decisão. Esse ciclo processual enfatiza a atuação do perito judicial no sistema judiciário brasileiro, assegurando que questões complexas de engenharia sejam abordadas com precisão e fundamentadas em evidências técnicas, contribuindo para a busca incessante pela verdade e justiça.

O Protocolo de Perícia Judicial Técnica para Magistratura Civil marca um avanço notável no campo da engenharia civil no contexto judicial. Permitindo organizar e sistematizar o processo de análise, garantindo que todas as etapas

essenciais sejam cumpridas. Além de aumentar a eficiência na coleta de evidências, análise de anomalias construtivas e elaboração de laudos periciais precisos.

O protocolo pericial desempenha um papel crucial na resolução de questões técnicas e jurídicas, exigindo um alto nível de precisão e rigor em todas as etapas do processo. Nesse contexto, a elaboração e aplicação de um roteiro de investigação pericial surge como uma ferramenta indispensável para a organização e sistematização da análise, assegurando que cada passo necessário seja cumprido com eficiência e exatidão.

A capacidade do protocolo de facilitar a identificação de evidências relevantes. Em uma investigação pericial, a coleta de evidências é um dos pilares para a fundamentação de qualquer conclusão técnica. Um roteiro bem elaborado orienta o perito a identificar e preservar todos os elementos que influenciem a análise, evitando que detalhes importantes sejam negligenciados. A sistematização proporcionada pelo roteiro garante que cada evidência seja examinada no momento e na ordem adequados, contribuindo para uma análise mais robusta e confiável.

Dessa maneira, o protocolo é uma ferramenta vital para a condução de análises técnicas precisas e bem fundamentadas. Ao organizar e sistematizar cada etapa do processo, ele não apenas facilita a identificação de evidências e a avaliação de danos, mas também assegura a conformidade com os procedimentos legais e normativos, resultando em conclusões técnicas robustas e defensáveis.

O enfoque técnico fornecido pelo protocolo fortalece as decisões judiciais ao proporcionar uma base sólida de evidências e análises técnicas. Isso promove a segurança jurídica, pois as decisões dos magistrados são respaldadas por uma metodologia científica. Por fim, a aplicação do protocolo não apenas aumenta a confiança na engenharia civil ao assegurar que os problemas construtivos sejam avaliados de maneira rigorosa e imparcial, mas também fortalece a credibilidade do sistema judiciário brasileiro.

REFERÊNCIAS

AMBRÓSIO. A Importância do Engenheiro na Obra. São Paulo. 2014.

ANDRADE, J. J. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Porto Alegre-RS, 1997. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à prevenção da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras**: Iniciação por Cloretos. (Tese de doutorado) UFRGS, Porto Alegre, 2001.

ALBUQUERQUE, F. F. **Atualização do mapa de agressividade ambiental de Salvador-BA com dados de deposição de cloretos**, 2016.

ANDRADE, C. Types of Models of Service Life of Reinforcement: The Case of the Resistivity. **Concrete Research Letters**. Vol 1. 2010.

ANDRADE, T. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. **In**: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

ANDRADE, M. C.; PAGE, C. L. Pore solution chemistry and corrosion in hydrated cement systems containing chloride salts: a study of cation specific effects. **British Corrosion Journal**. V. 21 (1), 1996.

ANGST, U. M.; Predicting the time to corrosion initiation in reinforced concrete structures exposed to chlorides. **Cement and Concrete Research**, 2019.

ANGST, U.; ELSENER, B. The size effect in corrosion greatly influences the predicted life span of concrete infrastructures. **Science advances**, 2017.

ANGST, U.; WAGNER, M.; ELSENER, B.; LEEMANN, A.; NYGAARD, P.V. **Method to Determine the Critical Chloride Content of Existing Reinforced Concrete Structures**. Swiss Federal Roads Office, Berne, Switzerland, 2016.

ANGST, U. M.; ELSENER, B.; LARSEN, C. K.; VENNESLAND, Ø. Critical chloride content in reinforced concrete — A review. **Cement and Concrete Research**, 2009.
ANTUNES. C. **As patologias da construção civil e suas reações nas obras**. São Paulo. 2013.

ARGENTON, A. **Conceitos fundamentais de Cromatografia a líquido de Alto Desempenho (HPLC)**. 2010.

ARRUDA, M.; VERMULM, R.; HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil**: a industrial em busca da competitividade global. São Paulo: ANPEI: 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

_____. NBR 6122: Projeto e execução de fundação. Rio de Janeiro, 2022.

_____. NBR 6211: Corrosão atmosférica - Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 6493: Emprego de cores para identificações de tubulações industriais. Rio de Janeiro, 2019.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

_____. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

_____. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. NBR 9077: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 10719: Informação e documentação - Relatório técnico e/ou científico - Apresentação. Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

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

_____. NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 13752: Perícias de engenharia na construção. Rio de Janeiro, 2024.

_____. NBR 13753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 13755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 14643: Corrosão atmosférica - Classificação da corrosividade de atmosferas. Rio de Janeiro, 2001.

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

_____.NBR 15575-2: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____.NBR 15577-1: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____.NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____.NBR 15961-1: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____.NBR 15961-2: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____.NBR 16325: Proteção contra quedas de altura Parte 1: Dispositivos de ancoragem tipos A, B e D. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____.NBR 16636-1: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____.NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____.NBR 16814: Requisitos e método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
AZEVEDO, M. T. Patologia das Estruturas de Concreto: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção: Novos materiais para construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.

BAUER, E., Castro, E. K. e Silva, M. N. B. **Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581786>. Acesso em 23.07.2023.

BAUER, L. **Materiais de Construção**. 5 ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. Materiali da costruzione: degrado, prevenzione, diagnosi, restauro**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

BERTOLINI, L.; ELSENER, B.; PEDEFERRI, P.; POLDER, R. B. **Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair**. 2ª Edição, Weinheim: Ed. Wiley-VCD, 2004.

BESSA, L. R. Vícios dos produtos e as três garantias do consumidor: um cenário de desinformação. **Revista do Direito do Consumidor**. v.100. Instituto Brasileiro de Política e Direito do Consumidor. São Paulo, 2015.

BOHNI, H. **Corrosion in reinforced concrete structures**. Cambridge = Woodhead, 2005.

BORBA JÚNIOR., J. C. **Agressividade ambiental em zona de atmosfera marinha: estudo da deposição de cloretos e sua concentração em concretos na região sudeste**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

BORGES, C. A., Ferraz Neto, J. R., Oliveira, A.L. **Manual do Proprietário**. Editoração: SINDUSCON-SP e SECOVI-SP. São Paulo, 2013.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. **Patologia de estruturas**. 1. ed. [S. l.]: Oficina de texto, 2019.

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. Vol. 1. Ed. 10. São Paulo: Edgard Blucher, 2019.

BUENFELD, N. R. (1984). **Permeability of concrete in marine environments**. Thesis doctoral of University of London, 1984.

BRANDÃO, A. M.S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, 1998.

BRANDÃO, J. L. V. M. Perito Judicial na 8ª Vara Cível do Foro de Santos. **Procedimento Comum Cível - Indenização por Dano Material**. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

_____. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Proteção e Defesa do Consumidor**, 7. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2013. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8078-11-setembro-1990-365086-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 10 jul. 2023.

_____. Lei nº 13105, de 16 de março de 2015. **Código do Processo Civil**. Distrito Federal, DF, 16 março. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm. Acesso em: 10 jul. 2023.

_____. Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977. **Anotação de Responsabilidade Técnica** Brasília: Câmara dos Deputados. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6496.htm#:~:text=LEI%20No%206.496%2

C%20DE%207%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201977.&text=Institui%20a%20%22%20Anota%C3%A7%C3%A3o%20de%20Responsabilidade,Profissional%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 10 jul. 2023.

_____. Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010. **Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo**. Brasília: Câmara dos Deputados. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12378.htm. Acesso em: 25 jul. 2023.

_____. Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966. **Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo**. Brasília: Câmara dos Deputados. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm. Acesso em: 25 jul. 2023.

_____. Presidência da República, Casa Civil. **Manual de Redação da Presidência da República**. Brasília. Disponível em <<http://www4.planalto.gov.br/centrodeestudos/assuntos/manual--de-redacao-da-presidencia-da-republica>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

_____. NORMA DNIT 090/2006 – ES. **Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servicos/dnit_090_2006_es.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.

_____. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE. (org.). **Creche Pré-Escola – Tipo 1**. 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/proinfancia/projetos-arquitetonicos-para-construcao/projeto-tipo-1>. Acesso em: 19 jul. 2024.

BLANCHARD, D. C.; CIPRIANO, R. J. The vertical distribution of the concentration of sea salt in the marine atmosphere near Hawaii. **Tellus**, v. 36B, 1984.

BOTELHO, M.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado Eu Te Amo**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

CAPORRINO, C. F. **Patologia em alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CASTAÑEDA, A.; CORVO, F.; HOWLAND, J. J.; MARRERO, R. Penetration of marine aerosol in a tropical coastal city. **Havana. Atmosfera**.v.31, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/322316957_Penetration_of_marine_aerosol_in_a_tropical_coastal_city_Havana>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CASTRO, P.; De RINCON, O. T.; PAZINI, E. J. Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments. **Cement and Concrete Research**. V. 31, 2001.

CASCUDO, O. **Controle da corrosão de armaduras em concreto - Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. Co-edição, São Paulo; Ed. PINI, 1997.

COSTA, A. E. **O conceito de patologias da construção civil**. São Paulo. 2011.

COLE, I. S.; PATERSON, D. A.; GANTHER, W. D. **Holistic model for atmospheric corrosion**. Part 1 - Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts. Journal Corrosion Engineering, Science and Technology. V. 38, 2003.

CORSINI, R. Trinca ou fissura? **Revista Técnica**, n.160, jul. 2010.

FERREIRA, P. R. R. **Modelagem probabilística para previsão do tempo de iniciação da corrosão por cloretos em estruturas de concreto armado expostas em zonas de atmosfera marinha**. 2022. 245 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24506>>. Acesso em: 25 nov. 2023.

FERREIRA, P. R. R. **Análise da indução da corrosão por cloretos em concretos armados com adição de resíduo de tijolo moído a partir de ensaios acelerados**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14948>>. Acesso em: 25 dez. 2023.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. Boletim técnico da ALCONPAT Brasil, v. 1, n. 1, 2013.

FITZGERALD, J. W. **Marine aerosols: a review**. Atmospheric Environment, 1991.

FONSECA, J.; OLIVEIRA, A.; CAVALCANTI, M.; SILVA, D. Investigação das Manifestações Patológicas de uma residência zoneada na região metropolitana do Recife. In: SEMINÁRIO DE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL, 1., 2016, Recife. **Anais** [...]. Recife: Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, 2016.

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto**. 2005. 211 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/34720>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

GOMES, A.S.; RANGEL, Y.P.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA, G.B.S. **Análise microestrutural do aço 1018 após ensaio de corrosão**. Perspectivas Online: Exatas & Engenharias, 2017.

GOMIDE, T. L. F; FAGUNDES NETO, J.C.P.; GULLO, M. A. **Engenharia diagnóstica em edificações**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2015.

GUIMARÃES, A. T. C., CASTRO, P. e NUNES, J. L.O. **Teor de Cloretos Próximos a Superfície do Concreto em Ambientes Marítimos**. In: 49º Congresso Brasileiro

do Concreto, 2007, Bento Gonçalves. 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais... São Paulo: IBRACON, 2007.

GUIMARÃES, A. T. C.; CASTANHO JR, R.; HELENE, P. H. L. **Aplicação de modelo de penetração de cloretos considerando o grau de saturação do concreto**: estudo de caso em zona de névoa marítima de estrutura existente. Vektor (FURG), Rio Grande, 2004.

GUSTAFSSON, M.E.R.; FRANZÉN, L.G. Dry deposition and concentration of marine aerosols in a coastal area, SW Sweden. **Atmospheric Environment**, v. 30, 1996.
GRANATO, J. E. **Patologia das Construções**. Notas de aula, 2002.

HELENE, Paulo R. L. A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das estruturas de concreto. **In**: II Seminário de Patologia das Edificações do LEME/UFRGS. Anais. Porto Alegre, 2004.

HELENE, T. **As patologias da construção civil e suas reações nas obras**. São Paulo. 2011.

HELENE, P.R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000738379>. Acesso em: 11 ago. 2023.

HEMBRAFER. **A História do Concreto**. 2019. Disponível em: <https://hembrafer.com.br/a-historia-do-concreto/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

IBDA. **Fissuras e Trincas em fachadas**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. [S.I.]. 2019.

IBAPE–SP (Org.). **Engenharia de Avaliações**. 2. ed. São Paulo: LEUD, 2014.

_____. **Perícias de engenharia: uma visão contemporânea**, 1ª Ed., São Paulo: Leud 2021.

_____. **Norma Básica para Perícias de Engenharia**. 2 ed. São Paulo: IBAPE/SP, 2015. Disponível em: <<https://www.ibape-sp.org.br/biblioteca-digital.php?id=2&sub=1>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

_____. **Norma de Inspeção Predial 2011**. São Paulo: IBAPE 2011. Disponível em: https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/09/norma_de_inspecao_predial.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

LAPA, J. S. Patologia, **Recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia, Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMA, M. G. **Ações do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto**: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

LIU, J.; OU, G.; QIU, Q.; XING, F.; TANG, K.; ZENG, J. Atmospheric chloride deposition in field concrete at coastal region. **Construction and Building Materials**. V.190, October, 2018.

LEMUS J. L. C.; GARCÍA M. P. T.; FRÍAS M. **Propiedades químicas del agua de mar**: salinidad, clorinidade y pH. México: La Ciencia para todos, 1997.

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

MATILDES, C. M. **Concreto Armado e Suas Patologias**. 2022. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/16_caio_concreto_armado_e_suas_patologias_1.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

MARTINO, G. **O que é e como funciona o concreto armado?** 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/975732/o-que-e-e-como-funciona-o-concreto-armado#:~:text=O%20concreto%20armado%20%C3%A9%20um,caracter%C3%ADsticas%20para%20ganhar%20resist%C3%A2ncia%20estrutural>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MARTIN-PEREZ, B. **Service life modeling of RC highway structures exposed to chloride**. Thesis doctoral of University of Toronto, 1999.

MATTOS, P. M. F. **Patologia estrutural em duas obras da UFPB e soluções de recuperação e reforço**. 143 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. Disponível em < https://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2014.2/patologia-estrutural-em-duas-obras-da-ufpb-e-solucoes-de-recuperacao-e-reforco.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O. HELENE, P. R. L. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. **In**: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

MEIRA, G. R.; PADARATZ, I. J. Efeito do distanciamento em relação ao mar na agressividade por cloretos. **In**: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. Anais... Belo Horizonte, IBRACON, 2002.

MEIRA, G. R. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: Fundamentos, diagnóstico e prevenção**. João Pessoa; Ed. IFPB, 2017.

MEIRA, G. R. **Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado**. Tese de Doutorado em Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MEDEIROS, J. R.; FIKER, J. **A Perícia Judicial**: como redigir laudos e argumentar dialeticamente. São Paulo: Leud, 2013.

MEDEIROS, M. H. F.; GOBBI, A. RÉUS, G. C.; HELENE, P. R. L. Influência da altura e posição da edificação na penetração de cloretos: Estudo de caso em obra no Rio de Janeiro – Brasil. In: VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍAS E RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS - Córdoba, 2010.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 3ª ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELARATO, W. A. Perito assistente na 8ª Vara Cível da Comarca de Santos.

Procedimento Comum Cível - Indenização por Dano Material. 2018.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MITTERMAIER, C. J. A. **Tratado da Prova em Matéria Criminal**. – São Paulo: Bookseller, 1996.

MOREIRA, A. R. **Corrosão e manutenção do concreto e suas armaduras. Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, 2015.

MORAES, D. R. S.; NEVES, J. B. **Manifestações patológicas no revestimento cerâmico de fachadas**: estudo de caso em edifício residencial, em Salvador (Ba). 2020. Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2020.

MORELLI, F.; LIMA, M. G. **Caracterização do ambiente marinho às estruturas de concreto**. Divisão de Infraestrutura Aeronáutica – ITA, São Paulo, 2004.

MORCILLO, M.; CHICO, B.; OTERO, E.; MARIACA, L. Effect of marine aerosol on atmospheric corrosion. **Materials Performance**. V. 38, 1999.

NEVES, A. **Eflorescência**: saiba tudo sobre essa manifestação patológica. Blok. Souza Filho Impermeabilizantes. 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 07 set. 2023.

MAIA NETO, F. **A Prova Pericial na orientação de processos judiciais**. Curitiba: CREA-PR, 2019. 24 p. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2019/10/01-Francisco-Maia-Neto-A-Prova-Pericial-na-orienta%C3%A7%C3%A3o-de-processos-j....pdf>. Acesso em: 7 abr. 2023.

NEPOMUCENO, Antônio Alberto. Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto. In: CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações, cap. 26. Edição: ISAIA, G. C.; 2ª Ed. São Paulo: IBRACON, 2005.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de: GIAMMUSSO, S. E. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

OUGLOVA, A.; BERTHAUD, Y.; FRANÇOIS, M.; FOCT, F. Mechanical properties of iron oxide formed by corrosion in reinforced concrete structures. **Corrosion Science**, v. 48, n.12, 2006.

OCTAVIO, G.N. (São Paulo). Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (org.). **Norma básica para perícias de engenharia do IBAPE/SP- 2015**. Disponível em: https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1544208537-NORMA_BASICA_PARA_PERICIAS-DE-ENGENHARIA-DO-IBAPESP-2015.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

OLIVEIRA, R. A. **Novas prescrições normativas: concretos especiais, desempenho e inspeções de estruturas de concreto**. Notas de aula. 30 p. Recife, 2014.

OLIVEIRA, A. M. D. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, R. F. **Engenharia legal: interface direito - engenharia conceitos, procedimentos, atribuições e competências do profissional de engenharia legal**. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

O'DOWD, C. D.; SMITH, M.H; CONSTERDINE, I.A.; LOWE, J.A. Marine aerosol, sea-salt, and the marine sulphur cycle: a short review. **Atmospheric Environment**, v.31,1997.

PEREIRA, L. F. L.C. **Determinação de cloretos em concretos de cimentos Portland: Influência do tipo de cimento**. São Paulo, 2001. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

PEREIRA, V. G.Á. **Avaliação do coeficiente de Difusão de cloretos em concreto: Influência do tipo de cimento, da relação a/c, da temperatura e do tempo de cura**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PIAZZOLA, J. DESPIAU, S. Contribution of marine aerosol in the particle size distribution observed in Mediterranean coastal zone. **Atmospheric Environment**, v. 18, 1997.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2010.

REGANATI, B. **A História do Concreto**. 2020. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>. Acesso em: 16 ago. 2023.

RODRIGUES, M. R. P. **Curso de patologia**. Notas de Aula, UNIRP, 2021.

ROMANO, F.S. **Estudo do ingresso de cloretos em concretos localizados no litoral norte do Rio Grande do Sul**. 2009. 153f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/21925>. Acesso em 05 ago. 2023.

ROQUE, J. A.; MORENO JR, A. L. **Considerações sobre vida útil do concreto**. In: 1º Encontro Nacional de Pesquisa Projeto e Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos (SP), 2005.

ROSTAM, Steen. **Durability of Concret Structures – The state of the art**. In: Durability of Materials and Structures in Building and Civil Engineering. YU, C. W.; BULL, John W. (Org.). Scotland (UK): Whittles Publishing, 2006.

ROSS, S. M. **A First Course in Probability**. 8º edition, New Jersey: Ed. Pearson Education, 2008.

SAHADE, R. F. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em Alvenaria de Vedação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005. Disponível em: https://construcaocivil.info/?wpfb_dl=139. Acesso em 12 out. 2023.

SANTOS, H. **Tipos de Patologias da Construção. Umidade de obra**. São Paulo. 2011.

SANTOS, R. A. **Patologia das Construções**. Notas de aula, 2011.

SANTOS, R. A. Perito Judicial na 4ª Vara Cível do Foro de Itapeacerica da Serra. **Produção Antecipada de Provas – Provas**. Itapeacerica da Serra: 4ª Vara Cível do Foro, 2021.

SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L. M.; ABDALA NETO, C. N. **Patologia das Construções**. 2. ed. Salvador: 2B, 2020. 256 f.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o Projeto de Alvenaria de Vedação**. 2003. 274 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civile Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1cZjwVTOQ-UVQASufnSi33HykwOgZLNwD/view>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SOARES, A. C. K. M.; MAGRI, P. P. **Perícias judiciais de engenharia e arquitetura**. São Paulo: BAPE/SP, 2022. 56 p. Disponível em: <https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1682014593-CARTILHA%20-%20Pericias%20Judiciais%20de%20Engenharia%20e%20Arquitetura%20-%202022.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.

SÃO PAULO, Defensoria Pública do Estado, **Deliberação CSDP nº 92/2008**. Disponível em <<https://apadep.org.br/2019/08/26/deliberacao-csdp-no-92-de-29-de-agosto-de-2008/>> Acesso em: 31 jun. 2023.

_____. Tribunal de Justiça do Estado, **Provimento CSM Nº 2306/2015**. Disponível em <https://www.tjsp.jus.br/Download/AuxiliaresdaJustica/Provimento-CSM-2306-2015.pdf>. Acesso em: 31 jun. 2023.

_____. Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. IT Nº 009/2011. Disponível em: http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/rev_it/IT09.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

_____. Saídas de emergências. IT Nº 11/2018. Disponível em: http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/it_11_2018.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

_____. Saídas de emergências. IT Nº 20/2011. Disponível em: http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT_11_2011.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

SILVA, F. A. S. **Avaliação do teor de íons cloretos no ar atmosférico da praia do futuro em Fortaleza/CE**. Monografia de graduação em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ceará, 2011.
SILVA, F. L.; OLIVEIRA, M. P. S. L. Manifestações patológicas causadas pela ausência ou falha de impermeabilização. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 11, Vol. 01, pp. 76-95 Novembro de 2018. Disponível em < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/manifestacoes-patologicas> > Acesso em: 31 dez. 2023.

SILVA, F. B. D. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Revista Técnica**, n. 174, setembro 2011.

SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará**. Monografia de graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, M. A. **Compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico**. Rio de Janeiro. 2012.

SILVA, L. M. A. **Resistividade elétrica superficial do concreto**: influência da cura. Monografia de graduação em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2016.

SOARES, A. C. K. M.; MAGRI, P. P. **Perícias judiciais de engenharia e arquitetura**. São Paulo: BAPE/SP, 2022. 56 p. Disponível em: <https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1682014593-CARTILHA%20-%20Pericias%20Judiciais%20de%20Engenharia%20e%20Arquitetura%20-%202022.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.

SOUZA, L.; SILVA, D.; FONSECA, J., SILVA, D.; MONTEIRO, E. Levantamento de manifestações patológicas das edificações de uma instituição de ensino superior da região metropolitana do Recife/PE. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 12., 2016, Porto, Portugal. **Atas** [...]. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

SILVA, R. J. C. **Concreto armado**. 2. ed. [S.l]: Universidade do Vale do Acaraú, 2013.

SOUZA, T. R. **Definição de patologias da construção civil**. Rio de Janeiro. 2012.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **PATOLOGIA , Recuperação e reforço de estruturas d e concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 262 p.

SPIEL, D. E.; LEEUW, G. Formation and production of sea spray aerosol. **Journal of Aerosol Science**, v. 27, 1966.

SWATEKITITHAM, S. **Computational model for chloride concentration at surface of concrete under actual environmental condition**. Thesis doctoral of Kochi University of Technology, 2004.

SWAMY, R. N.; HAMADA, H.; LAIW, J. C. A critical evaluation of chloride penetration into concrete in marine environment. In: Proceedings of The International Conference On Corrosion And Corrosion Protection Of Steel In Concrete (Edited by Swamy, 1994: Sheffield - UK). **Proceedings ...** Sheffield: Sheffield Academic Press, 1994.

TANG, L.; ANDERSEN, A. Chloride ingress data from five years field exposure in a Swedish marine environment. In: SECOND INTERNATIONAL RILEM WORKSHOP ON TESTING AND MODELLING CHLORIDE INGRESS INTO CONCRETE. **Proceedings...** Paris: RILEM, 2000.

TORMANN, E. **Os problemas causados pela lixiviação do concreto**. 2022. Disponível em: <https://www.danntec.com.br/2017/08/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto.html>. Acesso em: 03 out. 2023.

TORRES, A. S. **Corrosão por cloreto em estruturas de concreto armado: uma meta-análise**. Tese, Doutorado em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TUUTTI, K. Corrosion of steel in concrete. Sweden: CBI, 1982.

TUUTTI, K. The effect of individual parameters on chloride induced corrosion. In: Chloride Penetration Into Concrete Structures (Edited by NILSSON, L.O.). **Proceedings...** Goteborg, 1993.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2015.

TREADAWAY, K. Corrosion period. In: SCHIESSL, P., Ed. Corrosion of steel in concrete. **Proceedings...** London, Chapman and Hall, 1988.

TROIAN, A. **Avaliação de concretos produzidos com agregado reciclado frente à penetração de íons cloreto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, UNISINOS, São Leopoldo (RS), 2010.

VERA, G.; ANTON, C.; LOPEZ, M. P.; CLIMENT, M. A. Depassivation time estimation in reinforced concrete structure exposed to chloride ingress: A probabilistic approach. **Cement and Concrete Research**. 2017.

VEIGA, M. D. R. D. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**. Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. [S.l.]. 1998.

VITALI, M. R. V. **Efeito do distanciamento ao mar da contaminação do concreto por cloretos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife: IBAPE-PE, 2003.

WEBER, Rosa; SALOMÃO, Luis Felipe. **Justiça em Números 2023**. Brasília: Conselho Nacional de Justiça, 2023. 326 p. Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/wp-content/uploads/2023/08/justica-em-numeros-2023.pdf>. Acesso em: 03 out. 2023.

WATTANAPORNPROM, R.; ISHIDA, T. Modeling of chloride penetration into concrete under airborne chloride environmental conditions combined with washout effects. **Journal of Advanced Concrete Technology**. 2017.

WILKINS, N. J. M.; SHARP, J. V. Localized corrosion of reinforcement in marine concrete. In: Corrosion of Reinforcement in Concrete, 1990, Warwickshire (Edited by PAGE, C. L., TREADAWAY, K. W. J.; BAINFORT, P. B.) **Proceedings...** Warwickshire: SCI, 1990.

WOODCOCK, A. H. Salt nuclei in marine air as function of altitude and wind force. **Journal of Meteorology**, v.10, 1953.

YANG, L. F.; CAI, R.; YU, B. Investigation of computational model for surface chloride concentration of concrete in marine atmosphere zone. **Ocean Engineering**. 2017.

ZARZAR Jr., F. C. **Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos baseada no método dos fatores**. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica, 2007.

ZEZZA, F.; MACRI, F. Marine aerosol and stone decay. **The Science of the Total Environment**, V. 167,1995.