



## TECNOLOGIAS E ALTERNATIVAS PARA GARANTIR O DESEMPENHO NAS EDIFICAÇÕES

André Luiz Fisnack

Graduando em Engenharia Civil na Universidade de Araraquara/Departamento de Engenharia, Araraquara – SP,  
[Andreluizfisnack@gmail.com](mailto:Andreluizfisnack@gmail.com)

Gerson de Marco

Docente na Universidade de Araraquara

Gislaine Aparecida Somenzari

Responsável pelo Laboratório de Química da Uniara unidade IV

**Resumo:** Devido ao grande crescimento habitacional, que provoca um acelerado ritmo construtivo, a durabilidade das Estruturas, e de seus sistemas, sofre deterioração pelo tempo e por agentes externos, que podem comprometer a Vida Útil das Edificações. A apresentação dessa interferência se dá por mecanismos de corrosão do concreto e da armadura, o que poderá acarretar graves danos morais aos construtores e estruturais a própria edificação. Na corrosão de Concreto é comum acontecer em um breve período de tempo apresentando manchas, desgaste e fissuras, que podem ser tratadas com produtos incorporados aos cimentos, impermeabilizantes e softwares de estimativa de tempo. A corrosão de Armaduras pode demorar em manifestar se, pois depende de agentes externos como Carbono e Cloretos de Sódio que penetram e interferem no PH do concreto provocando a corrosão das armaduras, o que pode ser controlados por anodos de sacrifícios, sensores de potencial elétrico e até substância incorporada ao próprio concreto. É comum encontrar várias manifestações como manchas, fissuras, flechas excessivas e recalques. Atualmente, o que é incomum é observar as diversas tecnologias que combatem esses problemas serem usadas, pois só se pensa em uma solução quando o problema é agravante ou quando acontecem grandes acidentes. A Engenharia no Brasil deve criar a cultura de manuais de manutenção e de execução, o que garantira uma maior vida útil das edificações.

**Palavras-chave:** Corrosão, Durabilidade, Estado Limite, Projeto, Tecnologias, Vida Útil.

## TECHNOLOGIES AND ALTERNATIVES TO ENSURE PERFORMANCE IN BUILDINGS

**Abstract:** *The growth of the Structural, the loss of structural, and the expansion of the case, deterioration of the time and external resources, that may compromise the Life of the Edifications. The presentation of this interference is a mechanism of corrosion of the concrete and the armor, which can cause serious damage to the builders and to the building itself. In concrete corrosion it is common to happen in a short period of time the stains, the wear and the cracks, that can be treated with products incorporated to the cements, waterproofing and*

*programming software of time. Corrosion of weapons can be slow to manifest due to the dependence of external agents such as carbon and Sodium Chlorides that penetrate and interfere with the burning process, causing corrosion of the reinforcement, which can be controlled by anodes sacrifices, electric potential sensors. and even substance incorporated into the concrete itself. Excessive flaps, cracks and vibrations are the result of a project design, can be predicted by software and recovered by polymers, fibers and steel sheets, as well as being able to measure their changes and control their results. The various manifestations are stains, fissures, excessive arrows and settlements. At the moment, what is unusual is to observe the different technologies that fight the issues that are presented, because this is thought of a solution when the problem is aggravating or when major accidents happen. Engineering in Brazil must create a culture of maintenance and execution manuals, which guarantees a greater useful life of the buildings.*

**Key-words:** Corrosion, Durability, State Boundary, Design, Technologies, Shelf Life

## 1. INTRODUÇÃO

É comum pensarmos na segurança das Estruturas quanto a sua ruptura, ou seja, seu colapso, mas esquecemos de ou até mesmo deixamos de lado sua funcionalidade e sua durabilidade, o que atinge seus Estados limites de serviço, que provocam desconforto e inseguranças aos usuários.

Em geral todo engenheiro se preocupa principalmente em garantir a segurança quanto ao estado limite ultimo. Afinal de contas, essa condição retrata uma situação de catástrofe. O primeiro cuidado é garantir que a estrutura nunca entre em colapso. No entanto, é fundamental e obrigatório também verificar o comportamento da estrutura em relação a todos os estados limites de serviço. (KIMURA, 2007, pág. 63).

Podemos classificar o Estado Limite Último relacionado com a segurança e o Estado limite de Serviço com o Desempenho e funcionamento.

Assim é que, de uns anos para cá, um ponto básico que vem sendo incorporado ao conceito de Estabilidade é o da Durabilidade Estrutural, pois de nada serve que uma estrutura seja estável apenas por um período de tempo tão curto que a torne economicamente inviável (SOUZA, RIPPER, 1998, pág. 6).

Por isso no Brasil a ABNT publicou a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais NBR 15575, e sua entrada em vigor, traz novas alternativas em relação a ensaios de aceite nos sistemas mecânicos da Estrutura. Essa nova edição não se limita mais a cinco pavimentos, ou seja, toda edificação é abrangida por ela, trazendo tópicos novos que dão a liberdade ao construtor de quantificar as estruturas por métodos implícitos e explícitos, tanto à sua durabilidade e manutenção, além de limitar a responsabilidade de construtores, quanto ao tempo que uma edificação deve corresponder a sua vida útil de projeto e de serviço.

Essas diversas anomalias construtivas, sejam elas provocadas por agentes externos ou internos causadas por mecanismos de degradação do concreto e das armaduras, geram grandes sensibilidades aos usuários, relacionando a insegurança a rupturas e processos judiciais, prejudicando a relação entre construtor e proprietário. O objetivo desse artigo é apresentar as tecnologias que são usadas na fase de projeto e de manutenção das edificações.

Tecnologias que monitoram a edificação em tempo real relacionando fissuras, deslocamentos e corrosão do concreto. “Hoje em dia, fica muito difícil imaginar o cálculo de uma grande estrutura de uma forma 100% manual!” (KIMURA, 2007, pág. 24), Os trabalhos

de recuperação e reforço das estruturas são mais rápidos e modernos possibilitando ao construtor executar de maneira íntegra e objetiva, em prazos curtos de tempo, impedindo a demolição de uma edificação por falta de segurança e solução.

Essas diversas tecnologias tem o objetivo de auxiliar os profissionais na área da construção civil, garantindo a integridade dos profissionais. Mas devemos compreender os sistemas e seus dados, para evitar conflitos e erros grosseiros de interpretação. Desta forma, conhecer as Tecnologias atuais é garantir uma boa manutenção e vida útil das edificações, além de projetar e garantir uma boa durabilidade estimulando o tempo de vida útil e atendendo a todos estados limites.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nas edificações é comum encontrar dois tipos de corrosão: corrosão do concreto e corrosão das Armaduras. Vamos tratar aqui especificamente de corrosão do concreto que segundo SOUZA e RIPPER podem classificar se em três tipos, dependendo das ações químicas que lhe dão origem: corrosão por lixiviação; corrosão química por reação iônica; e corrosão por expansão.

### 2.1 CORROSÕES DO CONCRETO

#### 2.1.1 LIXIVIAÇÃO

Provocada pela ação da velocidade das águas puras<sup>1</sup>, águas da chuva que ao passarem pelo concreto removem a pasta do cimento presente no concreto, é uma corrosão muito comum de encontrar nas edificações, principalmente nas calçadas.

A corrosão por lixiviação consiste na dissolução e arraste do hidróxido de cálcio existente na massa de cimento Portland endurecido (liberado na hidratação) devido ao ataque de Águas puras ou com poucas impurezas, e ainda de águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas, que são responsáveis pela corrosão, sempre que puderem circular e renovar-se, diminuindo o PH do concreto. (SOUZA, RIPPER, 1998, pág. 72)

Essa manifestação corrói a pasta cimentícia, diminuindo sua resistência mecânica e sua camada protetora no caso de vigas, pilares ou murros de contenção, deixando expostos os agregados. É comum ver essa manifestação em calçadas ou lugares expostos a chuvas. Como mostra a figura 1.

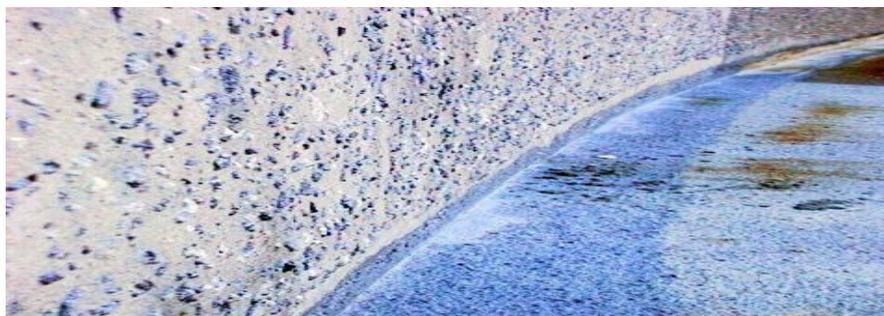


**Figura 1** lixiviação devido à velocidade da água

Existe também a agressão de Águas contaminadas pela presença de ácidos e sais, como o mesmo SOUZA e RIPPER reforçam que em soluções concentradas, os cloretos de

<sup>1</sup> Água Pura – por definição é a água totalmente livre de outras substâncias, isto é, apenas H<sub>2</sub>O. Sendo a definição de pura é aquela utilizada em química, ou seja, ausência de outras substâncias.

amônio, de magnésio e de cálcio agredem fortemente o concreto, e o ácido sulfúrico destrói o cimento, mesmo quando em pequenas concentrações, como mostra a figura 2.



**Figura 2 Lixiviação (dissolução da pasta alcalina) em um tanque de produtos químicos.**  
**Fonte: CURSO ENGEDUCA PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO 2018**

### 2.1.2. EFLORESCÊNCIA

Outra forma de corrosão do cimento é a eflorescência que de acordo com SANTOS E SILVA FILHO são depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso (cerâmicos ou não), paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.

Os depósitos acontecem quando os sais solúveis nos componentes das alvenarias, nas argamassas de emboço, de fixação, de rejuntamento ou nas placas cerâmicas são transportados pela água utilizada na construção, na limpeza ou vinda de infiltrações, através dos poros dos componentes de revestimento. Esses sais em contato com o ar se solidificam, causando depósitos. (SANTOS E SILVA FILHO, 2008, pag.7).

Afirma Grantato (2005) que a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para a superfície onde a evaporação da água resulta a formação de depósitos salinos. Por isso a cor branca provoca manchas, pois estes sais são incorporados nas argilas, que são matérias primas para revestimentos tijolos cerâmicos e nas areias que são agregados utilizados nas argamassas e também nas águas utilizadas no rejuntamento. Como podemos observar nas figuras 3 e 4



**Figura 3 Figura 03- Eflorescência em revestimento**  
**Fonte: autoria própria 03/06/2018 Monte Alto SP**



**Figura 4 Eflorescência em revestimento**

**Fonte: autoria própria 02/04/2018 Taquaritinga SP**

Os Sais solúveis presentes nos materiais utilizados na construção civil é a matéria prima para o surgimento das eflorescências pelo Quadro 1 descrita por Bauer (2001), bem como sua solubilidade em água e a fonte provável de seu surgimento.

**Quadro 1 – Materiais e suas Solubilidades**

Composição Química	Solubilidade em Água	Fonte Provável
Carbonato de cálcio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de magnésio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de potássio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Carbonato de sódio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Hidróxido de cálcio	Solúvel	Cal liberada na hidratação do cimento.
Sulfato de cálcio desidratada	Parcialmente solúvel	Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo.
Sulfato de magnésio	Solúvel	Tijolo e água de amassamento.
Sulfato de cálcio	Parcialmente solúvel	Tijolo e água de amassamento.
Sulfato de potássio	Muito solúvel	Tijolo água de amassamento e cimento
Sulfato de sódio	Muito solúvel	Tijolo água de amassamento e cimento
Cloreto de cálcio	Muito solúvel	Água de amassamento.
Cloreto de magnésio	Muito solúvel	Água de amassamento.
Nitrato de magnésio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.
Nitrato de sódio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.
Nitrato de amônio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.

Fonte: Bauer (2001)

Assim devido a presença de água, seja ela em relação ao concreto ou como agente externo, pode ter muitas manifestações nas edificações como manchas, corrosão, bolor, fungos, algas, eflorescências, descolamento de revestimentos, fissuras e alteração nas colorações e essa água está diretamente ligada ao transporte dos sais. Mas não só a água pode influenciar negativamente nas alvenarias o ar também influencia de maneira agressiva.

A qualidade do ar é um fator importante a ser considerado em relação ao ambiente externo. A atmosfera é formada por gases, predominando o nitrogênio (78%) e oxigênio (21%) e, em quantidades menores, o vapor d'água, dióxido de carbono e ozônio. Além destes, outros gases são lançados de forma natural como a erupção vulcânica e artificial como queima de combustíveis ou processos industriais. (LERSCH, 2003, p.74)

Segundo Santos e Silva Filho (2008) as placas cerâmicas e a argamassa possuem vazios em seu interior, como cavidades, bolhas, poros abertos e fechados e uma enorme rede de micro canais. A água então pode passar para o seu interior por capilaridade ou mesmo por força do gradiente hidráulico. O Quadro 2 apresenta as origens da umidade nas construções, que é considerada pelos profissionais como uma das manifestações mais comuns, visto que está diretamente ligada a penetração de água nas edificações. Facilmente encontrada nas construções, a umidade se apresenta como a causadora de danos as construções e graves consequências à estrutura de sustentação de uma obra.

Quadro 2 - Origens da umidade nas construções

Origens	Presente na,
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção da argamassa Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático.
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens.

Fonte: Adaptada de Klein (1999 apud Souza, 2008).

Neste sentido, fica evidente que a umidade surge de diversas causas e presente nas construções, causa grandes danos à durabilidade das edificações, pois através de sinais como manchas, bolores entre outros, mostram que futuramente surgirá graves danos à estrutura, como corrosões do concreto e da armadura diminuindo a resistência dos sistemas estruturais, como vigas, pilares, lajes e pórticos.

### 2.1.3. REAÇÃO ÁLCALI AGREGADO (RAA)

Segundo Veiga (1997) reação álcali agregado é um processo químico no qual alguns constituintes mineralógicos do agregado reagem com hidróxidos alcalinos (provenientes do cimento, água de amassamento, agregados, pozolanas, agentes externos, etc.) que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Como produto da reação forma-se um gel higroscópico expansivo. E seu mecanismo de manifestação se dá de forma lenta como uma

expansão do concreto provocando fissuras erráticas, deixando as armaduras expostas podendo comprometer toda a estrutura.

Como descreve o próprio Kihara (1993) a reação álcali-agregado como sendo “uma reação lenta e complexa que ocorre entre os álcalis ativos, ou disponíveis no cimento e algumas espécies de minerais presentes em alguns tipos de agregados que em condições especiais provocam a deterioração do concreto. A reação se manifesta no concreto por um padrão de fissuração, deslocamentos e uma exsudação de gel, (nem sempre presente)”.

E segundo Biczok (1972), a reação álcali agregado ocorre entre os álcalis  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  provenientes do cimento, a cal liberada pelo cimento e os agregados reativos, que contenham ácido silícico amorfo ou que sejam fracamente cristalinos. De acordo com o autor, nesta reação ocorre a formação de um gel sílico-alcálico que ao adsorver água, incha exercendo pressões expansivas e causando fissurações. Consequentemente o concreto sofre dilatações gerando uma rede de fissuras em sua superfície. (in Hasparyk, 1999).

A Reação Álcali agregado pode ser encontrada segundo Kihara (1993) em três formas:

- **Reação Álcali-Sílica (RAS):** ocorre entre a sílica amorfa ou certos tipos de vidros naturais (vulcânicos) e artificiais e os íons hidroxilas provenientes da dissolução dos hidróxidos alcalinos.
- **Reação Álcali-silicato (RAS):** semelhante à anterior - álcali-sílica - porém mais lenta, envolve outros silicatos, tais como feldspatos, quartzo fundamentalmente deformado (tensionado) e minerais expansivos, presentes em folhelhos ou outras rochas sedimentares, metamórficas e magmáticas.
- **Reação Álcali-Carbonato (RAC):** ocorre entre certos calcários dolomíticos e as soluções alcalinas nos poros do concreto.

Dentre os diversos fatores que interferem na reação destacam-se: o cimento com alto teor de álcalis disponíveis para reagir, agregados potencialmente reativos e fatores ambientais tais como elevadas temperatura e umidade, como mostrados na figura 6 .

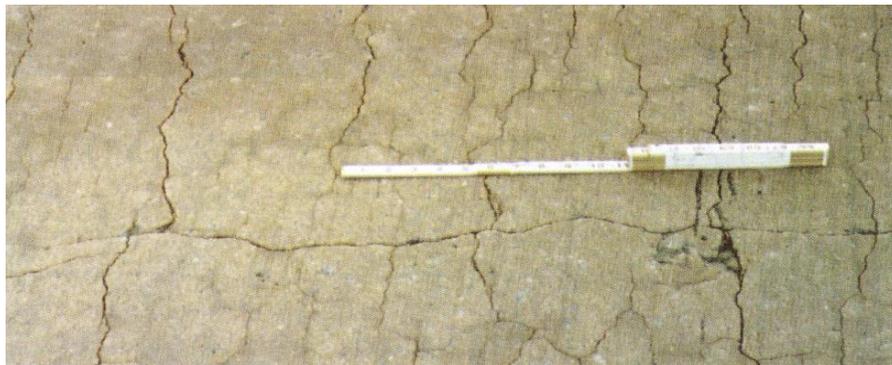


Figura 5 Reação Álcali agregado e presença de sulfatos

Fonte: CURSO ENGEDUCA PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO 2018

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 EFLORESCÊNCIAS EM REVESTIMENTOS

A mancha presente nos revestimentos é causada por entrada e saída de água através de diversos mecanismos de condução. Todo conjunto de revestimento é suscetível de infiltração em vários níveis. A NBR13818: 1997 ressaltam os vários tipos de absorção de água no “anexo T” (grupos de absorção d’ água), dividindo em grupos de fabricação: **A** (extrudados), **B**(prensados), **C**(outros); acrescido do grupo de absorção 1, 2 e 3 e os subgrupos **a** e **b**. Além

da placa de porcelanato, o rejuntamento pode contribuir muito na evaporação e infiltração de água advinda externamente nas fachadas. Vigente a esse problema a NBR14992: 2003 apresentam requisitos mínimos para as propriedades da argamassa de rejuntamento, conforme Quadro 3 .

Quadro3 – Requisitos para Argamassa de Assentamento

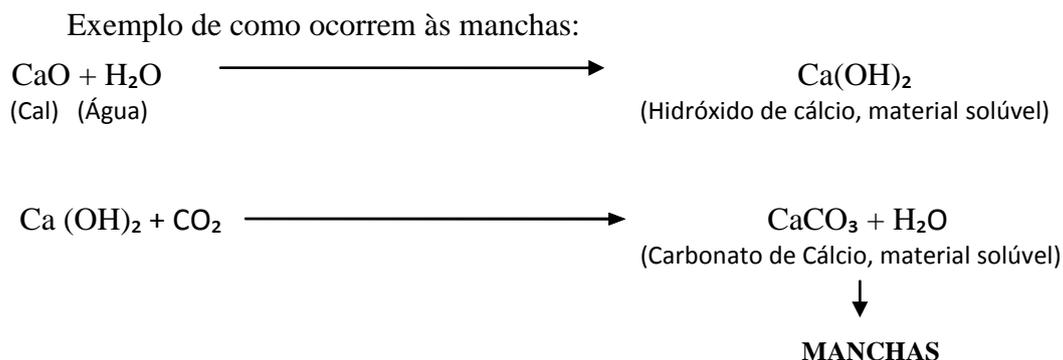
Anexos	Método/propriedade	Unidade	Idade de Ensaio	Tipo I	Tipo II
<b>B</b>	Retenção de água	Milímetro (mm)	10 min	$\leq 75$	$\leq 65$
<b>C</b>	Variação dimensional	Milímetro por metro (mm/m)	7 dias	$\leq   2,00  $	$\leq   2,00  $
<b>D</b>	Resistência a Compressão	Megapascal (Mpa)	14 dias	$\geq 8,0$	$\geq 10,0$
<b>E</b>	Resistência à tração na flexão	Megapascal (Mpa)	7 dias	$\geq 2,0$	$\geq 3,0$
<b>F</b>	Absorção de água por capilaridade aos 300min	Gramas por centímetro quadrado ( $g/cm^2$ )	28 dias	$\leq 0,60$	$\leq 0,30$
<b>G</b>	Permeabilidade aos 240min	Centímetros cúbicos ( $cm^3$ )	28 dias	$\leq 2,0$	$\leq 1,0$

Fonte: NBR14992 (2003).

A capacidade de absorção de água dos elementos é fundamental para entendermos o que provoca a eflorescência, pois a passagem de umidade através do sistema cerâmico (revestimento, argamassa de rejunte e assentamento), causam quimicamente, essas manchas salinas de **metais alcalinos**, como o sódio e potássio, e **alcalino-terrosos** (cálcio e magnésio), solúveis ou parcialmente em água.

Há dois modos de a água penetrar no piso porcelanato: pelo rejuntamento ou por capilaridade. Como o fluxo de água nas peças carregam substâncias agressivas (sujeiras, corantes, etc.), podem ser introduzidas nas redes capilares do concreto e da argamassa que formar o substrato no qual os pisos estão assentados. O líquido também pode dissolver ou transportar certos sais solúveis presentes no emboço, na argamassa e no piso porcelanato. Absorção e impermeabilidade são na verdade características fundamentais e importantes nos revestimentos em geral, assim como a presença de substâncias solúveis em água. O que não se pode permitir é a movimentação de água através deles.

O sistema revestimento cerâmico (emboço + argamassa colante + argamassa de rejuntamento) tem como uma de suas funções não permitir a infiltração de água advinda do ambiente externo. Entretanto, as placas cerâmicas ou porcelanatos são materiais porosos de composição argilosa que naturalmente absorvem água na sua base, e no caso de porcelanatos são muito pequenos os índices de absorção de água, por isso as manchas que efloresce são brancas e se encontram no espaço que separa uma placa da outra preenchida pelo rejunte.



#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo central desse trabalho é apresentar as tecnologias usadas para analisar a dinâmica que causa a eflorescência no revestimento cerâmico, visto que são como a pele do corpo humano protegendo os músculos e ossos.

Cuidar da durabilidade dos revestimentos e fachadas é garantia de uma grande vida útil. Para alcançar o objetivo proposto, utilizou-se o método do levantamento de dados publicados na literatura sobre o tema em questão. Coletando dados e pesquisando o ambiente manifestado pela eflorescência presente nas literaturas analisadas acima, além do uso de substâncias indicadoras de PH como fenolftaleína e de presença de sais solúveis como o condutivímetro.

#### 5. ESTUDO DE CASO

Para melhor elucidar todos os conceitos e as teorias sobre a eflorescência nos revestimentos, utilizou-se o estudo de caso realizado para a cidade de Monte Alto, que curiosamente vem apresentando um grande índice dessa anomalia em revestimentos porcelanato com textura “madeira” o que despertou o interesse desse estudo. A cor Marrom<sup>2</sup> apresenta um índice de 70% de absorção de calor descrito na tese de doutorado de Kelen Almeida Dornelles, e complementa "por absorver grande parte da energia solar, essas cores contribuem para o aumento da temperatura da parede, transmitindo, assim, mais calor para o interior dos ambientes."

Foi analisado o lugar que ocorreu a manifestação patológica em Monte Alto SP: Mercado municipal que se encontra na Rua Florindo Cestari, 861 – Centro, como a fachada parcialmente afetada por manchas brancas causadas pela eflorescência. O Mercado teve início da revitalização em meados de abril de 2016 como mostra a figura 7.



**Figura 6 – emboço parcial da fachada do mercadão Municipal**  
Fonte: MONTEALTOAGORA-(2018).

<sup>2</sup> O marrom é feito combinando vermelho, preto e amarelo, ou vermelho, amarelo, e azul, é uma cor terciária.

E entregue a revitalização no dia 30/09/2017 como mostra a figura 8.



**Figura 7 – Entrega da revitalização do mercadão Municipal (30/09/2017)**  
**Fonte: MONTEALTOAGORA-(2018).**

A Prefeitura de Monte Alto terceirizou a revitalização para empresa ganhadora da licitação. Depois de um alguns meses constatou as manchas de eflorescências nos pisos de porcelanato. O Piso contido nesta obra tem a classe **Bla** mostrado pela NBR13818: 1997 com as seguintes características conforme Quadro 4.

**Quadro 4 – Característica de Piso Porcelanato**

Absorção de água	$0 \leq \text{abs.} \leq 0,05$	(%)
Módulo de Resistência à flexão	32 a 35	Mpa

Fonte: NBR13818 (1997).

A presença contínua do sol em certa parte da fachada provocou um aumento de temperatura no revestimento, o que provocou a saída de água do sistema através do rejunte, que não garantiu a estanqueidade. A água ao sair trouxe consigo os óxidos de potássio e sódios que são conhecidos como álcalis do cimento Portland<sup>3</sup>, que ao reagir com a presença de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) emitidos pelos veículos ocasionou as manchas conhecidas como eflorescência. A rua do estabelecimento tem um grande fluxo de veículos onde aliados com a incidência solar na fachada cominou na anomalia patológica em um curto período de tempo, como podemos ver nas Figuras 9 e 10.

<sup>3</sup> O cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clinker, constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. As matérias-primas do clinker são: cal (CaO) ou calcário; sílica (SiO<sub>2</sub>) da areia; alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) da argila; óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) da argila. Ainda é adicionada certa proporção de magnésia (MgO) e uma pequena porcentagem de anidrido sulfúrico (SO<sub>3</sub>), que é adicionado após a calcinação para retardar o tempo de pega do produto final. O cimento Portland tem ainda, como constituintes em menor proporção, impurezas como o óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O), óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) e óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>).



**Figura 8 Situação atual da Fachada Mercado Monte Alto**  
**Fonte: autor André Fisnack 26/09/2018 Monte Alto SP.**



**Figura 9 Situação atual da Fachada Mercado Monte Alto**  
**Fonte: autor André Fisnack 26/09/2018 Monte Alto SP.**

A presença de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Hidróxido de cálcio) na argamassa ou emboço, combinada com a água  $\text{H}_2\text{O}$  presente no sistema ou infiltrada por forças externas, mais a emissão de  $\text{CO}_2$  (Dióxido de carbono) pelos veículos originou,  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de cálcio, material solúvel) em água e que altera o PH do cimento provocando a corrosão. Assim, uma forma de comprovar essa análise é o uso da solução fenolftaleína que indicara as faixas de PH conforme Quadro 5.

#### Quadro 5 – Espectro da Fenolftaleína



Fonte: Engeduca (2018).

Desta forma o PH ideal é na faixa entre 12,5 e 13,5 alcalino de cor vermelho carmim, pois qualquer PH fora dessa faixa pode comprometer o cimento e o revestimento provocando maior porosidade e por consequência caminho livre para a eflorescência. Foi aplicada a solução fenolftaleína no revestimento contaminado e observou se a presença de um PH ácido da cor branca e próximo da área contaminada apresentou um PH natural do revestimento e do cimento com cor carmim como apresenta a figura 11.



**Figura 10** Aplicação de Fenolftaleína na Fachada

Fonte: autor André Fisnack 24/10/2018 Monte Alto SP.

Afirmando a Carbonatação causada pela reação do Carbonato de Cálcio, atingindo o E.L.S. (estado limite de serviço) apresentando manchas no revestimento. Foi realizado um ensaio no laboratório de Química na Universidade de Araraquara UNIARA localizado na unidade 4, para aferição dos teores de sais, pelo aparelho condutivímetro que mede através da presença de sais nos materiais sua condutividade elétrica. Os materiais analisados foram pisos porcelanatos usados nas obras, areia de rios, de estradas, além da água de abastecimento da rede pública. Foram coletadas 100 gramas de cada material e na temperatura de 50°C homogeneizadas e aferidas pelo aparelho que apresentou os seguintes resultados na unidade de micro Siemens por centímetro, conforme Quadro 6 e materiais usados na figura 12.

**Quadro 6 –** Relação de Materiais analisados

Tipo de Material	Unidade de Micro Siemens /centímetro
Areia de rio 1	31 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Areia de rio 2	28 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Areia de estrada 1	127 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Areia de estrada 2	92 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Piso porcelanato 1	406 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Piso porcelanato 2	295 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Água da rede pública 50°C	226 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Água da rede pública 28°C	128 $\mu\text{s}/\text{cm}$

Fonte: autoria própria 25/10/2018 Araraquara SP.



**Figura 11** Ensaio laboratório por condutivímetro, materiais ensaiados.

Fonte: autoria própria 25/10/2018 Araraquara SP.

Mostrando que não só o cimento apresenta um elevado teor de cálcio e sais solúveis, o piso porcelanato 1 apresentou também um elevado teor de sais o que facilita o surgimento dessa patologia.

## 6. CONCLUSÃO

Este Artigo teve o objetivo de apresentar tecnologias usadas para identificação de problemas decorrentes da corrosão do Concreto em especial a Eflorescência, que não só relaciona se ao concreto armado, mas aos revestimentos usados atualmente. Varias manifestações patológicas são inerentes ao processo, pois vários insumos contêm sais no seu processo de fabricação. Assim, conhecer e saber suas origens é de fundamental importância para garantir uma Vida Útil satisfatória, além de evitar grandes transtornos futuros e até comprometer a segurança das pessoas. A norma de desempenho preconiza uma (VUP) vida útil de projeto para vedação vertical externa maior ou igual a 20 anos e acrescenta que se os requisitos de desempenho tenham sido atendidos e não surjam patologias significativas nos sistemas depois de decorridos 50% dos prazos de vida útil de projeto, contados a partir do auto de conclusão da obra, considera-se atendido o requisito de vida útil de projeto, salvo prova objetiva em contrário. Para pisos externos a Vida útil mínima é maior que 13 anos e a Vida útil superior maior que 20 anos. No Estudo de caso, a edificação apresenta uma idade de restauração de 2 anos o que não imprime nem 50% da vida útil, ou seja, a má qualidade da mão de obra aliada com materiais de qualidade inferior, comprometeu a durabilidade do sistema. Por fim garantir a durabilidade dos sistemas externos como argamassa, pintura, pisos, telhados, garantem a durabilidade estrutural da edificação evitando manchas, fissuras, flechas excessivas que podem comprometer a Vida útil, trazendo consigo graves danos a estrutura, por isso a relevância do assunto. Devemos criar a cultura de averiguar os Estados Limites de Serviços, pois é a fase inicial de degradação, e se não reparada pode culminar no colapso da Edificação, o que torna o reparo mais oneroso e significativo.

## 7. BIBLIOGRAFIA:

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.v. 1.

BICZOK, I. 1972. **Corrosion y proteccion del hormigon**. Bilbao/España: Ediciones Urmo. Trad. de Emilio J. d'Ocon Asensi, p.275-280.

GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito**. São Paulo: Viapol, 2005. Notas de aula do curso de patologia das construções.

HASPARYK, N. P. 1999. Investigação dos mecanismos da reação álcali-agregado - efeito da cinza de casca de arroz e da sílica ativa. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - UFG, 257 p.

KIMURA Alio. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais. 1. Ed. São Paulo: Pini, 2007. 24-63 p.

KIHARA, Y. 1986. **Reação álcali-agregado - aspectos mineralógicos**. In: I Simpósio Nacional de Agregados. São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 1986. p. 127-138.

KIHARA, Y. 1993. **Reação álcali-agregado: mecanismo, diagnose e casos brasileiros**. In: congresso brasileiro de cimento, 3., 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: ABCP, v.1, pp. 319-337.

LERSCH, I. M. **Contribuição para identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**, 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SANTOS, Pedro Henrique Coelho; SILVA FILHO, Antônio Freitas. **Eflorescência: causas e consequências**. Salvador: [s.n.], 2008.

SOUZA, Vicente Custódio de. **Patologia: recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. Ed. São Paulo: PINI, 1998. 6-25 p

VEIGA, F. N., Gonçalves, I. N., Armelin, J. L., Hasparyk, N. P., 1997. **Reação Álcali-Agregado: A utilização da técnica de microscopia eletrônica de varredura na identificação de seus produtos**. Simpósio Sobre Reatividade Álcali-Agregado Em Estruturas de Concret, Goiânia, novembro de 1997, Anais. pp 13-20.