




ANALISE SOBRE PROCESSOS DE PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ANALYSIS OF THE PATHOLOGY PROCESS IN CIVIL CONSTRUCTION

ANÁLISIS DE PROCESOS PATOLÓGICOS EN LA CONSTRUCCIÓN CIVIL

 <https://doi.org/10.56238/levv17n60-065>

Data de submissão: 25/04/2026

Data de publicação: 25/05/2026

Ariston da Silva Melo Júnior

Pós-doutor em Engenharia de Materiais e Engenharia Civil

Instituição: Universidade de São Paulo associada ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (USP/IPEN), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

E-mail: juniorariston@gmail.com / ariston.junior@fmu.br

Kleber Aristides Ribeiro

Mestre em Administração

Instituição: Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU)

E-mail: kleber.ribeiro@fmu.br

Abrão Chiaranda Merij

Pós-doutor em Engenharia de Materiais

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie (MACKENZIE)

E-mail: abrao.merij@fmu.br

Alan de Paula Almeida

Mestre em Educação Matemática

Instituição: Faculdade Anhanguera (ANHANGUERA)

E-mail: alan.almeida@fmu.br

José Marcos Cândido de Oliveira

Graduado em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU)

E-mail: marcusstudio41@gmail.com

RESUMO

Desde a antiguidade, quando a engenharia começou a evoluir no uso de seus materiais, o concreto se destacou como maior inovação da área. Com o decorrer do tempo e evolução de suas tecnologias, os componentes do concreto puderam ser detalhados e melhor estudados para que através de manipulação de seus elementos, pudesse haver melhora em cada uma de suas propriedades. Através de análises dos componentes do concreto, suas características e ensaios, nota-se que a lixiviação é uma patologia que depende de muitos fatores incontroláveis pelo ser humano, como temperatura e umidade, por exemplo. Dessa forma, os estudos que abordam esse tópico trazem, conforme esta monografia, metodologias que possibilitam o retardo dessa patologia, bem como a forma de diagnosticar o problema e sua correção. Todos esses pontos são essenciais para que a lixiviação possa ser tratada como um tema em



potencial, a ser desenvolvido de forma detalhada, para que através da exposição e entendimento do assunto, possam ser descobertas novas tecnologias para tratamento desse problema.

Palavras-chave: Concreto. Patologia. Lixiviação.

ABSTRACT

Since ancient times, when engineering began to evolve in the use of their material, concrete stood out as a major innovation in the area. As time passes and the evolution of its technology, the concrete components could be detailed and best studied so that through manipulation of its elements, there could be improvement on each of its properties. Through the analysis of its specific components, characteristics and tests, it is noted that the leaching is a disease that depends on many uncontrollable factors for human beings, such as temperature and humidity, for example. In this way, studies about that subject bring, as this monograph, methodologies that allow the delay of this pathology, as well as how to diagnose the problem and its correction. These are all essential for leaching can be treated as a potential issue to be developed in detail, so that through exposure and understanding of the subject, may be new discoveries technologies for the treatment of this problem.

Palavras-chave: Concrete. Pathology. Leaching.

RESUMEN

Desde la antigüedad, cuando la ingeniería comenzó a evolucionar en el uso de sus materiales, el hormigón se ha destacado como la mayor innovación en este campo. Con el tiempo y la evolución de sus tecnologías, los componentes del hormigón se han detallado y estudiado con mayor profundidad, de modo que, mediante la manipulación de sus elementos, se pueden lograr mejoras en cada una de sus propiedades. A través del análisis de los componentes del hormigón, sus características y ensayos, se observa que la lixiviación es una patología que depende de muchos factores incontrolables por el ser humano, como la temperatura y la humedad, por ejemplo. Así, los estudios que abordan este tema, como los presentados en esta monografía, ofrecen metodologías que permiten retrasar esta patología, así como métodos para diagnosticar y corregir el problema. Todos estos aspectos son esenciales para que la lixiviación se trate como un tema con gran potencial, que se puede desarrollar en detalle, de manera que, mediante la exposición y comprensión del tema, se puedan descubrir nuevas tecnologías para tratar este problema.

Palabras clave: Hormigón. Patología. Lixiviación.



1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais antigos o homem foi aprimorando suas técnicas de construção, conforme foi surgindo a necessidade de executar obras de maior porte.

O concreto desde os primórdios veio sendo melhorado com técnicas especiais e mistura de materiais, de acordo com a finalidade da obra, o solo, custos, etc. Essas melhorias foram e continuam sendo essenciais para que possamos utilizar ao máximo o potencial de resistência e trabalhabilidade desse material. Influenciando também na qualidade atribuída à edificação, na segurança do projeto e no valor do imóvel, o manuseio de todos os componentes do concreto deve ser acompanhado de perto para que seja concluído dentro dos conformes das normas específicas. Juntamente com o crescimento das tecnologias aplicadas ao concreto, foram observando-se também as patologias relacionadas à ele, pois quanto mais sofisticada a técnica e materiais usados, mais minucioso deve ser o processo de mistura dos produtos.

Contando a falha humana, que em casos de patologias ocorre devido à falha na fabricação do produto, escolha errada do tipo de material ou execução imprópria, e instabilidade de alguns componentes desses materiais, que pode dificultar o manuseio tendo em vista que em geral os trabalhadores de obra têm um perfil mais rústico de lidar com os produtos da construção, entende-se que as patologias podem ser evitadas, se não, tratadas para que não se prolifere e comprometa a estrutura como um todo.

Dentre as patologias mais comuns, discorreremos com o foco em lixiviação, processo de remoção de elementos constituintes do concreto pelo contato com a água, que será maior detalhado ao decorrer deste trabalho, tendo o objetivo de analisar suas causas e tratamentos, bem como expor os meios de mitigação utilizados para corrigir esse problema infelizmente tão comum na área da construção civil. Também tendo como objetivo abordar visualmente o aspecto da patologia em questão será descritas outras importantes patologias relacionadas ao concreto antes de expor a lixiviação.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é trazer uma visão importante da relação patológica de estruturas de edificações, de modo a caracterizar e refletir sobre sua importância.

1.1 COMPONENTES DO CONCRETO

Primeiramente se analisa os componentes utilizados na fabricação do concreto separadamente, para que posteriormente possa formular um consenso sobre o material como um todo.

1.1.1 Aglomerantes

Aglomerantes são materiais que “unem os fragmentos de outros materiais. No concreto, em geral se emprega cimento Portland” (PINHEIRO *et al.* 2010). “O cimento é um material cerâmico que, em contato com a água, produz reação exotérmica de cristalização de produtos hidratados, ganhando

assim resistência mecânica. É o principal material de construção usado na construção como aglomerante” (NICOLA, 2010).

Os aglomerantes têm diversos modos de classificação e subgrupos com características diferentes no que diz respeito ao modo de endurecimento, interação com a água, quantidade de aglomerantes utilizados numa mesma mistura, propriedades após o tempo de pega, etc.

Quanto ao modo de endurecimento, podem ser “quimicamente inertes – endurecem por simples secagem (por exemplo, argilas, betumes) -, quimicamente ativos – endurecem pela ação de reações químicas (por exemplo, cimento Portland, cal aérea), aéreos – necessitam da presença do ar para endurecer -, hidráulicos – não necessitam da presença do ar para endurecer -, hidráulicos simples, hidráulicos compostos, hidráulicos mistos e/ou hidráulicos com adições” (JUNIOR, 2013).

Quanto à sua relação e interação com a água conforme o traço do concreto, os aglomerantes podem ser classificados como “aéreos – depois de endurecidos, não resistem bem imersos na água (por exemplo, cal aérea, gesso de Paris) - ou hidráulicos – depois de endurecidos, resistem bem à água (por exemplo, cal hidráulica, cimento aluminoso, cimento Portland).” O endurecimento dos aglomerantes se dá através da reação de hidratação, ou seja, ação exclusiva da água.

1.1.2 Agregados

“O termo “agregados para a construção civil” é empregado no Brasil para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. São basicamente a areia e a rocha britada. O termo “emprego imediato na construção civil” – que consta da legislação mineral para definir uma classe de substâncias minerais – não é muito exato, já que nem sempre são usadas dessa forma. Muitas vezes entram em misturas – tais como o concreto e a argamassa – antes de serem empregadas na construção civil” (JUNIOR, 2013).

“Como agregados podem ser utilizados materiais naturais e artificiais, que apresentem resistência suficiente e que não afetem o endurecimento do concreto. Os agregados devem por isso ser isentos de impurezas (terra, argila, húmus) e de componentes prejudiciais (no máximo 0,02% de cloretos e 1% de sulfatos). O açúcar é especialmente perigoso, porque impede a pega do cimento” (ALMEIDA, 2002).

Almeida (2002) ainda afirma que sobre agregados artificiais se pode citar “a escória de alto-forno para concreto leve e normal; argila expandida ou sintetizada para concreto leve.

Os agregados naturais são regidos pela ABNT NBR 7211, e nela, ela reforça que “não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto. O exame petrográfico realizado de acordo com a ABNT NBR 7389 e

interpretado por profissional capacitado fornece alguns dos subsídios necessários para o cumprimento destas condições (JUNIOR, 2013).

1.1.3 Agregado miúdo

“Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. 3.2” (JUNIOR, 2013).

Segundo Junior (2013) afirma que a amostra representativa de um lote de agregado miúdo, coletada de acordo com a ABNT NBR NM 26 e reduzida para ensaio de acordo com a ABNT NBR NM 27.

“Quando o agregado miúdo for composto ou proveniente de duas ou mais origens (diferentes fornecedores, ou diferentes origens geológicas, ou materiais recuperados), os requisitos desta Norma devem ser considerados proporcionalmente à presença de cada um deles na mistura (JUNIOR, 2013).

1.1.4 Agregado graúdo

“Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1 (JUNIOR, 2013).

1.2 ADITIVOS

“Os aditivos são produtos que, adicionados em pequena quantidade aos concretos de cimento Portland, modificam algumas propriedades, no sentido de melhorar esses concretos para determinadas condições (NICOLA, 2010).

“Os principais tipos de aditivos são: plastificantes (P), superplastificantes (SP), superplastificantes retardadores (SPR) e superplastificantes aceleradores (SPA), incorporadores de ar (IAR), aceleradores de pega (A), retardadores de pega (R), plastificantes retardadores (PR), plastificantes aceleradores (PA), impermeabilizantes (I), Produtores de gás ou espuma (PGE), Fungicidas/germicidas/inseticidas (FGI) e Inibidores de corrosão (IC)” (NICOLA, 2010).

Os aditivos, que beneficiam a durabilidade, resistência e melhoram determinadas propriedades do concreto, são classificados como: “Tenso-ativos (plastificantes, superplastificantes, redutores de água): melhoram a fluidez e plasticidade dos concretos (aumentam o índice de consistência), permitindo melhor compactação com menor dispêndio de energia; reduzem a quantidade de água, diminuindo a retração, aumentando a resistência ou economizando aglomerante (JUNIOR, 2013).

Incorporadores de ar: aumentam a durabilidade dos concretos (maior resistência à ação deletéria de líquidos agressivos), melhoram a plasticidade, melhoram o comportamento do material

durante o transporte (menor possibilidade de segregação), contribuem para a redução da exsudação e aumentam a resistência do concreto aos ciclos de congelamento e descongelamento. São utilizados em concretos submetidos a grandes variações de temperatura (gelo e degelo, câmaras frigoríficas, etc.) e também em concreto-massa, pois diminuem o atrito entre os agregados.

2 PROPRIEDADES DO CONCRETO

O concreto deve ser analisado nestas duas condições: fresco e endurecido.

2.1 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

O concreto fresco é assim considerado até o momento em que tem início a pega do aglomerante que é o período inicial de solidificação da pasta.

2.1.1 Trabalhabilidade

“É a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade sem perda de homogeneidade, a trabalhabilidade depende da mistura e das condições de execução da obra (ALVES, 1980).

O componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência, a consistência é relacionada com a mobilidade da massa e a coesão entre os componentes do concreto, a consistência irá depender da natureza da obra e a intensidade adotada para o adensamento (BAUER, 2010)

“Uma propriedade intimamente ligada a trabalhabilidade é a homogeneidade, que segundo Alves (1980), é a capacidade de o concreto manter suas características inalteradas da sua fabricação até a sua utilização. A coesão é a propriedade que garante a homogeneidade da mistura.

2.1.2 Segregação

“Definida como a separação dos materiais envolvidos na mistura heterogênea do concreto, ela atua nas características de uniformidade do concreto. As causas primárias da segregação são a diferença do tamanho dos grãos dos agregados e a massa específica dos materiais utilizados (ALVES, 1980).

“Uma das formas de segregação ocorre quando os fragmentos maiores do agregado tendem a depositar no fundo, tendo uma sedimentação maior do que a dos fragmentos menores, na outra forma de segregação ocorre à separação da pasta (água + cimento) devido a grande quantidade de água presente na mistura, a segregação também pode ser ocasionada por uma vibração excessiva (BAUER, 2000).



2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

As propriedades que um concreto depois de endurecido deve possuir são resistência, durabilidade, impermeabilidade e aparência. A resistência a compressão do concreto é a propriedade mais valorizada por projetistas e engenheiros de controle de qualidade. Considerada como a capacidade para resistir à esforços sem se romper, no concreto a resistência está relacionada aos esforços necessários para causar a ruptura (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Para Mehta e Monteiro (1994) a resistência à compressão dos concretos tem sido tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Isso se deve, por um lado, à relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos-de-prova e do ensaio de compressão axial e, por outro, ao fato de a resistência à compressão ser um parâmetro sensível às alterações de composição da mistura permitindo inferir modificações em outras propriedades do concreto.

2.2.1 Retração

“A retração é a diminuição de volume do concreto desde o fim da cura até atingir um estado de equilíbrio compatível com as condições ambientes. Ela se processa mais rapidamente até uns 3 a 4 meses e depois mais lentamente. Pode-se admitir que, para as dimensões usuais, um quarto da retração se dá aos 7 dias, um terço aos 14 dias e metade em 1 mês, três quartos em 6 meses (ALVES, 1980).

2.2.2 Influência à temperatura

A variação da temperatura ambiente não se transmite instantaneamente ao concreto, mas tem uma ação retardada sobre a variação da temperatura deste, sendo de amplitude tanto menor quanto mais afastado da superfície exposta ao ar estiver o ponto considerado. “O coeficiente de dilatação térmica para o concreto armado, segundo a NBR 6118, é considerado igual a $10,5^{\circ}\text{C}$, salvo quando determinado especificamente para o concreto a ser usado. Em peças permanentemente envolvidas por terra ou água e em edifícios que tenham, em planta, dimensão ou juntas de dilatação não superior a 30,00 m, dispensa-se à consideração da influência da variação da temperatura (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.2.3 Módulo de deformação longitudinal

“O módulo de deformação longitudinal é dado pela relação tensão-deformação. Pelo fato dessa relação não ser linear, exceto no trecho inicial, o módulo de deformação longitudinal do concreto não é constante, mas nem por isso não é um número característico do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Para Mehta e Monteiro (1994) “há diferentes maneiras de se determinar o módulo de deformação do concreto que são: módulo de deformação tangente na origem, módulo de deformação secante e módulo de deformação tangente. Tendo em vista o projeto de estruturas de concreto armado, a NBR 6118 permite que, quando não determinado experimentalmente, o módulo de deformação longitudinal à compressão, no início da curva tensão-deformação efetiva correspondente ao primeiro carregamento, seja calculado (equação 1) por:

$$E_{coj} = 21000\sqrt{fck + 35} \rightarrow em\ kgf/cm^2$$

(Equação 1)

2.2.4 Coeficiente de Poisson

“Toda a força ou tensão provoca, ao mesmo tempo, deformação no seu sentido de aplicação e também uma deformação no sentido transversal. A relação entre os valores absolutos da deformação transversal e da longitudinal é o coeficiente de Poisson (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

“A experiência tem demonstrado que o coeficiente de Poisson do concreto varia entre 0,11 a 0,21. A NBR 6118 admite para o concreto um coeficiente de Poisson relativo às deformações elásticas iguais a 0,2 (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.2.5 Resistência à compressão

“A resistência à compressão é importante tanto para si mesma como também pela influência que ela exerce sobre outras propriedades do concreto endurecido. Ela dá uma ideia geral da qualidade do concreto, pois está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratada. Propriedades como módulo de elasticidade, impermeabilidade e resistência às intempéries são diretamente relacionadas com a resistência à compressão (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

“A resistência de um material é dada como a capacidade de resistir à tensão sem se romper. No concreto, a resistência está relacionada à tensão necessária para causar a ruptura, definida como tensão máxima que a amostra do concreto pode suportar (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

“Helene e Andrade (2007) diz que o valor mínimo da resistência à compressão deve ser de 20 MPa para concretos apenas com armadura passiva (armado) e 25 MPa para concretos com armadura ativa (protendido). O valor de 15 MPa pode ser usado apenas em concreto magro e em obras provisórias.

A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação. É através da evolução da hidratação do cimento que a idade influencia na resistência à compressão (GIAMMUSSO, 1992).

A resistência à compressão simples é a característica mais importante de um concreto. É determinada em corpos de prova padronizados para possibilitar que resultados de diferentes concretos possam ser comparados. Observa-se que resultados da tensão ruptura (f_{cj}) obtidas no ensaio de diversos corpos de prova são mais ou menos dispersos em torno da resistência média (f_{cm}), conforme o rigor com que se confeccione o concreto (GIAMMUSSO, 1992).

Para Giammusso (1992) “colocando-se uma série de valores de resistências de corpos de prova do mesmo concreto em um gráfico de distribuição, com as tensões medidas no eixo horizontal e as frequências de ocorrência de um dado valor (ou intervalo de valor) no eixo vertical, obtém-se uma curva de distribuição normal. A área entre a curva e o eixo horizontal é igual a 1. Um valor qualquer da resistência divide esta área nas probabilidades de ocorrência de valores menores e maiores do que este valor. O valor de resistência que 15 tenha 95% de probabilidade de ser ultrapassado denomina-se resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} .

2.2.6 Resistência à tração

“A resistência à tração depende de vários fatores, principalmente da aderência dos grãos dos agregados com a argamassa (GIAMMUSSO, 1992).

2.2.6.1 Resistência à tração axial

“O ensaio para determinação direta da resistência à tração axial (f_t) do concreto é de difícil execução porque os resultados são muito influenciados pela forma de se proceder à tração na máquina de ensaio. Os corpos de prova podem ter diferentes formatos (GIAMMUSSO, 1992).

A resistência à tração é obtida (equação 2) por:

$$f_t = \frac{N_{tu}}{A_c}$$

(Equação 2)

Onde:

f_t = resistência à tração;

N_{tu} = força de tração de ruptura do corpo de prova;

A_c = área da seção transversal do corpo de prova.

Giammusso (1992) afirma que “em vista das dificuldades encontradas na realização do ensaio de tração axial, durante muitos anos a resistência à tração foi determinada através de ensaio de flexão.

“Este ensaio é feito com corpos de prova de concreto simples, prismáticos, de seção quadrada e apoiada em dois cutelos, com a aplicação de duas cargas iguais e simetricamente dispostas em relação ao meio da vão.

3 PATOLOGIAS DE CONCRETO

3.1 A PATOLOGIA INSERIDA NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

“Desde os primórdios da civilização que o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades, sejam elas habitacionais (casas e edifícios), laborais (escritórios, indústrias, silos, galpões, etc.), ou de infraestrutura (pontes, cais, barragens, metrô, aquedutos, etc.). Com isto, a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas (GONÇALVES, 2015).

“O crescimento sempre acelerado da construção civil, em alguns países e épocas, provocou a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação implícita de maiores riscos. Aceitos estes riscos, ainda que dentro de certos limites, posto que regulamentados das mais diversas formas, a progressão do desenvolvimento tecnológico aconteceu naturalmente, e, com ela, o aumento do conhecimento sobre estruturas e materiais, em particular através do estudo e análise dos erros acontecidos, que têm resultado em deterioração precoce ou em acidentes (GONÇALVES, 2015).

Gonçalves (2015) afirma que “a construção civil é uma indústria tradicional e atrasada, apresentando grande inércia a alterações, métodos de gestão ultrapassados e resistência a inovações tecnológicas. Há uma tolerância com problemas crônicos, como por exemplo, a baixa qualidade no processo e a baixa qualidade do produto final, as edificações, que apresentam inúmeras não-conformidades e patologias. Os fatores podem ser vários, sendo o principal o desleixo quanto à necessidade de manutenção e a presunção de que uma estrutura de concreto duraria ilimitadamente, dispensando manutenções.

“Por muito tempo o concreto foi considerado um material extremamente durável, devido a algumas obras muito antigas ainda encontrarem-se em bom estado, porém a deterioração precoce de estruturas recentes remete aos porquês das patologias do concreto (BRANDÃO e PINHERIO, 1999).

3.2 DEFINIÇÃO DE PATOLOGIA E OUTROS CONCEITOS

3.2.1 Patologia

“O termo “patologia”, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na Medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar

o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes) (BRANDÃO e PINHERIO, 1999).

Degussa (2003) entende patologia como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis e à terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

Segundo Piancastelli (1997), “sendo o concreto armado, um material não inerte, ele se sujeita a alterações, ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

3.2.2 Vida útil

“Outro termo importante que é necessário caracterizar é “vida útil”. A estrutura, ao decorrer de sua vida útil, estará naturalmente sujeita ao “desgaste”, devido à ação de cargas e sobrecargas, estáticas, dinâmicas, vibrações, impactos, assim como a recalques diferenciados em pontos da fundação com o decorrer dos anos e erosão e cavitação por ação de agentes sólidos e líquidos em reservatórios, canais, tanques. Isto leva a definir “vida útil” como o tempo que a estrutura conserva seus índices mínimos de resistência e funcionalidade. Prolongar este tempo ao máximo é um dos desejos de quem trabalha com construções de edificações (GONÇALVES, 2015).

“Segundo a ISO 13823 entende-se por vida útil “o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”. Observe-se que essa definição engloba o conceito de desempenho formulado pela ISO 6241 e que só recentemente, em 2010, foi introduzido na normalização brasileira através da NBR 15575 (GONÇALVES, 2015).

Na NBR 6118, item 6.2, entende-se vida útil de projeto o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme itens 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais (ABNT NBR 6118, 2014).

Assim, considera-se que um material chegou ao fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob dadas condições de uso, se deterioram a tal ponto que a continuação do uso desse material é considerada insegura ou antieconômica (ANDRADE, 1997).

3.3 CAUSAS E ORIGENS DAS PATOLOGIAS

Segundo Gonçalves (2015) “as causas mais comuns de patologias em obras de edificações são por consequência de:

- a) Falhas na concepção do projeto;
- b) Má qualidade dos materiais;
- c) Erros na execução;
- d) Utilização para fins diferentes dos calculados em projeto;
- e) Falta de manutenção no decorrer do tempo.

3.3.1 Desagregação do concreto e eflorescência

“A desagregação é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção, conforme apresentado na figura 1 (MEHTA e MONTEIRO, 2013).

Figura 1 - Desagregação do concreto



Fonte: SILVA (2011)

“Já a eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam, conforme pode-se observar na figura 2 (GONÇALVES, 2015).

Figura 2 - Eflorescência



Fonte: SILVA (2011)

4 LIXIVIAÇÃO

4.1 DEFINIÇÃO

Lixiviação pode ser definida como um “processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator (ABNT NBR 10005:2004), mas pode ser considerada uma grave patologia no concreto.

Na figura 3 nota-se a Ponte do rio Titara – BR-343/PI – “No apoio central da obra vemos a grande intensidade de lixiviação do concreto do pilar (VITORIO, 2008).

Figura 3 - Ponte do rio Titara BR-343/PI



Fonte: José Afonso Pereira Vitório – Anais do 50º congresso Brasileiro do Concreto CBC2008; Avaliação do grau de risco estrutural de pontes rodoviárias de concreto.

“As reações de hidratação do cimento Portland produzem principalmente cristais C-S-H (silicato de cálcio hidratado), duros, resistentes e insolúveis na presença de água (PINHEIRO *et al.* 2010). Mas estas reações “produzem também cristais de Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 , cal hidratada/hidróxidos de cálcio e de magnésio, estes parcialmente solúveis em água, principalmente no caso de água corrente, conforme figura 4 (LAPA, 2008).

Figura 4 - Peça em concreto com grande perda de massa pelo transporte de material solúvel.



Fonte: Centro de Tecnologia do Ambiente Construído; Revista Técnica, Pini, edição 151

Como um tipo de patologia o “processo de dissolução e transporte da cal hidratada dá-se o nome de lixiviação. A lixiviação é nociva ao concreto por várias razões: com a remoção de sólidos, ocorre redução na resistência mecânica do material e abre-se caminho para a entrada de gases e líquidos agressivos às armaduras e ao próprio concreto, além da penetração de água e oxigênio que normalmente redonda na corrosão de armaduras em peças de concreto armado ou protendido, conforme figura 5 (LAPA, 2008).

Figura 5 - Armadura aparente com a perda de sólidos.



Fonte: Centro de Tecnologia do Ambiente Construído; Revista Técnica, Pini, edição 151

4.2 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

“A lixiviação pode ser controlada, ou minimizada, por meio de vários recursos, sendo os principais a boa dosagem do concreto (com o melhor empacotamento e a menor relação água-cimento possíveis), o bom adensamento e o adequado processo de cura. Influem ainda o tipo de cimento, o teor de C_3S e de C_2S na composição química do cimento, a presença de adições e aditivos, a possibilidade de proteção superficial das peças (LAPA, 2008).

5 CONCLUSÃO

Com os estudos e métodos aplicados para diagnosticar os diferentes tipos de patologias, é possível definir quais serão as técnicas aplicadas na construção para mitigar os efeitos do problema e se não possível evitar, tratar da melhor forma possível os danos causados pela lixiviação.

É importante entender que quanto maior o tempo de atuação da patologia e a exposição do material às causas do problema, maior o comprometimento da estrutura.

Com a estrutura vulnerável, o risco de acidentes aumenta, prejudicando a segurança dos frequentadores do local e dos arredores.

Como uma doença degenerativa, se detectada com antecedência e tratada da forma correta desde o diagnóstico, a lixiviação pode ser reparada.

A melhor opção é sempre trabalhar bem a composição dos elementos do concreto e suas devidas proporções. Para cada uso do concreto, existe uma composição mais adequada para que a estrutura



demonstre seu melhor desempenho e durabilidade, conseqüentemente diminuindo sua degeneração natural.

A durabilidade de uma construção deve ser longa, portanto se um problema compromete essa propriedade da estrutura, deve ser tratado como prioridade, primeiramente para que não ocorra, e posteriormente caso não possa ser evitado, que seja trabalhado de tal forma tão adequada a ponto de trazer de volta à estrutura suas características iniciais, ou minimamente que chegue perto disso.



REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**, 2014.

ABNT NBR 10005:2004; **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. 2004.

ALVES, D. **Materiais de Construção**. A Vol. 1. 5ª Edição. Editora: Livraria Nobel. 1980.

BAUER, L. A. **Materiais de Construção**. Vol 1. 5ª Edição revisada. LTC Editora S.A. 2000.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

DEGUSSA. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. 2003. Ed. Red. Reabilitar, São Paulo, 2003.

GIAMMUSSO, S. **Manual do Concreto**. São Paulo. PINI, 1992.

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

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Ed. G. C. Isaia - São Paulo: IBRACON, 2007.

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

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.

JUNIOR, Prof. José de Almeida Freitas. **Materiais de Construção (TC-030) – Aglomerantes**. Ministério da Educação Universidade Federal do Paraná Setor de Tecnologia Departamento de Construção Civil, 2013.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. P.J.M. São Paulo. PINI, 1994.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

MORAIS, E; GROSSI, M.V. F. **Reforço estrutural em estruturas de concreto armado**. Mackenzie, São Paulo, 2013

NICOLA, A. **Concreto: História, Componentes, Tipos de concreto, Aplicação, Cura de concreto, Características físicas**. Universidade Federal de Tocantins, 2010.

PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S; CATOIA, T; CATOIA, B. **Estruturas de concreto – CAPÍTULO 1**. USP – EESC – Departamento de Engenharia de Estruturas, 2010.



PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado.** Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da UFRG, Belo Horizonte, 1997.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** UFMG - Belo Horizonte, 2008.

VITÓRIO, J. A. P. Anais do 50º congresso Brasileiro do Concreto CBC2008; **Avaliação do grau de risco estrutural de pontes rodoviárias de concreto.** 2008.