

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia de Materiais e Construção**

Layane Baêta da Silva Borges

**RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: estudo de caso  
de recomposição de vigas e pilares de equipamento na Mina de Vargem  
Grande**

Belo Horizonte  
2023

Layane Baêta da Silva Borges

**RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: estudo de caso  
de recomposição de vigas e pilares de equipamento na Mina de Vargem  
Grande**

Monografia de especialização apresentada  
à Escola de Engenharia da Universidade  
Federal de Minas Gerais, como requisito  
parcial à obtenção do título de Especialista  
em Construção Civil.

Orientadora: Cristiane Machado Parisi  
Jonov

Belo Horizonte  
2023

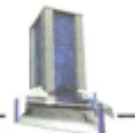
B732r Borges, Layane Baêta da Silva.  
Recuperação de estruturas de concreto armado [recurso eletrônico] : estudo de caso de recomposição de vigas e pilares de equipamento na Mina de Vargem Grande / Layane Baêta da Silva Borges. – 2023.  
1 recurso online (42 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Cristiane Machado Parisi Jonov.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f. 40-42.  
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Materiais de construção. 3. Estruturas de concreto armado. 4. Vigas. I. Parisi Jonov, Cristiane Machado. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.  
CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: LAYANE BAËTA DA SILVA BORGES

MATRÍCULA: 2019719104

### RESULTADO

Aos 17 dias do mês de julho de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO DE RECOMPOSIÇÃO DE VIGAS E PILARES DE EQUIPAMENTO DA MINA DE VARGEM GRANDE"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO       APROVADO COM CORREÇÕES       REPROVADO

NOTA: 95

CONCEITO: A

### BANCA EXAMINADORA:

Nome  
Prof. Dr. Cristiane Machado Parisi Jonov

Assinatura  
Cristiane Machado  
Paris:89497244649  
Assinado de forma digital por  
Cristiane Machado  
Paris:89497244649  
Data: 2023.07.17 18:25:01 -03'00'

Nome  
Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

Assinatura  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Assinado de forma digital por  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Data: 2023.07.17 18:28:04 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E AVALIAÇÕES NAS CONSTRUÇÕES"

Belo Horizonte, 17 de julho de 2023

Antônio Neves  
de Carvalho  
Júnior  
Assinado de forma digital  
por Antônio Neves de  
Carvalho Júnior  
Data: 2023.07.18  
15:46:48 -03'00'

Coordenador do Curso

Dedico este trabalho ao meu amado avô Geraldo que me ensinou durante a vida toda que o estudo é o que temos de mais precioso, além do trabalho e da vontade de querer aprender e ser melhor a cada dia. Foi com ele que aprendi a sonhar, mas sempre tocando os pés no chão e a trilhar um caminho com ética e honestidade buscando consolidar uma carreira.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus colegas de trabalho da equipe de Integridade Estrutural Vale, Concremat e AS Construções que estiveram comigo durante a recuperação das vigas e pilares do silo na Mina de Vargem Grande, a qual se tornou meu projeto.

Em especial agradeço ao Luiz Beraldo, que muito agregou neste trabalho com sua experiência, ensinamentos e por se tornar uma referência.

Agradeço a minha família (Mãe, Pai, Irmã, Avós, Afilhado, Tias e Tios) por apoiar todos os meus projetos e comemorar cada novo passo comigo.

Agradeço a Angela por comemorar cada vitória comigo, me incentivar e me inspirar a cada dia a ser uma pessoa e uma profissional melhor.

Agradeço aos meus amigos por serem sempre apoio e por me darem força pra nunca desistir de um projeto.

Agradeço a UFMG e a minha orientadora Cristiane por todo o aprendizado, compartilhamento de conhecimentos e por galgar mais um degrau na minha vida profissional.

## RESUMO

Este estudo tem por objetivo relatar sobre a recuperação das estruturas de concreto armado: possíveis causas que levam ao desgaste das mesmas e as principais formas de tratamento delas. Como um dos métodos mais utilizados na construção civil, o estudo e as pesquisas em torno deste tema são recorrentes. A utilização de materiais de baixa qualidade utilizados nas obras, a mão de obra pouco qualificada e a falta de manutenção das estruturas são os principais fatores citados como causadores dos danos a elas. Para tanto, recorreremos à pesquisa explicativa com estudo de caso de uma obra que ocorreu na Mina de Vargem Grande, na Vale. Os resultados obtidos foram: necessidade de intervenção imediata, com apoio de diferentes setores da Vale, devido ao desgaste por abrasão das vigas e pilares. Assim, foi criado um planejamento estratégico para atuação no ativo, seguido de um plano de execução eficiente, recuperando 100% da construção.

Palavras-chave: Recuperação. Estruturas. Concreto armado.

## **ABSTRACT**

This study aims to report on the recovery of reinforced concrete structures: possible causes that lead to their wear and tear and the main ways of treating them. As one of the most used methods in civil construction, the study and research around this theme are recurrent. The use of low quality materials used in the works, the low-skilled workforce and the lack of maintenance of the structures are the main factors cited as causing damage to them. To do so, we resorted to explanatory research with a case study of a work that took place in the Vargem Grande Mine, in Vale. The results obtained were: need for immediate intervention, with the support of different sectors of Vale, due to wear due to abrasion of the beams and pillars. Thus, a strategic plan was created to act on the asset, followed by an efficient execution plan, recovering 100% of the construction.

Keywords: Recovery. Structures. Reinforced concrete.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Componentes do Concreto Armado.....	16
Figura 02- Processo de Lixiviação.....	21
Figura 03- Componentes da Ração Álcali-Agregado. ....	22
Figura 04- 1ª etapa da obra: Montagem de andaime.....	33
Figura 05- Escarificação do restante do concreto danificado.....	33
Figura 06- Fixação de armaduras novas com ancoragem.....	34
Figura 07- Realização do esforço estrutural.....	34
Figura 08- Finalização da obra: desforma de viga revitalizada.....	35
Figura 09- Vigas de concreto armado danificadas no Prédio da Rebritagem..	35
Figura 10- Pilar e vigas de concreto armado danificados no Silo.....	36
Figura 11- Armação aparente no Silo.....	36

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1: INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>Capítulo 2: OBJETIVOS</b> .....	11
<b>Capítulo 3: CONCRETO ARMADO</b> .....	12
3.1 A história do Concreto Armado .....	12
3.2 A função do Concreto Armado e suas vantagens .....	14
3.3 Tipos de Concreto .....	16
<b>Capítulo 4: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: CAUSAS QUE DETERIORAM O CONCRETO</b> .....	19
4.1 Fatores de Deterioração .....	19
4.1.1 Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita .....	19
4.1.2 Mecanismos de deterioração relativo ao concreto .....	21
4.1.3 Mecanismos de deterioração relativo à armadura .....	23
4.2 Manifestações Patológicas .....	25
4.3 Recuperação de Estruturas em Concreto Armado .....	28
<b>Capítulo 5: ESTUDO DE CASO DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO</b> .....	30
5.1. Relato da pesquisa .....	30
5.2 Metodologia de obtenção dos dados .....	31
5.3 Resultados e discussão .....	32
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado ainda são um dos métodos construtivos mais utilizados no Brasil. Porém, as patologias geradas nesse tipo de construção são inúmeras. Por isso, o tema do artigo são as formas de recuperação de tais estruturas. O estudo de caso dar-se-á respeito de uma obra de recuperação de uma estrutura de concreto armado, na Mina da Vale (Complexo de Vargem Grande), que aconteceu em Julho de 2021.

As causas que geram danos às estruturas em questão são variadas. Porém, quais são os grandes fatores que originam as manifestações patológicas? E quais as soluções para recuperação das mesmas? Este trabalho dissertará sobre a história do concreto armado, as causas da deterioração do concreto e as metodologias para recuperar as estruturas.

Acredita-se que os elementos constituintes dos materiais que compõem a construção das estruturas de concreto armado são um dos causadores dos danos a elas, por serem muitas vezes de baixa qualidade, gerando constantemente necessidade de reparos.

Outro ponto a ser discutido é a mão de obra, que em geral na Engenharia Civil, é pouco qualificada gerando tantos impactos nas construções e diminuindo a vida útil das mesmas.

A importância do artigo é avaliar as variadas formas de recuperação das estruturas citadas acima. Além disso, verificar os principais causadores degradantes das estruturas de concreto armado e quais ações podem ser aplicadas para evitar tais danos.

O trabalho justifica-se por uma iniciativa de conhecimento com perspectiva científica em um dos maiores problemas de patologia da construção civil. O estudo de caso em questão retratará a temática abordada na pesquisa.

## 2. OBJETIVOS

Este capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos do presente trabalho

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é analisar as variadas formas de recuperação de estruturas em concreto armado, além da correlação com as causas degradantes e as ações possíveis para prevenir tais danos; isto através do estudo de caso de recuperação de vigas e pilares de um equipamento na Mina de Vargem Grande

### 2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisa de ações preventivas à ocorrência dos danos;
- Causas possíveis da degradação das estruturas de concreto armado;
- Análise dos serviços de engenharia necessários para solução dos danos

### 3. CONCRETO ARMADO

Este capítulo abordará tópicos sobre o concreto armado. Primeiramente, sua história, desde seu surgimento até sua consolidação.

O segundo tópico tratará sobre a função do concreto armado e suas diversas vantagens.

E o terceiro e último tópico abordará os tipos de concreto.

#### 3.1 A história do Concreto Armado

A história do concreto armado é datada em 211 d.C., em Roma, no reinado dos Imperadores Sétimo Severo e Caracala. Durante esse reinado foi construído um local, que hoje assemelha-se a um SPA. A construção englobava uma espécie de centro esportivo e piscina com águas em diferentes temperaturas, além de uma área para massagens e banhos. Para uma estrutura deste porte, utilizou-se uma mistura que hoje seria o atual concreto armado.

Posteriormente em Paris, na Igreja de Santa Genoveva, que foi construída entre 1764 e 1790, o arquiteto Jean-Baptiste Rondelet utilizou de métodos parecidos para a construção. Isso porque o mesmo queria manter a leveza do Gótico e a pureza da arquitetura Grega, ou seja, poucas colunas deveriam estar na fachada. A solução então foi a transferência das cargas para o concreto armado, que naquela época não tinha este nome. Buracos eram feitos nas paredes, barras de metal eram encaixadas no local e eram cobertas com massa de cal.

Já no século XIX, foi o agricultor Joseph Louis Lambot que criou o barco em concreto armado, que foi conservado no Museu de Brignoles, na França. Especialistas afirmam que Lambot serviu como inspiração para Joseph Monier.

Em 1867, o jardineiro Joseph Monier patenteou a inovação, pois foi ele quem construiu cubas e tubos de concreto junto ao aço. Isso porque, ele tinha problemas com as caixas de madeira e cerâmica em que suas plantas eram acomodadas, pois as mesmas apodreciam em um curto espaço de tempo. Então o mesmo construiu caixas e uma espécie de cuba, em concreto armado e obteve muito sucesso para suas plantações. Com o poder da invenção que teve nas mãos, Monier viu que o material se aplicava perfeitamente em outros projetos. Com isso, migrou para o ramo da Construção Civil, e em 1875 foi responsável pela execução da ponte no Chateau de

Chazelete, na França, com 16,5 metros e em concreto armado. Por ter ele patenteado a invenção, é considerado o pai do concreto armado.

Segundo Gonçalves (*apud* Benevolo, 1976), inicialmente o uso do elemento construtivo, no Brasil, era empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas. Somente no fim do século XX, o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações, implementando a chamada arquitetura moderna.

Além disso, ainda de acordo com Gonçalves, o engenheiro francês François Hennebique oferecia plantas e orçamentos gratuitos para obras no Rio de Janeiro, e deu origem a primeira ponte de 9 metros em concreto armado. Mas foi com a empresa alemã Wayss & Freytag que aconteceu o grande desenvolvimento do concreto armado no Brasil.

Surgiu assim, a combinação perfeita: capacidade à tração do aço e à compressão do concreto; hoje um dos métodos de mais sucesso na construção civil.

### 3.2 A função do Concreto Armado e suas vantagens

Andrade (*apud* Souza e Ripper, 1998) afirmam que as estruturas de concreto armado foram planejadas para resistirem por longos períodos. Um dos seus elementos, o aço, tem a função de resistir a tração, tornando a edificação mais resistente. Já o concreto, além de possuir uma excelente flexibilidade e trabalhabilidade, resiste a compressão, sendo assim o “casamento perfeito”.

Todavia, se mal projetadas e executadas, ou caso não haja manutenções periódicas, as estruturas de concreto armado podem apresentar variadas anomalias. O estudo de Patologia das Edificações surgiu como efeito desse processo.

Se corretamente executada, a união destes dois elementos, aço e concreto possibilita à construção civil, edificar estruturas mais altas e esbeltas com toda segurança necessária.

Por ter excelente resistência, ele suporta estruturas com grandes vãos, diminuindo os gastos desnecessários, por exemplo, com mais elementos estruturais como vigas e pilares.

Além disso, suas funções primordiais são ser resistente e durável. Dessa forma, além de proporcionar segurança interior e exterior, as edificações feitas em concreto armado possuem média de duração de 50 anos, na área da Engenharia.

Por ser tão durável, o concreto armado pode ser utilizado em várias áreas da construção civil, como: usinas hidroelétricas, barragens, edificações, estações de tratamento de águas, pontes, viadutos e sistemas de esgoto e saneamento.

Em relação às suas vantagens, além da resistência, já mencionada acima; sua rapidez, resistência mecânica, ao fogo e água, menor custo se comparado à alguns métodos construtivos, disponibilidade, manutenção zero, durabilidade e plasticidade fazem do concreto armado uma excelente opção construtiva.

Rapidez, pois além do manuseio de ferramentas para utilização do concreto armado ser simples, é possível comprar o concreto pronto e aplica-lo sobre o aço. Sendo já usinado (traçado de forma correta e equilibrando o fator água cimento) o próximo passo é só a aplicação do mesmo de forma adequada e depois curá-lo de forma eficaz.

Além de sua alta resistência a compressão, o mesmo também resiste bem mecanicamente, ou seja, a choques e vibrações, além da resistência ao fogo e a água.

Isto devido aos seus componentes constituintes, o que lhe confere uma característica de impermeabilidade.

Em relação ao menor custo, se comparado a alguns métodos construtivos, deve-se ao valor mais baixo das matérias primas utilizadas pelo concreto (água, cimento, areia e brita), e por ser um sistema construtivo simples, o mesmo não requer mão de obra muito especializada. Além disso, seu preparo, seu transporte e os equipamentos para utilizá-lo possuem um preço mais baixo.

Sobre a disponibilidade é que seus materiais constituintes e ferramentas para utilização do concreto armado são de fácil acesso e abundância.

Em relação à necessidade de reparos, pode-se considerar que o concreto armado tem uma manutenção bem próxima de zero. Mas, caso seja necessário alguma intervenção, a mesma não é cara como em outros processos construtivos.

Sobre a durabilidade (que é o resultado da interação do concreto com o ambiente, aliado ao uso e manutenção), as construções em concreto armado mantêm-se conservadas por vários anos. Tendo como base de vida útil uma estimativa de 50 anos.

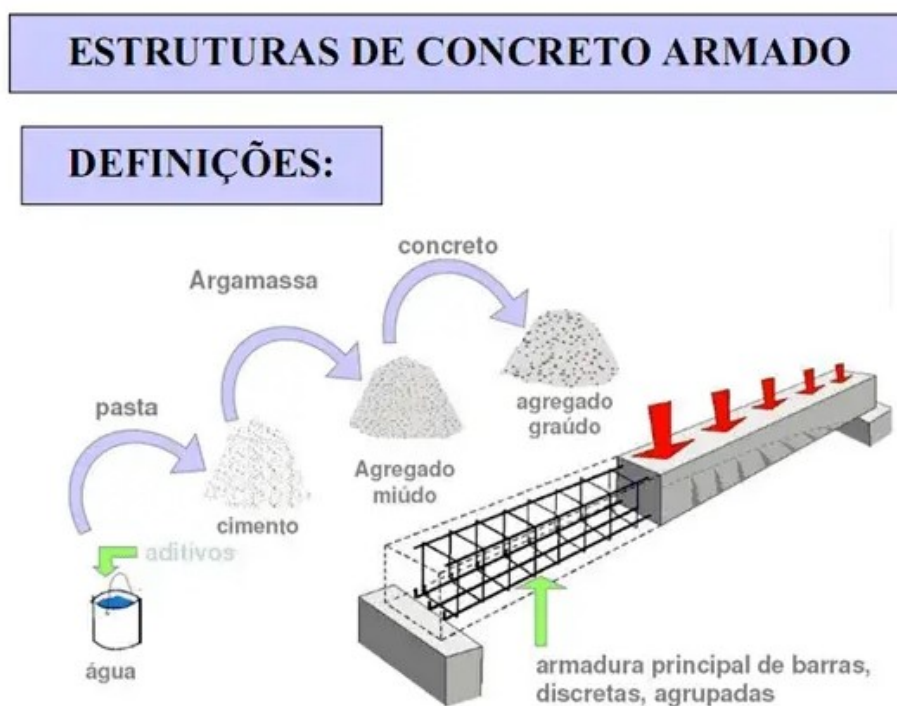
E por último, em relação a plasticidade o concreto armado é maleável e moldado de forma livre, possibilitando desenhos, esculturas e variedade nos modelos arquitetônicos, dentro das edificações.



### 3.3 Tipos de Concreto

O concreto é produzido a partir da união de 4 elementos básicos: cimento, área, brita e água, ou seja, é a mistura do aglomerante (cimento) com os agregados graúdos e miúdos, através da água, conforme ilustrado na figura abaixo:

**Figura 1:** Componentes do Concreto Armado



**Fonte:** Talita Cruz (2021)

O processo todo envolve uma reação química formando cristais de sílica que é o responsável pela resistência do mesmo depois de “curado”.

Existem no mercado basicamente 2 tipos de concreto armado: o protendido e o comum.

O primeiro deles, usualmente utilizado em obras de grandes vãos como shopping e estacionamentos, fornece uma resposta rápida após a concretagem, pois a armadura recebe um alongamento prévio do aço. Esse fato aumenta a capacidade de carga da estrutura.

Já o concreto armado comum não passa pelo mesmo processo de estiramento, sendo mais utilizado em obras residências, comerciais e edifícios.

O pré-alongamento das barras de aço para confecção do concreto protendido é um processo industrial e funciona da seguinte maneira: uma das extremidades do aço é encaixada na pista de protensão, enquanto o outro lado é fixado em um cilindro hidráulico. Este cilindro hidráulico aplica uma tensão sobre este aço. Ao parar o processo de esticamento, o aço aplica uma força na peça e por isso o mesmo adquire uma enorme resistência. Assim, quando há uma tensão da edificação exercida sobre esta estrutura, ela estará completamente preparada para suportá-la. Neste ponto está a maior diferença entre este e o concreto armado “comum”.

Há também outras subdivisões de concreto, além do que denomina-se concreto armado, que são elas:

1) Concreto convencional:

Este é o mais utilizado na construção civil e pode ser aplicado em solos, lajes, vigas, pilares, dentre outros. Por ser um concreto mais “grosseiro” ele necessita de ferramentas vibratórias para auxiliar no espalhamento e recobrimento ao longo do aço.

2) Concreto bombeável:

Este tipo de concreto é levado até o destino final através de tubulações devido a sua alta fluidez. Ele é muito utilizado em obras de grande porte ou que sejam muito verticalizadas devido à rapidez na concretagem, eliminando a necessidade de muita mão de obra e diminuindo o tempo da concretagem.

3) Concreto leve:

Este concreto apresenta somente 1/3 da densidade dos concretos comuns. Seus grandes diferenciais são a elevada capacidade de isolamento térmico e de isolamento acústico. Ele tem algumas vantagens como: a redução de pesos na estrutura e pouca permeabilidade. Por isso, é muito utilizado em envelopamento de tubulações, regularização de superfícies e concretagem de lajes.

4) Concreto pesado:

Como o próprio nome diz, este tipo de concreto é 50% mais pesado que os demais. Ele é produzido com a adição de agregados naturais na mistura como a hematita, por exemplo. Esses agregados protegem contra a radiação e por isso, esse concreto é mais utilizado em construção de câmaras de raio-X, gasodutos e usinas.

5) Concreto rolado:

Este tipo de concreto é utilizado como sub-base em pavimentações urbanas e barragens. A aplicação dele acontece através da compactação com rolos

compressores, já que o mesmo possui uma baixa trabalhabilidade. Para a impermeabilização deste concreto, depois de aplicado ele recebe uma camada de emulsão asfáltica.

6) Concreto de alta resistência:

Este tipo de concreto possui uma resistência bem maior que os demais, e por isso é utilizado em partes importantes de uma construção como a fundação, vigas e pilares. Para a fabricação deste tipo de concreto é necessário um sério estudo granulométrico para diminuir as quantidades de agregados graúdos e miúdos na faixa correta.

## **4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: CAUSAS QUE DETERIORAM O CONCRETO**

Este capítulo descreverá sobre as manifestações patológicas e suas causas que ocasionam a deterioração do concreto.

### **4.1 Fatores de Deterioração**

Os fatores de deterioração são as causas mais recorrentes que levam o concreto a manifestar patologias, causando danos à estrutura.

#### **4.1.1 Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita**

De acordo com Santos (2007, p. 27), os mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita estão relacionados aos seguintes fatores: ações mecânicas, movimentações de origem térmicas, impactos, ações cíclicas, retração e fluência.

A ação mecânica, combinada a origem térmica, não é recorrente no Brasil, mas sim em países que sofrem com drásticas mudanças de temperatura. Os efeitos das baixas temperaturas sobre o concreto dependerão do estágio de endurecimento que este se encontra e se ele já atingiu sua resistência final. Caso isto ainda não tenha acontecido a expansão do concreto, devido ao congelamento da água, causará perdas consideráveis na resistência.

Segundo Silva (1998), a água que fica nos pequenos poros do concreto e a solução de alta alcalinidade do mesmo, congelam em contato com baixas temperaturas. Procurando um equilíbrio neste sistema, a água e a solução migram de lugar, gerando uma pressão osmótica, que provoca a fissura, caso esta seja maior que a resistência do concreto.

A retração é um maiores fatores que diminuem a durabilidade e integridade de estruturas de concreto. Ela é a perda de volume do concreto através da saída da água. Fatores climáticos, químicos e a própria elaboração do traço do concreto também podem gerar essa retração. Este fenômeno pode ser dividido em 4 tipos. O primeiro é a retração plástica: o concreto antes de endurecer passa por um processo semelhante ao suor, no ser humano, porém é denominado exsudação. Isso pode ocorrer devido à exposição excessiva ao calor, ou baixa umidade do ar ou ainda exposição à intempéries. O segundo tipo é a retração química; processo pelo qual a água deixa o

concreto na etapa de hidratação. Isto porque substâncias com volumes menores, como o hidróxido de cálcio, ocupam os espaços dos componentes maiores como o cimento e a água. O terceiro tipo acontece no estado sólido: retratação hidráulica. O volume do concreto se altera já em estado endurecido e na maioria das vezes acontece por erro na dosagem ou na cura do concreto. Por último, o quarto tipo é a retração térmica, que consiste no aumento do volume do concreto antes que o mesmo esfrie e reduza. É uma reação química que acontece devido a troca de calor da peça para o ambiente.

Já a fluência é a deformação permanente do concreto devido a cargas ou tensões constantes, em função do tempo. Ela pode ser dividida em 3 etapas: a primária em que uma carga causa deformação elástica instantânea e posteriormente uma deformação plástica de forma gradual. A secundária em que a deformação ocorre de forma constante. E a terciária em que pode ocorrer ruptura do material visto que a deformação ocorre de maneira muito rápida

Esses 2 fatores, retração e fluência, acontecendo simultaneamente ou de forma isolada são muito comuns e agredem de forma severa as estruturas de concreto, degradando as mesmas.

As ações cíclicas ou carregamentos cíclicos levam o concreto ao processo conhecido como fadiga . As consequências são propagação de fissuras, podendo desencadear a ruptura da estrutura. Isso ocorre quando a deformação ou tensão de ruptura é maior que a capacidade resistente do concreto. De acordo com o Comitê Europeu do Concreto (CEB, 1988) é difícil identificar esse processo nas estruturas, visto que as fissuras oriundas de fadiga não tem uma topografia superficial definida.

#### 4.1.2 Mecanismos de deterioração relativo ao concreto

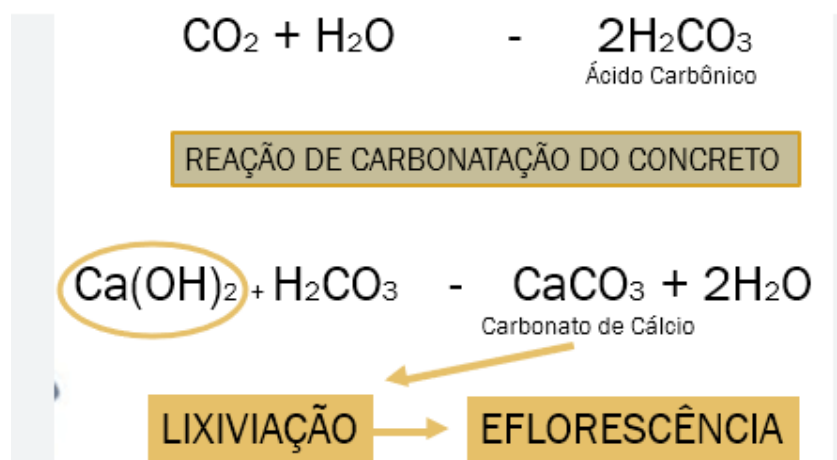
Em relação as deteriorações no que se refere ao concreto estão a seguir seus maiores causadores: lixiviação, expansão e reação álcali-agregado.

A lixiviação é o processo pelo qual a água transporta cristais de hidróxido de cálcio e magnésio, através de infiltração. De acordo com Helene (2003), esse processo acontece pela ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carregam partículas da pasta de cimento. As consequências dessa lixiviação são: redução de pH (que em casos mais graves pode acarretar em despassivação da armadura), a superfície do concreto torna-se arenosa e com agregados aparentes, aparecimento de eflorescências e aumento da porosidade, o que de acordo com Souza e Ripper (1998), facilita a desintegração.

Quando a lixiviação acontece em pequenos pontos, os danos são somente estéticos. Porém, a medida que se alastra há aumento dos espaços vazios na estrutura o que corrobora para o processo de carbonatação do concreto e consequentemente possibilita o ataque de cloretos, além de diminuir a resistência mecânica do mesmo.

Em resumo, quimicamente acontece o processo abaixo, em que o CO<sub>2</sub> junto a água infiltrada acaba possibilitando a formação do hidróxido de cálcio e do carbonato de cálcio, que é o processo de lixiviação, sendo o início da eflorescência:

**Figura 2:** Processo de Lixiviação



Fonte: SPOT (2020)

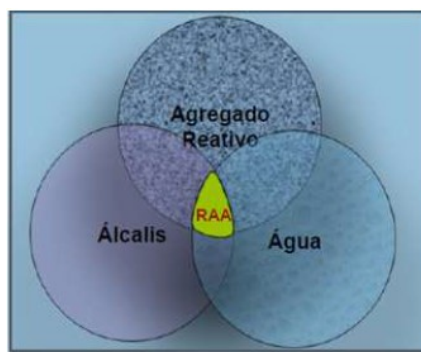
O segundo processo mais comum que causa deterioração do concreto é a expansão por sulfatos. Para Mehta (2014), o ataque por sulfatos pode se manifestar através de expansão ou fissuração, o que aumenta a permeabilidade e leva a problemas estruturais. Os sulfatos estão presentes em diversos locais como: no solo, na água e em produtos industriais.

De acordo com a NBR 6118: 2014, a expansão por sulfato acontece através de águas ou solos contaminados com sulfato em contato com o concreto. O resultado são reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratada. Os sulfatos difundem-se no concreto através dos poros da pasta de cimento e esse movimento, aumenta leva ao aumento de volume, ou seja, expansão do elemento.

A melhor forma de evitar este tipo de mecanismo de deterioração é a qualidade adequada do concreto, principalmente a baixa porosidade do mesmo. Além disso, recobrimento adequado, cura e adensamento e baixa teor de C3A são a melhor forma de combater o ataque de sulfatos.

Por ultimo, o mecanismo de reação álcali-agregado, de acordo com a NBR 6118: 2014 é causado pela reação entre os álcalis do concreto e agregados reativos. Deve ser levado em consideração o tipo de elemento estrutural e como a mesma reage a presença da água. A reação álcali-agregado ou RAA, é um processo químico através da interação entre elementos minerais dos agregados e os hidróxidos alcalinos, estes dissolvidos nos poros do concreto. A consequência é a formação de um gel higroscópico expansivo. Para que este processo ocorra é necessário água em movimento na estrutura, como mostra a imagem abaixo:

**Figura 3:** Componentes da Reação Álcali-Agregado



Fonte: Battagin (2010)

#### 4.1.3 Mecanismos de deterioração relativo à armadura

Em relação aos mecanismos de deterioração relativo à armadura são 2 processos: despassivação devido à carbonatação e desvassivação devido à ação de cloretos.

De acordo com a NBR 6118:2014, a carbonatação é o processo em que o gás carbônico atua sobre o aço da armadura. Esse fenômeno acontece devido à reações químicas entre o gás carbônico da atmosfera, que penetra nos poros do concreto, e o hidróxido de cálcio, este constituinte da hidratação do cimento.

A carbonatação acontece na superfície da peça ou estrutura e rapidamente se infiltração no interior da mesma gerando corrosão do aço. O concreto, que é um elemento que possui pH próximo a 13, perde parte da sua alcalinidade, chegando próximo a 8. Esta alta alcalinidade é o que possibilita que haja resistência e aderência das barras de armadura dentro do concreto armado, protegendo as mesmas do processo de desgaste e corrosão.

Quando o gás carbônico atinge o aço, ele destrói esta proteção que a estrutura de concreto armado possui e inicia-se o processo de corrosão da armadura. Ocorre assim a expansão de volume gerando o aparecimento de fissuras, deslocando o concreto que recobre a armação e causando assim a diminuição de área do aço. Esta diminuição da área de aço retira parte da resistência da estrutura sendo necessário intervenções estruturais antes de danos maiores.

A melhor forma de evitar este processo, é através do recobrimento correto do aço, com concreto, que desta forma impede que o meio corrosivo chegue até as armaduras e inicie o processo de carbonatação.

O segundo mecanismo de deterioração é a despassivação devido à ação de cloretos. Os íons de cloro soltos no concreto podem favorecer a corrosão eletroquímica da armadura, como se fosse uma espécie de catalisador.

A presença destes íons em contato com o concreto podem acontecer de diversas formas, porém as mais comuns são: presença no próprio concreto (através da utilização de água contaminada ou agregados contaminados de alguma maneira e através da adição de aditivos aceleradores de pega) ou exposição da estrutura á ambientes agressivos quimicamente.

Diferentemente da carbonatação, o ataque de cloretos não gera queda no ph do concreto, eles são higroscópicos e retem umidade, depois de absorvê-la. Desta



forma, a quantidade de água no concreto aumenta, aumento também a condutividade elétrica. Esta, por sua vez, aumenta a corrosão da armadura. Por isso, em grandes quantidades, o cloro é considerado catalisador, pois acelera bastante o processo de despassivação do aço.

Um controle de fissuração e recobrimento da estrutura são prevenções para evitar este tipo de deterioração. Outro fator recomendável é a utilização de cimento com escória ou material pozolânico que auxiliam a evitar o ataque dos cloretos.

## 4.2 Manifestações Patológicas

Segundo Santos (2014, p. 18) há patologias geradas na fase de projeto, construção ou manutenção. A primeira está relacionada a falha na concepção do projeto. Neste caso, geralmente o erro está em um estudo preliminar ineficiente ou incompatibilidade de projetos, gerando problemas entre o programado e o executado da obra. Patologias geradas na fase de construção surgem na contratação de mão de obra desqualificada, materiais de qualidade inferior e também na má gestão da construção ou irresponsabilidade técnica. Em relação à manutenção, o equívoco acontece na ausência de um plano de manutenção periódico ou utilização da edificação de maneira distinta da qual a mesma foi projetada.

De acordo com a Revista Eletrônica: Organizações e Sociedade (*apud* Souza e Ripper, 1998), as patologias que apresentam maior índice em estruturas de concreto armado são: erros de execução; mapeamento; fissura e trincas; corrosão de armadura; patologia causada por lixiviação; patologias causadas por agentes químicos ou biológicos.

De acordo com Bertolini (2010), o ambiente causa ações físico-químicas nos materiais e em materiais porosos, como é o caso do concreto, as substâncias agressivas, resultantes da interação com o ambiente, penetram pelos poros e agredem os materiais em 2 âmbitos: interno e externamente. Ainda de acordo com Bertolini (2010), este fenômeno pode levar a perda de desempenho do material, levando até mesmo a perda da segurança estrutural.

O grande número de problemas que surgiram ao longo dos anos nas estruturas de concreto armado impactaram na durabilidade das construções e por isso, percebeu-se a necessidade de desvendar origens, mecanismos de ocorrência de falhas, forma de manifestações e consequências, o que denomina-se a Patologia das Estruturas (SOUZA E RIPPER, 2009).

A ciência em questão cuida portanto das manifestações patológicas tentando controlá-las e desta forma garantir a vida útil da construção. FRANÇA et al (2011) define a Patologia como a ciência que tem como objetivo explicar o mecanismo e a causa das manifestações patológicas.

Desta forma, a manifestação patológica é delineada através de um tripé: origem, causa e mecanismo. De acordo com Sabbatini et al(2003), a origem é o fator principal do surgimento das manifestações patológicas estando ligadas às etapas a

seguir: projeto, materiais, execução, uso e manutenção. A causa descreve o fato, sendo uma justificativa para o processo. E o mecanismo é a explicação de ocorrência da manifestação patológica, desde sua concepção até sua evolução.

As falhas relativas ao concreto armado estão relacionadas com: carência no controle tecnológico do mesmo, mão de obra desqualificada, ausência desenvolvimento técnico dos responsáveis, desconhecimento das propriedades do concreto fresco e endurecido e desconhecimento acerca das técnicas construtivas para que o mesmo seja empregado de maneira correta.

Além dos fatores citados acima, o ambiente também influencia no comportamento das estruturas, indo além das técnicas construtivas empregadas e dos materiais e mão de obra utilizados. A água, o gás carbônico e o oxigênio podem causar grande danos nas edificações com o passar do tempo (SILVEIRA, 2010).

Lotttermann (2013) destaca uma divisão quanto às manifestações patológicas. Elas podem ser: congênitas, construtivas, adquiridas ou acidentais.

As congênitas estão relacionados à falhas nas fase de projeto, em que tudo é definido: materiais, elementos construtivos, formulação da estrutura e gerenciamento do processo construtivo. As construtivas estão relacionadas à erros na execução através da inobservância dos processos executivos, além de mão de obra não qualificada. As manifestações adquiridas são resultado do meio e podem acontecer de forma natural ou sofrerem interferências humanas. Essas interferências, em sua grande maioria, são: uso inadequado da edificação, realização de intervenções errôneas e ausência ou pouco manutenção. E as manifestações patológicas acidentais são as que ocorrem através de um fenômeno atípico, resultado de algo incomum como exemplo: incêndios, danos causados por uma obra vizinha e choques de veículos em estruturas.

A durabilidade das estruturas está intimamente ligada a permeabilidade (facilidade ou dificuldade de penetrar fluídos) da mesma, vida útil estimada e distância de recobrimento (MEDEIROS et al, 2011). Com a falha em etapas do processo construtivo e alta permeabilidade e ausência ou pouco recobrimento as manifestações patológicas acham espaço para acontecer. Souza e Ripper (1998) afirmam que quando aparecem essas manifestações, além dessas falhas no processo de construção, há possíveis falhas no controle de qualidade.

Segundo Antunes (2010), as manifestações patológicas mais recorrentes são:

- Infiltração: acontece devido à penetração de água ou através da surgimento de manchas de umidade
- Carbonatação: processo de corrosão de armaduras através de reações químicas
- Deslocamento no revestimento: esse processo acontece quando há perda de aderência do revestimento com o substrato. Isso acontece quando as tensões que surgem no revestimento são maiores do que as ligações de aderência entre o elemento colante e o revestimento
- Fissuras: são aberturas até 0,5 mm. Elas atingem somente à camada externa, sem causar danos à estrutura. Porém, se não forem tratadas, a longo prazo podem evoluir em espessura e profundidade. Elas podem ter origem físicas, químicas ou mecânicas. Elas acontecem quando a tensão de tração é superior a resistência do concreto
- Trincas: são aberturas entre 0,5 mm a 1,5 mm. Estas podem ultrapassar a camada do revestimento e podem atingir a estrutura interna (FERREIRA E OLIVEIRA (2021)).
- Rachaduras: são aberturas que variam entre 1,5 mm a 5 mm indicando manifestação expressiva

Lichtenstein (1985) diz que a solução para manifestações patológicas é formada por três fases: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta. A primeira fase é a realização de vistoria e realização de ensaios, se necessário. A segunda fase é levantamento de subsídios e a determinação do diagnóstico do problema. E por ultimo definição do tratamento .

### 4.3 Recuperação de Estruturas em Concreto Armado

Para a recuperação com excelência de uma estrutura de concreto armado, primeiro é necessário identificar a causa e origem da manifestação patológica. “É importante definir se a estrutura passará por intervenções para recuperação ou se será necessário também um reforço” (RESENDE, 2018, p.6).

Após identificado os itens acima há requisitos para realizar uma recuperação eficaz da estrutura. É necessário verificar qual o estado em que a mesma se encontra, qual o método de preparação adequado, além da utilização do material correto. Os métodos mais utilizados para início do processo são: métodos abrasivos, apicoamento e jateamentos. O segundo passo é a remoção do concreto danificado para tratamento ou substituição da armadura.

Segundo Silveira (2015, p.13) existem 2 formas para correção da corrosão de armaduras: a recuperação da capacidade resistente da estrutura ou demolição da peça contaminada.

Após a demolição do restante de concreto danificado e remoção das oxidações é necessário tratamento da armadura e instalação de uma nova em transpasse com a antiga, realizando o cobrimento da mesma. Alguns dos materiais a serem utilizados são: concretos e argamassas poliméricas, concreto projetado, concretos e argamassas especiais para grauteamento ou concretos e argamassas comuns. Por isso, segundo Junior (? , p.6) recuperar uma estrutura de concreto é devolvê-la às suas condições originais.

De acordo com Reis (2001, p.56),

Para a proteção de superfícies de concreto novas ou recuperadas foram desenvolvidos revestimentos, vernizes e sistemas de pinturas e inovações de metodologias de aplicação destes produtos, objetivando reduzir a absorção de água, a penetração de gases agressivos, sais e em alguns casos atuando como barreira protetora contra o ataque de elementos químicos danosos. Observa-se a participação reduzida de normas brasileiras que avaliem os produtos disponíveis no mercado e métodos de aplicação dos materiais.

Bertolini (2010) descreve que caso a obra não possa fazer no tempo requerido ou não possa cumprir suas funções há necessidade de uma intervenção técnica com o menor custo possível através dos 3 itens: interromper a degradação que está acontecendo, renovar a funcionalidade e segurança e prevenir que a estrutura se degrade.

Cada vez mais faz-se necessário técnicas para recuperar estruturas em relação à segurança e de forma que a vida útil e durabilidade das mesmas aumente. Alguns motivos para o aumento dessas técnicas são: ambientes mais agressivos, estruturas mais esbeltas, inviabilidade de demolição e reconstrução e consciência da necessidade de manutenção.

A seleção do material para recuperar e sanar os problema patológicos dependem da manifestação em questão e das características da região a ser reparada, além do meio em que estão.

Alguns exemplos de reparos são: grautes base cimento (material fluido que preenche cavidades e além de resistente, não possui retração no estado endurecido), argamassas poliméricas (são argamassas de cimento Portland acrescidas de polímeros), argamassas base epóxi (ótima aderência em tipos diversos de superfícies e toleram ph entre 1 a 10).

Após a escolha do método adequado para o reparo é necessário o preparo da superfície dos componentes estruturais, como por exemplo: escaificação manual ou mecânica, lixamento ou apicoamento com martelo.

O segundo passo é a superfície com jato de água fria ou quente sob alta pressão, lavagem com soluções alcalinas, aspiração à vácuo ou remoção de óleos e graxas.

Posteriormente é necessário técnicas para aplicação do material e cada material requer um tipo forma de ser utilizado. Alguns são através de montagem de fôrma e preenchimento convencional, outros são através de encunhamento de argamassa seca, concreto projetado via úmida ou seca ou até mesmo injeção para preenchimento de fissuras ou trincas.

## **5. ESTUDO DE CASO DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO**

Este capítulo apresentará um estudo de caso de recuperação estrutural de vigas e pilares de concreto armado dentro de um equipamento na Mina do Complexo de Vargem Grande, na Vale.

### **5.1 Relato da pesquisa**

Os dados coletados para confecção do artigo foram: pesquisa do tema abordado, acompanhamento de uma obra (observação in loco) de Recuperação de Concreto Armado e entrevista com Técnico Especializado.

O estudo de caso aconteceu em Julho de 2021 na Mina do Complexo de Vargem Grande, da Vale. A equipe de Integridade Estrutural da Mina em conjunto com a equipe de Inspeção dos ativos e com a Engenharia Vale avaliaram a urgente necessidade de recuperação estrutural nas vigas e pilares do silo do Prédio da Rebitagem no Complexo.

Após visitas técnicas ao local, elaboração de projetos, planejamento da execução das atividades, estudos preliminares e uma reunião de Gestão de Mudanças, a empresa executante da obra teve o de acordo para recuperar o ativo.

O artigo em questão é uma pesquisa de natureza aplicada, pois trata precisamente da recuperação das estruturas de concreto armado.

A forma de abordagem é qualitativa e o objetivo da pesquisa é explicativo, pois trata-se de um estudo de caso, em relação aos procedimentos técnicos.

Quanto ao local de realização, classifica-se como uma pesquisa de campo.

O estudo de caso foi realizado em uma obra na Mina da Vale: Complexo de Vargem Grande. O escopo da atividade foi a recuperação de vigas e pilares de concreto armado em Julho de 2021.

## 5.2 Metodologia de obtenção dos dados

Os dados da pesquisa foram obtidos parte in loco através do acompanhamento da obra em questão e através de entrevista com funcionário que acompanhou a obra no todo.

O entrevistado foi um técnico especialista da empresa Concremat e o objetivo de estudo foi a obra de Recuperação Estrutural de vigas e pilares do silo do Prédio de Rebritagem na Mina do Complexo de Vargem Grande, pois o mesmo passou por avaliação da equipe de Inspeção da Vale e verificou-se a necessidade de intervenção. A obra aconteceu em Julho de 2021, iniciando no dia 09 de Julho e durando 11 dias.

Os procedimentos metodológicos a serem utilizados para esta pesquisa será um estudo de caso descritivo, conforme as seguintes etapas:

- Estudos do referencial teórico que trata especificamente da questão-problema;
- Levantamento das patologias mais comuns nas estruturas de concreto armado;
- Análise de algumas formas de recuperação das estruturas danificadas;
- Apuração e descrição do estudo de caso que ocorreu na Mina do Complexo de Vargem Grande;
- Redação final do artigo.

O relatório fotográfico foi feito in loco e participação em obra como Técnica de Planejamento. A entrevista foi realizada através de questionário com 4 perguntas abertas ao técnico especialista que foi realizada pessoalmente.



### 5.3 Resultados obtidos e análise dos dados

A necessidade da revitalização estrutural no ativo da Vale aconteceu durante uma visita da equipe de Inspeção realizada em Julho, em que observou-se um corte no revestimento metálico sobre a estrutura. Após o ocorrido, foi acionado uma análise multidisciplinar entre as áreas: Inspeção, Engenharia e Integridade Estrutural. Devido às particularidades do sistema de carregamento e do diâmetro médio do material armazenado nos silos, já estava mapeada uma intervenção neste conjunto estrutural.

A principal patologia detectada na estrutural foi gerada por desgaste por abrasão, provocada pela diferença de dureza superficial entre o concreto armado e o material produzido pela planta industrial. O avanço deste desgaste ocorreu devido a fatores diversos como: falha de previsibilidade na concepção de projeto estrutural, falha na locação do chute de carregamento (montagem mecânica), construção e implantação de divisor metálico sobre a viga sem projeto e sem acompanhamento topográfico, falha nas inspeções preventivas e falta de capacitação do corpo técnico.

A primeira tomada de decisão foi a paralisação parcial do ativo, após a formação de uma reserva de segurança de minério para evitar a interrupção das atividades de toda a planta de beneficiamento. Dessa forma, foi possível a elaboração de um cronograma, orçamento e termo de abertura de serviço, utilizando como referência para a composição de custos de obras novas, majoradas em 1.75.

A primeira etapa de execução foi a montagem de um andaime dentro do silo para que fosse possível a atuação dos colaboradores que recuperariam a estrutura. Posteriormente, foi realizada escarificação do concreto e fixação das armaduras, com todo o ancoramento necessário. A montagem de formas metálicas (previamente projetadas e construídas para acelerar o tempo de obra) que substituíram as formas de madeira, foram o próximo passo. Tal definição permitiu a diminuição de 62,7 horas do escopo de montagem de formas para 21 horas. Utilizou-se micro concreto grout, eliminando a necessidade de 28 dias de cura, conforme primeiro projeto que solicitava um concreto com fck de 40Mpa. E por último, foi realizado a desforma e desmobilização da obra.

Figura 4 – 1ª etapa da obra: Montagem de andaime



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 5 – Escarificação do restante do concreto danificado



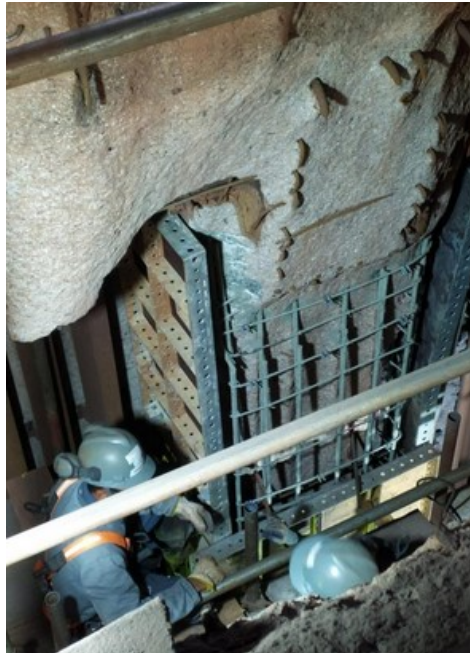
Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 6 – Fixação de armaduras novas com ancoragem



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 7 – Realização do reforço estrutural



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 8 – Finalização da obra: desforma de viga revitalizada



Fonte: Arquivo Pessoal

A obra teve uma duração de 11 dias, iniciando no dia 09/07/2021 e foi realizada em regime ininterrupto de 24 horas, com 3 equipes intercaladas.

O entrevistado 1 quando indagado sobre a pergunta número 1: se é possível evitar esse tipo de problema, afirma:

“A engenharia de superfícies atualmente concentra seus esforços na interação entre partes metálicas. Entendo que estudos sobre a melhora na resistência à abrasão das estruturas de concreto é um campo fértil para pesquisas. Algumas alternativas estão sendo testadas como enrijecedores de superfície, marcadores de desgaste e eliminação de pontos cegos às inspeções visuais. Neste momento, a solução mais efetiva foi a implantação de cangalhas construídas com trilho ferroviário, em que o próprio material abrasivo se encaixa e cria uma proteção temporária.”

Figura 9 – Vigas de concreto armado danificadas no Prédio da Rebritagem



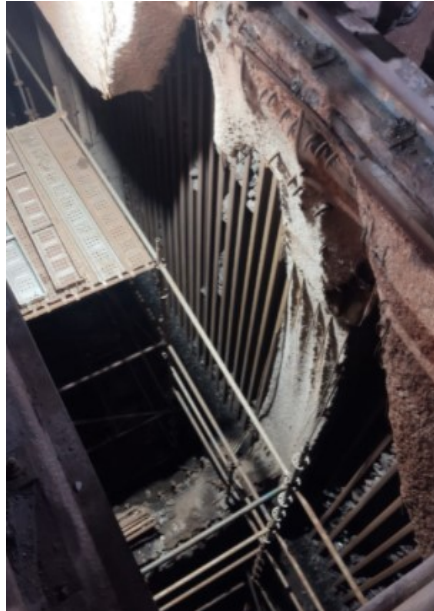
Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 10 – Pilar e vigas de concreto armado danificados no Silo



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 11 – Armação aparente no Silo



Fonte: Arquivo Pessoal

O entrevistado 1 quando indagado sobre a pergunta número 2: de como foi verificado a necessidade de se realizar a revitalização estrutural, afirma:

“Durante uma manutenção mecânica preventiva do carro móvel que distribui o material britado dentro do silo, observou-se danos em uma estrutura de proteção, construída em chapas de aço, que foi implantada sobre uma viga de concreto armado. Esta proteção metálica, denominada de “divisor”, servia para direcionar o material britado e proteger a estrutura do edifício de danos provocados por abrasividade. Após a retirada deste divisor constatou-se elevado dano nas estruturas portantes. Com desgaste tanto nas vigas como em pilares, assim como forma de reestabelecer as características de desempenho e segurança para qual a estrutura foi projetada iniciou-se o estudo para a revitalização estrutural.”

Na pergunta número 3 sobre: qual a importância técnica de uma revitalização estrutural, o entrevistado 1, alega:

“É preciso entender que o conceito de “longevidade nata” atribuído as estruturas de concreto no passado, é fictício, pois este material é instável no decorrer do tempo, alterando suas propriedades físicas e químicas em função das suas características de uso, fabricação e interação com o meio ambiente. Também é importante frisar o conceito de durabilidade exigido pelas normas técnicas em que as estruturas devem ser projetadas, construídas e operadas de tal forma que, sob condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e aparência aceitável durante um período, implícito ou explícito, sem requerer altos custos para manutenção e reparo. É fato que arquitetos, projetistas e construtores persigam desenvolver edificações que perdurem, criando um sentimento de solidez e estabilidade, vinculando o benefício da sustentabilidade no emprego de materiais, no uso de recursos e assim agregando valor intangível para a sociedade. As edificações tanto residenciais, comerciais e industriais são ativos considerados como investimento de primeira ordem, onde sempre se espera um retorno econômico seguro e estável, sendo que a degradação prematura abala a confiabilidade de um setor estratégico da sociedade. Assim, percebe-se que o reestabelecimento da vida útil através das atividades de revitalização estrutural são de suma importância, pois o tema ultrapassa as linhas de preocupação tecnológica e científica para ser alvo de intervenções políticas e sociais.”

Na pergunta 4, o entrevistado 1 é questionado sobre: quais os cuidados devem ser tomados após a revitalização e responde:

“Como medida de controle e lição aprendida instituiu-se que todos os “pontos cegos” observados durante as inspeções de rotina devem ser meticulosamente relatados, tratados e eliminados. Também criou-se um grupo de estudo para o desenvolvimento de sistema de proteção mecânica para as estruturas de concreto, que seja eficiente a abrasividade e de fácil manutenção e inspeção”

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação das estruturas de concreto armado são um dos grandes problemas da construção civil. O objetivo do artigo é realizar uma analogia das causas e possíveis soluções, através de um estudo de caso; além de retratar a história do concreto armado e ações preventivas para evitar a necessidade de recuperação deste tipo de estruturas.

As patologias em concreto amado geralmente são geradas na fase de projeto, construção ou manutenção. A ausência ou ineficiência de um estudo preliminar aliado à incompatibilidade de projetos são os fatores que geram problemas na fase de projeto. Na etapa da construção, a escolha errônea do material ou da mão de obra sem capacitação, além da má gestão e da irresponsabilidade técnica são os fatores preponderantes causadores de falhas nesta fase. E o maior fator causador de problemas na fase da manutenção é a ausência de um plano de manutenção periódico,

Há várias formas que podem contribuir para a restauração eficaz das estruturas como o passo a passo do estudo de caso em questão (método mais utilizado): escarificação do concreto danificado, substituição e ancoragem da nova armadura, montagem de forma, grauteamento e desforma da nova estrutura. Porém, a escolha correta do método a ser utilizado, o material adequado e a mão de obra qualificada são os pontos chaves para que a recuperação funcione realmente.

Através do estudo de caso foi possível entender que todos os estudos preliminares, conhecimento da estrutura em questão a ser recuperação e um corpo técnico adequado levam ao sucesso de uma revitalização estrutural em concreto armado. Por isso, a visita e inspeção, elaboração de projeto, planejamento da recuperação estrutural, estudo preliminar, reunião interdisciplinar para gestão de mudança, antes do início das atividades, e posteriormente a execução em si, levaram ao sucesso da obra.

Também foi possível perceber com o estudo de caso que a falha de previsibilidade na elaboração de projeto estrutural, a falha da locação do chute de descarregamento (montagem mecânica) e a construção e implantação de divisor metálico sobre a viga de concreto armado, sem projeto e sem acompanhamento topográfico, foram as razões que aumentaram o desgaste da estrutura. Dessa forma,

foi possível identificar falhas na fase de projeto, execução e manutenção ao mesmo tempo.

Entretanto, para que intervenções não sejam necessárias, alguns cuidados podem ser tomadas para evitar manifestações patológicas, são elas: bom estudo preliminar do projeto, dimensionamento correto do peso que a estrutura receberá, execução correta conforme projeto e manutenções periódicas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO FRANÇA ENGENHARIA (Brasil). **8 tipos de concreto utilizado na construção civil**. 2018. Disponível em: <https://afonsofranca.com.br/8-tipos-de-concreto-utilizados-na-construcao-civil/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

ANDRADE, Amanda Schirmer de; BARCAROLO, Taylana Borba; GAKLIK, Émille Schmidt; HAMMES, Djulia. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM AMBIENTE RESIDENCIAL: UM ESTUDO DE CASO**. In: XXII **SEMINÁRIO INTERSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 22., 2017, Unicruz. Seminário. 2017: Unicruz, 2017. p. 1-4.

ANDRADE, F.F; **Recuperação de estruturas em concreto armado: Metodologia de recuperação de peças em concreto armado na estrutura e na obra de reforma e construção do estádio Colosso do Tapajós**. Revista On-Line Ipeg Especializa, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Norma Brasileira ABNT NBR 6118. 3 ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. 256 p.

BASTOS, Paulo Sérgio. **ESTRUTURAS DE CONCRETO I FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO** Prof. Dr. PAULO SÉRGIO BASTOS Disponível em: [www.feb.unesp.br/pbastos](http://www.feb.unesp.br/pbastos) (paulo.ss.bastos@unesp.br) Bauru/SP. 2019. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, De Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

BETOLINI, Lucas. **Materiais de Construção: patologia | reabilitação | prevenção**. [S.L]: Oficina de Textos, 2010. 416 p.

BRUNA, Monique Gomes de Oliveira; MOURA, Paulo Rogério Garcez; PINO, José Cláudio del. **CORROSÃO EM CONCRETO: FATORES ACELERADORES DA DETERIORAÇÃO, PREVENÇÃO E REPAROS**. In: XX SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTERNSÃO, 20., 2015, Unicruz. **Seminário**. Rio Grande do Sul: Unicruz, 2015. p. 1-9.

CONCRETO Armado: O que é? **Estruturas, Vantagens e Desvantagens: Concreto armado: história. Concreto armado: história. 2020**. Disponível em: <https://www.totalconstrucao.com.br/concreto-armado/>. Acesso em: 30 dez. 2022.

CONSTRUÇÃO E REFORMA (Brasil). **Concreto Armado: Entenda Quando é a Melhor Escolha Para o Projeto**. 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/concreto-armado/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CONGRESSO BRASISLEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 2022, Cbpat. **ANAIS CBPAT 2022**. Gramado: Congresso Brasisleiro de Patologia das Construções, 2022. 1066 p.

EQUIPE VIVA DECORA (Brasil). **Concreto Armado: Entenda Quando é a Melhor Escolha Para o Projeto**. 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/concreto-armado/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

INÁCIO, Fernanda Caetano *et al.* **Reabilitação das estruturas de concreto armado**. Revista Eletrônica Organizações e Sociedade, 2019.

JUNIOR, C. C. S; **Técnicas de Recuperação de Estruturas de Concreto Armado sob efeito de corrosão das armaduras**. Universidade Federal de Minas Gerais (?).

LAP, J. S; **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

MARQUES, V.S; **Recuperação de estruturas submetidas a corrosão de armaduras: Definição das variáveis que interferem no custo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

NEVES, Antônio. **Retração do Concreto: O Que É e Como Evitar!** 2020. Disponível em: [https://www.blok.com.br/blog/retracao-do-concreto?gclid=CjwKCAjw\\_YShBhAiEiwAMomsEHzd\\_TNekxpj-q1cjLrw-06is1Iz41zAHnYmbkx6Uzo8P6pKEzyrzxoCRNkQAvD\\_BwE](https://www.blok.com.br/blog/retracao-do-concreto?gclid=CjwKCAjw_YShBhAiEiwAMomsEHzd_TNekxpj-q1cjLrw-06is1Iz41zAHnYmbkx6Uzo8P6pKEzyrzxoCRNkQAvD_BwE). Acesso em: 22 abr. 2023.

OLIVEIRA, Matheus Gonçalves; SOUSA, Diego Lucena; TEIXEIRA, Marcelo Rassy. Ocorrência de lixiviação no concreto das galerias da UHE de Tucuruí - Pará1. In: CONGRESSO ARAGUAIENSE DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAL APLICADA TECNOLOGIA E, 2., 2020, Santana do Araguaia. **Artigo**. Santana do Araguaia: Unifesspa, 2020. p. 1-7.

PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS: Patologias na Construção Civil. Patologias na Construção Civil. Disponível em: <https://sites.google.com/site/desenhoarquitetonicopinzan/home/patologias-construtivas>. Acesso em: 09 jan. 2023.

PATOLOGIAS DO CONCRETO ARMADO: Resumo dos fatores de deteriorização do concreto. Resumo dos fatores de deteriorização do concreto. Disponível em: <https://patologiasdoconcreto.blogspot.com/2017/09/fatores-de-deteriorizacao-do-concreto.html>. Acesso em: 15 mar. 2023.

REIS, L. S. N; **Sobre a Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

RESENDE, G.A; **Recuperação de Estruturas de Concreto Armado**. Patorreb, 2018.

ROSA, L. M. P.; DANZIGER, B. R.; CARVALHO, E. M. L.. Soil-structure interaction analysis considering concrete creep and shrinkage. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 564-585, maio 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952018000300008>.

SANTOS, F. P. S. L. **Técnicas de Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Universidade Federal Fluminense, 2017.

SANTOS, F. S; **Patologia de Estruturas de Concreto Armado**. Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

SÉRGIO. **Concreto Armado Casamento Perfeito**. [S.l.], sd. 62 slides, color, 21 cm x 29 cm