

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**ANTÔNIO AUGUSTO MARTINS
NYWMAR SANTOS ANDRADE**

**ANÁLISE DE CORROSÃO DO CONCRETO DECORRENTE DOS ÍONS DE NaCl
NO MERCADO MUNICIPAL DE PAVÃO-MG**

**TEÓFILO OTONI
2019**

**ANTÔNIO AUGUSTO MARTINS
NYWMAR SANTOS ANDRADE**

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI

**ANÁLISE DE CORROSÃO DO CONCRETO DECORRENTE DOS ÍONS DE NaCl
NO MERCADO MUNICIPAL DE PAVÃO-MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Doctum de Teófilo
Otoni, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Concreto Armado

**Orientador: Prof. Larissa Petrini Alves
Lorentz**

**TEÓFILO OTONI
2019**

ANÁLISE DE CORROSÃO DO CONCRETO DECORRENTE DOS ÍONS DE NaCl NO MERCADO MUNICIPAL DE PAVÃO-MG

Antônio Augusto Martins
Centro Universitário Doctum, Teófilo Otoni/MG, Brasil, gu-vl@hotmail.com

Nywmar Santos Andrade,
Centro Universitário Doctum, Teófilo Otoni/MG, Brasil, nywandrade@hotmail.com.

RESUMO

Na engenharia civil, quando as edificações deixam de apresentar a performance mínima pré-estabelecida, surge o termo patologia. Termo esse que foi tirado da área da saúde, que visa explicar os mecanismos pelos quais surgem os sinais e os sintomas das doenças. No mundo, o segundo elemento mais consumido é o concreto, confirmando a necessidade de estudos que envolvam seu comportamento frente a durabilidade, tendo como objetivo aumentar a longevidade das estruturas. Diante as diferentes manifestações patológicas que acontecem no concreto armado, há grande ocorrência de corrosão nas armaduras, como já exposto por diversos autores. A ocorrência de corrosão nas estruturas é proveniente de agentes agressivos tendo como principais a carbonatação e a inserção de cloretos. Assim, o presente trabalho tem o intuito de expor as principais causas, mecanismos e sintomas de uma estrutura de concreto danificada pela atuação do cloreto de sódio, indicando alguns métodos capazes de elidir essa degradação.

PALAVRAS CHAVE: concreto armado, patologias, cloreto de sódio, degradação, impermeabilização.

ABSTRACT

In civil engineering, when buildings no longer have the pre-established minimum performance, the term pathology emerges. This term was taken from the health area, which aims to explain the mechanisms by which the signs and symptoms of diseases arise. In the world, the second most consumed element is concrete, confirming the need for studies that involve its behavior against durability, aiming to increase the longevity of structures. Given the different pathological manifestations that occur in reinforced concrete, there is a great occurrence of corrosion in the reinforcement, as already exposed by several authors. The occurrence of corrosion in the structures comes from aggressive agents, mainly carbonation and chloride insertion. Thus, the present work aims to expose the main causes, mechanisms and symptoms of a concrete structure damaged by the action of sodium chloride, indicating some methods capable of eliminating this degradation.

KEY WORDS: reinforced concrete, pathologies, sodium chloride, degradation, waterproofing.

1 INTRODUÇÃO

Toda atividade voltada para a produção de obras se trata de construção civil, proporcionando diversos tipos de estruturas que atendem a todos os tipos de segmento, como por exemplo,

casas, edifícios, túneis, obras de saneamento, estradas e etc. A construção civil é uma prática utilizada desde os primórdios e que ao longo dos séculos teve uma evolução monumental tendo uma grande importância na economia, pois, gera emprego, utilizando a mão de obra de diversos setores, levando o país a níveis superiores com a participação do produto interno bruto (PIB).

Na construção civil existem vários tipos de estrutura, tais como, concreto armado, bloco de concreto, metálica, madeira e etc. A estrutura de concreto armado é mais utilizada na atualidade, contendo como diferença do concreto tradicional uma armadura metálica que irá suportar as forças de tração e compressão. Sendo uma simples união entre o concreto e barras de aço, resistindo juntos aos esforços solicitantes.

As Estruturas de concreto armado estão expostas ao meio ambiente, e com a ação do tempo começam a ocorrer manifestações patológicas, a corrosão e uma dessas, sendo uma ação agressiva de deterioração.

Pode-se entender a patologia na construção civil como avaria na estrutura em relação a estética, durabilidade e estabilidade. A patologia se revela de várias maneiras, tais como: corrosão, trincas, fissuras, infiltrações e etc. Normalmente se manifesta externamente, devido a ações da natureza ou falha humana.

É considerado uma trinca, uma abertura mais acentuada e profunda, além de atingir a tinta, massa corrida ou azulejos, pode danificar as estruturas da construção, sendo mais perigosa que a fissura. A espessura é de 1 a 3 milímetros

Já a fissura tem uma abertura superficial, atingido apenas a tintura, massa corrida ou azulejo. Sendo sua espessura no máximo 1 milímetro, com formato estreito alongado. Pode ser classificada em passiva (estabilizadas, ou seja, abertura não se desenvolve) ou ativa (aumento da extensão). Ainda que não seja perigosa, deve se levar em consideração, pois, se continuar a crescer pode se transformar para uma fenda ou rachadura.

Infiltração é uma manifestação patológica muito comum hoje em dia nas construções. Tendo como principais causas de infiltração: lajes com impermeabilização malfeita, chuva parte externa (devido a recalques da fundação, variação climática e etc), vigas baldrame e fundações rasas (falha ao impermeabilizar a fundação) e vazamento da tubulação.

A patologia é um dos problemas mais corriqueiros da construção civil, que pouco se fala, podendo ocasionar uma grande repercussão técnico-econômica, sendo um dos causadores mais agressivos o cloreto de íons (NaCl), que ao se inserir na estrutura concretada, gera a ruptura da camada apassivadora do aço, ocasionando a corrosão. Com a aparição dessas manifestações, comprometendo a parte estética e até a resistência, pode-se chegar a ruptura total ou parcial da estrutura, e possuindo elevado custos de recuperação.

O desgaste da armadura é um dos problemas mais difundidos do concreto armado. A princípio, essa ação começa a demonstrar manchas oriundas de óxido de ferro devido a atributos expansivos dos objetos decorrentes do desgaste, originando a fissuração, que é o afastamento do concreto.

Por intermédio de um grande levantamento de danos em estruturas de concreto armado no Brasil, demonstrou-se que as obras vêm apresentando uma degradação precoce. E ao processo de corrosão fica a responsabilidade por uma parcela de danos, com índices de ocorrência variando entre 27% e 64% (MARCHESAN; SATAROSA; CAMPAGNOLO, 2007).

A corrosão é um fenômeno que afeta toda a sociedade, atribuindo-se uma grande importância socioeconômica aos seus efeitos. Na área da engenharia, existem diversas consequências do processo corrosivo, como ocorre no aço de reforço das estruturas de concreto.

Estima-se, por exemplo, que sejam gastos cerca de 500 milhões de libras por ano com reparos em estruturas de concreto armado no Reino Unido. No Brasil, especialmente, nas regiões úmidas como o Rio Grande do Sul, a dimensão desse problema não é diferente (VIEIRA et al., 2010).

No que diz respeito a estudos de corrosões em armaduras, muito conhecimento foi acumulado durante o século XX, fazendo com que alguns trabalhos se tornassem clássicos, mesmo com essa gama de conhecimento obtido ainda persistiram algumas dúvidas de como se daria a evolução desse fenômeno, quais as suas consequências, como preveni-lo ou mitiga-lo, por exemplo.

Diante de tais circunstâncias, o tema deste trabalho, uma vez que, a literatura é focada no período de iniciação da corrosão, tornando-se raro trabalhos que demonstrem esse fenômeno com alto grau de evolução e suas prováveis soluções.

O presente estudo, portanto, tem por finalidade geral analisar a corrosão do concreto decorrentes dos íons de NaCl, e mais especificamente de natureza, quali-quantitativa e pesquisa de campo das características corrosivas no Mercado Municipal da cidade de Pavão/MG, nas bancas dos açougues ali existentes, além de propor medidas necessárias para a recuperação e manutenção juntamente com órgãos competentes, bem como propor melhoras nas corrosões na edificação daquele mercado municipal, nos seus elementos estruturais.

Conforme o estudo feito, na conclusão do presente trabalho será abordada a medida de se usar o revestimento do concreto segundo sua classe de agressividade seria eficaz para garantir a integridade física e química do aço, ou, ainda, caso seja feita a aplicação de inibidores em concentrações na superfície das armaduras retardaria a corrosão ou reduziria sua taxa, sem alterar as propriedades físicas, químicas e mecânicas do concreto.

1.1 A corrosão de estruturas do concreto armado

O principal processo de deterioração das estruturas de concreto armado é a corrosão, sendo de grande preocupação, devido ao alto custo dos reparos e da recuperação de estruturas com patologias derivadas desse processo. Nos países desenvolvidos, 40% dos custos do mercado da construção civil são voltados para reparação de estruturas prontas. A execução e manutenção errônea no Brasil são os principais fatores que originam a corrosão (AITCIN, 2000).

Pode-se definir a corrosão de armaduras como processo de deterioração da armadura, em que sua secção é perdida por meio de agentes corrosivos que a atacam, onde acumulam e geram tensões, sendo estas responsáveis por fissurar o concreto, deixando a armadura cada vez mais exposta (MACEDO, 2017 apud CASCUDO, 2005).

O efeito corrosivo nas armaduras é provocado pela atuação dos cloretos, carbonização e meio aquoso, sendo estes os principais fatores (HELENE, 1986; CASSUDO, 1997).

Os agentes causadores de patologias podem ser diversos, porém no caso de corrosão de armaduras destacam-se o dióxido de carbono (CO₂), os sais, com ênfase no cloreto e a incompatibilidade de metais (POLITO, 2006). Ainda segundo Polito (2006), pode-se classificar a corrosão pela natureza do processo (corrosão química e eletroquímica) e sua morfologia.

A ocorrência da corrosão é determinada em condições de umidade do concreto. Em concretos saturados não haverá oxigênio para o processo e, da mesma maneira em concretos secos a não existência do eletrólito suficiente. A umidade que mais proporcionara ao desenvolvimento da corrosão fica entre 70% e 80%, segundo afirmação de Neville (1997).

A corrosão tem natureza expansiva, levando assim a um aumento das tensões de tração no concreto, provocando assim a fissuração do material e posteriormente a segregação do revestimento da armadura.

1.2 Ocorrência da passivação

Na ocorrência de passivação, a armadura é preservada pelo concreto, ocorrendo uma proteção física, que isola do ambiente atmosférico; e uma química, devido ao pH elevado, ocasionando a estabilidade do revestimento passivo.

A película passiva origina-se por uma rápida e extensa reação eletroquímica, gerando elementos corrosivos reunidos em uma camada fina apoiada à superfície do aço (POURBAIX, 1987).

Tinha-se uma ideia inicial de que a participação do hidróxido de cálcio ocasionava a alta alcalinidade do meio, levando a hidratação do cimento. Porém, no decorrer do tempo, percebeu-se que a alta do pH da solução dos poros do concreto originou-se principalmente a partir dos hidróxidos de sódio e potássio (ANDRADE; PAGE, 1986). Hoje em dia com o uso de aditivos no concreto tem beneficiado uma diminuição de alcalinidade dessa solução, sem afetar a estabilidade da película de passivação (HÄRDTL; SCHIESSL; WIENS, 1994).

A composição química da película não é definida, e é motivo de discussão. Uma camada mais interna contendo magnetita e outra externa com óxidos férricos é umas das teorias (NAGAYAMA; COHEN, 1962 apud ALONSO et al., 2010). Devido sua boa compatidade e mantendo o equilíbrio, a película colabora para taxas insignificantes de corrosão.

A zona de passivação é onde ocorre a construção da película de passivação. A zona de imunidade do diagrama é onde não ocorre corrosão, livre do pH do meio (POURBAIX, 1987). Com a formação da película de passivação, se o pH estiver elevado, a armadura é protegida de corrosão futura. Nessa área, o índice de corrosão será muito baixo, o metal irá manter a mesma aparência (ANDRADE, 1988). Na figura 1, tem-se o exemplo da película passivadora formada a partir do processo oxi-redução, reação eletroquímica gerada pela ação do meio ambiente (água e oxigênio), junto com as micro pilhas existentes no ferro.

O diagrama de Pourbaix (1974) indica as condições de estabilidade termodinâmica do metal, sendo de grande utilidade nas pesquisas da corrosão. No entanto, este diagrama não dá referência sobre a cinética da corrosão.

O método de corrosão se inicia a partir da perda de equilíbrio da película de passivação, ocorrendo em geral a cargo da penetração de agentes agressivos, sendo essencial para que a armadura de concreto seja despessada (BAKKER, 1988).

A capa de cobertura da armadura (figura 2) é fundamental para a proteção da mesma. Exerce a função de proteção física, por garantir a preservação à armadura dos agentes agressivos, os impedindo de infiltrar na mesma, além exercer a função de proteção química também, devido ao seu elevado pH. (SHIESSL; BAKKER, 1988).



Figura 1 - Película passivadora do aço, formada a partir do processo oxi-redução (Autores 2019).

Cobrimento da Armadura



Figura 2 - Capa de cobrimento da armadura (A P Engenharia, 2017)

1.3 Corrosão em meio aquoso

De acordo com Helene (1986), geralmente as reações corrosivas acontecem junto com a água ou ambiente úmido, sendo o procedimento de corrosão do aço eletroquímico (Figura 3).

A corrosão por meio aquoso acarreta a formação de óxidos de ferro, pulverosos, porosos e de cor avermelhada, denominados de ferrugem. Ocorrem somente nas seguintes condições: presença de um eletrólito, existência de oxigênio e diferença de potencial. (RUSCH, 1975).



Figura 3- Estrutura de concreto com reações corrosivas (Souza,2002)

Vários fatores causam a diferença de potencial: solicitações mecânicas, concentração salina, aeração, mudanças de aquosidade características no concreto e aço, diferentes metais colocados no concreto, alterações consideráveis nas características externa do aço (HELENE, 1986).

Toda corrosão metálica à temperatura ambiente em meio aquoso é de natureza eletroquímica, e para a ferrugem eclodir é necessário o oxigênio para que haja reação química independente do teor de aquosidade no concreto. (FRANCO, 2011).

1.4 Corrosão por carbonatação

A manifestação de hidróxido de cálcio é viabilizada a partir do comportamento da hidratação do cimento, que resulta na elevação da alcalinidade nas áreas adjacentes desprotegidas do concreto. Com a atuação do gás carbônico do ar e outros gases ácidos como SO_2 e H_2S podem ser reduzidas. Método esse definido de Carbonatação, e acontece em velocidade lenta fragilizando com o tempo. Tal condição é fundamentada pela progressiva hidratação do cimento, carbonato de cálcio (CaCO_3), elemento característico da reação de carbonatação que preenche os vazios externos impedindo a inserção do gás carbônico existente no ambiente no meio do concreto. No método corrosivo das armaduras, habitualmente, a carbonatação é a condição fundamental para a formação deste (CASCUDO, 1997).

Para que a película passivadora do aço sofra alteração na estrutura química, o pH precipitação do CaCO_3 deve ser de ordem 9,4 (à temperatura ambiente). De acordo Cascudo (1997), diversos autores propõem um valor crítico de pH entre 11,5 e 11,8, para que aço não tenha quebra da passivação (PINI, 1986 e NOGUEIRA, 1989).

A carbonatação tem outra característica de uma frente de avanço de processo, onde se tem como consequência diferentes zonas de pH, uma com pH 9 (carbonatada) e a outra 12 (não carbonatada). Um método simplificado de carbonatação é mostrado na figura 4 a. E na figura a b, mostra-se que a carbonatação é processo corrosivo generalizado.

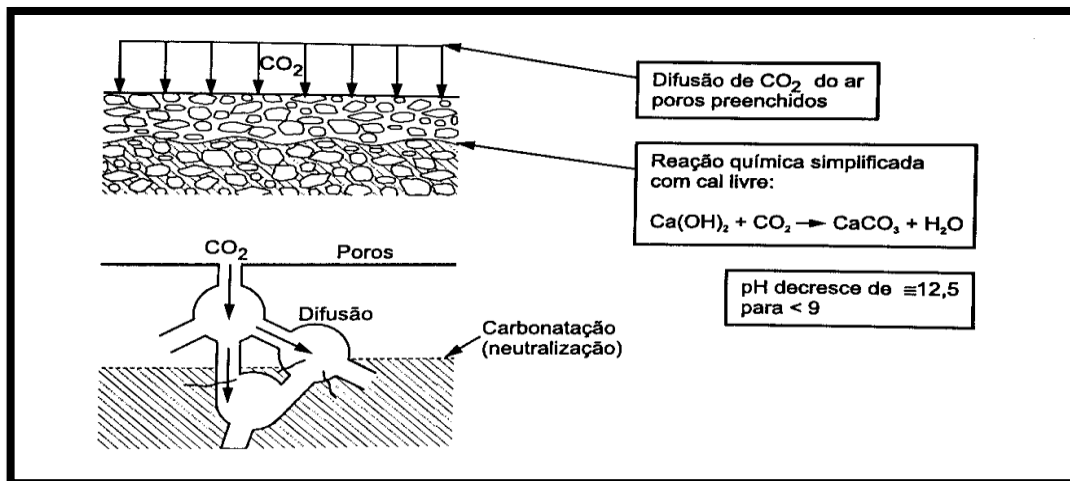


Figura 4 a - Ilustração esquemática do método de carbonatação (Cascudo, 1997)

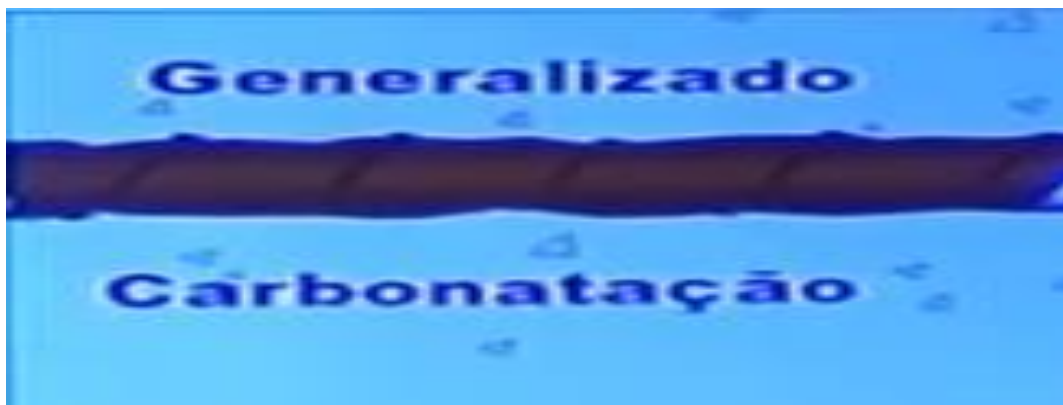


Figura 4b - Carbonatação de maneira generalizada no ferro (Autores, 2019)

O processo de carbonatação, para que ocorra, depende de fatores como: tipo de cimento; adensamento e cura do concreto; transporte; lançamento; condições ambientais (atmosfera rurais, urbanas ou industriais); umidade do ambiente (PINI, 1986; BAKKER,1988; FELIU,1988 e TUUTTI,1982).

De acordo Tuutti (1982), o processo de carbonatação ocorre de dentro para fora, ocasionando uma frente carbonatada em uma região que ainda não chegou. Entretanto, eleva-se os níveis de pH, e quando essa frente chega na película da armadura, compreende-se que o período de iniciação da corrosão tenha chegado ao final.

1.5 Corrosão por ação de cloretos de íons

Pode-se encontrar os cloretos no concreto, mediante componentes aditivos, água e agregados, por penetração na mistura pelos poros, no caso de ambientes marinhos. (FRANCO,2011).

Um dos fatores causadores do rompimento da capa passivadora da armadura é a inserção dos íons de cloreto, em junção com água e oxigênio, assim, originando o método corrosivo. Existem diferentes teorias que tentam explicar esse acontecimento. A abertura da capa passiva é algo ativo, com etapas de despassivação e repassivação, até ocorrer a forma definitiva da despassivação, de acordo a maioria das teorias. Há também um entendimento que essa ação ocorre de modo pontual, ocasionando corrosão por pites. A teoria do complexo transitório (TREADAWAY, 1988) e a falha pontual (McDONALD, 1992 apud ALONSO et al., 2010).

A combinação dos íons de cloreto com os de ferro geram as moléculas do cloreto de ferro, perdendo equilíbrio e, através da alteração de uma substância pela água (hidrólise), ocasiona a liberação de íons de cloreto para novas reações e íons de hidrogênio. Esses íons colaboram para que a zona anódica diminua seu pH e o aço sua resistência. Entretanto, as reações catódicas aumentam seu pH, devido a liberação de hidróxidos. A corrosão por pites, assim, sustentada pela diminuição do pH das zonas anódicas e aumentando o pH das zonas catódicas, diminuindo a chance de uma eventual corrosão futura nessas últimas zonas. De acordo com o desenvolvimento da corrosão, o número de íons de cloreto aumentam na penetração do concreto, juntando-se as existentes e gerando novas reações. A figura 5 apresenta a ação dos íons de cloreto quando se dá início a corrosão, diante a abertura da capa passiva, segundo a primeira teoria.

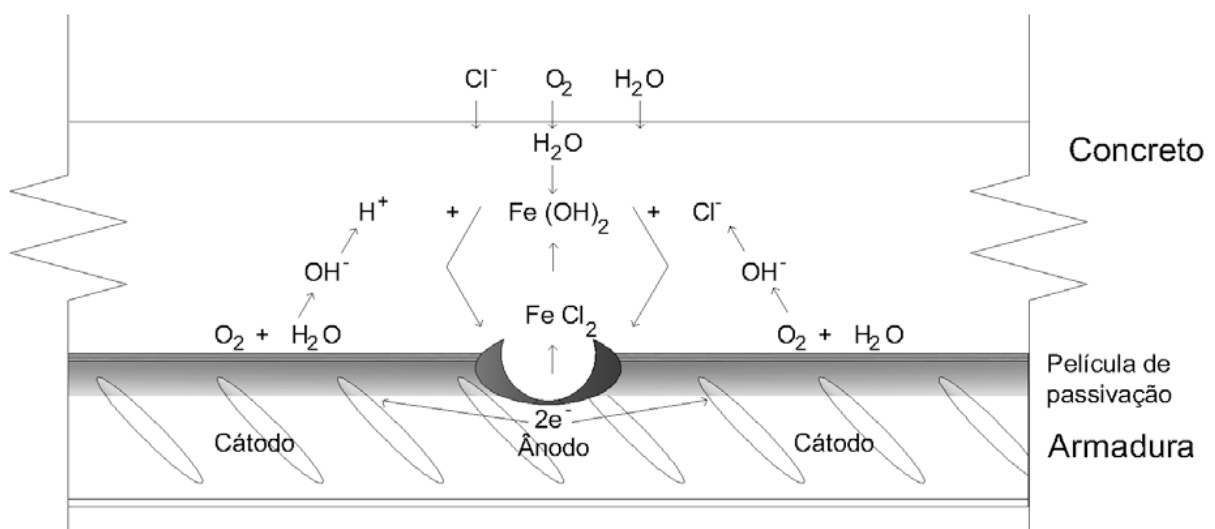


Figura 5 - Desenvolvimento do pite de corrosão pelo efeito dos íons cloreto (Treadaway, 1998)

Na segunda teoria, os vazios que se formam em atribuição do curso de cátions diante da película de passivação, geram a abertura da capa passiva, tendo como consequência a penetração de íons de cloreto. Quando não se consegue mais vedar esses vazios, ocorre a abertura pontual do revestimento passiva e se inicia criação do pite. De acordo o diagrama de Pourbaix para o sistema de ferro – solução aquosa com cloretos (Figura 6), mostra o procedimento violento dos íons de cloreto, com a diminuição importante na região de passivação e aumento da área de corrosão e o surgimento da área corrosão por pites.

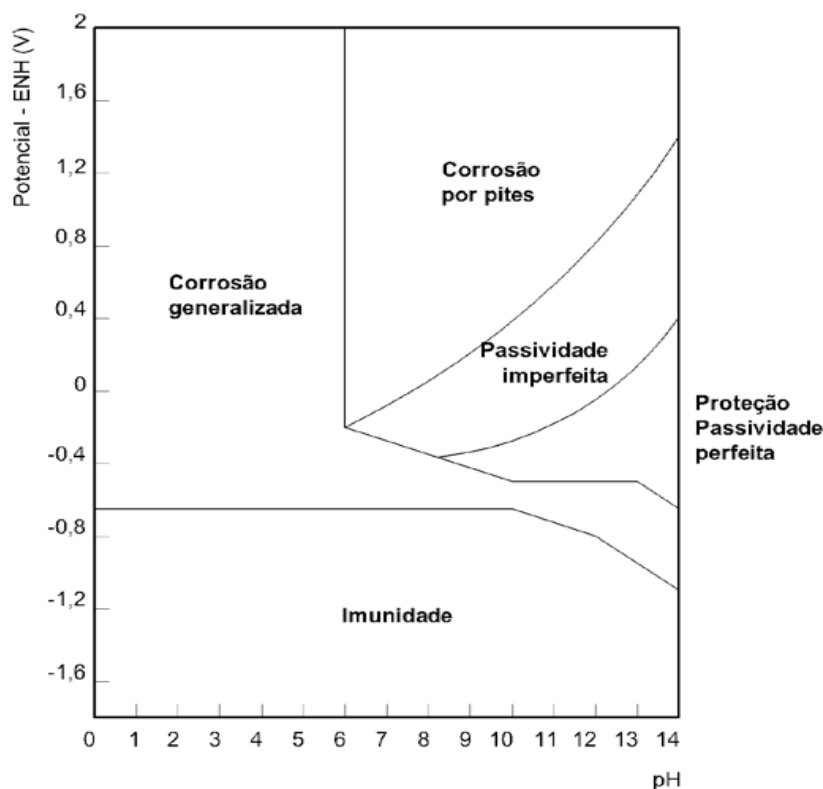


Figura 6 - Esquema de controle para o processo Fe – H₂O, a 25 oC, na influência de solutos com íons cloreto 335 ppm (Adaptado por Pourbaix, 1987)

2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O presente trabalho caracteriza-se como de natureza, quali-quantitativa e pesquisa de campo, uma vez que, além de contabilizar numericamente os índices de patologias existentes no local estudado, buscou avaliar a diferença entre uma região com alto teor de cloreto de sódio em relação a demais regiões do local.

A cidade de pavão, localizada na Figura 7, possui aproximadamente 8.589 habitantes de acordo com o último senso do IBGE realizado em 2010, onde sua densidade demográfica é de 14,29 hab/Km², sua área territorial é de 601,190 Km² (IBGE,2019). Como na maioria das cidades de pequeno porte, sua economia gira em torno da pecuária e agricultura familiar, onde o mercado municipal é de suma importância para toda a população.

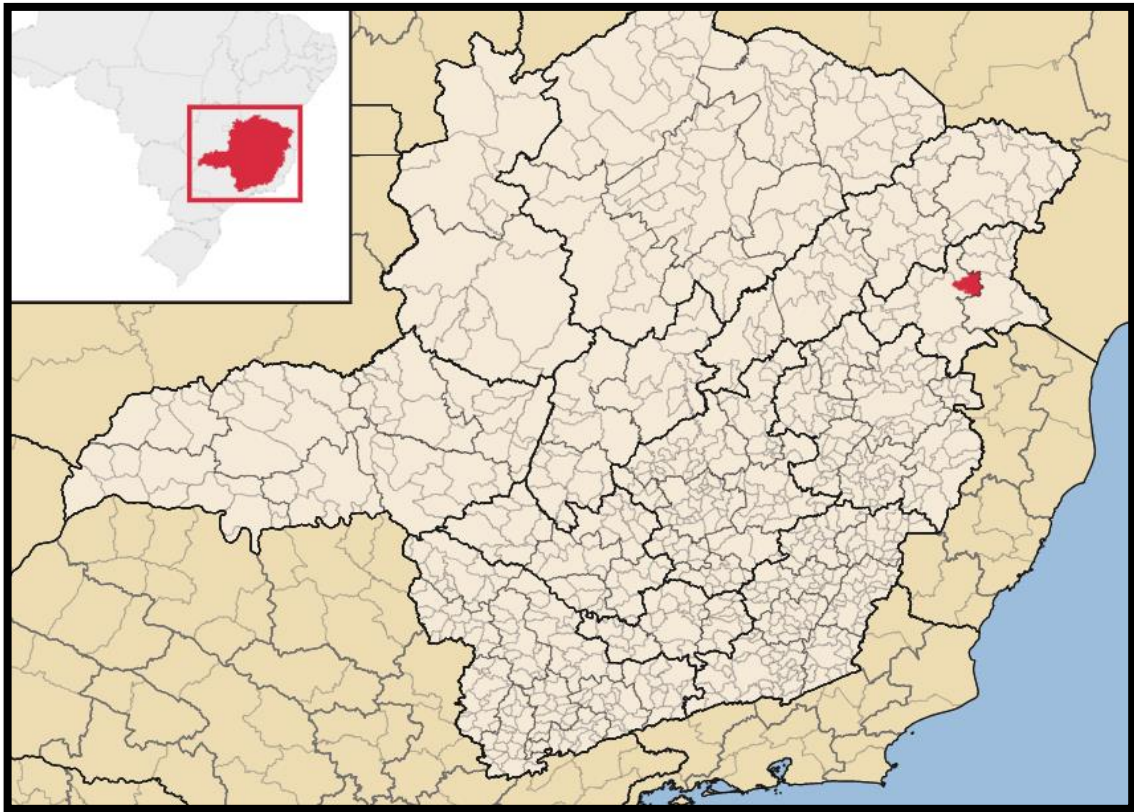


Figura 7 - Mapa adaptado de Minas Gerais, destacando a cidade de Pavão, (Prístimo, 2010)

O mercado municipal, como está na figura 8, foi construído no ano de 1969, desde então, passou somente por uma reforma de grande porte em sua estrutura no ano de 1985. Contudo, as bancas voltadas para a comercialização de carnes e derivados são reformadas periodicamente com intervalo anual entre elas.

O processo anual de reformas nas bancas de comercialização de carnes se faz necessário, uma vez que, nesse local é onde se encontra o maior índice de corrosão, sendo esta proveniente da manipulação rotineira de NaCl, altamente prejudicial as estruturas de concreto armado, tendo em vista que, em meios salinos os íons de cloreto são os principais responsáveis por acelerar o processo de corrosão e degradação (NADALINI; BISPO, 2017).



Figura 8 - Parte Interna do Mercado Municipal de Pavão-MG (Autores, 2019).

Para iniciar o procedimento metodológico desta pesquisa, foram realizadas duas visitas *in loco* no mês de setembro. Na primeira visita, identificou-se os locais que apresentavam patologias provocadas pelo sal, por intermédio de observação. Realizando uma contagem em ordem crescente, com o intuito de organizar e ordenar as informações obtidas, assim como, foi efetuado também um registro fotográfico para auxiliar no ordenamento das informações e registro das falhas estruturais, como é possível observar na Figura 9a e 9b.



Figura 9a e 9b - Retrato de uma das Bancas de Manipulação de Carnes (Autores, 2019)

A segunda visita foi realizada para dimensionar cada patologia encontrada, uma vez que, a caracterização e classificação de cada irregularidade existente no local só foram possíveis por intermédio de tal procedimento. Para o dimensionamento adequado, se fez o uso de uma trena convencional de 5 metros para as patologias que apresentam um tamanho maior. Para dimensionar as patologias de menor tamanho, utilizou-se o paquímetro como instrumento de averiguação, comensurando-se todas as medidas possíveis como largura, comprimento e profundidade.

Com a intenção de reunir as informações obtidas inicialmente após as visitas, foi elaborada uma planta baixa do estabelecimento. Para a elaboração da planta baixa foram retiradas as dimensões referentes ao comprimento, largura de todo o mercado, bem como, o comprimento e largura de todas as bancadas do comércio existentes no local, tanto as utilizadas para a venda de carnes, como as de comercialização de outros produtos.

Ainda na planta baixa, foram identificados os pontos de deterioração. É válido ressaltar que cada classificação recebeu uma cor distinta no mapeamento do local, além da confecção de uma legenda para a possível interpretação dos dados.

Realizou-se também a construção de gráficos, que possibilitam na identificação da relação da patologia versus sua quantidade, bem como, gráficos que mostram a quantidade de uma determinada patologia versus sua incidência e ainda gráficos que evidenciam a quantidade de patologias encontradas em cada elemento estrutural (pilar, viga, laje e alvenaria).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as visitas realizadas no mercado municipal de Pavão, foi possível verificar além da corrosão, a existência de varias patologias como: fissuras, trincas e infiltração. Desse modo, o Quadro 1, tem como finalidade demonstrar a ocorrência das patologias em cada elemento estrutural, sendo eles denominados de alvenaria, pilar e viga, além de verificar a ocorrência das patologias existentes nas bancas de comercialização de carnes.

Quadro 1 – Quantitativo das patologias encontradas (Autores, 2019).

Local	Número de Ocorrências Patológicas
Alvenaria	16
Viga	8
Pilar	9
Bancadas de Açougue	46

Ao se analisar o Quadro 1, é notório que a maior quantidade de ocorrências aconteceu nas bancas de comercialização de carnes totalizando 46 eventos; em seguida, temos a alvenaria do local, sendo esta as paredes existentes no estabelecimento, com um total de 16 patologias. Por fim, temos as vigas e pilares com 8 e 9 ocorrências, respectivamente.

Observa-se que ao se somar a quantidade de patologias encontradas no mercado obtém-se um total de 79 ocorrências. De modo geral, esse número é relativamente alto, ainda mais quando se verifica que aproximadamente 58% delas são somente nas bancas de carne, como se identifica no Gráfico 1.

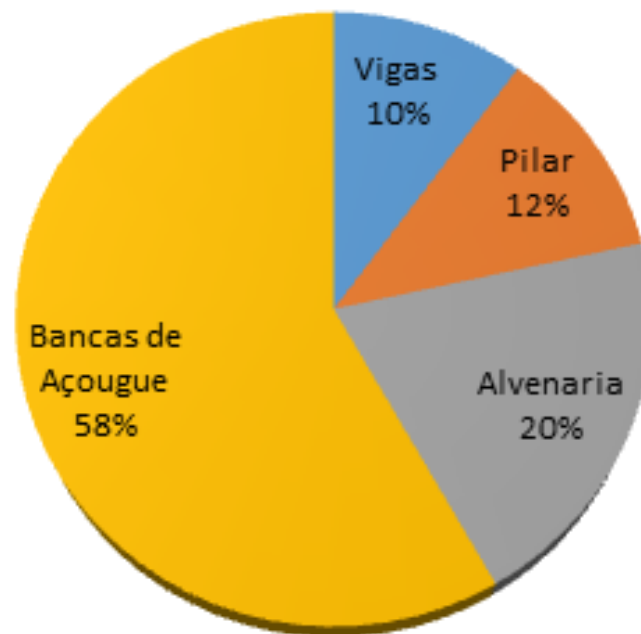


Gráfico 1 - Porcentagem das ocorrências de patologias no mercado (Autores, 2019).

É muito importante considerar que a origem das patologias não acontece de maneira isolada, mas, sim por uma interferência de fatores que podem ser caracterizados como agentes externos, como por exemplo, a variação de temperatura, a umidade do ambiente, a instabilidade do solo e a ação excessiva dos ventos. Os agentes externos podem causar das mais simples patologias até as mais graves, devendo ser evitadas desde o planejamento da obra.

Como já era esperado, as bancas em que as carnes são comercializadas são onde acontece o maior número de patologias, uma vez que, existe uma manipulação constante do

cloreto de sódio (NaCl). Como qualquer outro cloreto, ele pode penetrar no concreto por meio de uma pressão diferencial, causando a corrosão desse material

É considerável que a composição do concreto tenha uma influência direta na permeabilidade do material, e, desse modo, existindo sempre a busca por um concreto que apresente um grau de permeabilidade menor. Porém, é válido ressaltar que em estruturas com maior compactação, a permeabilidade e a absorção já são reduzidas, fazendo com que se tenha referência por um concreto um pouco mais permeável. (BONEADEU, 2016).

O Quadro 2, demonstra os tipos de patologias e a quantidade que ela aparece no Mercado Municipal, sendo que as fissuras são os tipos que apresentam a menor dimensão e são a com menor grau de agressão a estrutura. Em seguida, identificou-se trincas, estas por sua vez são um pouco maiores que as fissuras e seu grau de agressão estrutural é considerado baixo, observando-se que as trincas muitas vezes são fissuras que não foram contidas e aumentaram de tamanho.

Ainda no Quadro 2, é possível identificar a infiltração como uma das patologias encontradas no local. Tal patologia possui um grau de agressão considerado moderado, uma vez que através da infiltração ocorre com mais facilidade a penetração da água e cloretos.

Quadro 2 - Classificação da patologia quanto a sua tipologia (Autores, 2019).

Tipologia da Patologia	Número de ocorrências
Fissura	17
Trinca	6
Infiltração	10
Corrosão do Concreto	46

Como é visto no Quadro 2, a corrosão é o tipo de patologia que mais vezes aparece no Mercado Municipal, totalizando 46 vezes, sendo que a corrosão da armadura é uma das mais generalizadas patologias do concreto armado. O processo acontece por intermédio dos íons de Cloretos, ao entrarem em contato com as armaduras em níveis superiores a uma quantidade chamada de concentração crítica, dão início a um processo corrosivo das armaduras, que, inicialmente, se manifesta através de manchas provenientes do Óxido de ferro. (FIGUEIREDO, 2009).

O ambiente em que a estrutura se encontra é crucial para que esteja em risco de ser atacada por íons de cloretos. Uma analogia possível seria fazer comparação com o estudo de Gjorv (2015), no qual o autor abordou que em algumas situações na atmosfera marítima, o grau de saturação capilar varia entre 80 e 90% na camada de 40 a 50 mm, uma espessura comum para o concreto de cobertura em ambientes agressivos. A presença de um teor de umidade tão elevado estimula a difusão iônica. Nessa conjectura é possível considerar que as bancas de comercialização de carnes são ambientes agressivos, uma vez que, estão expostas constantemente ao NaCl, assim como nas regiões marítimas.



Figura 10 - Bancas de comercialização de carnes do mercado (Autores, 2019).

Observa-se na Figura 4, que nas bancas de comercialização de carne não existem outros tipos de patologias. Tal fato se dá pelas constantes reformas que são realizadas nas bancadas. Observa-se também que são necessários novos métodos para um melhor contingenciamento da corrosão.

Como método eficaz sugere-se que a reconstrução do cobrimento pode ser executada de acordo com alguns requisitos: o concreto projetado em espessura mínima de 50mm tem boa aderência ao concreto antigo e não requer formas, mas tem a desvantagem de gerar perda de materiais e degradar o ambiente. Adesivos a base epóxi são úteis em unir o concreto antigo com o novo, e tem maior vantagem em relação ao concreto projetado por impermeabilizar definitivamente a armadura, impedindo que se forme a corrosão mesmo que haja a carbonatação superficial (ALHADAS; CALIXTO; FERREIRA, 2010).

No entanto, uma desvantagem desse processo é a de conseguir formas para o método, a difícil compactação e adensamento do concreto novo ao antigo e a formação de seções maiores que as iniciais prejudicando a estética. Concretos e argamassas poliméricas apresentam alta durabilidade, impermeabilidade, aderência ao concreto antigo e armadura e não causam problemas estéticos por serem moldados em pequenos espaços (FRANCO, 2011).

Outro caminho é a utilização de um inibidor de corrosão, sendo este um composto químico que quando introduzido no concreto em quantidades reduzidas, pode evitar ou diminuir corrosão das armaduras sem afetar negativamente as propriedades físicas ou microestrutura do concreto. A utilização de inibidores de corrosão é considerado por muitos autores como um dos melhores métodos para a proteção contra a corrosão (OLLIVER; TORRENTI, 2014).

É válido ressaltar que os inibidores só devem ser adicionados à massa de concreto quando houver presença de cloretos e forem dosados em função dos teores de cloretos livres (LIMA, 2011).

É fundamental para que os inibidores tenham bons resultados que sejam considerados quatro aspectos: a causa da corrosão, para identificar se o problema pode ser solucionado com a utilização de inibidores; o custo da sua utilização, para verificar se o custo excede o das perdas causadas pela corrosão; as propriedades e mecanismo dos inibidores, para verificar sua

compatibilidade; e finalmente as condições adequadas de adição e controle, para garantir a correta utilização (OLLIVER; TORRENTI, 2014).

O Gráfico 2, representa a quantidade de ocorrências das patologias encontradas e sua relação com os elementos que compõem a estrutura do mercado municipal, sendo que o resultado que mais se destaca é o que se refere as patologias das bancas de comercialização de carnes.

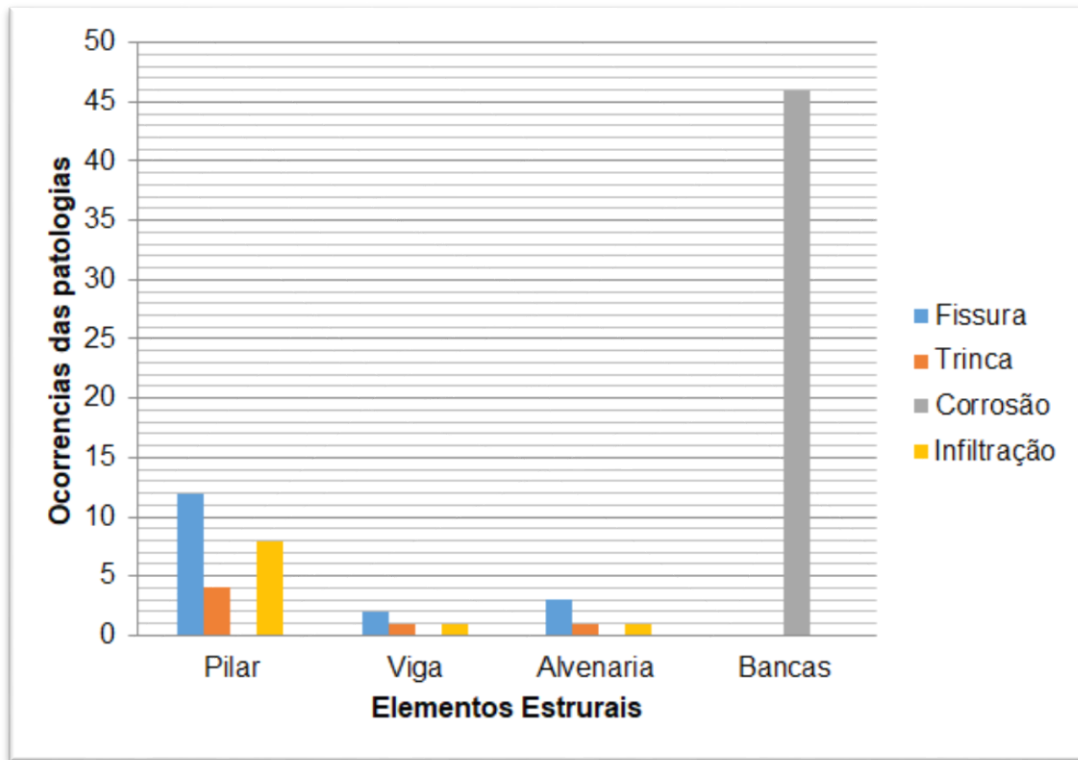


Gráfico 2 - Relação das patologias e suas incidências nos elementos estruturais (Autores, 2019).

Por intermédio do Gráfico 2, verifica-se que a corrosão só foi encontrada nas bancas de comercialização de carnes, o que reforça a premissa de que o causador de tal patologia é o NaCl. O Gráfico 2, demonstra também que nos pilares, vigas e alvenaria existe uma predominância nas fissuras e infiltrações, respectivamente, comprovando que existe um grau elevado de permeabilidade do concreto utilizado em toda a estrutura do Mercado, o que agrava toda a situação existente.

Na figura 5, observa-se a planta baixa do mercado municipal, contendo as suas mediadas em metros, bem como, contém as medidas das bancadas de açougue. Diante dessa conjectura, é possível averiguar que as bancas de açougue possuem uma área equivalente a 5m² e o mercado ocupa uma área de 454,6m².

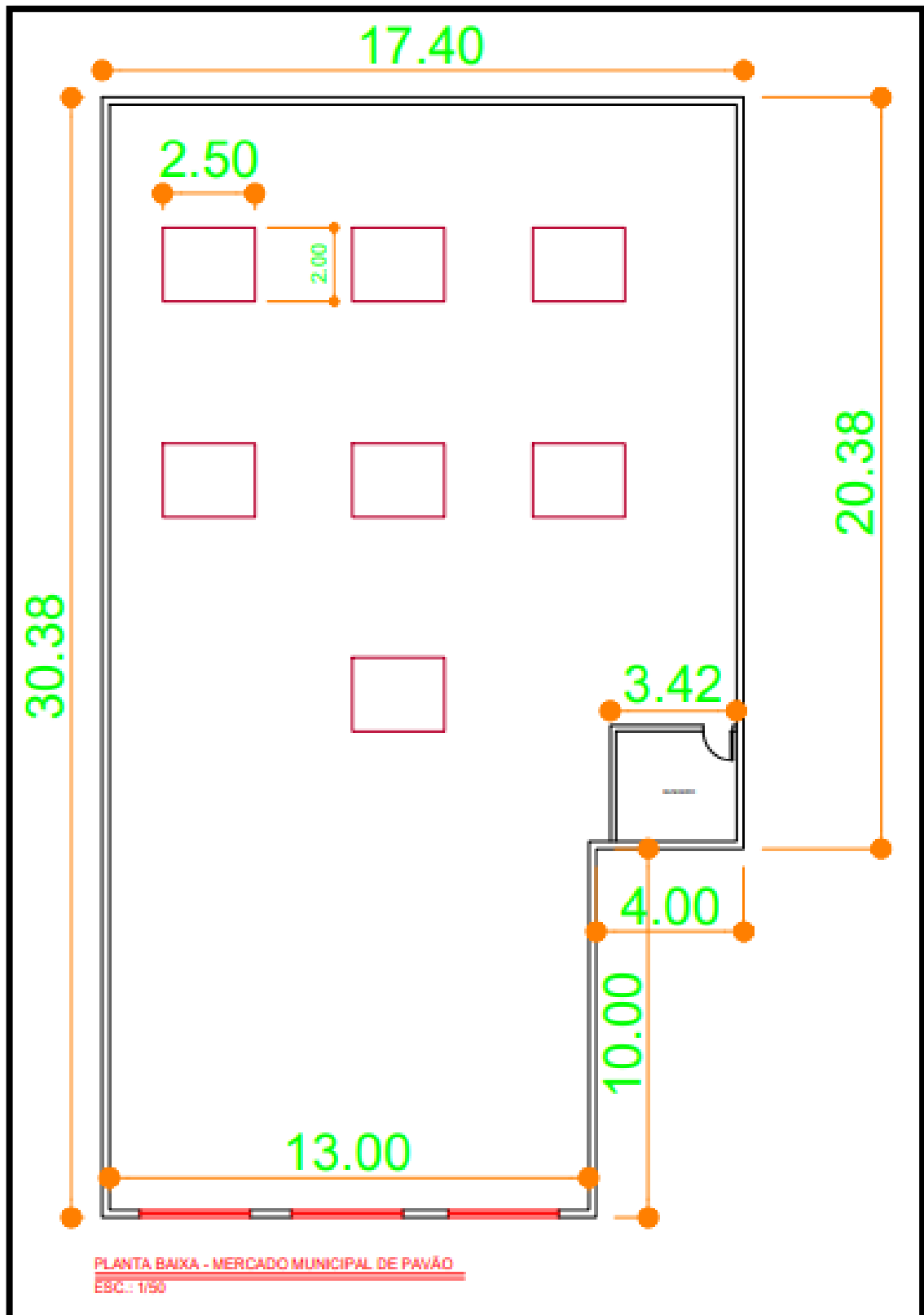


Figura 11 - Planta baixa do mercado municipal (Autores,2019.)

Na Figura 6, observa-se a planta baixa do Mercado Municipal, sendo que os pontos de vermelho indicam as fissuras, os verdes representam as corrosões presentes na parte superior das bancas, os quadriculados equivalem às corrosões internas, os círculos azuis referem-se às trincas e os círculos às infiltrações.

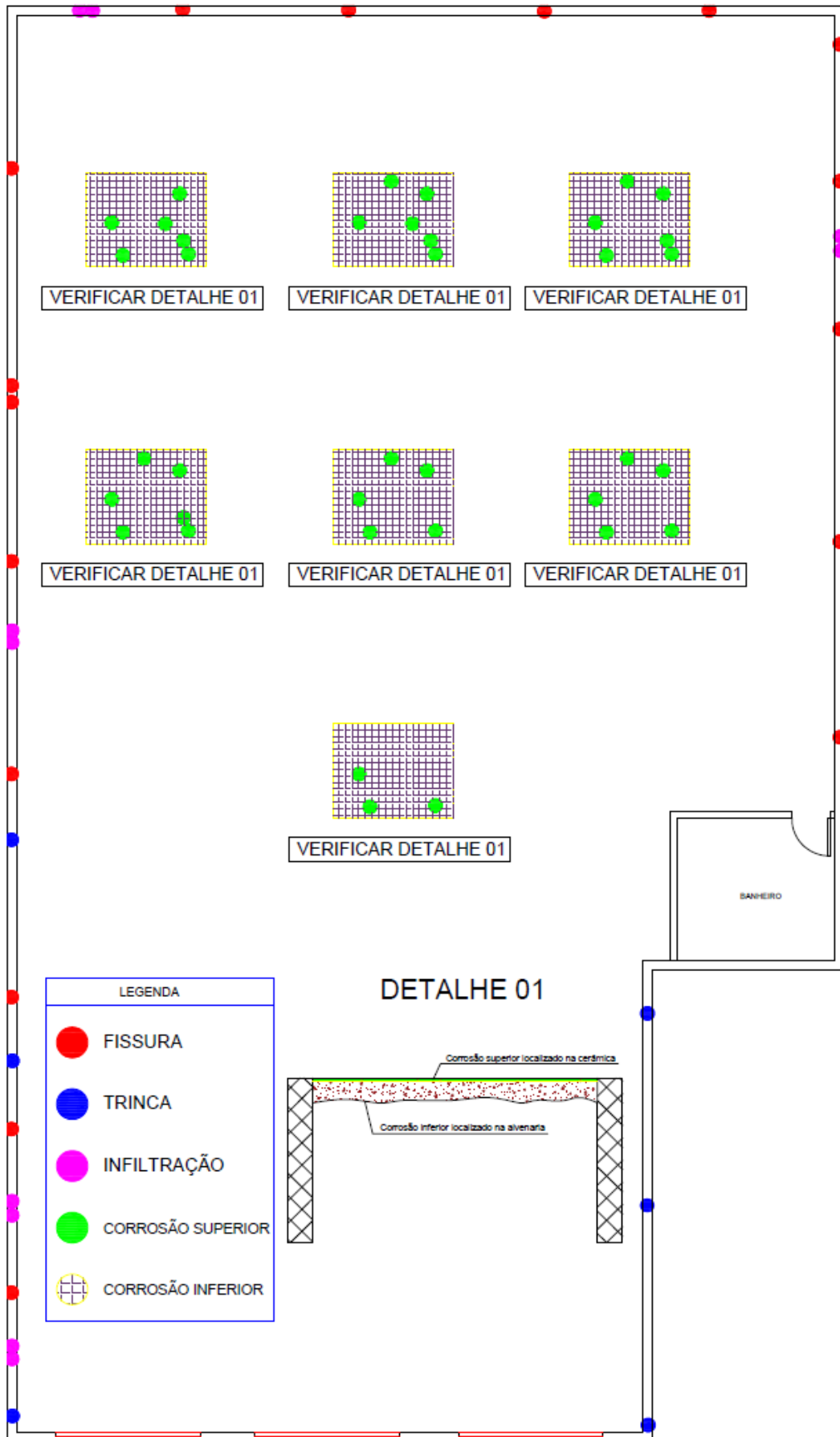


Figura 12 - Planta baixa do mercado municipal (Autores, 2019).

Na figura supracitada, analisa-se que as corrosões internas são de grande extensão, uma vez que estão presentes em toda a estrutura das bancas. As corrosões superficiais se encontram de maneira mais aleatória sem respeitar nenhum padrão específico.

Como pode ser visto na Figura 6, as demais patologias encontram-se bem distribuídas no estabelecimento, sendo possível observar que todas as infiltrações estão alocadas em pares e sempre próximas às fissuras, o que indica uma correlação entre as patologias.

A infiltração apresentada de maneira isolada nem sempre é sinal de problemas graves na estrutura, mas, estando entrelaçada a outros fatores, significa que ela representa um dano estrutural que pode estar sendo causado por falhas de concretagem gerando uma superfície desagregada ou de baixa resistência (LONZETTI, 2010).

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho caracteriza-se como de natureza, quali-quantitativa e pesquisa de campo, uma vez que, além de contabilizar numericamente os índices de patologias existentes no local estudado, buscou avaliar a diferença entre uma região com alto teor de cloreto de sódio em relação às demais regiões do local.

De acordo a pesquisa em campo no Mercado Municipal de Pavão - MG, é notório que a maior quantidade de ocorrências aconteceu nas bancas de comercialização de carnes, totalizando 46 eventos; em seguida, temos a alvenaria do local, sendo esta as paredes existentes no estabelecimento, com um total de 16 patologias. Por fim, temos as vigas e pilares com 8 e 9 ocorrências, respectivamente.

Observa-se que ao somar a quantidade de patologias encontradas no mercado obtém-se um total de 79 ocorrências. De modo geral, esse número é relativamente alto, ainda mais quando se verifica que aproximadamente 58% delas são somente nas bancas de carne, como se identifica no Gráfico 1 de Resultados e Discussões.

Como já era esperado, as bancas em que as carnes são comercializadas são onde acontece o maior número de patologias, uma vez que, existe uma manipulação constante do cloreto de sódio (NaCl). Como qualquer outro cloreto, ele pode penetrar no concreto por meio de uma pressão diferencial, causando a corrosão do material.

Foi feita uma pesquisa embasada na norma da ABNT NBR 6118:2003-projeto de estruturas de concreto que estabelece cobertura mínimo para lajes, pilares e vigas. Os valores levam em conta as classes de agressividade ambiental, sendo essas quatro, às quais as estruturas serão submetidas ao longo de sua vida útil, sendo I (rural), II (urbano), III (marinho ou industrial) e IV (polos industriais).

Como método eficaz sugere-se que a reconstrução do cobrimento pode ser executada de acordo com alguns requisitos: o concreto projetado em espessura mínima de 50mm tem boa aderência ao concreto antigo e não requer formas, mas tem a desvantagem de gerar perda de materiais e degradar o ambiente. Adesivos a base epóxi são úteis em unir o concreto antigo com o novo, e tem maior vantagem em relação ao concreto projetado por impermeabilizar definitivamente a armadura, impedindo que se forme a corrosão mesmo que haja a carbonatação superficial (ALHADAS, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014.
- AÏTCIN, P.C. Concreto de alto desempenho. 1. ed. São Paulo: PINI, 2000
- _____. Concreto de alto desempenho - Tradução de Geraldo G. Serra, São Paulo: PINI, 2000. 667p
- ALHADAS, M. S.; CALIXTO, J. M.; FERREIRA, M. C. N. F. Estudo comparativo das propriedades mecânicas de concretos fabricados com agregados graúdos de diferentes origens mineralógicas. *Concreto & Construção*. 2010.
- ALONSO et al. Onset of chloride induced reinforcement corrosion. In: KIM, S. H.; ANN, K. Y. (Eds.). *Handbook of concrete durability*. Korea: Middleton Publishing Inc, 2010.
- ANDRADE, M. C.; PAGE, C. L. Pore solution chemistry and corrosion in hydrated cement systems containing chloride salts: a study of cation specific effects. *British Corrosion Journal*, v. 21, n.1, p. 49-53, 1986.
- ANDRADE, C.M.P. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. São Paulo: PINI, 1988.
- ARAÚJO, Jose Milton de. Curso de concreto armado. 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014. 350 p.
- ARIVABENE, Antônio César. Patologias em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso. *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, Ed. 10, v. 1, dezembro de 2015.
- BAKKER, R.F.M. Corrosion of steel in concrete. London, Chapman and Hall, 1988. cap.3, p.22-55.
- BONADEU, J. R. Análise da penetração de cloretos no concreto armado expostos em ambiente natural e simulado (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). 2016.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. *Concreto armado eu te amo*. Sao Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2015.
- CASCUDO, Osvaldo. O Controle da Corrosão das Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. Ed. PINI, São Paulo, Ed. UFG, 1997, 237p.
- _____. *Estrutura de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura*. Capítulo 35. pg. 1071-1108. São Paulo: IBRACON, 2005. V.2
- COMIM, Kevin Willian e ESTACECHEN, Tatiane Alves Cecilio. Causas e alternativas de reparo da corrosão em armaduras para concreto armado. *Patologia*, Belo Horizonte, v.9, p. 36-47, ju-dez de 2017.
- CONSTRUINDO, REVISTA Belo Horizonte, v. 9, Ed. Esp. de Patologia, p. 36 – 47, Jul – dez., 2017
- FELIU, S. Manual inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras. Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1988.
- FIBERSALS, Construção, Reforma e Infiltração. Impermeabilização de paredes: como fazer para acabar com a infiltração. Outubro de 2018. Disponível em: < <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-em-paredes-como-fazer/>> Acesso em 30 de novembro de 2019.
- FIGUEIREDO, E. P. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. In: *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*, São Paulo: IBRACON, 2009, v. 3.
- FRANCO, A.P.G. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido ao ataque de íons cloreto. Caruaru: FAVIP, 2011. 42p. Trabalho de conclusão de curso, engenharia civil, Faculdade Vale do Ipojuca.

- GJORV, O. E. Projeto da durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- HELENE, P.R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: PINI, 1986.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA – IBGE. População da Cidade de Pavão. 2019. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pavao/panorama>> Acesso em: 25. Out. 2019.
- LEONHARDT, Fritz. Construção de concreto. Rio de Janeiro: Interciencia, 2007.
- LIMA, M. G. Ações do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia. 1. ed.. v. 1. 733-772 p. São Paulo: IBRACON, 2011.
- LONZETTI, F. B. Impermeabilizações em Subsolos de Edificações Residenciais e Comerciais. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- MARCHESAN, Paulo Renato Colpo; SATAROSA, Dirceo; CAMPAGNOLO, Joao Luiz. Estudo da influência da aplicação de revestimentos no controle da corrosão. Salão de Iniciação Científica (9.: 2007: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
- MEIRA, Gibson Rocha. Corrosão de armaduras em estrutura de concreto. João Pessoa: IFPB, 2017.
- NADALINI, A.C. V., BISPO, A. O. Patologia em Estruturas de Concreto Armado em Ambiente Marítimo. Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Foz do Iguaçu. 2017.
- NAKAMURA, Juliana. Cuidados para resistir a maresia. *Tecnologia*, São Paulo, ed. 88, julho 2004.
- NEVILLE, ADAN M. Propriedades do concreto . 2º ed. São Paulo: Editora Pini, 1997.
- OLLIVER, J. P. TORRENTI, J. M. A estrutura porosa dos concretos e as propriedades de transporte. In: Durabilidade do Concreto: Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente. São Paulo: IBRACON, 2014.
- ORCAFASCIO, Software para engenharia. Qual a diferença entre trinca e fissura. Maio, 2017. Disponível em: < <https://blog.orcafascio.com/qual-diferenca-entre-trinca-e-fissura/>> Acesso em: 30 de novembro de 2019.
- POLITO, G. Corrosão em estruturas de concreto armado: Causas, mecanismos, prevenção e recuperação. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2006, 191 p.
- POURBAIX, M. Lições de Corrosão Eletroquímica. Tradução de M. Elizabeth M. Almeida e Cristina M. Oliveira. 3. ed. Bruxelas: CEBELCOR, 1987, 421p.
- _____. Atlas of electrochemical equilibrium in aqueous solutions. Houston: NACE, 1974, 644p.
- PRÍSTIMO. Atlas Digital Geoambiental – Municípios de Minas Gerais. 2010. Disponível em:<<https://www.institutopristino.org.br/atlas/municipios-de-minas-gerais/pavão>> Acesso em: 27. Nov. 2019.
- RABELLO, Yopanan Conrado Pereira. Estrutura de aço, concreto e madeira. Sao Paulo: Zigurate, 2005. 373 p.
- SCHIESSL, P.; BAKKER, R. Measures of protection. In: SCHIESSL , P. (Ed.) Corrosion of steel in concrete. New York: RILEM / Chapman and Hall, p. 70-78, 1988
- TREADAWAY, K. Corrosion period. In: SCHIESSL , P. (Ed.) Corrosion of steel in concrete. New York: RILEM / Chapman and Hall, p. 56-69, 1988.
- TUUTI,K. Corrosion of steel in concrete. Stockholm, Swedish Cement and Concrete. Research Institute, 1982.

VIEIRA, Daniel Venâncio et al. Estudo de inibidores de corrosão em concreto armado. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 15, n. 3, p. 430-444, 2010.

VIEIRA, R. M.; MARQUES, V. C.; PADILHA Jr, M.; MEIRA, G. R. Estudo da carbonatação natural de concretos em ambiente urbano. *Concreto e Construções*, São Paulo, v. 58, p. 40-45, 2010.