



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ UFOPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

SABRINA PINHEIRO LINDOSO

**PATOLOGIAS NO CONCRETO EM CONSTRUÇÕES PORTUÁRIAS –
ESTUDO DE CASO NO TERMINAL HIDROVIÁRIO DE ITAITUBA - PA**

ITAITUBA-PA

2024

SABRINA PINHEIRO LINDOSO

**PATOLOGIAS NO CONCRETO EM CONSTRUÇÕES PORTUÁRIAS –
ESTUDO DE CASO NO TERMINAL HIDROVIÁRIO DE ITAITUBA - PA**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Universidade Federal do
Oeste do Pará, como parte das
exigências para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador Prof.º Me. Andrews Malone
Pontes da Costa.

ITAITUBA-PA

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA
- Biblioteca Campus Itaituba

Lindoso, Sabrina Pinheiro.

Patologias no concreto em construções portuárias - Estudo de caso no terminal hidroviário de Itaituba - Pá / Sabrina Pinheiro Lindoso. - Itaituba, 2025.

41f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus de Itaituba, Curso de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Andrews Malone Pontes da Costa.

1. Patologias. 2. Concreto. 3. Portuárias. I. Costa, Andrews Malone Pontes da. II. Título.

UFOPA/ Campus Itaituba

CDD 23. ed. 624.1834

Bibliotecário Documentalista - CRB-1608



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao vigésimo sétimo dia do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às 14h, realizou-se no auditório do Campus Universitário de Itaituba, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da discente **Sabrina Pinheiro Lindoso**, intitulado: “**Patologias no concreto em construções portuárias – estudo de caso no terminal hidrovial de Itaituba-PA**”, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Os trabalhos foram conduzidos pelo professor Esp. **Andrews Malone Pontes da Costa**, orientador da discente e presidente da Banca Examinadora, constituída também pelos membros convidados, o professor Me. **Luamim Sales Tapajós** e o professor Me. **Mikhail de Araújo Santiago**. Após apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, a Banca Examinadora passou à arguição do discente. Encerrados os trabalhos de arguição, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre a apresentação e defesa oral do discente, considerando-o aprovado com nota 10. Proclamados os resultados pelo presidente da Banca, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu, **Andrews Malone Pontes da Costa**, na qualidade de professor orientador do Trabalho de Conclusão de Curso avaliado, lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da Banca Examinadora.

Itaituba - PA, 27 de fevereiro de 2025.

Presidente/orientador(a): _____.

Membro: _____.

Membro: _____.

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDREWS MALONE PONTES DA COSTA
Data: 28/02/2025 16:25:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br MIKHAIL DE ARAUJO SANTHYAGO
Data: 28/02/2025 17:33:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br LUAMIM SALES TAPAJOS
Data: 28/02/2025 17:51:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus, por ter me guiado até aqui, iluminando meu caminho em toda essa trajetória e me ajudando nas dificuldades para permanecer seguindo em frente.

Aos meus pais, Pedro Silva Lindoso e Ana Rosa Pereira Pinheiro, por todo apoio e alicerce, pelas lições e incentivos, dedicação e por não medir esforços para dar a melhor educação possível, sabemos que tivemos que abrir mão de muitas coisas para que isso acontecesse, minha eterna gratidão.

Ao meu namorado, Luiz Eduardo Segura, por toda compreensão, apoio, obrigada por estar sempre ao meu lado, acreditando em mim e me motivando a superar os desafios.

Ao meu orientador, Andrews Malone, por me acolher e me ajudar com tanto entusiasmo, por toda dedicação. Sua orientação e paciência forem essenciais para chegarmos até aqui. Agradeço por compartilhar seus conhecimentos em seus anos de experiência e pela disposição em me ajudar a superar medos e desafios encontrados ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho, eterna gratidão.

Gostaria de agradecer também a minha amiga, parceira e mentora, Ingrid Taynara, por compartilhar seus conhecimentos comigo e por sempre estar disposta a me ajudar no que eu precisar, grata por ter você ao meu lado e pela ajuda no aprendizado.

Por fim, a todos amigos e familiares que estiveram comigo ao longo dessa caminhada, seja em conselhos, apoio, como também os momentos de risadas, angústia e parceria dentro de sala de aula, gratidão à todos futuros colegas de profissão.

RESUMO

Este trabalho analisa as patologias que afetam o concreto em construções portuárias, focando no Terminal Hidroviário de Itaituba –PA. O estudo destaca a importância da durabilidade e da resistência do concreto em ambientes agressivos, como os portos, onde a exposição constante à umidade e a ação de agentes químicos podem comprometer a integridade estrutural. Foram realizadas inspeções e análises para identificar os principais tipos de patologias, incluindo fissuras, eflorescências e corrosão de armaduras. A pesquisa coletou dados por meio de análise de campo, permitindo compreender a extensão dos danos e suas causas. Os resultados evidenciam que a falta de manutenção e o uso inadequado de materiais são fatores críticos que contribuem para a deterioração do concreto.

Palavras-chaves: concreto, patologias, portuárias

ABSTRAT

This work analyzes the pathologies affecting concrete in port constructions, focusing on the Itaituba Bus Terminal in PA. The study highlights the importance of durability and resistance of concrete in aggressive environments like ports, where constant exposure to moisture and chemical agents can compromise structural integrity. Inspections and analyses were conducted to identify major types of pathologies including cracks, efflorescence, and armor corrosion. Data was collected through field analysis to understand damage extent and causes. Results show that lack of maintenance and improper use of materials are critical factors contributing to concrete deterioration.

Keywords: concrete, pathology, port

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Corrosão de armadura	14
Figura 2 – Efeito do maior ou menor acesso do oxigênio	15
Figura 3 – Fissuras no concreto	16
Figura 4- Lixiviação no concreto.....	17
Figura 5 – Slump test do concreto.....	19
Figura 6- Pilar degradado pela ação íons sulfato	23
Figura 7 – Estrutura de ponte que sofreu processo de corrosão do concreto..	23
Figura 8 – Zonas de agressividade do concreto.....	24
Figura 9 – Variação da salinidade no Oceano Atlântico Sul.....	26
Figuras 10 - Pilar e laje com a presença de armaduras expostas.....	28
Figura 11- Excentricidade do pilar com a viga.....	29
Figura 12 – Rachadura em pilar	31
Figuras 13 – Visualização do reforço estrutural	32
Figuras 14 – desagregação do concreto e corrosão de armadura	33
Figura 15 – Pilar inclinado	35
Figura 16 – desagregação do reforço estrutural.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)Tabela 1.....	19
Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	20
Tabela 3 – Agressividade do ambiente	21
Tabela 4 – Zonas de agressividade do concreto de acordo com a profundidade do mar	25
Tabela 5 – Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	28
Tabela 6 – Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	30
Tabela 7 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	31
Tabela 8 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	32
Tabela 9 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	34
Tabela 10 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	35
Tabela 11 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.1.2 Objetivos específicos	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 – Principais tipos de patologias relacionadas ao concreto.....	14
4.1.1 – Corrosões de armadura	14
4.1.2 – Carbonatação	15
4.1.3 – Fissuras	15
4.1.3.1 – Fissuras por movimentações térmicas	16
4.1.3.2 – Fissuras por excesso de carga	16
4.1.3.3 – Fissura por recalque	16
4.1.3.4 – Fissura por retração do concreto	17
4.1.3.4 – Lixiviação	17
4.2 – Características do concreto - grau de agressividade	18
4.2.1 – Resistência ao concreto (F_{ck}).....	18
4.2.2 – Consistência (Slump).....	18
4.2.3 – Relação água/cimento	20
4.3 - Controle tecnológico do concreto resistente a sulfato.....	20
4.3.1 - Cimento Portland RS e ataque de sulfatos	21
4.3.2 - Agressividade do ambiente marinho às estruturas de concreto	24
5 METODOLOGIA	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
7 CONCLUSÃO	40
8 REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Segundo o site (HEMBRAFER – 2021) “a história do concreto tem as primeiras evidências em Roma, a aproximadamente 2000 anos atrás. O concreto era essencialmente utilizado em aquedutos e estradas em Roma. O primeiro fato registrado aponta para o ano 1756, quando John Smeaton fez concreto misturando agregado graúdo e cimento. Outro grande desenvolvimento aconteceu no ano 1824. O inventor inglês Joseph Aspdin desenvolveu o cimento portland. Foi Joseph Monier quem inventou o primeiro concreto armado em 1849, onde fez cubas e tubos de concreto armado com o uso de aço. O concreto armado, portanto, combina a capacidade à tração do metal e à compressão do concreto para suportar elevadas cargas e recebeu a patente por essa invenção em 1867”.

De acordo com o site (France-Voyage.com, 2024) “Grande Marseille porto, anteriormente chamado Porto Autônomo Marseille governado por uma instituição pública do Estado, é o primeiro porto francês em termos de tráfego de mercadorias (81 milhões de toneladas manuseadas) e a quinta na Europa. Na sua forma atual, o porto foi concebido em 1840, quando verificou-se que o crescimento do tráfego marítimo além da capacidade do Porto Velho, agora dedicado ao iatismo”. Em 1833, o engenheiro Poirel iniciou a construção do dique de Argel com a nova técnica de grandes blocos de concreto, que são mais baratos e muito mais resistentes às ondas do que as antigas estruturas de alvenaria (Dominique Milherou, jornalista, 2010).

As áreas portuárias estão sujeitas a diversas complicações quando se trata da durabilidade e resistência de estruturas de concreto. O ambiente marinho se torna muito agressivo para essa estrutura, devido aos sais minerais, umidade elevada e outros fatores que aceleram o surgimento de patologias no mesmo.

A presente análise irá tratar sobre patologias que podem ocorrer em estruturas de concreto em áreas portuárias, tratando sobre adoção de medidas preventivas adequadas, a fim de garantir a durabilidade e segurança da construção em ambientes portuários e apresentar patologias existentes em um

estudo de caso apresentado no Porto hidroviário de Itaituba-PA, os efeitos patológicos para a estrutura e as possíveis soluções para resolução desses problemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar o estudo exploratório com o objetivo de demonstrar os efeitos patológicos através de um estudo de caso no porto de Itaituba-PA.

2.1.2 Objetivos específicos

- Analisar patologias estruturais no concreto
- Realizar um estudo técnico em patologias portuárias identificando as possíveis causas da mesma
- Analisar e propor medidas de recuperação das estruturas com efeito patológico em área portuária

3 JUSTIFICATIVA

Segundo o autor (SOUZA, 2009) o estudo das patologias de estruturas de concreto assume relevante importância na medida em que não apenas avalia os danos manifestados pelas estruturas, quais são as suas prováveis causas e as formas mais adequadas de tratamento corretivo, como também constitui fonte de dados importantes para o estabelecimento de procedimentos de projetos e de construção, com o objetivo de minimizar os riscos de ocorrência de danos em aplicações similares e, com isso, estabelecer parâmetros para o aumento da vida útil das estruturas. No Brasil, observa-se a predominância de diversos modais de transporte, entre os quais se destacam os portos marítimos, que desempenham um papel crucial na movimentação de cargas em âmbito global. Essa realidade é de fundamental importância para a economia do país, uma vez que por meio desses portos o Brasil exporta toneladas de grãos, como a soja, por exemplo. Ao longo dos anos, o Brasil tem se destacado significativamente em relação ao expressivo crescimento das exportações, estabelecendo recordes históricos em virtude do aumento do volume de cargas movimentadas através dos portos brasileiros. Em conformidade com o site (Mundo Logística,2024) o “Fórum de Portos — III Desafios e Oportunidades nos Portos Brasileiros” deixou uma clara mensagem sobre as deficiências e mazelas do país em sua infraestrutura de transportes, que limitam fortemente a logística portuária brasileira. Houve um consenso sobre o baixo investimento em obras de infraestrutura, especialmente no que diz respeito aos acessos rodoviários e ferroviários aos principais portos, além das barreiras burocráticas, jurídicas e regulatórias em vigência, sem contar os gravíssimos problemas da insegurança portuária. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o Brasil investiu em infraestrutura, nos últimos 20 anos, pouco mais de 2% do PIB, ao ano, em média, enquanto outros países emergentes investiram entre 4 e 5% de seus PIBs. Se considerarmos apenas os investimentos em infraestrutura de transportes, incluindo portos, não atinge 0,8% do PIB, ao ano. Portanto, o estudo das patologias em concreto, em especial, em áreas portuárias, é fundamental para a engenharia e a gestão de infraestruturas. Essas estruturas estão sujeitas a condições ambientais extremamente agressivas, como umidade, sais, gases corrosivos e solicitações

mecânicas severas, tornando – as propensas a problemas e deterioração ao longo do tempo. Um entendimento aprofundado dessas patologias é crucial para garantir a segurança estrutural e a durabilidade das edificações e obras de engenharia portuária. A identificação precoce de problemas, como fissuras, corrosão de armaduras, permite a adoção de medidas corretivas, evitando acidentes e falhas catastróficas.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 – Principais tipos de patologias relacionadas ao concreto

4.1.1 – Corrosões de armadura

De acordo com o administrador do grupo orggel (Sérgio Lages, 2018) A corrosão da armadura acontece quando a armadura metálica (aço, alumínio), que é usada para aumentar a resistência do concreto, possui uma ruptura e começa a corroer. Essa corrosão enfraquece consideravelmente a estrutura. O processo acontece quando o material se encontra em locais mais expostos à umidade e agentes agressivos, ou ainda em áreas com muitas falhas, como ninhos de concretagem, que, pela alta porosidade local, acabam tornando-se mais suscetíveis à penetração de tais agentes. O tipo mais comum de corrosão do reforço é a ferrugem, que geralmente acontece quando a umidade entra em contato com aço ou ferro.

A corrosão do aço na construção civil costuma ser segmentada em duas formas: a corrosão generalizada, isto é, ela abrange um grande percentual das barras de aço que compõe a armadura, já a corrosão localizada, que possui um grau de severidade maior no material uma vez que ela age em pontos bem específicos comprometendo sua integridade já que este tipo de corrosão reduz consideravelmente a seção de uma barra de aço com uma velocidade muito maior que na generalizada (SOUZA E RIPPER, 1998). A figura 1 mostra os dois tipos de corrosão.

Figura 1- Corrosão de armadura

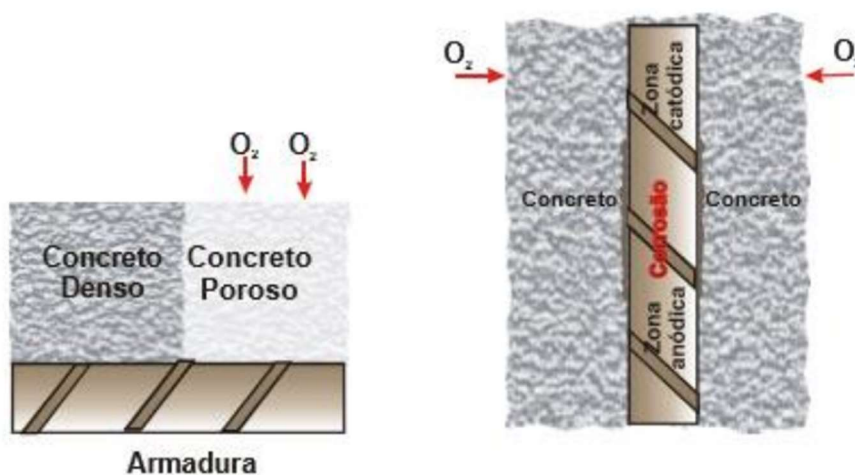


Fonte: Gabriel Jastes, 2020

4.1.2 – Carbonatação

De acordo com (administrador do grupo Orgel, 2018) Patologia desencadeada a partir da pasta de cimento e do gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera. Esse processo faz com que o concreto se torne poroso e fraco. Para evitar a carbonatação, um revestimento ou selante deve ser aplicado na superfície do concreto. O processo costuma ocorrer em túneis, viadutos e pontes por exemplo, e decorre de fissuras que permitem a entrada de água no interior do concreto armado. A figura 2 mostra os efeitos que o oxigênio em contato com o concreto.

Figura 2 – Efeito do maior ou menor acesso do oxigênio



Fonte: Helene, 1986

4.1.3 – Fissuras

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 57) “As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer”. A figura 3 mostra um exemplo de fissuração no concreto.

Figura 3 – Fissuras no concreto



Fonte: Romeu Parreiras, 2018

4.1.3.1 – Fissuras por movimentações térmicas

Thomaz (2003) surgem pela variação térmica da região onde o elemento estrutural está situado, que interfere diretamente o quanto o material está sujeito a se dilatar ou se contrair.

4.1.3.2 – Fissuras por excesso de carga

Acontecem por uma errônea elaboração do projeto estrutural pelo profissional contratado ou pela errada execução do mesmo. Estes tipos de fissuras em alguns casos ainda não comprometem a integridade estrutural de seus elementos uma vez que as deformações ocasionadas pela sobrecarga ainda são aprovadas no seu estado de limite de serviço (THOMAZ, 2003).

4.1.3.3 – Fissura por recalque

Ocorre pelo rebaixamento da estrutura que excede a tensão admissível no solo deslocando-se para baixo que gera um aumento de tensões ao elemento, muito além da qual ele foi concebido ocasionando o surgimento de fissuras que quando não tratadas aumentarão sua abertura que podem comprometer a vida útil de projeto do da edificação. (SOUZA e RIPPER, 1998).

4.1.3.4 – Fissura por retração do concreto

A retração ocorre de forma natural no concreto pela própria hidratação do cimento, entretanto alguns fatores podem desregular este processo como a concretagem em elevadas temperaturas, baixa umidade do local ou pela grande incidência de ventos na região que afetam na evaporação da água presente no concreto. Desta forma a escolha do cimento e de seus respectivos agregados quando não é bem elaborada, auxilia no surgimento desta patologia ao elemento estrutural. (THOMAZ, 2003).

4.1.3.5 – Lixiviação

De acordo com (administrador do grupo orgel, 2018) “É causada pelo contato da estrutura com a água. Nesse processo de hidratação do cimento é formado um composto chamado hidróxido de cálcio. Essa substância já hidratada é carregada para fora da superfície do concreto causando a lixiviação. Essa patologia sozinha não causa graves problemas ao concreto, porém, quando o fenômeno atinge estágios avançados, pode criar a corrosão das armaduras de concreto ou ainda comprometê-la seriamente”. Na imagem 4, é possível observar os efeitos que a lixiviação apresenta no concreto.

Figura 4- Lixiviação no concreto



Fonte: Engenharia 360, 2024.

4.2 – Características do concreto - grau de agressividade

4.2.1 – Resistência ao concreto (Fck)

Segundo o engenheiro civil (Pedro Furnaletto, 2019) com um maior Fck, o concreto tende a ter mais cimento (maior alcalinidade, que protege as armaduras) e também a ser menos poroso. Essas características dificultam o ataque de agentes nocivos.

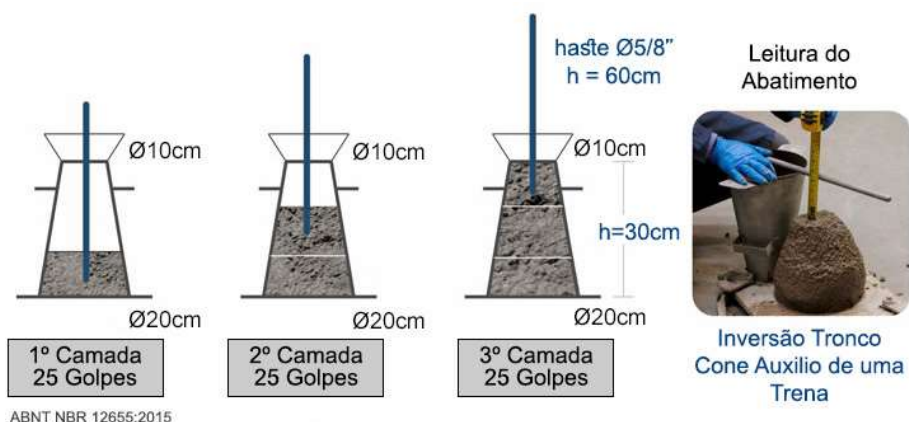
“A principal característica do concreto é sua resistência a compressão, ou seja, quanto o concreto consegue aguentar de peso (carga) até o seu rompimento. A resistência do concreto é medida através do ensaio de compressão em corpos-de-prova cilíndricos realizados por empresas especializadas”, (blog construindo casas).

4.2.2 – Consistência (Slump)

“O termo consistência está relacionado a características inerentes ao próprio concreto e está mais relacionado com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes. Um dos métodos mais utilizados para determinar a consistência é o ensaio de abatimento do concreto, também conhecido como slump test. A relação entre água e cimento é essencial para a resistência do concreto e não pode ser quebrada. Não dá para remediar sem correr riscos. O correto é sempre fazer ou comprar um concreto de acordo com as características das peças e com os equipamentos de aplicação disponíveis” (Portal do concreto, 2017).

Conforme mostrado na figura 5, “O teste é feito com uma haste e um cone de 30 cm de altura, com 10 cm de diâmetro no topo e 20 cm na base. Com a base maior do cone encostada no chão, coloca-se a primeira camada de concreto no cone com 10 cm de altura e realiza 25 golpes com a haste. Em seguida, coloca-se a segunda camada e repete a quantidade de golpes. Por último, coloca-se a terceira camada de concreto e repete os golpes. Depois de cheio, o cone é retirado cuidadosamente e a massa de concreto sofre uma pequena deformação, esparramando e perdendo altura. A diferença da altura da massa de concreto em centímetro é o valor do Slump” (blog construindo casas).

Figura 5 – Slump test do concreto



Fonte: Pedreira, 2019

Segundo o professor (Antonio Rolim, 2020), conforme a tabela 1, extraída da NBR 6118, faz a correspondência entre as classes de agressividade ambiental e os correspondentes cobrimentos de armadura para os diversos elementos estruturais, seja de concreto armado ou protendido. Nesta tabela, a agressividade do meio ambiente é classificada da seguinte forma:

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)Tabela 1

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		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 ≥ 15 mm.

^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 ≥ 45 mm.

Fonte: Neoipsum, 2019

4.2.3 – Relação água/cimento

A NBR 6118 relaciona os valores máximos de relação água/cimento e mínimos de F_{ck} a serem utilizados, de acordo com a classe de agressividade. Quanto maior a relação água/cimento, maior a quantidade de água no concreto, e maior sua porosidade. Com elevada porosidade, é mais rápido o ataque de agentes nocivos ao concreto, como cloretos e gás carbônico (Pedro Furnaletto, 2019). A tabela 2 vai mostrar a correspondência entre as classes de agressividade do concreto.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

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

^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: Neoipsum, 2019

4.3 - Controle tecnológico do concreto resistente a sulfato

“A agressividade do ambiente em que as estruturas de concreto estão inseridas pode reduzir, de maneira significativa, a vida útil destes elementos. Ambientes urbanos, industriais, marítimos, entre outros, representam. A agressividade do ambiente riscos à estrutura devido, principalmente, à presença de sulfatos” (THALITA LUZ et al. 2022)

O ataque por sulfatos está associado à interação de íons sulfatos com pasta de cimento hidratada, podendo ser evidenciado de diversas maneiras, pois a origem dos íons sulfato pode ser tanto externa quanto interna, podendo estar presentes na água do mar e no lençol freático (BERNAL CASTILLO et al, 2015).

No processo de deterioração provocada pelo ataque por sulfatos, podem-se destacar três etapas. A primeira é a difusão dos íons agressivos para o interior da composição cimentícia, provocada pela porosidade e

permeabilidade do elemento estrutural. A segunda etapa são as reações químicas ocorridas entre o íon sulfato e os constituintes hidratados do cimento, em especial a Portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), monossulfoaluminato e outros aluminatos hidratados, formando espécies químicas que resultam em expansão e acarretam a terceira etapa. Por fim, a terceira etapa é a formação de fissuras nas fundações, associadas à reação química de descalcificação, resultando em perda de resistência e desintegração (BERNAL CASTILLO et al, 2015).

Classificando o ambiente e sua agressividade, é possível determinar o risco de deterioração da estrutura. As características do concreto utilizado são importantes para a durabilidade das fundações, sua qualidade está ligada diretamente com a relação água-cimento, através da porosidade e consequente suscetibilidade à penetração de água e de gases no concreto. Com base nessa forte relação, a NBR 6118 apresenta formas para escolher a resistência do concreto em função do ambiente classificado (Tabela 3). (THALITA LUZ et al. 2022). A tabela 3 mostra os graus de agressividade do ambiente.

Tabela 3 – Agressividade do ambiente

Exposição	Concentração de sulfatos solúveis em SO_4 – No Solo (%)	Concentração de sulfatos solúveis em SO_4 – Na água (%)
Leve	<0,1	<150
Moderada	0,1 a 0,2	150 a 1500
Severa	0,2 a 2,0	1500 a 10000
Muito Severa	>2,0	>10000

Fonte: Adaptado de Brunetaud, Khelifa e Al-Mukhtar (2012).

4.3.1 - Cimento Portland RS e ataque de sulfatos

Existem cinco tipos de cimento que são considerados resistentes a sulfatos. Todavia, existem algumas condições, devendo apresentar teor de aluminato tricálcico (C_3A) do clínquer e teor de adições carbonáticas de no máximo 8% e 5% em massa, respectivamente. Além disso, os cimentos do tipo alto forno devem possuir entre 60% e 70% de escória granulada de alto forno em massa. Por outro lado, cimentos do tipo pozolânico devem apresentar entre 25% e 40% de material pozolânico em massa. Por fim, cimentos que foram

testados a partir de ensaios de longa duração, ou que comprovem resistência aos sulfatos (ZARZAR JÚNIOR e OLIVEIRA, 2016).

Além da água do mar, os sulfatos estão presentes em águas de rio, lençóis freáticos, água de pântano e decomposição de matéria orgânica, incluindo locais poluídos com esgoto, ambientes industriais e nos próprios agregados constituintes do concreto (BARROS, 2019).

Os tipos de sulfatos mais comuns são: sulfato de sódio, sulfato de potássio, sulfato de magnésio e sulfato de cálcio. As manifestações patológicas em estruturas de concreto devido ao ataque por sulfatos têm sido verificadas em diversas partes do mundo. Na maioria dos casos, os sulfatos são externos ao concreto, não sendo incomum encontrar concentrações deletérias destes em ambientes urbanos e industriais, como exemplo indústrias de produtos químicos e estações de tratamento de esgoto (YUAN; DANGLA; CHATELLIER e CHAUSSADENT, 2013).

Em casos nos quais não se pode evitar o contato entre fundações e fluidos contendo sulfato, é imprescindível considerar a agressividade do ambiente no dimensionamento das peças. Nestes casos, deve-se priorizar a qualidade dos materiais e o controle no processo de execução, permitindo o dimensionamento com peças cujas espessuras mostram-se adequadas à agressividade ambiente, emprego de baixa relação água/cimento, alto consumo de cimento, compactação e cura apropriadas, fatores que tornem a permeabilidade do concreto o mais baixa possível, aliando-se o uso de cimentos Portland resistentes a sulfatos ou compostos e uso de películas impermeabilizantes. O tipo de cimento e o controle da permeabilidade são essenciais para se evitar o ataque por sulfato (BARROS, 2019).

No geral, todos os sulfatos causam reações expansivas no concreto, que irá acarretar no lascamento (descamação) do mesmo e isso irá reduzir sua resistência. O sulfato de magnésio é o que causa a reação mais prejudicial, logo é o mais perigoso, mas isso não reduz a atenção que se deve dar aos outros sulfatos. A descamação do concreto irá fazer com que o mesmo perca sua principal propriedade que é a resistência à compressão, ou seja, o mesmo será enfraquecido. Em uma fundação é preciso que se tenha um adequado

concreto, pois a mesma irá suportar todo o peso da superestrutura da obra, deste modo, caso o concreto da fundação seja atacado por sulfatos, infere-se que a mesma será comprometida e com o decorrer do tempo perderá, cada vez mais, sua resistência, o que poderá causar o colapso da estrutura (YUAN; DANGLA; CHATELLIER e CHAUSSADENT, 2013). A figura 6 apresenta a degradação de um pilar devido a ação de íons sulfato.

Figura 6- Pilar degradado pela ação íons sulfato



Fonte: Wellington Mazer, 2015.

Na figura 7, mostra uma grande corrosão do concreto em uma estrutura de ponte, comprometendo gravemente sua eficiência estrutural.

Figura 7 – Estrutura de ponte que sofreu processo de corrosão do concreto



Fonte: Revista Pini. Edição 160. Julho/2010. Por Heloisa Medeiros

4.3.2 - Agressividade do ambiente marinho às estruturas de concreto

A maioria dos estudos sobre a durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho resume-se nos temas de corrosão de armaduras ou, em outros poucos casos, ataque por sulfatos. A corrosão das armaduras é uma das patologias mais preocupantes, do ponto de vista estrutural e econômico. Devido a essas características diferenciadas de ataque, muitos autores e códigos de normalização apresentam o ambiente marinho dividido em diferentes zonas, como pode ser visualizado nos dois exemplos a seguir (Figura 8, tabela 4). Essa divisão por zonas se caracteriza pelo distinto acesso de Oxigênio e de água e umidade (Wellington Mazer et al, 2006).

Figura 8 – Zonas de agressividade do concreto



Fonte: Duracrete (1999 apud SILVA, 2011)

A tabela a seguir, detalha as zonas de agressividade marinha, de acordo com a sua profundidade.

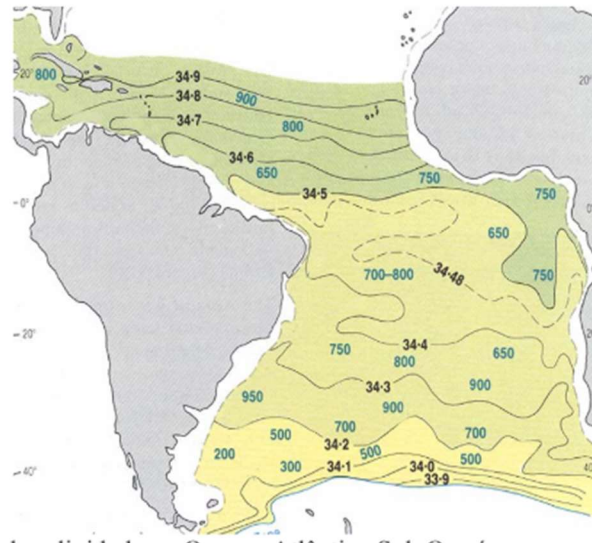
Tabela 4 – Zonas de agressividade do concreto de acordo com a profundidade do mar

Zona de atmosfera marinha	Nesta região: a estrutura recebe, apesar de não estar em contato com a água do mar, uma quantidade razoável de sais, capazes de produzir depósitos salinos na superfície, onde se produzem ciclos de molhagem e secagem. Os ventos podem carregar os sais na forma de partículas sólidas ou como gotas de solução salina contendo vários outros constituintes. A quantidade de sais presente vai diminuindo em função da distância do mar, sofrendo influência da velocidade e direção dos ventos predominantes.
Zona de respingos	É a região onde ocorre a ação direta do mar, devido às ondas e aos respingos. Os danos mais significativos são produzidos por corrosão das armaduras pelos íons Cloreto e por erosão, devido às ondas;
Zona de variação de marés	Esta região está limitada pelos níveis máximo e mínimo alcançados pelas marés; devido a isso, o concreto pode encontrar-se sempre saturado, dependendo das condições climatológicas e com uma crescente concentração de sais. A degradação acontece devido à ação dos sais agressivos (ataque químico), corrosão de armaduras (devido à presença de Cloretos), ação das ondas e outras substâncias em suspensão (abrasão) e microrganismos;
Zona submersa	É a região onde a estrutura de concreto encontra-se permanentemente submersa. A degradação acontece pela ação de sais agressivos (sulfato e magnésio) e pela ação de microrganismos, que, em casos extremos, pode gerar a corrosão biológica das armaduras.

Fonte: Autor, 2024

A concentração de sais da água do mar varia segundo a profundidade, a temperatura, a latitude e a proximidade da costa. Um exemplo disso pode ser observado na Figura 9, que apresenta a variação espacial da salinidade no Oceano Atlântico Sul. Segundo Riley & Hirrou (1975).

Figura 9 – Variação da salinidade no Oceano Atlântico Sul.



Fonte: Oxford: Pergamon, 1989.

A concentração dos principais componentes da água do mar pode variar conforme a influência de diversos processos, tais como a evaporação, a formação e o derretimento das geleiras, o aporte fluvial e a própria chuva. Cabe lembrar que todos esses efeitos sofrem variações também ao longo das estações do ano (Riley & Hirrou, 1975).

5 METODOLOGIA

O presente trabalho irá abordar uma pesquisa de caráter exploratório sobre um estudo de caso e visita in loco na área portuária de Itaituba, onde, irá investigar patologias presentes em áreas portuárias, e juntamente com uma observação direta in loco, ocorrerá a coleta de dados e entrevistas com especialistas. Essa observação será primordial para entender como surgem e como se comportam as patologias e como isso afeta a segurança da estrutura, e não somente isso, o comportamento do concreto em questão subterfugiando a fidedignidade da prática construtiva para obras portuárias e suas peculiaridades ressaltando a comparação técnica entre obras terrestres e portuárias.

Segundo o autor (SOUZA, 2009) o estudo das patologias de estruturas de concreto assume relevante importância na medida em que não apenas avalia os danos manifestados pelas estruturas, quais são as suas prováveis causas e as formas mais adequadas de tratamento corretivo, como também constitui fonte de dados importantes para o estabelecimento de procedimentos de projetos e de construção, com o objetivo de minimizar os riscos de ocorrência de danos em aplicações similares e, com isso, estabelecer parâmetros para o aumento da vida útil das estruturas.

5.1 – Inspeção in loco – área portuária de Itaituba - PA

As imagens 10, (a) pilar com a presença de armadura exposta e laje com presença de armadura exposta (b) apresentadas a seguir, evidenciam a ocorrência de patologias no porto hidroviário da cidade de Itaituba-PA. Observa-se a presença de anomalias, tais como a carbonatação, que resulta na porosidade e fragilidade do concreto, em decorrência da interação entre a pasta de cimento e o gás carbônico (CO₂) presente na atmosfera. Além disso, identifica-se a corrosão generalizada das armaduras, a qual abrange uma significativa proporção das barras de aço que compõem a estrutura da armadura. Segundo Pauletti (2007), a carbonatação é um fenômeno no qual o pH de materiais cimentícios é reduzido através da reação físico-química entre os compostos hidratados do cimento e o gás carbônico da atmosfera. Com

isso, a reação principal de carbonatação no concreto ocorre entre o gás carbônico e o hidróxido de cálcio.

Figuras 10 - Pilar e laje com a presença de armaduras expostas



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 5 – Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Fissuras, corrosão de armaduras, desagregação do concreto, eflorescência, deterioração por umidade
Classificação do problema	Anomalia construtiva
Possíveis causas	Umidade, corrosão das armaduras, desgaste com ação do tempo, carga excedente, efeito de salinidade

Intervenção	Realizar o reforço estrutural da laje e pilar, com tratamento adequado para áreas de influência hídrica, proteção contra corrosão
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

A figura 11 ilustra a presença de excentricidade entre o pilar e a viga. Além de suas implicações estéticas, essa condição suscita considerações significativas quanto ao suporte de carga e, conseqüentemente, à segurança da estrutura. A excentricidade de um pilar em relação a uma viga refere-se ao desalinhamento entre os eixos. Quando a viga e o pilar são fixados de maneira descentralizada, ocorre a geração de momentos fletores e tensões adicionais no pilar. Essa situação é especialmente crítica em ambientes como o objeto de estudo, onde há variações de pressão devido ao fluxo de água, o que compromete a estabilidade da estrutura. De acordo com Araújo (2013), a rigidez da ligação entre a viga e pilar é alterada quando a excentricidade da viga em relação ao eixo do pilar é modificada. Este fato implica alterações na rigidez de toda a estrutura e, conseqüentemente, alterações na estabilidade da edificação, quanto menos rígida a ligação, menos rígida a estrutura e mais instável a edificação.

Figura 11- Excentricidade do pilar com a viga



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 6 – Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Presença de excentricidade
Classificação do problema	Anomalia construtiva
Possíveis causas	Má execução
Intervenção	Ancoragem e adequação do pilar ou remoção do mesmo reconstruindo um novo modelo estrutural
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

O efeito patológico identificado na localização refere-se a problemas que surgem em decorrência da retração do concreto, que consiste na diminuição de seu volume, geralmente provocada pela eliminação da água contida em seu interior (exsudação) ou por sobrecarga. Essas fissuras comprometem a eficiência estrutural e possibilitam a infiltração de água na estrutura, o que pode gerar outros problemas, como a corrosão das armaduras. Segundo Felipe Lima (2023) é um estágio da abertura requer atenção imediata. É mais “fácil” de ser identificada, as aberturas têm mais de 3 milímetros de espessura, em alguns casos é possível ver do outro lado. A figura 12 mostra a presença de rachaduras no pilar.

Figura 12 – Rachadura em pilar



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 7 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Deterioração do concreto nos pilares
Classificação do problema	Exposição à intempéries, fissuração e degradação do concreto
Possíveis causas	Ação hídrica na estrutura em épocas de alta maré
Intervenção	Reabilitação estrutural e manutenção preventiva
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

Observa – se na figura 13 (a) e (b) que o pilar original tem sua forma quadrada, com sinais de desgaste no concreto, o que indica a necessidade de reforço, posteriormente realizado. É possível notar que o reforço estrutural consiste em um envoltório adicional de concreto e aço, incluindo um novo concreto e armaduras circulares, com o intuito de aumentar a capacidade de resistência à carga estrutural e redefinir sua geometria. No entanto, essa

intervenção revela a presença de patologias adicionais no pilar, sendo que uma parte significativa desse reforço já se encontra totalmente degradada.

Figuras 13 – Visualização do reforço estrutural

(a)



(b)



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 8 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Deterioração do concreto, corrosão das armaduras, erosão e desgaste, exposição a intempéries
Classificação do problema	Anomalias construtivas
Possíveis causas	Ação hídrica, falta de manutenção, reações químicas, fatores construtivos

Intervenção	Reforço estrutural, tratamento da corrosão da armadura, impermeabilização e proteção da estrutura, manutenção preventiva
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

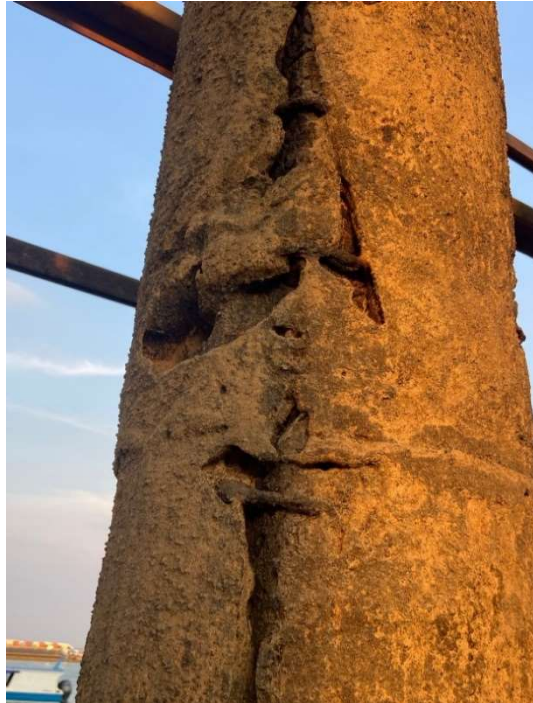
A figura 14 (a) e (b) apresenta ação da água sobre a estrutura provoca efeitos patológicos nas componentes da matriz cimentícia, como a lixiviação e a desagregação. Dessa forma, ocorre a percolação hidráulica, que aumenta a umidade interna da estrutura, levando à oxidação das armaduras e, conseqüentemente, à redução da aderência entre o aço e o concreto. Essa condição resulta em uma diminuição parcial ou total da capacidade de carregamento da estrutura.

Figuras 14 – desagregação do concreto e corrosão de armadura

(a)



(b)



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 9 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Deterioração avançada do concreto, corrosão das armaduras, ação de agentes agressivos, falta de manutenção
Classificação do problema	Anomalias construtivas e falta de manutenção preventiva
Possíveis causas	Deficiência construtiva, falta de manutenção, exposição ambiental severa
Intervenção	Recuperação e reforço estrutural, tratamento de corrosão de armaduras, proteção da estrutura e manutenção preventiva
Risco	Alto

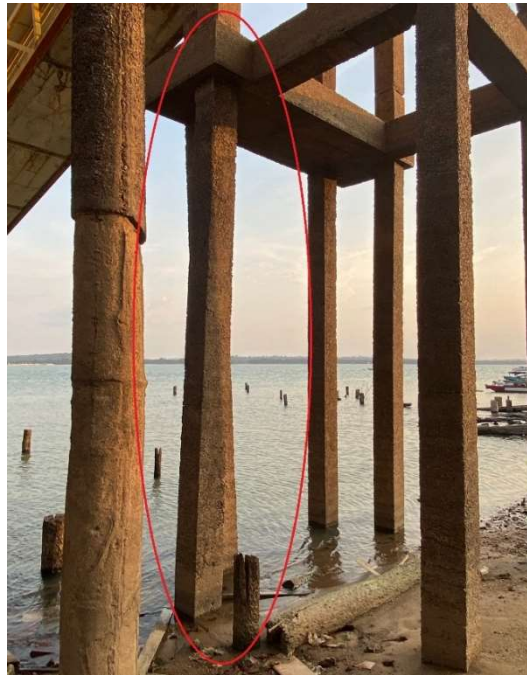
Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

A figura 15 ilustra um pilar inclinado, que apresenta uma acentuada inclinação em relação ao eixo vertical resultando em excentricidade. O ângulo de inclinação é claramente perceptível, sugerindo uma falha estrutural. A presença de um pilar inclinado nos leva a considerar diversos problemas estruturais, entre os quais se destacam:

- Fundação inadequada: um solo com baixa capacidade de carga pode provocar essa inclinação, no caso em questão, o solo fica completamente submerso em períodos de cheia.
- Sobrecarga: a aplicação de cargas superiores àquelas para as quais a estrutura foi projetada leva à deformação ou a alterações que resultam na redistribuição de cargas.

- Fatores ambientais: as erosões do solo ao redor da fundação, bem como as variações de temperatura e umidade, podem comprometer a integridade do solo
- Deterioração de materiais: fenômenos como corrosão e fissuração podem resultar em uma redução da resistência e em falhas estruturais.

Figura 15 – Pilar inclinado



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 10 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Pilar excêntrico
Classificação do problema	Estrutural, geotécnico, construtivo, sobrecarga
Possíveis causas	Fundação inadequada, erosão, carga excessiva, erro em execução

Intervenção	Reforço da fundação, reparo estrutural, proteção contra erosão
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

A proteção de um pilar em áreas fluviais, com a camada de concreto de reforço desintegrada e a armadura exposta, pode ser atribuída a problemas relacionados às condições ambientais que são submetidas. Um dos problemas a serem considerados é a sedimentação, na qual o acúmulo de sedimentos pode gerar benefícios adicionais no pilar, resultando no desgaste da camada de concreto. Outro fator relevante é a corrosão acelerada, que ocorre devido à exposição à umidade, especialmente quando a água contém cloretos e minerais que potencializam essa manipulação. Além disso, a sobrecarga hidráulica, resultante da pressão exercida por cheias e do impacto das águas, também contribui para essa sobrecarga.

Na figura 16 é possível observar que o modelo estrutural original apresenta geometria seccional quadrada onde todas as arestas possuem o mesmo tamanho, conseqüentemente maior área de superfície exposta ao fluxo d' água, se tornando vulnerável a impactos laterais.

Figura 16 – desagregação do reforço estrutural



Fonte: Próprio autor (2024)

Tabela 11 - Quadro de análise de patologias encontradas na parte externa da edificação.

Local	Porto hidroviário da cidade de Itaituba - PA
Manifestação	Erosão do pilar, armadura exposta, desgaste da superfície
Classificação do problema	Degradação física, exposição da armadura, patologias estruturais, intempéries ambientais externos
Possíveis causas	Ação hídrica, desgaste mecânico, deficiências no material, fatores estruturais, falta de manutenção

Intervenção	Reparação do concreto, proteção da armadura, reforço estrutural, inspeções de prevenção
Risco	Alto

Fonte: Adaptado Quadro de análise ESPINDOLA, BRUNA et al. (2021).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que as principais patologias encontradas são:

- Fissuração: apresentada em diversas estruturas, onde são originadas por movimentação térmica, recalque ou excesso de carga
- Corrosão de armaduras: observada em quase toda a estrutura, essa patologia é mais agravante dentre as identificadas, pois, compromete toda a integridade estrutural da edificação
- Degradação do concreto: encontrada como resultado de corrosão e infiltração da água no concreto, afeta a durabilidade e resistência do material, conseqüentemente, da estrutura.

A inspeções in loco mostram que a umidade e a salinidade do ambiente contribuem significativamente para a deterioração acelerada da estrutura. A pesquisa também destaca a falta de manutenção, o uso inadequado de materiais e a grande exposição a agentes agressivos, onde enfatiza a importância de entender as áreas de agressividade, correlacionando com o concreto e sugerindo um controle tecnológico dos materiais e processos construtivos para melhor eficiência. Foram mostradas também, propostas de intervenção para mitigar os danos, como reforço estrutural e tratamento anticorrosivos, além de escolhas adequadas de materiais para prevenir futuras patologias.

A importância da utilização de materiais corretos e boa execução garantem a durabilidade da estrutura, onde ajudam a resistir a esses fatores, garantem também a segurança estrutural, ocorre também a redução de custos de manutenção, onde reduzem a necessidade de intervenções, há também a resistência a patologias, a escolha correta de materiais garantem a diminuição da possibilidade de ocorrência de patologias.

7 CONCLUSÃO

O estudo das patologias no concreto em construções portuárias, como foco no Terminal Hidroviário de Itaituba – PA, revelou a complexidade e a importância da manutenção da integridade estrutural em ambientes expostos a condições adversas. As análises realizadas indicaram que diversos fatores, como a qualidade dos materiais, as técnicas de construção e as condições ambientais, contribuem significativamente para o surgimento de patologias no concreto.

A pesquisa demonstrou que as fissuras, eflorescências e a corrosão das armaduras são patologias recorrentes, impactando diretamente a durabilidade e a segurança da estrutura. A identificação precoce dessas patologias é crucial para a implementação de intervenções corretivas eficazes, visando prolongar a vida útil das construções.

Além disso, a abordagem adotada neste estudo enfatizou a necessidade de um monitoramento contínuo e de avaliações periódicas das estruturas, ou seja, manutenção preventiva e preditiva, permitindo não apenas a detecção de problemas, mas também a adoção de medidas preventivas que garantam a funcionalidade e a eficiência da edificação.

Em suma, a pesquisa reforça a relevância de um planejamento cuidadoso na execução de obras portuárias, aliado a um rigoroso controle de qualidade e à adoção de práticas de manutenção adequadas, bem como a utilização correta dos materiais, como forma de mitigar os riscos de patologias no concreto e assegurar a eficiência operacional das instalações. A continuidade dos estudos e a implementação de tecnologias inovadoras são essenciais para enfrentar os desafios que as construções enfrentam em ambientes tão exigente como os portuários.

8 REFERÊNCIAS

Faverin, Victor. (2024). OS REIS DOS CONTÊINERES. Canal Rural. <https://www.canalrural.com.br/economia/voce-sabe-quais-sao-os-10-maiores-portos-do-mundo-veja-a-lista/>. Acesso em 22 de Julho de 2024.

Lages, Sérgio. (2018). PATOLOGIAS NO CONCRETO. Orgel. <https://orgel.com.br/patologias-do-concreto/>. Acesso em 10 de Julho de 2024.

Leal, Vinícios. (2023). BRASIL BATE RECORDE DE MOVIMENTAÇÃO NOS PORTOS. G1. <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/08/09/brasil-bate-recorde-de-movimentacao-nos-portos.ghtml>. Acesso em 21 de Julho de 2024.

Luz, Thalita Mendonça, et al. (2022). ANÁLISE SOBRE ATAQUES POR SULFATOS AO CONCRETO DE FUNDAÇÕES. Centro Universitário Estácio de Ji-Paraná).

Milherou, Dominique. (2010). O VELHO PORTO DE MARSELHA, DESDE -600 aC. Tourisme-marseille. <https://tourisme-marseille.com/pt/plugue/o-antigo-porto-de-marselha-hist%C3%B3ria-fotos-visita/>. Acesso em 16 de Julho de 2024.

Pedro. (2019). CLASSES DE AGRESSIVIDADE E PROPRIEDADES DO CONCRETO. Neoipsum. <https://neoipsum.com.br/classes-de-agressividade-e-propriedades-do-concreto/>. Acesso em 15 de Julho de 2024.

Rolim, Antônio. (2020). COBRIMENTO DAS ARMADURAS E SUA RELAÇÃO COM A AGRESSIVIDADE DO MEIO AMBIENTE. PORTAL CONCRETO ARMADO. <https://www.concretoarmado.org/post/cobrimento-das-armaduras-e-sua-relacao-com-a-agressividade-do-meio-ambiente>. Acesso em 16 de Julho de 2024.

Silva, Diego. (2020). PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM AMBIENTE INDUSTRIAL. Núcleo do conhecimento. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-em-estruturas>. Acesso em 11 de Julho de 2024.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora Pini. São Paulo, 2009.