



ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM ESTRUTURAS UTILIZADAS PARA CONFINAMENTO BOVINO

GRIZA, Pedro Luiz Altheia ¹

RACHID, Ligia Eleodora Francovig²

RESUMO: Os estudos das manifestações patológicas em estruturas é de fundamental importância para se desenvolver métodos de reparo e prevenir que essas manifestações patológicas venham a ocorrer em novas estruturas. Este artigo tem como objetivo analisar as manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto para confinamento de animais bovinos. Como metodologia, foram empregados métodos quantitativos e qualitativos, para levantar qual a manifestação com maior frequência e identificar qual é a mais nociva para a estrutura. Após visitas nas propriedades rurais com esse tipo de edificação, verificou-se as patologias que ocorrem com maior frequência são as fissuras, trincas e rachaduras que somadas apresentam 52% do total de manifestações encontradas. Além disso, constatou-se uma manifestação patológica presente nas estruturas foi o deslocamento do concreto decorrente de corrosão causada por ácido sulfúrico biogênico, o ácido nesse ambiente provém da urina e das fezes dos animais reagindo com sulfatos, e geram o desgaste acelerado do recobrimento de concreto que protege a armadura, com a despassivação da proteção da armadura se inicia o processo de corrosão do aço. Através dos resultados obtidos ao vistoriar as estruturas pode-se observar que 34% das manifestações encontradas são causadas pela corrosão que o ácido gera, obtendo um nível de prioridade de 15 pontos de acordo com a matriz GUT. Com base nas bibliografias pesquisadas, foi possível propor alternativas, que previnem ou diminuem a degradação do concreto. As alternativas propostas foram, a substituição de cimento comum, por um com aditivo de pozolana e a aplicação de impermeabilizante não cimentícios nos pilares em contato com os sulfatos e excrementos de animais.

Palavras-chave: Corrosão. Estrutura de concreto. Confinamento de bovinos. Ataque por sulfatos.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo visou analisar as manifestações patológicas encontradas em estruturas utilizadas para confinamento de animais bovinos, pois essas construções com pouco tempo de utilização já começam a apresentar muitos sinais de corrosão e desgaste. Os registros foram feitos de forma visual *in loco* com auxílio de quadros elaborados pelo Autor e com alguns equipamentos como câmera fotográfica e uma trena, após os registros feitos foram feitas as

¹ Acadêmico do 8º Período de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: pegriza@hotmail.com

² Docente, Doutora e Engenheira Civil, Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: ligia@fag.edu.br

análises das manifestações, e como resultado foi elaborado um gráfico que apresenta as porcentagens das manifestações encontradas, e foi apresentado soluções de reparo para a manifestação com maior nível de prioridade de acordo com a escala GUT.

Cánovas (1988), define patologia como a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Em algumas situações, pode-se diagnosticar as falhas apenas com uma inspeção visual, porém, em outros casos, é necessário verificar projetos, investigar a carga a que foi submetida a estrutura, analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra, além de constatar como as anomalias reagem diante de determinados estímulos ou ensaios. Assim, torna-se possível a identificação da causa desses problemas, corrigindo-os para que não se manifestem novamente.

A Engenharia Civil é uma área de conhecimento em constante e rápida evolução. Esse fator engloba os materiais e as técnicas construtivas empregadas na construção civil. Embora surjam metodologias e técnicas novas na área, ainda há sérias limitações de conhecimento, as quais, aliadas a falhas de construção, evoluirão para deteriorações na estrutura, causando desempenho insatisfatório (THOMAZ, 1989).

Descobrir a origem das patologias é de fundamental importância nos processos construtivos, pois com esses conhecimentos é possível, por exemplo, fazer adequações na estrutura de concreto pré-fabricado, que é objeto deste estudo, possibilitando assim a recuperação ou o reforço da estrutura danificada.

Atualmente, utiliza-se o pré-fabricado em diversos tipos de obra, porém nota-se que vem crescendo o seu uso para a construção de estruturas de confinamento bovino no Brasil. Esse modelo de edificação tem servido de abrigo para os animais, porque os mantém em ambiente com clima controlado, o que aumenta o conforto e, conseqüentemente, a produtividade.

Com essas informações apresentadas, o trabalho realizado justifica-se pelo fato de as estruturas de concreto para confinamento de animais bovinos ser muito pouco estudada e pesquisada. Para tanto, é necessário desenvolver estudos na área para que novas estruturas construídas não sofram com as manifestações patológicas que foram verificadas em várias estruturas pré-fabricadas.

Sendo assim, o problema dessa pesquisa foi: Quais as manifestações patológicas aparentes encontradas em estruturas de concreto para confinamento de animais bovinos, na região rural de Cascavel-PR?

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar as manifestações patológicas em estruturas de concreto para confinamento de bovinos, situadas na região de Cascavel, no estado do Paraná.

Para efetivar o objetivo geral desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Identificar as manifestações patológicas e a frequência que essas manifestações ocorrem nas estruturas para confinamento de bovinos;
- b) Levantar as possíveis causas das manifestações patológicas;
- c) Apontar soluções possíveis para reparos das respectivas manifestações, baseadas nas bibliografias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordadas as manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto armado.

As patologias podem ser classificadas em três tipos de danos:

- Estéticos: não chegam a afetar a estrutura, mas causam uma sensação de insegurança e falta de confiabilidade na estrutura;
- Funcionais: comprometem o funcionamento da obra, desqualificando-a para o objetivo para o qual ela foi feita;
- Estruturais: podem comprometer a estabilidade da obra, causando esforços que não deveriam acontecer, o que pode levar a um colapso.

2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.1.1 Fissuração

As fissuras podem ser consideradas a manifestação patológica mais comum em estruturas de concreto armado. Como existem vários tipos, a deficiência que a mesma causará na estrutura dependerá de sua origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração

existente. Elas surgem, normalmente, pela baixa resistência do concreto à tração, que pode ocorrer por vários motivos (SOUZA e RIPPER, 1998).

Essas patologias podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais. As fissuras têm tendência de aliviar tensões, quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material; quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais e quanto mais frágil o material for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração (CORSINI, 2010).

As normas NBR 9575 (ABNT, 2003) e NBR 15575 (ABNT, 2013) definem fissuras da seguinte maneira:

- Fissura: Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5 mm;
- Microfissura: Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente com espessura inferior a 0,05 mm;
- Trinca: Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente superior a 0,5 mm e inferior a 1 mm;
- Fissura de componente estrutural: seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais.

2.1.2 Lixiviação

A lixiviação degrada o concreto no qual os produtos solúveis formados durante a hidratação do cimento, como o Hidróxido de Cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})^2$), são dissolvidos por água. Essas reações podem vir a formar carbonato de cálcio, que é menos solúvel e que dá origem a manchas esbranquiçadas na superfície do concreto, chamadas de eflorescência (YU; ZHANG e KHENNANE, 2015).

A eflorescência está, usualmente, associada à necessidade de manutenção de fachadas, pois além de aumentar a porosidade da microestrutura e interferir negativamente nas propriedades mecânicas do concreto, ela também afeta a estética do elemento (DOBROVOLSKI, MUNHOZ e MEDEIROS JUNIOR, 2019).

2.1.3 Ataque por sulfatos

Os sais de sulfatos na forma sólida não atingem o concreto. Quando dissolvidos, eles reagem com a pasta de cimento hidratado. Os dois principais meios de ataque por sulfatos são a reação com os produtos de hidratação do aluminato tricálcico não hidratado (C3A) produzindo etringita e a reação com o hidróxido de cálcio produzindo gipsita (NEVILLE, 1997).

De acordo com Costa (2004), no concreto endurecido, a constituição da etringita resultante do ataque de sulfato pode levar à expansão e, como o concreto possui pouca resistência à tração, a peça pode fissurar.

O ataque ácido ao concreto abrange diversos fatores, tais como a presença de alta umidade do ar, gás carbônico e sulfeto de hidrogênio (H_2S), que reduzem o pH do concreto, na presença de bactérias, que utilizam compostos presentes no esgoto para produzir ácido sulfúrico biogênico (SILVA *et al*, 2018).

2.1.4 Ataque do concreto por cloretos

Os íons cloreto têm origens diversas: em aceleradores de pega, intencionalmente ou não, em agregados e água de amassamento contaminados, das salmouras e processos industriais ou da ação de maresia ou névoa de ambiente marinho (CASCUDO, 1997).

A corrosão causada por cloretos é um processo muito rápido, causando em alguns casos 5 mm/ano, em comparação com os 0,05 mm/ano no caso de carbonatação (BASHEER, KROOP e CLELAND, 2001).

2.1.5 Carbonatação do concreto

O aço, quando encontra dentro do concreto um ambiente de alta alcalinidade, fica estável. Esse processo se dá pela formação de uma película, a qual fica estável enquanto o pH está próximo ou superior a 12. Com a carbonatação, o concreto torna-se menos alcalino, abaixando o pH para quase 8 (BAKKER, 1988). Dessa forma, a película de passivação perde a sua estabilidade, dando início ao processo de corrosão.

2.1.6 Segregação do concreto

Os componentes do concreto, quando se encontram no estado fresco, estão sujeitos à separação durante o transporte, lançamento e adensamento. E isso é chamado de segregação, a qual tem efeitos bem conhecidos nas construções (RIBEIRO, 2006).

A segregação pode ocorrer devido ao lançamento inadequado do concreto e à má vibração. Dessa forma, os agregados graúdos separam-se do restante da pasta, acrescentando o índice de vazios e porosidade, provocando infiltrações de água e diminuindo sua resistência. Isso ocorre porque a massa específica dos materiais que formam o concreto é distinta e, com o efeito da gravidade, tendem a se separar (ANDRADE e SILVA, 2005).

2.1.7 Manchas

A ocorrência das manchas pode estar associada à limpeza das formas, ao método de aplicação do desmoldante e também à mistura do concreto. A aplicação dos desmoldantes deve ser realizada com pulverizadores manuais, para que seja homogênea. A limpeza das formas deve ser feita antes de cada concretagem para remover óleos, graxas e concretos remanescentes da concretagem anterior. Para a aplicação do concreto junto à forma, deve-se verificar se o mesmo está homogêneo, sem concentrações de areia ou brita (MILANI, BOESING, PHILIPPSEN e MIOTTI, 2012).

2.1.8 Bolhas superficiais

O surgimento das bolhas superficiais pode estar correlacionado ao tipo de desmoldante empregado nas formas e também ao adensamento inadequado. Os desmoldantes à base de óleo mineral podem propiciar o aparecimento de bolhas. Em relação ao adensamento, deve-se usar o vibrador adequado para a dimensão das peças e de modo correto sem encostar na armadura e na forma (MILANI, BOESING, PHILIPPSEN e MIOTTI, 2012).

2.2 CUIDADOS PARA EVITAR AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO

2.2.1 Projeto e execução

Os projetistas podem usar algumas medidas para evitar o aparecimento de patologias e elevar a durabilidade da estrutura, como, por exemplo, aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água/cimento do concreto, ampliar a resistência (f_{ck}) ou tratamentos protetores de superfície (GONÇALVES, 2015).

De acordo com a NBR 14.913 (ABNT, 2004), há certos cuidados que devem ser tomados na fase de execução de uma obra, como a estocagem do material de forma correta e certificar-se de que o cobrimento do aço é correto. Como pode-se tratar de concreto pré-moldado, também é necessário ter cuidado para que não haja avarias no momento da instalação da estrutura pré-moldada na obra.

2.2.2 Manutenção

Há dois tipos de manutenção, a preventiva e a corretiva. A manutenção preventiva consiste em recondicionar ou trocar partes do sistema ou equipamentos em intervalos de tempo pré-definidos, ou seja, após certo tempo de uso, no plano de manutenção dos componentes, ele será substituído independente do estado em que se encontra (PRAJAPATI, BECHTEL e GANESAN, 2012).

Segundo Helene (1992), a manutenção corretiva faz o diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam suas funções. Consequentemente, essa ação causa grande prejuízo econômico e perda das funções para as quais a estrutura foi projetada.

2.3 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA REPARO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

Neste item foram abordadas as soluções para a corrosão do concreto e fendas, pois foram as manifestações mais encontradas com uma proporção 86% dentre todas as patologias encontradas, em visita realizada antes da execução do trabalho.

2.3.1 Corrosão

Para o reparo de estruturas que possuem estado avançado de corrosão, ou seja, que já sofreram deslocamento do concreto e armadura exposta, o reparo generalizado e o reparo localizado são os mais indicados. Esses métodos consistem em recobrir a armadura que está

exposta com argamassa mais resistente às intempéries encontradas no local (PAZINI e MEIRA, 2013).

Para as estruturas que recém começaram a apresentar sinais de corrosão, há soluções que permitem controlar e até parar essa deterioração, o que pode ser controlado pelos mecanismos de proteção por barreira, repassivação, proteção catódica ou por inibição (PAZINI e MEIRA, 2013).

A Figura 01 apresenta um exemplo de corrosão do concreto e armadura em um pilar encontrado em uma das estruturas visitadas.

Figura 1: Pilar com grave corrosão.



Fonte: Autor (2020).

2.3.2 Fissuras e rachaduras

Para o reparo das fissuras e rachaduras é recomendado o fechamento das mesmas. Esse preenchimento deve ser feito após a limpeza do local com ar comprimido e com material cimentício ou resinas epóxi (SOUZA e RIPPER, 1998).

A Figura 02 expõe um pilar que se encontra em uma das estruturas visitadas, e nele pode-se visualizar a presença de rachaduras.

Figura 2: Pilar com presença de rachaduras



Fonte: Autor (2020).

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Este estudo de caso tratou do registro das manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto para confinamento bovino na região rural de Cascavel-PR. As obras visitadas foram selecionadas pelo autor deste trabalho, sendo que não houve critério de seleção e foram inspecionadas 10 edificações.

A pesquisa foi realizada pelo método quantitativo e qualitativo, por meio de inspeção visual *in loco*. As edificações foram identificadas, quantificadas e verificadas as prováveis causas de deterioração, embasando-se na revisão bibliográfica. Após a coleta de dados, as patologias foram quantificadas por tipologia, para determinar qual apresenta maior incidência nas edificações e foram propostas soluções, para a forma de recuperação, de acordo com a bibliografia.

Para ter acesso às propriedades rurais foram contatados os proprietários para explicar que se tratava de um trabalho acadêmico e que as imagens coletadas das estruturas não seriam divulgadas, além de que seria mantida em sigilo a localidade das propriedades. Para tanto, no momento da coleta de dados foi entregue uma declaração da coordenação do curso com as devidas explicações sobre a realização do trabalho acadêmico.

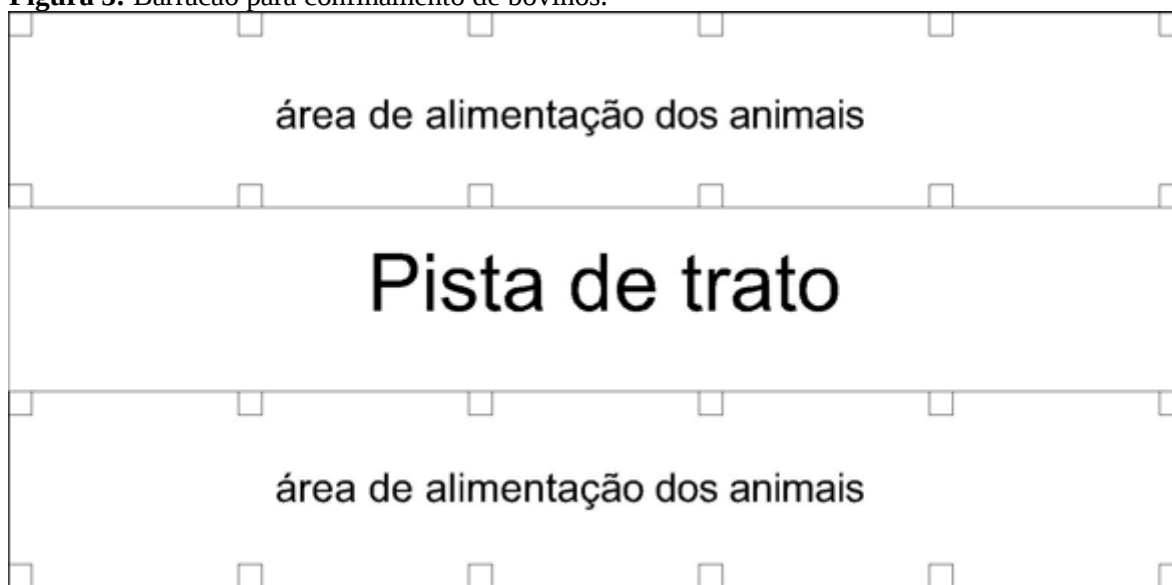
3.2 Caracterização da amostra

Os barracões utilizados para o confinamento de animais são estruturas simples que normalmente só contam com pilares, piso e estrutura para o telhado. A área de cada um varia de acordo com a quantidade de animais que podem ser abrigados em cada construção. As edificações não possuem pintura, somente revestimento argamassado sobre a alvenaria; a altura normalmente é de 5 metros do piso até as tesouras de cobertura, para que o tráfego de tratores seja possível; as telhas, nas construções mais antigas, são de fibrocimento e, nas mais novas, a cobertura é de aluzinco; o piso possui caimento para facilitar o escoamento das fezes dos animais, que caem em valetas escavadas ao redor da estrutura, com destino às fossas onde ficam armazenadas e no futuro são utilizadas como adubo na lavoura.

O funcionamento desse tipo de barracão é bem simples: o trator ou trabalhador passa despejando o composto para alimentar os animais na pista de trato, que ficam na área de alimentação. Nesse local eles permanecem e urinam e defecam. É importante ressaltar que essa área é raspada todos os dias para manter o máximo de higiene possível.

Na parte central do barracão, como observa-se na Figura 03, há uma pista de trato e nas duas laterais a área de alimentação dos animais.

Figura 3: Barracão para confinamento de bovinos.



Fonte: Autor (2020).

O local não apresenta paredes, o que possibilita a ventilação permanente do ambiente. Apesar disso, há uma grande concentração de umidade no interior dessas estruturas, causada pelo acúmulo de excrementos ejetados pelos animais. Esses excrementos, unidos à umidade e ao carbono, também liberado pelos animais, causam muitas manifestações patológicas à estrutura de concreto armado ali presente.

3.3 Instrumentos para a coleta de dados

As edificações selecionadas foram organizadas no Quadro 1, utilizando-se letras do alfabeto para nomeá-las e não expor os proprietários dos locais vistoriados, no campo de idade de construção foi perguntado há quantos anos aquela estrutura é utilizada para confinamento, e nas observações específicas foi anotada a quantidade de pilares que a estrutura possui.

Quadro 1: Dados das estruturas.

Estrutura	Idade da construção	Observações específicas da estrutura
A	...	...
B	...	...
...	...	...

Fonte: Autor (2020).

Para anotar as informações coletadas em campo e analisá-las, a planilha do Quadro 2 foi utilizada para anotar as manifestações patológicas e a descrição visual de cada elemento estrutural analisado na vistoria.

Quadro 02: Planilha de manifestações patológicas.

Elemento estrutural	Manifestação patológica	Descrição visual

Fonte: Autor (2020).

Durante a vistoria fez-se o registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas, as quais foram identificadas e quantificadas, utilizando-se o Quadro 03. Neste quadro foram registradas as manifestações patológicas encontradas em todas as estruturas, e a quantidade encontrada, assim foi possível a elaboração de um gráfico que apresentou a porcentagem de cada patologia encontrada em todas as 10 estruturas visitadas.

Quadro 03: Síntese das manifestações encontradas.

Tipo de patologia	Observações	Quantidade encontrada

Fonte: Autor (2020).

As manifestações patológicas foram analisadas pelo Método GUT, o qual considera a gravidade, a urgência e a tendência de cada problema. Dessa forma, definiu-se a ordem de priorização para a resolução das manifestações patológicas.

Para Sotille (2014), o método GUT que foi idealizado em 1981 por Kepner e Tegoe é usado para solucionar, classificar e priorizar ações necessárias de acordo com a gravidade, urgência e a tendência.

No Quadro 04, constam as notas que foram o critério utilizado no método GUT e que foram adotadas para cada problema encontrado nas estruturas de concreto.

Quadro 04: Notas e critérios para avaliação pelo método GUT.

GRAVIDADE
1 = SEM GRAVIDADE
2 = POUCO GRAVE
3 = GRAVE
4 = MUITO GRAVE
5 = EXTREMAMENTE GRAVE
TENDÊNCIA
1 = DESAPARECE OU NÃO VAI PIORAR
2 = VAI PIORAR EM LONGO PRAZO
3 = VAI PIORAR EM MÉDIO PRAZO
4 = VAI PIORAR EM POUCO TEMPO
5 = VAI PIORAR RAPIDAMENTE
URGÊNCIA
1 = DOIS OU MAIS MESES
2 = UM MÊS
3 = DUAS SEMANAS
4 = UMA SEMANA
5 = IMEDIATAMENTE

Fonte: Sotille (2014).

3.4 Análise de dados

O Quadro 05 foi empregado para avaliar as manifestações patológicas encontradas de acordo com a matriz GUT.

Quadro 05: Prioridade das manifestações patológicas encontradas – GUT.

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Nível de prioridade
Manifestação 01				
Manifestação 02				
Manifestação 03				
...				

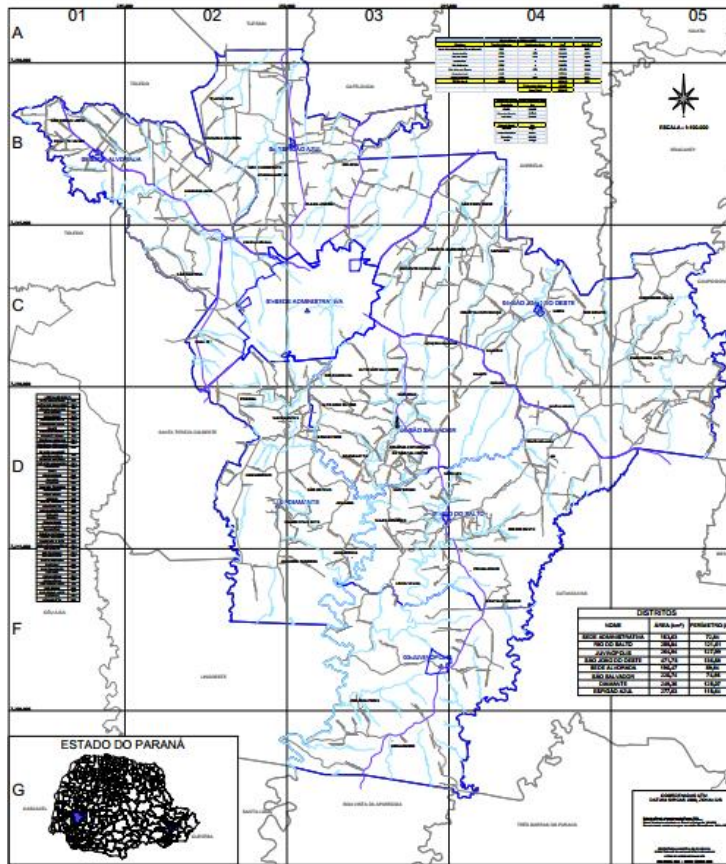
Fonte: Autor (2020).

Após todos os dados serem analisados de acordo com sua prioridade, foram apresentadas as prováveis soluções para a manifestação patológica mais frequente e com maior nível de prioridade de acordo com a matriz GUT em estruturas de concreto, para confinamento de animais bovinos. Para tanto, foram utilizados os gráficos por tipologias e suas respectivas frequências e o nível de prioridade para recuperação das manifestações patológicas, com o uso do *software* Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar as manifestações patológicas que estão presentes em barracões utilizados para confinamento de bovinos. Para o levantamento, foram realizadas vistorias em 10 propriedades rurais localizadas na zona rural do município de Cascavel-PR, mais precisamente na região sul do município. Nessa região encontram-se os distritos de São Salvador, Rio do Salto e Juvinópolis, que podem ser visualizados na Figura 04, nos quadrantes (03D, 04D, 03F e 04F), do mapa rural da cidade.

O relevo dessa região é montanhoso, característica apropriada para a criação de bovinos, uma vez que a agricultura nesse tipo de relevo é inviável. Para a realização deste trabalho, o autor percorreu a região para verificar quais propriedades tinham confinamento de animais e se apresentavam algum tipo de manifestação patológica. As estruturas de concreto com patologias foram registradas através de imagens, com o objetivo de auxiliar na visualização dos problemas encontrados, os quais foram classificados conforme a matriz GUT.

Figura 4: Mapa rural do município de Cascavel

Fonte: Município de Cascavel (2015).

4.1 Levantamento dos dados

Ao realizar a vistoria nas referidas propriedades, foram verificadas inúmeras manifestações patológicas, as quais foram fotografadas e medidas utilizando uma trena para distinção das aberturas, tudo isso foi registrado pelo autor em sua planilha, como mostra a Figura 05.

Figura 5: Planilha de análise das manifestações patológicas

Elemento estrutural	Manifestação patológica	Descrição visual
Pilar 1	Corrosão	Apresenta corrosão em apenas uma face, com armadura exposta e já com sinais de corrosão.
Pilar 2	Rachadura	Abertura com mais de 1,5 mm, apresentada em uma face, gerando pequena exposição da armadura.

Fonte: Autor (2020).

Os dados específicos de cada estrutura foram anotados no Quadro 6, sendo nomeadas cada uma delas com as letras do alfabeto. Constam, também, a idade da construção e a quantidade de pilares que possuem.

Quadro 6: Dados específicos das estruturas

Estrutura	Idade da construção (Anos)	Observações específicas da estrutura
A	15	20 PILARES
B	8	22 PILARES
C	2	44 PILARES
D	6	30 PILARES
E	6	24 PILARES
F	10	18 PILARES
G	12	20 PILARES
H	4	38 PILARES
I	5	16 PILARES
J	8	20 PILARES

Fonte: Autor (2020).

4.1.2 Qualificação das manifestações patológicas

As patologias encontradas foram classificadas conforme a matriz GUT, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7: Quantitativo das manifestações encontradas

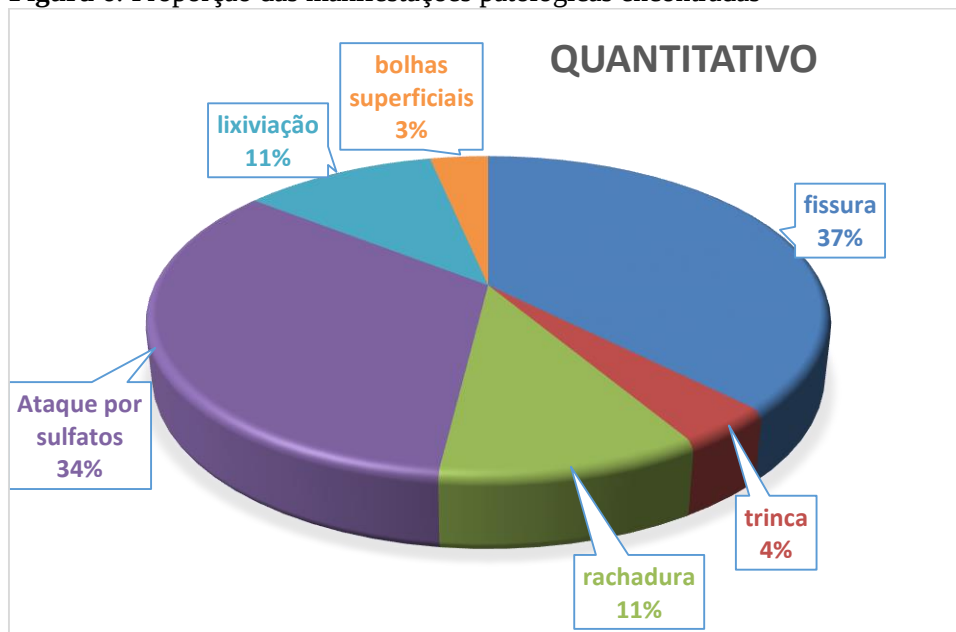
Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Nível de prioridade
Fissura	2	2	4	8
Trinca	3	4	4	11
Rachadura	4	5	4	13
Ataque por sulfatos	5	5	5	15
Mancha	1	2	2	5
Bolhas superficiais	2	2	2	6

Fonte: Autor (2020).

4.1.3 Síntese das manifestações encontradas

Todas as manifestações patológicas encontradas foram listadas em uma tabela do *software* Excel. Com esses dados, elaborou-se o gráfico apresentando qual patologia possui maior incidência nesse tipo de estrutura. Este gráfico está na Figura 06.

Figura 6: Proporção das manifestações patológicas encontradas



Fonte: Autor (2020).

Constata-se ainda, de acordo com a Figura 06, que as porcentagens obtidas no presente trabalho, as patologias de fissuras, trincas e rachaduras abrangem 52% do total das manifestações patológicas encontradas. Já as anomalias caracterizadas pelo ataque por sulfatos compreendem 34% do total, as bolhas superficiais abrangem apenas 3% do total e a lixiviação ocupa 11% de todas as manifestações patológicas verificadas na edificação.

As anomalias de fissuras e trincas são responsáveis pela maior porcentagem em relação à incidência das mesmas nas construções avaliadas. No entanto, não oferecem um grau de risco elevado à estrutura, já que o ataque por sulfatos oferece um grau de risco altíssimo à edificação, conforme a escala GUT.

4.2 Manifestações patológicas

A manifestação patológica a ser analisada por este artigo foi o ataque por sulfatos, pois apresenta um alto índice de incidência nos elementos estruturais dos barracões visitados e mostra, segundo a matriz GUT, um nível de prioridade de 15, que é o maior nível possível para uma manifestação patológica.

Sobre o ataque por sulfatos, foram levantadas suas prováveis causas e apontadas possibilidades de reparo, baseadas em bibliografia.

4.2.1 Possíveis causas

O aparecimento desse tipo de manifestação patológica tem como origem as condições ambientais, pois no local há altos índices de carbono, presença de ácido sulfúrico biogênico e alto teor de umidade. Esses fatores colaboram com a redução do pH do concreto, deixando-o mais vulnerável à corrosão (SILVA *et al*, 2018).

O ataque ácido às estruturas que possuem contato com excrementos de animais envolve diversos fatores, tais como a presença de gás carbônico e sulfeto de hidrogênio (H₂S), que causam a redução do pH do concreto, na presença de bactérias, que utilizam compostos do esgoto para produzir ácido sulfúrico biogênico (SILVA *et al*, 2018).

A corrosão é frequentemente relacionada ao abaixamento do pH do concreto devido às reações com compostos presentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono. Essa corrosão pode vir a causar fissuras e deslocamento do concreto, fazendo com que a armadura fique exposta (ARAÚJO, 2013).

Esse fenômeno pode ser visualizado na Figura 07, que ilustra um pilar altamente degradado pelo ambiente em que se encontra, o qual possui alta umidade, gás carbônico e excremento de animais de grande porte. Esses dejetos contêm bactérias que produzem o ácido sulfúrico biogênico que, conseqüentemente, degrada o concreto e gera o deslocamento e armadura exposta do pilar.

Figura 7: Pilar com deslocamento e armadura exposta



Fonte: Autor (2020).

Esse tipo de patologia é severa e afeta a vida útil do pilar, o que acarreta na perda de suas propriedades mecânicas como, a resistência à compressão, a resistência à tração e o módulo de elasticidade e, sem elas, o concreto perde a capacidade de sustentação para a qual foi projetado. Sendo assim, no caso de uma perda muito alta dessas propriedades, a estrutura como um todo pode vir a colapsar (SOUZA e RIPPER, 1998).

Em um estudo realizado na Austrália foi estimada uma taxa de deterioração do concreto ao equivalente de 12mm/ano, em tubos de esgoto, que têm contato com sulfeto de hidrogênio (H_2S) e monóxido de carbono (CO) (WELLS; MELCHERS, 2014). Ambiente muito mais hostil ao encontrado nas inspeções, pois a concentração desses elementos é muito mais alta em tubulações de esgoto.

4.2.2 Soluções de reparo

Quando a causa da patologia é corrosão, causada por carbonatação e ataque por sulfatos, deve-se avaliar alguns fatores: a espessura do cobrimento, medir o quanto a corrosão já atacou o cobrimento e verificar se a corrosão já chegou à armadura da estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

Na Figura 08, pode-se verificar que a corrosão já atacou o pilar em todas as suas faces, gerando perda de placas de concreto, armadura exposta e corrosão da armadura.

Figura 8: Pilar com armadura exposta altamente corroído



Fonte: Autor (2020).

Para efetuar o reparo do pilar ilustrado pela Figura 08, de acordo com Santos (2014), primeiro deve-se efetuar a limpeza no local onde será feito o reparo. Essa limpeza busca retirar

os agentes nocivos ali presentes e, para tanto, pode ser utilizado água em alta pressão e escovas de aço.

Após a limpeza é feito um corte no concreto. Nesse processo, são removidos os materiais nocivos às armaduras, promovendo um corte com arestas arredondadas, de pelo menos 2 cm ou o diâmetro da barra, de profundidade além das mesmas, garantindo assim que toda armadura estará imersa em meio alcalino. Finalizado o corte, o concreto deve ser limpo novamente com jateamento de areia, jateamento de ar comprimido e jateamento de água (SANTOS, 2018).

Em sequência, deve ser adicionada a argamassa para recobrir o corte feito e proteger a armadura de sofrer mais corrosões. Essa argamassa deverá ter uma resistência ao ataque de sulfatos, a qual pode ser atingida com a utilização do Cimento Portland IV, que em sua fórmula contém a adição de pozolana (SILVA *et al*, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho visou contribuir para a melhoria da qualidade das obras para confinamento de animais bovinos, constatando a ocorrência e a origem de manifestações patológicas em estruturas encontradas no município de Cascavel - PR. Também abordou a importância de realizar a manutenção periódica de uma edificação e, caso não seja feita, agravam-se as patologias e compromete a estrutura, além de causar desconforto e insegurança aos usuários.

Com base no levantamento, constatou-se que as patologias mais encontradas foram as fissuras, trincas e rachaduras, com um percentual de 52% do total. O ataque por sulfatos compreende 34% do total, as bolhas superficiais abrangem 3% e ainda foi identificado que 11% são recorrentes da lixiviação.

Com a comparação da quantidade de patologias encontradas e qualificação das mesmas através do método de GUT, ficou nítido que a quantidade de patologias e o nível de prioridades das mesmas aumentam muito de acordo com a idade da estrutura.

Com base nesta pesquisa, pôde-se verificar que a maioria das manifestações patológicas aparentes existentes, possuem grau de risco mínimo para a edificação, o que em geral causa maior impacto estético em desfavor da edificação e gera desconforto aos usuários, mas não causam grandes danos estruturais. Porém, se não for realizada a manutenção das estruturas, os

problemas podem evoluir e causar danos físicos aos usuários da edificação, como por exemplo, o colapso da estrutura.

Visto isso, a inspeção visual é um processo simples e de suma importância para identificar as anomalias, possibilitando verificar e identificar as manifestações patológicas, fornecendo muitas informações, que permitem determinar o estado de conservação da estrutura e também determinar as possíveis causas, para que sejam tratadas de maneira correta, evitando-se assim maiores danos à edificação e menor custo de manutenção.

Por meio das análises realizadas, pode-se afirmar que a maioria dos danos que ocorreram poderiam ter sido minimizados, caso houvesse mais atenção dos proprietários aos desgastes nas estruturas, maior grau de exigência das empresas responsáveis pelos projetos e a elaboração de um manual de utilização e operação das edificações. Essas medidas fariam com que as empresas que projetam/constroem essas barracões percebam que com a simples troca do cimento sem aditivos para um cimento pozolânico e a adição de impermeabilizantes não cimentícios nos pilares, a estrutura certamente teria um acréscimo na vida útil e uma redução no custo de manutenção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. **Patologia das estruturas**. Ed. Ibracon, São Paulo, 2005.

ARAÚJO, A. et al., **Monitoramento da corrosão em estruturas de concreto: sensor de umidade, de taxa de corrosão e de fibra óptica**. São Paulo: Técnica 195, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 14931**: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BAKKER, R. F. M. *Initatio period*. In: SCHIESSL, P. (Ed.) *Corrosion of steel in concrete*. New York, RILEM / Chapman and Hall, p. 22-55, 1988.

BASHEER, L.; KROOP, J.; CLELAND, D. J. *Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review*. *Construction and Building Materials*, 2001.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. São Paulo: PINI, 1997.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1ª Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** Técnica, São Paulo, ed. 160, p. 56-60, julho 2010.

COSTA, R. M. **Análise de propriedades mecânicas do concreto deteriorado pela ação de sulfato mediante utilização do UPV**. Belo Horizonte, 2004. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

DOBROVOLSK, M. E. G., MUNHOZ G. S.; MEDEIROS JUNIOR R. A. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana nº1 (2019) pp. 19-26.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. - São Paulo: PINI, 1992.

M. S. A. SILVA; J. P. GODINHO; A. M. BONATTO; J. J. ZANDORÁ; M. H. F MEDEIROS. **Influência do ataque por ácido sulfúrico na variação dimensional de corpos de prova de argamassa de diferentes tipos de cimentos**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 14 - nº 1, 2018.

MILANI, C.V; BOESING, R.; PHILIPPSSEN, R.A; MIOTTI, L.A. **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas**. São Paulo: USP, 2012.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2º ed. São Paulo: Editora Pini, 1997.

PAZINI, E.; MEIRA, G. **Corrosão das armaduras de concreto**. Alconpat, Mérida - México, 2013.

PRAJAPATI A.; BECHTEL J.; GANESAN, S. **A practical view to maintenance management, 2012**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 18. nº4, 2012, pp. 384-400.

RIBEIRO, R. **Coesão e trabalhabilidade**. In: www.cimentoitambe.com.br. 2006, Data de acesso: 15/04/2020.

SANTOS, C. F. **Patologia de estruturas de concreto armado**; Santa Maria: UFSM, 2014.

SOTILLE, M. A. **A ferramenta GUT – Gravidade, Urgência e Tendência**. PM Tech Capacitação em projetos, 2014.

SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

WELLS, T.; MELCHERS, R. E. **An observation-based model for corrosion of concrete sewers under aggressive conditions**. *Cement and Concrete Research*, v. 61, p. 1-10, 2014.

ZHANG, U. Y.; KHENNANE, Y. X. A. **Numerical modelling of degradation of cement-based materials under leaching and external sulfate attack**; *Computers and Structures*; v. 158; p. 1-14; 2015.