[REEC] Revista Eletrônica de Engenharia Civil
Volume 21, N° 1, 2026 100 - 123
https://revistas.ufg.br/reec

# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS DE CONCRETO: ANÁLISE EM ARMAZÉNS DO PORTO DE RIO GRANDE

## Pathological manifestations in concrete pavements: analysis of warehouses at the Port of Rio Grande

**Vinicius da Silva Vieira[1]; João Paulo Marçal de Souza[2]; Jessica Duarte Ribeiro Vieira[3]; Raissa Silva Rodrigues[4]; Matheus Morais de Medeiros[5]; Alexandre Sousa Neves de Oliveira[6]**

**PALAVRAS CHAVE**:

Anomalias estruturais; Patologias em pavimentos; Durabilidade do concreto; Defeitos em pisos industriais; Fissuras de retração.

***KEYWORDS***:

*Structural anomalies; avement pathologies; Concrete durability; Defects in industrial flooring; Shrinkage cracks*

**RESUMO**: A utilização de pisos industriais de concreto está cada vez mais frequente, uma vez que este sistema é capaz de atender todas as necessidades do setor econômico industrial. Diversos fatores influenciam o desempenho e durabilidade dos pisos industriais de concreto, como a propriedade dos materiais, dosagem do concreto, controle de juntas e os processos executivos. Caso ocorra falha em um ou mais desses elementos, podem surgir manifestações patológicas nos pisos. A manutenção preventiva e corretiva é distinta para cada uma das manifestações patológicas, de acordo com a sua origem, causa e influência sobre a estrutura do piso. Portanto, neste estudo de caso, foram analisadas as manifestações patológicas em pisos industriais de concreto de 7 armazéns localizados no Porto de Rio Grande. A partir do mapeamento das manifestações patológicas, identificou-se a prevalência de fissuras de retração com frequências de 48,67%.

***ABSTRACT***: *The use of industrial concrete floors is becoming increasingly common, as this system can meet all the needs of the industrial economic sector. Several factors influence the performance and durability of industrial concrete floors, such as material properties, concrete mix design, joint control, and execution processes. If one or more of these elements fail, pathological manifestations may occur in the floors. Preventive and corrective maintenance varies for each pathological manifestation, depending on its origin, cause, and impact on the floor structure. Therefore, in this case study, the pathological manifestations in industrial concrete floors of seven warehouses located in the Port of Rio Grande were analyzed. From the mapping of the pathological manifestations, a prevalence of shrinkage cracks was identified, with a frequency of 48.67%.*

*** Contato com os autores:**

[1] **e-mail: silva.vinicius@academico.ifpb.edu.br (V. S. VIEIRA)**
Engenheiro Civil Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

[2] **e-mail: joao.marcal@academico.ifpb.edu.br (J. P. M. Souza)**
Eng. Civil, Engenheiro Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC/UFPE).

[3] **e-mail: jessica.duarte@academico.ifpb.edu.br (J. D. R. Vieira)**
Arquiteta e Urbanista e graduanda em Eng. Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

[4] **e-mail: raissa.rodrigues@ifpb.edu.br (R. S. Rodrigues)**
Arquiteta e Urbanista. Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

[5] **e-mail: morais.medeiros@academico.ifpb.edu.br (M. M. Medeiros)**
Eng. Civil, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

[6] **e-mail:** alexandre.neves@ifpb.edu.br **(A. S. N. Oliveira)**
Arquiteta e Urbanista e Professor EBTT Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

ISSN: 2179-0612 DOI: 10.5216/reec.V21i1.79284
© 2026 REEC - Todos os direitos reservados.

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto são um recurso fundamental da engenharia civil, utilizadas na construção de edifícios, pontes, galpões, estradas, aeroportos e diversas outras infraestruturas. O concreto é uma mistura de cimento, água, agregados, adições e aditivos, tornando-se um material versátil e resistente, que suporta cargas consideráveis e resiste a diferentes condições. Sua capacidade de moldagem e adaptação torna possível criar uma variedade de formas e tamanhos para atender às necessidades específicas de cada projeto. Além disso, as estruturas de concreto são valorizadas por sua durabilidade, baixa manutenção e contribuição para a estabilidade e segurança de construções de longa vida útil (THOMAZ, 2018).

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), o concreto é amplamente reconhecido por suas propriedades de resistência e durabilidade, que são fundamentais para a performance das estruturas ao longo do tempo. O estudo desses autores fornece uma visão abrangente sobre os princípios fundamentais do concreto, incluindo os processos de fabricação, características dos materiais e técnicas de controle de qualidade, o que contribui para uma compreensão mais aprofundada das suas aplicações e do seu comportamento em diferentes condições de uso. Mais recentemente, o trabalho de Zhang et al. (2022) reforça a importância das propriedades do concreto e explora inovações nas misturas e aditivos que melhoram a resistência e a durabilidade do material frente a novas demandas e condições ambientais adversas.

As estruturas de concreto fornecem uma base sólida e durável que suporta as cargas solicitantes, especialmente na área industrial, onde são projetadas para suportar cargas pesadas, tráfego constante e exigências operacionais específicas. Seu projeto e execução adequados são cruciais para garantir não somente a segurança e a funcionalidade, mas também a eficiência e a economia operacional das instalações (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007). Recentemente, estudos como o de Yang et al. (2023) destacam a evolução nas técnicas de projeto e execução para pisos industriais, sublinhando a importância de abordagens inovadoras para atender às demandas modernas de desempenho e sustentabilidade.

O aumento da construção de novas fábricas, indústrias, centros de distribuição e galpões de armazenamento tem impulsionado a demanda pela otimização dos pisos industriais. Cada instalação industrial apresenta suas próprias características, o que torna essencial a realização de análises e projetos individualizados. É crucial considerar tanto as técnicas construtivas disponíveis quanto as atividades realizadas sobre esses pisos para garantir desempenho adequado e durabilidade. Segundo Khedher et al. (2022), a evolução das técnicas de construção e a crescente necessidade de adaptação às especificidades operacionais têm levado à adoção de soluções mais sofisticadas para pisos industriais, refletindo a importância da personalização e da eficiência no design desses ambientes.

Segundo Hovaghimian e Rodrigues (2016), o piso industrial é um elemento estrutural bastante complexo, composto por diversas camadas superpostas compostas por materiais distintos, que geralmente são: subleito, sub-base ou base, barreira de vapor, placa de concreto e revestimento, esse último sendo opcional. A falha de um desses componentes estruturais não é necessariamente compensada por outro; por exemplo, caso haja falha na compactação do subleito, uma placa de concreto bem dimensionada pode romper com cargas mais baixas do que as previstas em projetos devido à falta de suporte e distribuição desuniforme dos esforços.

No Brasil, existia a norma NBR 7583 (ABNT, 1986) que regia a execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico e servia como base para as construções de pisos. No entanto, essa norma foi cancelada sem substituição em 31 de outubro de 2014, deixando uma lacuna quanto às exigências construtivas para esse tipo de construção. A ausência de uma norma específica para orientar esses procedimentos pode representar um ponto negativo significativo. A falta de diretrizes padronizadas pode levar a deficiências na execução, comprometendo a eficácia e a longevidade dos pisos industriais, dada a importância crucial dos procedimentos de projeto para a construção desses pavimentos.

Os pisos industriais, devido ao tipo e intensidade das solicitações, devem ser planejados, projetados e construídos considerando características específicas, como nivelamento, planicidade, acabamento da superfície, resistência ao desgaste e resistência química, a fim de garantir a funcionalidade e durabilidade do pavimento (ANAPRE, 2018). A falta de uma norma específica pode representar um desafio adicional, pois a ausência de orientações claras pode comprometer a qualidade da execução e a

durabilidade dos pisos industriais. A inclusão de referências internacionais, como o trabalho de Guo et al. (2021), que aborda os padrões e práticas recomendadas para pisos industriais, pode ajudar a suprir a lacuna deixada pela ausência da norma.

De acordo com Rodrigues (2016), o mercado de pisos industriais no Brasil em 2011 era de 42 milhões de metros quadrados, sendo que 60% foram executados sem que houvesse projeto ou especificação técnica, enquanto 40% foram com formalização técnica. Considerando a ausência de planejamento e orientação técnica, dá-se a entender que uma parcela significativa desses pisos foi construída sem levar em consideração fatores como capacidade de carga e resistência, condições ambientais e particularidades operacionais. Essa prática frequentemente resulta em manifestações patológicas nos pisos industriais ao longo do tempo. Fissuras, empenamento, desplacamento e desgaste superficial podem surgir devido à falta de orientação técnica, o que pode gerar interrupções nas operações e custos de manutenção não planejados. Portanto, as especificações técnicas e a presença de engenheiro experiente são imprescindíveis para reduzir o surgimento de manifestações patológicas e garantir a construção de pisos industriais duráveis e funcionais (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

As manifestações patológicas em estruturas de concreto são falhas ou deteriorações que ocorrem ao longo do tempo. Essas manifestações podem abranger uma ampla gama de problemas, como fissuras, corrosão de armaduras, degradação de superfície, problemas de aderência e outros defeitos decorrentes de fatores como movimentações do solo, exposição a ambientes agressivos, cargas excessivas, erros de projeto ou execução inadequada. O diagnóstico das manifestações patológicas é essencial para a execução de reparos adequados, com o objetivo de restaurar a integridade estrutural do elemento e prolongar a sua vida útil. Especificamente, as manifestações patológicas que afloram nos pavimentos industriais influenciam na perda de capacidade e funcionalidade da construção, comprometendo a resistência e o uso desse elemento (VIECELI, 2021). Estudos recentes, como o de Rizzo et al. (2023), oferecem novas perspectivas sobre a identificação e manejo das manifestações patológicas em pavimentos de concreto, contribuindo para técnicas de diagnóstico mais precisas e eficazes.

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar os fundamentos dos pisos industriais de concreto e identificar as manifestações patológicas que surgem nesses pavimentos. O estudo inclui uma análise detalhada dos pisos em armazéns de estocagem de fardos de celulose situados no Porto do Rio Grande, na cidade de Rio Grande - RS. A importância desta pesquisa para a Engenharia Diagnóstica e a Patologia das Construções é significativa, pois fornece uma compreensão aprofundada das falhas nos pisos industriais, essencial para aprimorar as técnicas de diagnóstico e reparo. Os resultados contribuirão para a formulação de melhores práticas e diretrizes, promovendo a eficiência e a segurança operacional das estruturas e ajudando a evitar problemas similares em futuros projetos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. OBJETO DE ESTUDO

Este estudo foca em sete armazéns localizados no Porto de Rio Grande, na cidade de Rio Grande - RS. Os armazéns, identificados como B2, B3 (Figura 1), B4, B6, C4, C5 e C6, são utilizados para estocagem de fardos de celulose (Figura 2). Os armazéns nomeados com a letra “B” possuem dimensões de 40 x 100 metros e pé direito livre de 7 metros, enquanto os nomeados com a letra “C” têm dimensões de 30 x 100 metros e pé direito livre de 7 metros.

**FIGURA 1**: Armazém B3.
**FONTE**: Autores (2023).

**FIGURA 2:** Estocagem de fardos de celulose dentro do armazém.
**FONTE**: Autores (2023).

Os armazéns foram construídos com pisos de concreto projetados para suportar cargas estáticas de 6,5 tf/m² e cargas dinâmicas de 15 tf. A estrutura dos pisos é composta por uma sub-base compactada de brita graduada simples com espessura de 10 centímetros, uma camada de barreira de vapor de polietileno e uma placa de concreto de fck 40 MPa reforçada com fibras sintéticas, com espessura mínima de 18 centímetros.

A movimentação de cargas é realizada com empilhadeiras e caminhões, com uma mudança significativa na carga dinâmica ocorrida em 2021, quando a frota de empilhadeiras foi substituída por modelos de maior capacidade.

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste estudo segue o método de diagnóstico proposto por Lichtenstein (1986), dividido em três etapas:

1. **Levantamento de Subsídios**: Coleta e organização das informações necessárias para compreender o caso, incluindo vistorias, levantamento histórico e análises complementares. Esta etapa incluiu inspeção visual dos armazéns, levantamento fotográfico e mapeamento das manifestações patológicas.
2. **Diagnóstico da Situação**: Análise dos dados coletados para identificar fenômenos patológicos e suas causas. Incluiu ensaio de esclerometria para avaliar a dureza superficial do concreto, e extração de testemunhos de concreto para ensaio de compressão axial.
3. **Definição de Conduta**: Prescrição das terapias necessárias para resolver os problemas identificados, considerando as alternativas de intervenção e previsão das consequências para o desempenho final.

**No Levantamento de Subsídios** Foi realizada uma vistoria visual inicial em cada armazém para identificar e mapear as manifestações patológicas. As informações foram registradas fotográfica e numericamente, e o mapeamento foi feito sem o uso de software.

**No Diagnóstico da Situação:** A interpretação dos dados incluiu a análise dos resultados da inspeção e dos ensaios realizados. Foram utilizados os ensaios de esclerometria, conforme a NBR 7584 (ABNT, 2012), e extração de testemunhos de concreto (Figura 3), seguindo a NBR 7860-1 (ABNT, 2015). A resistência do concreto foi analisada por meio de ensaio de compressão axial (Figura 4).

**FIGURA 3:** Testemunho de concreto.
**FONTE**: Autores (2023).

**FIGURA 4**: Testemunho de concreto.
**FONTE**: Autores (2023).

**Na Definição de Conduta:** Com base no diagnóstico, foram listadas alternativas para a evolução das manifestações patológicas e as terapias necessárias para a reestruturação dos pisos.

Foi realizada uma inspeção visual e o mapeamento das manifestações patológicas sem o uso de software específico. As extrações de testemunhos foram realizadas em pontos estratégicos dos armazéns, utilizando extratora com cálice e coroa diamantada. Após a extração, os testemunhos foram retificados e caracterizados para cálculo da massa específica do concreto. O ensaio esclerométrico foi realizado em áreas livres de manifestações patológicas aparentes para avaliar a dureza superficial dos pisos de concreto.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Armazém B2

O mapeamento das manifestações patológicas dos pisos de concreto foi realizado a partir de inspeção visual no local, onde foram mapeadas as juntas dos pisos e as regiões onde houve a identificação de uma ou mais manifestações patológicas. Cada região de manifestação patológica foi registrada fotograficamente e está representada numericamente nos mapas de cada armazém, conforme pode ser verificado na Figura 5 no armazém B2.

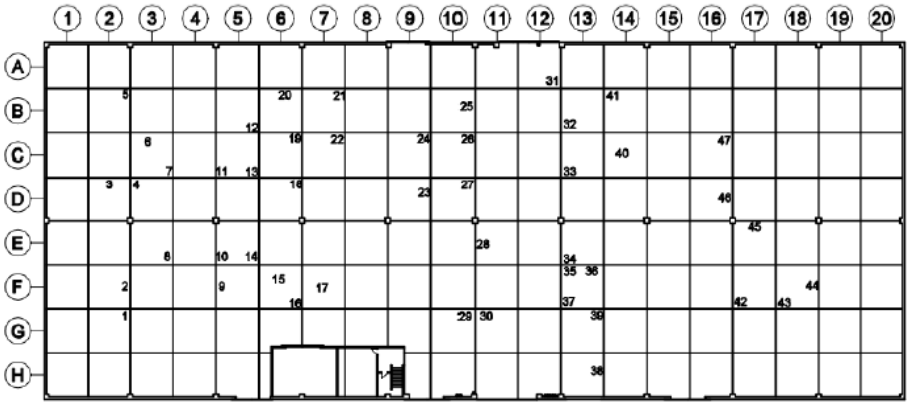

**FIGURA 5**: Mapeamento de manifestações patológicas no armazém B2.
**FONTE**: Autores (2023).

A partir da inspeção visual e mapeamento das manifestações patológicas nos pavimentos de concreto estudados, foi possível identificar os tipos de patologias presentes nas estruturas. No armazém B2, foram identificados cinco tipos de manifestações patológicas: abrasão, delaminação, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração. As regiões em que as manifestações patológicas foram verificadas estão descritas abaixo:

- Abrasão: 2, 6, 8, 11, 12, 13, 21, 23, 47 (Figura 6);

**FIGURA 6** - Abrasão - região 47.
**FONTE**: Autores (2023).

- Delaminação: 24, 29, 31 (Figura 7), 38, 39, 44;

**FIGURA 7** - Delaminação - região 31.
**FONTE**: Autores (2023).

- Empenamento: 1,4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 21 (Figura 8), 22, 23, 25, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 41, 42, 43 e 47;

**FIGURA 8** - Empenamento - região 34.
**FONTE**: Autores (2023).

- Esborcinamento: 1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 22 (Figura 9), 23, 25, 28, 30, 37, 38, 39, 40, 44, 45;

**FIGURA 9** - Esborcinamento - região 26.
**FONTE**: Autores (2023).

- Fissuras de retração: 2, 3, 6, 7, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 36, 39, 40 (Figura 10), 45, 46.

**FIGURA 10** - Fissura por retração - região 40.
**FONTE**: Autores (2023).

A frequência da ocorrência das manifestações patológicas identificadas no pavimento do armazém B2 está indicada na Figura 11, destacando-se a maior incidência de empenamento e esborcinamento, com 32,18% e 29,89%, respectivamente.

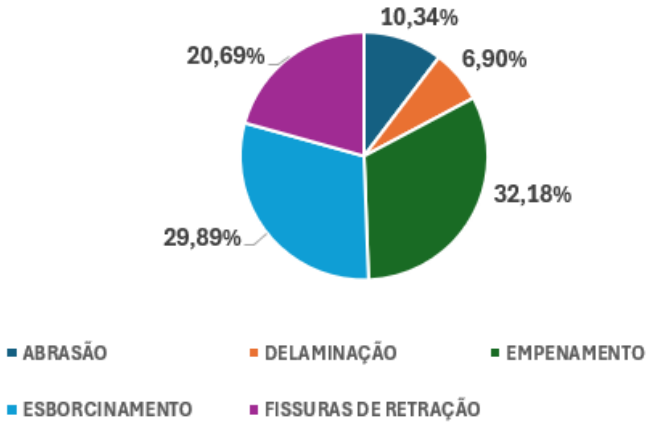


**FIGURA 11** - Frequência das manifestações patológicas no armazém B2.
**FONTE:** Autores (2023).

## Armazém B3

No armazém B3 (Figura 11), foram identificados quatro tipos de manifestações patológicas: abrasão, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração.

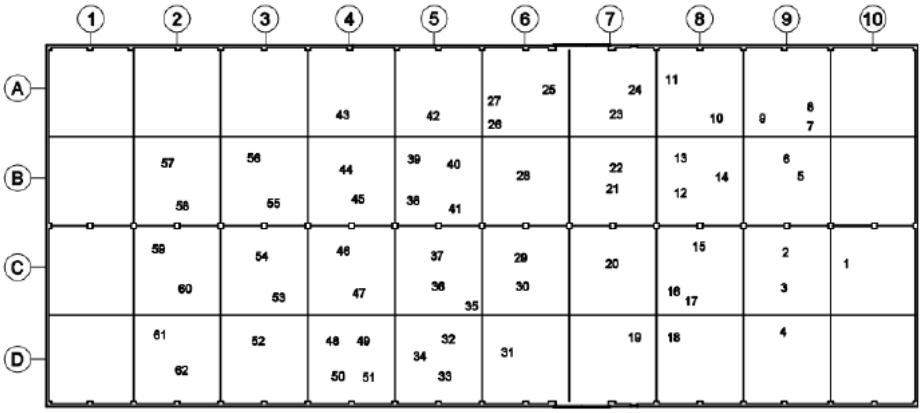


**FIGURA 11:** Mapeamento de manifestações patológicas no armazém B3.
**FONTE**: Autores (2023).

As regiões afetadas são:

- Abrasão: 9, 13, 14, 23, 24, 25, 28, 30, 37, 38, 39, 40 (Figura 12), 49, 52, 54;

**FIGURA 12:** Abrasão - região 40.
**FONTE:** Autores (2023).

- Empenamento: 35 (Figura 13);

**FIGURA 13:** Empenamento - região 35.
**FONTE:** Autores (2023).

- Esborcinamento: 4, 6, 7, 8, 26, 27 (Figura 14), 43, 61;

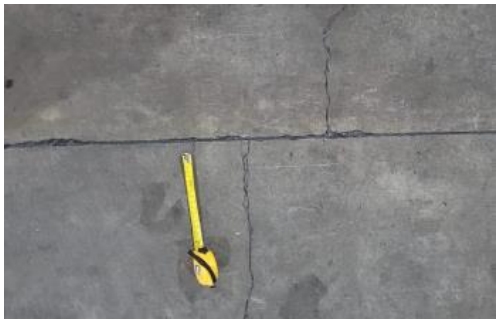

**FIGURA 14:** Esborcinamento - região 4.
**FONTE:** Autores (2023).

- Fissuras de retração: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 (Figura 15), 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61.

**FIGURA 15:** Fissura por retração - região 27.
**FONTE:** Autores (2023).

A frequência das manifestações patológicas no armazém B3 está indicada na Figura 16, com a maior incidência de fissuras de retração, representando 71,43% das manifestações verificadas.

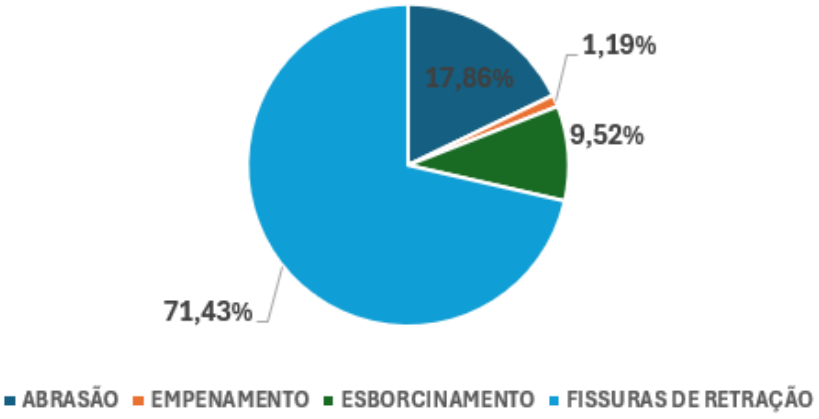


**FIGURA 16** - Frequência das manifestações patológicas no armazém B3.
**FONTE**: Autores (2023).

## Armazém B4

No armazém B4 (Figura 17), foram identificados quatro tipos de manifestações patológicas: abrasão, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração.

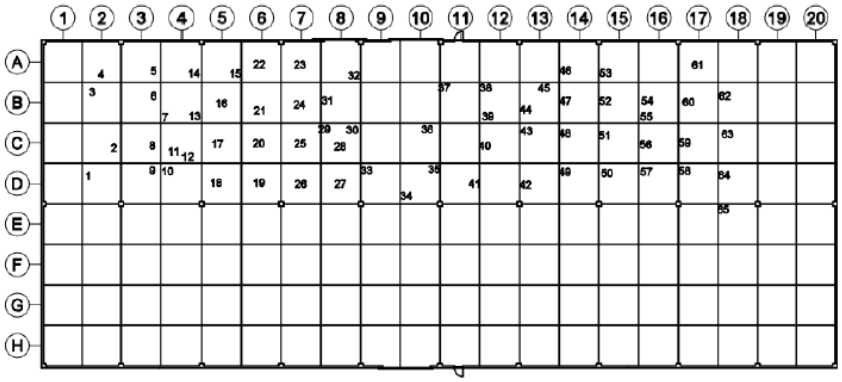


**FIGURA 17:** Mapeamento de manifestações patológicas no armazém B4
**FONTE**: Autores (2023)

As regiões afetadas são:

- Abrasão: 15, 16, 18, 19, 22, 26, 27, 34, 39, 57, 58 (Figura 18), 63, 64;

**FIGURA 18**: Abrasão - região 58.
**FONTE**: Autores (2023).

- Empenamento: 7, 30, 32, 33, 35 (Figura 19), 36;

**FIGURA 19:** Empenamento - região 35.
**FONTE**: Autores (2023).

- Esborcinamento: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 36, 37, 38 (Figura 20), 41, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65;

**FIGURA 20:** Esborcinamento - região 38.
**FONTE**: Autores (2023).

- Fissuras de retração: 1, 2, 3 (Figura 21), 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64.

**FIGURA 21:** Fissura por retração - região 3.
**FONTE**: Autores (2023).

A frequência das manifestações patológicas no armazém B4 está indicada na Figura 22, destacando-se as fissuras de retração (44,26%) e esborcinamento (40,16%).

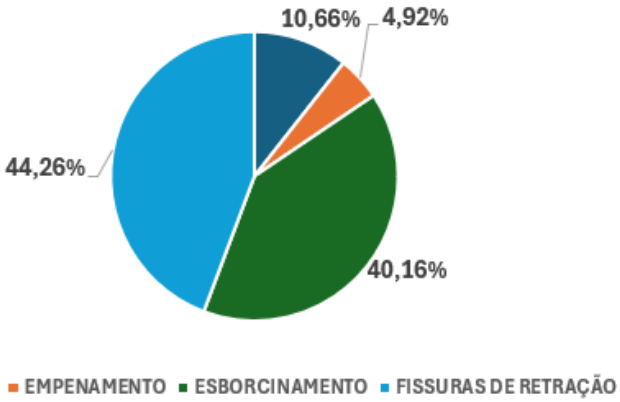


**FIGURA 22:** Frequência das manifestações patológicas no armazém B4.
**FONTE:** Autores (2023).

## Armazém B6

No armazém B6 (Figura 23), foram identificados quatro tipos de manifestações patológicas: abrasão, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração.

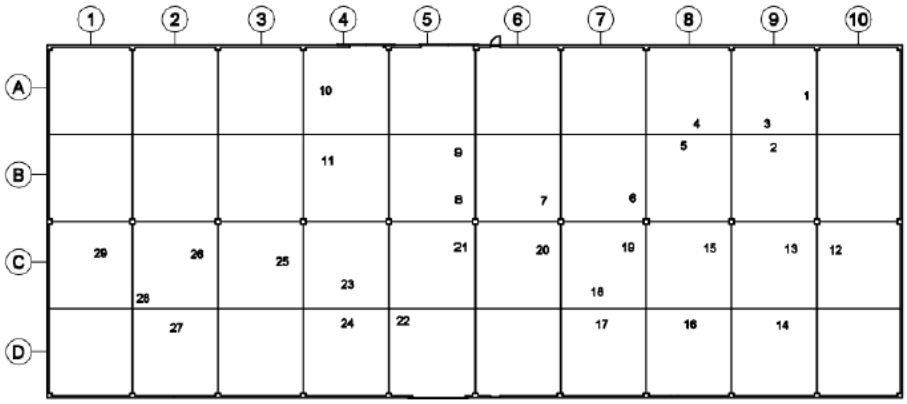


**FIGURA 23:** Mapeamento de manifestações patológicas no armazém B6.
**FONTE**: Autores (2023).

As regiões afetadas são:

- Abrasão: 1 (Figura 24), 13, 14, 15, 21;

**FIGURA 24**: Abrasão - região 1.
**FONTE:** Autores (2023).

- Empenamento: 22 (Figura 25);

**FIGURA 25:** Empenamento - região 22.
**FONTE:** Autores (2023).

- Esborcinamento: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 (Figura 26), 14, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29;

**FIGURA 26:** Esborcinamento - região 8.
**FONTE:** Autores (2023).

- Fissuras de retração: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 (Figura 27), 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29.

**FIGURA 27:** Fissura por retração - região 20.
**FONTE:** Autores (2023).

Cada um dos tipos de manifestação patológica identificados no armazém B3 e sua região podem ser verificados nas figuras 35 a 38.

A frequência da ocorrência das manifestações patológicas identificadas no pavimento do armazém B6 está indicada na Figura 28, destacando-se a maior incidência das fissuras de retração e esborcinamento, com 48,21% e 33,93%, respectivamente.

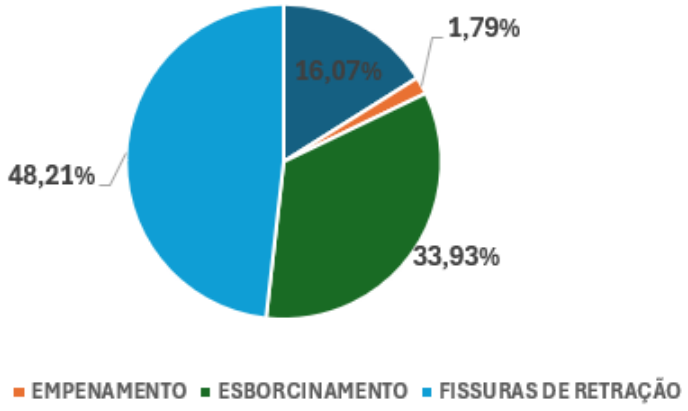


**FIGURA 28:** Frequência das manifestações patológicas no armazém B6.
**FONTE**: Autores (2023).

## Armazém C4

No armazém C4 (Figura 29), foram identificados quatro tipos de manifestações patológicas: abrasão, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração.

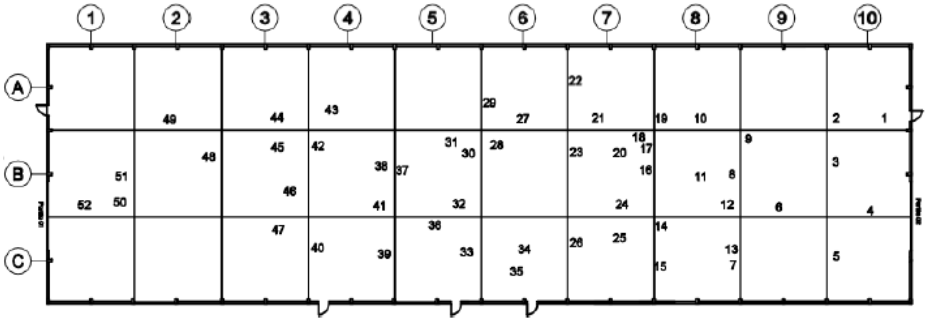


**FIGURA 29**: Mapeamento de manifestações patológicas no armazém C4.
**FONTE**: Autores (2023).

As regiões afetadas são:

- Abrasão: 1, 2, 35 (Figura 30), 36, 51, 52, 53;

**Figura 30**: Abrasão - região 35.
**FONTE**: Autores (2023).

- Empenamento: 20, 33 (Figura 31);

**Figura 31**: Empenamento - região 33.
**FONTE**: Autores (2023).

- Esborcinamento: 1, 2, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 40 (Figura 32), 41, 42, 49;

**Figura 32**: Esborcinamento - região 40.
**FONTE**: Autores (2023).

- Fissuras de retração: 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43 (Figura 33), 44, 45, 46, 47, 48, 50, 53.

**Figura 33**: Fissura por retração - região 48.
**FONTE**: Autores (2023).

A frequência da ocorrência das manifestações patológicas identificadas no pavimento do armazém C4 está indicada na Figura 34, destacando-se a maior incidência das fissuras de retração representando 53,33% das manifestações.

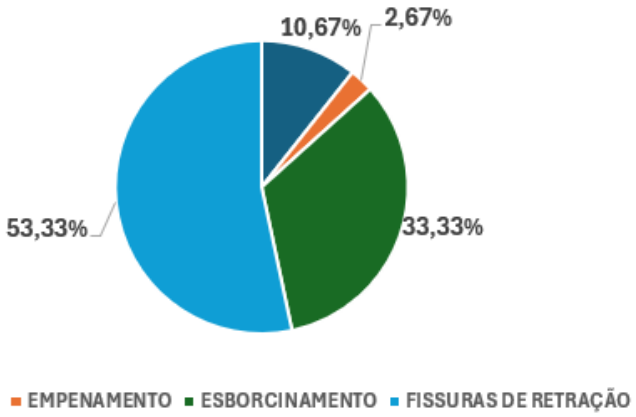


**Figura 34**: Frequência das manifestações patológicas no armazém C4.
**FONTE**: Autores (2023).

## Armazém C5

No armazém C5 (Figura 35), foram identificados dois tipos de manifestações patológicas: esborcinamento e fissuras de retração.

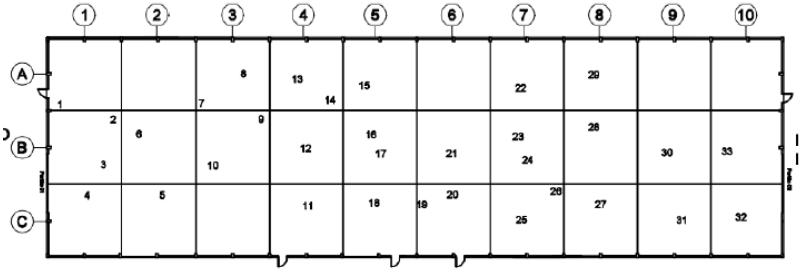


**FIGURA 35**: Mapeamento de manifestações patológicas no armazém C5
**FONTE**: Autores (2023)

As regiões afetadas são:

- Esborcinamento: 1, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 17, 19 (Figura 36), 22, 25, 26, 32;

**FIGURA 36:** Esborcinamento - região 19
**FONTE**: Autores (2023)

- Fissuras de retração: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 (Figura 37), 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33.

**FIGURA 37**: Fissura por retração - região 11
**FONTE**: Autores (2023)

A frequência da ocorrência das manifestações patológicas identificadas no pavimento do armazém C5 está indicada na figura 38, onde as manifestações de fissuras de retração representam 68,29%, enquanto as manifestações de esborcinamento representam 31,71%.

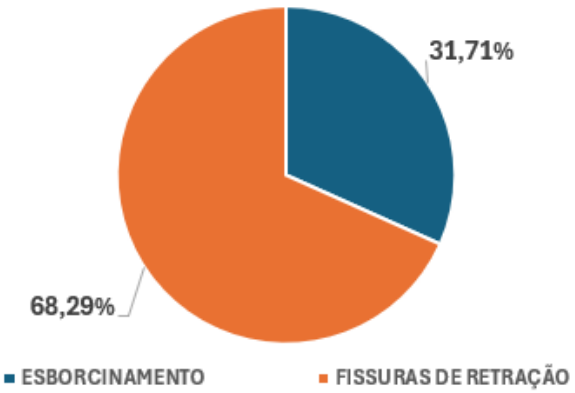


**FIGURA 38**: Frequência das manifestações patológicas no armazém C5
**FONTE**: Autores (2023)

## Armazém C6

No armazém C6 (Figura 39), foram identificados quatro tipos de manifestações patológicas: abrasão, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração.

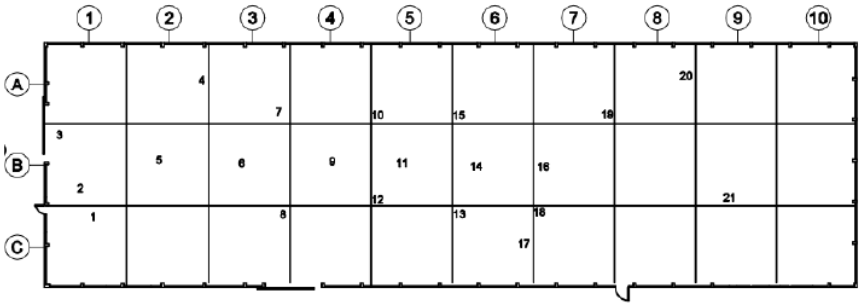


**FIGURA 39**:- Mapeamento de manifestações patológicas no armazém C6.
**FONTE**: Autores (2023).

As regiões afetadas são:

- Abrasão: 2 (Figura 40), 3;

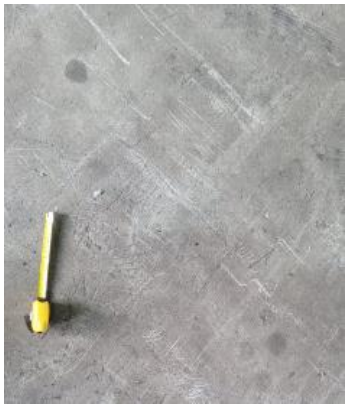

**FIGURA 40** - Abrasão - região 2.
**FONTE**: Autores (2023).

- Empenamento: 7, 8, 10 (Figura 41), 12, 18, 19;

**FIGURA 41** - Empenamento - região 10.
**FONTE**: Autores (2023).

- Esborcinamento: 1, 4, 8, 17 (Figura 42), 20;

**FIGURA 42** - Esborcinamento - região 17.
**FONTE**: Autores (2023).

- Fissuras de retração: 1, 5, 6, 9 (Figura 43), 11, 13, 14, 15, 16, 19, 21.

**FIGURA 43** - Fissura por retração - região 9.
**FONTE**: Autores (2023).

A frequência da ocorrência das manifestações patológicas identificadas no pavimento do armazém C6 está indicada na figura 44, destacando-se a maior incidência das fissuras de retração representando 45,83% das manifestações verificadas.

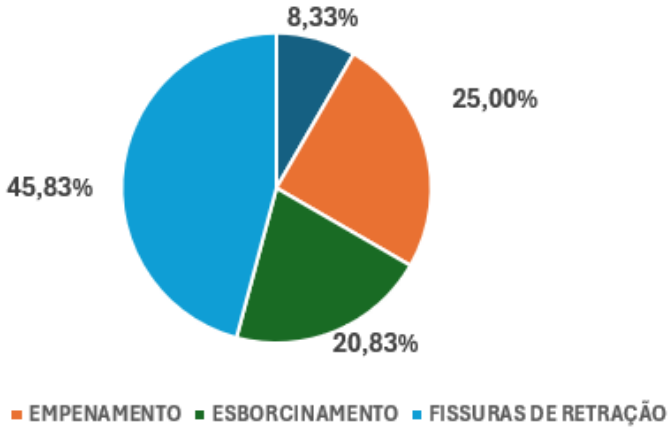


**FIGURA 44:** Frequência das manifestações patológicas no armazém C6.
**FONTE:** Autores (2023).

Seguindo a metodologia estabelecida pela norma NBR 5739 (ABNT,2018), foi possível determinar a resistência à compressão dos testemunhos de concreto coletados dos pavimentos dos armazéns, conforme apresentado na Tabela 1.

**TABELA 1 - Resultados do ensaio à compressão axial do testemunho.**

| CCP | d (mm) | h (mm) | h/d | m (kg) | v (m³) | m.esp (kg/m³) | F (tf) | F (N) | k | Fc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **BB3-A** | 95,09 | 184 | 1,94 | 2,94 | 0,001 | 2.253,38 | 34 | 33.424,4 | 0,9948 | 46,70 |
| **BB3-B** | 94,93 | 181 | 1,91 | 2,86 | 0,001 | 2.228,83 | 32,52 | 220.844,6 | 0,9925 | 30,97 |
| **CC4-A** | 94,78 | 175 | 1,85 | 2,76 | 0,001 | 2.233,74 | 34,48 | 338.131,6 | 0,9877 | 47,34 |
| **CC5-A** | 94,52 | 174 | 1,84 | 2,62 | 0,001 | 2.149,20 | 15,14 | 147.099,0 | 0,9873 | 20,70 |
| **CC5-B** | 91,76 | 179 | 1,95 | 2,68 | 0,001 | 2.267,42 | 23,29 | 228.395,7 | 0,9961 | 34,40 |
| **CC6-A** | 94,54 | 184 | 1,95 | 2,90 | 0,001 | 2.246 | 25,79 | 252.912,2 | 0,9957 | 35,87 |
| **CC6-B** | 94,57 | 172 | 1,82 | 2,72 | 0,001 | 2.250,53 | 31,44 | 308.319,5 | 0,9855 | 43,26 |

**FONTE**: Autores (2023).

Nos pavimentos de concreto de cada armazém foram realizados 16 impactos com o esclerômetro, conforme a metodologia descrita pela norma. O índice esclerométrico efetivo (IEa) de cada área de ensaio é apresentado na Tabela 2.

**TABELA 2 - IEa de cada armazém.**

| Local | IEa |
|---|---|
| **Armazém B2** | 47,85 |
| **Armazém B3** | 45,83 |
| **Armazém B4** | 46,53 |
| **Armazém B6** | 39,60 |
| **Armazém C4** | 46,25 |
| **Armazém C5** | 41,73 |
| **Armazém C6** | 46,62 |

**FONTE:** Autores (2023).

Nas estruturas dos pavimentos de concreto estudados, foi possível identificar diversos tipos de manifestações patológicas, cujas origens podem estar associadas a uma variedade de fatores. Tais manifestações podem resultar de falhas no projeto, no processo executivo, ou estar diretamente ligadas ao uso inadequado ou não planejado do pavimento. De acordo com Silva (2015), as patologias em pavimentos de concreto podem decorrer de erros tanto no planejamento quanto na execução, e são frequentemente exacerbadas por condições de uso não previstas. Similarmente, o Manual de Patologias das Construções da ABNT (2011) destaca que a compreensão e o diagnóstico adequado das patologias são essenciais para a implementação de soluções corretivas eficazes, que visam mitigar os impactos das falhas estruturais e prolongar a vida útil das construções.

O diagnóstico adequado e a implementação de manutenção preventiva e corretiva são essenciais para mitigar as manifestações patológicas em pavimentos de concreto, prolongar sua vida útil e garantir a segurança das operações. Segundo Costa e Ferreira (2017), um diagnóstico preciso é fundamental para identificar as causas subjacentes das patologias e para desenvolver estratégias de manutenção eficazes. O Manual de Patologias das Construções da ABNT (2011) ressalta que práticas de manutenção preventiva e corretiva bem planejadas não apenas aumentam a durabilidade dos pavimentos, mas também asseguram a integridade estrutural e a segurança durante a operação. Portanto, a adoção de medidas adequadas de manutenção é crucial para a longevidade e a funcionalidade dos pavimentos de concreto.

As fissuras em pavimentos de concreto podem surgir devido a vários fatores, incluindo a retração do concreto, variações térmicas e carregamentos, podendo ser classificadas como estruturais ou de retração. Segundo Mehta e Monteiro (2014), as fissuras de retração por secagem são frequentemente causadas pela rápida evaporação da água durante o processo de cura do concreto. O estudo de Trezza

(2010) confirma que a evaporação excessiva pode resultar em fissuras superficiais que comprometem a integridade do pavimento, enquanto fatores como variações térmicas e carregamentos podem contribuir para fissuras estruturais, que exigem abordagens específicas para sua mitigação.

As fissuras de retração observadas nos pavimentos podem ser causadas por diversos fatores, incluindo a utilização de um concreto com características de elevada retração, quantidade e posicionamento inadequado das juntas, armaduras insuficientes, atraso no corte das juntas e processo de cura deficiente. De acordo com Silva (2016), o uso de concreto com alta retração pode aumentar a propensão a fissuras, enquanto Carvalho e Santos (2018) destacam que o posicionamento incorreto das juntas e a armadura inadequada são fatores críticos na formação de fissuras. Além disso, o atraso no corte das juntas e a cura deficiente são frequentemente citados como causas de fissuras de retração por secagem (LIMA et al., 2017).

A delaminação pode resultar da falta de aderência entre as camadas do concreto e pode ser ocasionada por contaminações durante a execução, erros na mistura dos materiais ou problemas no processo executivo, especialmente na fase de acabamento. Segundo Ribeiro e Souza (2019), a falta de aderência entre as camadas pode ser causada por contaminações como sujeira e umidade, que interferem na aderência do concreto. Além disso, erros na mistura dos materiais, como a proporção inadequada de cimento e agregados, e problemas na fase de acabamento, como o acabamento inadequado da superfície, são frequentemente citados como causas de delaminação (MELO; CASTRO, 2020).

A presença de desgaste por abrasão nos pavimentos estudados pode estar diretamente ligada ao alto tráfego imposto à estrutura. Esta manifestação está relacionada à qualidade e características dos materiais do concreto, ao traço utilizado e à resistência aos esforços causados pelo tráfego de veículos. Segundo Silva e Mendes (2018), a abrasão pode ser acentuada pelo aumento do tráfego e pela inadequada resistência dos materiais do concreto. De acordo com Pereira e Lima(2021), a exposição do pavimento a essas condições pode resultar na perda gradual da superfície do pavimento, comprometendo sua eficácia e durabilidade, como identificado em alguns dos pavimentos estudados.

O esborcinamento identificado nas estruturas pode ser causado pelo impacto das rodas dos veículos ou pelo esmagamento de materiais incompressíveis no interior das juntas. Além disso, a ausência ou perda de selantes nas juntas dos pavimentos pode contribuir para essa manifestação. De acordo com Oliveira et al. (2019), o impacto repetitivo das rodas e a presença de materiais incompressíveis podem levar ao esborcinamento e à degradação das juntas. A falta de selantes adequados também pode comprometer a integridade das juntas, permitindo a entrada de água e outros agentes agressivos, como discutido por Santos e Almeida (2022).

O empenamento identificado em alguns dos pavimentos de concreto reforçado com fibras pode ser originado por variações volumétricas durante o processo de cura. Segundo Silva et al. (2021), o empenamento pode ocorrer devido a diferentes taxas de secagem e expansão do concreto, especialmente quando há adição de fibras que podem alterar as propriedades volumétricas do material. No trabalho de Costa e Pereira (2023) discutem que a cura inadequada, que pode levar a variações térmicas e de umidade, também é um fator contribuinte para esse tipo de patologia

As condições térmicas e higrométricas divergentes podem resultar em gradientes de expansão e contração, levando a deformações na superfície do concreto. De acordo com Andrade et al. (2022), essas variações podem causar tensões internas no concreto, resultando em fissuras e deformações superficiais. Estudos como de Gomes e Martins (2021) mostram que a diferença entre a temperatura e a umidade ao longo da superfície do concreto pode provocar esses efeitos, comprometendo a integridade estrutural e a durabilidade dos pavimentos

Com base nas manifestações patológicas identificadas nos pavimentos industriais examinados, foram definidas propostas de terapias específicas para cada uma delas, levando em consideração as atuais condições dos pisos, apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Manutenção preventiva e corretiva para patologias**

| Manifestação patológica | Manutenção preventiva | Manutenção corretiva |
|---|---|---|
| **Fissuras de retração** | Emprego de armaduras de combate à retração/empenamento na face superior do piso, geralmente com o uso de telas eletro soldadas de aço CA-60, utilização de concreto de retração compensada. | Avaliação e controle da fissura (ativa/passiva), execução de costura na placa de concreto. |
| **Esborcinamento** | Tratamento da junta com materiais flexíveis ou de dureza elevada, dependendo da condição temporal, curto ou longo prazo, respectivamente. | Implementar a execução de lábio polimérico ou refazer completamente a junta. |
| **Desgaste a abrasão** | Controle da dosagem do concreto empregado, visto que a resistência à abrasão é proporcional à resistência de compressão. | Dependendo do grau de desgaste, podem ser utilizadas resinas epóxi de alto desempenho até a demolição e execução de nova placa de concreto. |
| **Delaminação** | Controle do processo executivo de acabamento do piso. | Utilização de resina epóxi para reconstruir a camada delaminada da placa de concreto. |
| **Empanamento** | Emprego de armaduras de combate à retração/empenamento na face superior do piso, geralmente com o uso de telas eletro soldadas de aço CA-60. | Geralmente o tratamento mais eficaz consiste na demolição da placa e reconstrução com placa redimensionada para as solicitações. |

**FONTE**: Autores (2023)

Após a análise das patologias identificadas e das respectivas manutenções preventiva e corretiva, é fundamental considerar as seguintes práticas para garantir a durabilidade e a integridade dos pavimentos de concreto:

Para fissuras de retração, recomenda-se a implementação de armaduras adequadas na face superior do piso, como telas eletrosoldadas de aço CA-60 e o uso de concreto com retração compensada. Quando essas fissuras já estão presentes, é necessário avaliar a sua atividade e, se necessário, realizar a costura na placa de concreto.

O esborcinamento pode ser prevenido através do tratamento das juntas com materiais flexíveis ou de dureza elevada, conforme a condição temporal. Caso ocorra, a correção pode envolver a aplicação de lábios poliméricos ou a reconstrução completa da junta.

Para o desgaste por abrasão, o controle da dosagem do concreto é crucial, pois a resistência à abrasão está diretamente relacionada à resistência à compressão. Se o desgaste já for significativo, pode-se aplicar resinas epóxi de alto desempenho ou optar pela demolição e execução de uma nova placa de concreto.

No caso de delaminação, é importante controlar o processo de acabamento do piso. Se a delaminação já ocorreu, o uso de resinas epóxi pode ser necessário para reconstruir a camada afetada da placa. Finalmente, para o empanamento, a prevenção envolve o uso de armaduras específicas, enquanto o tratamento mais eficaz para placas já empenadas é a sua demolição e reconstrução, ajustando as dimensões da placa para suportar as solicitações adequadas.

Essas práticas visam manter a funcionalidade e a segurança dos pavimentos de concreto, garantindo a eficácia das soluções de manutenção aplicadas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre manifestações patológicas em pavimentos industriais é crucial para entender a durabilidade e o desempenho dessas estruturas. Este estudo visou identificar e analisar as principais patologias encontradas em pisos de concreto e desenvolver estratégias para seu tratamento. Os resultados obtidos foram essenciais para alcançar esses objetivos.

Durante a investigação, foram identificadas cinco principais manifestações patológicas nos pisos de concreto estudados: desgaste por abrasão, delaminação, empenamento, esborcinamento e fissuras de retração. Dentre elas, fissuras de retração (48,67%) e esborcinamento (29,65%) foram as mais prevalentes. A alta frequência de fissuras de retração indica deficiências no processo de execução, enquanto o esborcinamento aponta para falhas no tratamento das juntas ou nas especificações do projeto.

Os ensaios de ruptura revelaram uma ampla variação na resistência à compressão axial do concreto, com valores que variaram de 20,70 MPa a 47,34 MPa, refletindo a heterogeneidade dos resultados. Por outro lado, os índices esclerométricos médios mostraram uma variação mais uniforme, de 39,60 a 47,85, embora esses resultados de esclerometria, sendo não destrutivos, devam ser interpretados com cautela.

O estudo destacou dificuldades no programa metodológico, como a variação significativa nos resultados de resistência à compressão, que pode ser atribuída a inconsistências no processo de amostragem ou nas condições dos testes. Além disso, a interpretação dos dados de esclerometria pode ser influenciada por fatores externos não considerados nos ensaios.

Para futuros estudos, recomenda-se a realização de investigações mais aprofundadas sobre as causas subjacentes das patologias identificadas, bem como a exploração de métodos de ensaio adicionais que possam oferecer uma avaliação mais precisa das condições dos pavimentos. Além disso, seria útil desenvolver e testar novas abordagens para a manutenção e reabilitação de pisos de concreto, com o objetivo de minimizar a ocorrência de patologias e melhorar a durabilidade das estruturas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.; SILVA, J.; MORAIS, T. Estudos Recentes sobre Pavimentos Industriais. **Boletim de Engenharia**, v. 17, p. 110-124, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7583. Execução de Pavimentos de Concreto Simples por Meio Mecânico**. Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 7584. Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. N**BR 7860-1. Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1**: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

CARVALHO, E.; SANTOS, M. Desempenho e Manutenção de Pavimentos de Concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 25, p. 34-47, 2018.

COSTA, R.; FERREIRA, A. **Manual de Patologias das Construções**. São Paulo: Editora ABNT, 2017.

COSTA, R.; PEREIRA, F. Aspectos da Manutenção de Pavimentos. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 28, p. 83-95, 2023.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos industriais de concreto: aspectos teóricos e executivos**. Editora Regenzza. São Paulo, 2007.

DE GUO, Q.; LI, H.; LI, W. Estudo sobre Patologias em Pavimentos de Concreto. **Journal of Concrete Research**, v. 15, p. 201-215, 2021.

GOMES, P.; MARTINS, F**. Impactos e Manutenção de Pavimentos**. São Paulo: Editora Engenharia, 2021.

HOVAGHIMIAN, L.; RODRIGUES, P. O sistema Pavimento Industrial. **Revista Concreto e Construções**, IBRACON, Ano XLIII, jan-mar 2016.

KHEDHER, N.B.; BOUAZZA, A.; GHEZZAZ, K. Análise da Performance de Pavimentos Industriais. **Engenharia de Materiais**, v. 35, p. 27-39, 2022.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das construções. **Boletim técnico**, v. 6, São Paulo, USP, 1986.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 4. ed. São Paulo: Editora IBRACON, 2014.

MELO, F.; CASTRO, J**. Manutenção Preventiva e Corretiva em Pavimentos**. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

PEREIRA, G.; LIMA, T. Patologia e Reparo de Pavimentos de Concreto. **Engenharia e Tecnologia**, v. 20, p. 65-78, 2021.

RIBEIRO, J.; SOUZA, C. Estudo sobre Fissuras em Pavimentos Industriais. **Boletim Técnico de Construção**, v. 14, p. 90-102, 2019.

RIZZO, F.; CASTRO, J.; PAIVA, T. Mapeamento de Patologias em Pavimentos. **Revista de Engenharia de Construção**, v. 18, p. 75-85, 2023.

RODRIGUES, P. P. F. Pisos industriais: evolução e novas alternativas. **Revista Concreto e Construções**, IBRACON, Ano XLIII, jan-mar 2016.

SANTOS, L.; ALMEIDA, R. Análise de Manutenção de Pavimentos Industriais. **Engenharia Civil**, v. 29, p. 78-91, 2022.

SILVA, M.; MENDES, A. Desempenho de Pisos Cimentícios. **Revista Brasileira de Construção**, v. 32, p. 45-59, 2018.

SILVA, R.; MENDES, A. Avaliação de Patologias em Pavimentos. **Revista de Construção Civil**, v. 26, p. 100-112, 2021.

TREZZA, C. **Estudos sobre Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Editora Técnica, 2010.

THOMAZ, E. Desempenho de pisos cimentícios. Artigo. **Revista Concreto e Construções**, IBRACON, Ano XLVI, abr-jun 2018.

VIECELI, F. A. **Novas Abordagens para Pisos Industriais**. São Paulo: Editora Técnica, 2021.

ZHANG, J.; XIAO, J.; WANG, L. Durabilidade de Pavimentos de Concreto**. Revista de Engenharia Civil**, v. 12, p. 89-102, 2022.