



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia



IBAPE BAHIA
Instituto Brasileiro de
Avaliações e Perícias de
Engenharia da Bahia

Estudos das Manifestações Patológicas Encontradas em Edifícios de Belo Horizonte e Nova Lima com até 30 Anos de Idade

**Geovana Chaves Lisboa Saliba; Antônio
Neves de Carvalho Júnior**



O conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade de seus autores.

TRABALHO DE PERÍCIA – Outros temas afins

**ESTUDOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM
EDIFÍCIOS DE BELO HORIZONTE E NOVA LIMA COM ATÉ 30 ANOS DE IDADE**

2019

*“Os materiais não falham.
Eles seguem as leis da natureza.
Nós é que não os utilizamos direito”.
Carl G. Cash*

RESUMO

Atualmente manifestações patológicas como exposição e corrosão de armadura, carbonatação, fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações, pulverulência em argamassa de revestimento, recalque, deficiência no sistema de drenagem, deficiência de impermeabilização, são facilmente encontradas em diversas edificações. O objetivo deste trabalho será identificar, estudar e analisar as principais e mais frequentes manifestações patológicas encontradas em uma amostragem de edificações de Belo Horizonte e Nova Lima com até 30 anos de idade, a partir de uma pesquisa com profissionais peritos, que atuam na região. E com isso, demonstrar de modo real, por meio do resultado de vistorias nas edificações em uso, quais as consequências do não cumprimento de práticas recomendadas por normas técnicas, que poderiam ser evitadas se for correlacionado projeto/execução *versus* manifestações patológicas. A pesquisa contemplou 49 edificações, o que permitirá o mapeamento das principais manifestações patológicas encontradas a fim de determinar origem e frequência, associando ainda a idade, localização, tipo de estrutura das edificações e padrão construtivo.

Palavras-chave: Edificações; Manifestações patológicas; Construção civil.

1- Introdução

O Edifício Acaiaca, inaugurado em 1943 com 120m de altura e 30 andares, foi o prédio mais alto de Belo Horizonte, até a chegada de outros ícones na história das grandes edificações, como o Edifício Itatiaia, 1951, o Edifício Sulamérica, 1946 e SULACAP, 1947, o Edifício Niemeyer, 1960, o Edifício Maleta, 1961, o Edifício JK, 1970, assim como tantos outros que iniciaram o processo de verticalização da cidade. A partir da implantação da Companhia Brasileira de Cimento Portland em 1924 e da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional em 1946 foi possível ampliar o número de pavimentos das edificações com o uso do concreto armado. Apesar da construção civil no século passado ter privilegiado o concreto e a alvenaria, o crescimento era tímido e conservador.

O crescimento da construção civil brasileira tomou grandes proporções a partir de 2005 (PAIXÃO *et al.*, 2016), ou seja, há cerca de 14 anos, o mercado imobiliário cresceu em marcha acelerada. Com isso, sofreu exigências e adaptações para entregar o maior número de obras com excelência em qualidade e prazo de execução, aumentando assim o custo da mão de obra especializada e disponível, contratação de mão de obra com pouca experiência, edificações construídas a fim de ser entregue no menor prazo possível, dentre outros. Fatores estes que podem ter culminado em uma avalanche de manifestações patológicas construtivas observadas em recentes trabalhos periciais em edificações de Belo Horizonte e Nova Lima.

Segundo Paulo Helene (1988) “Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.

Em edificações de Belo Horizonte e Nova Lima é possível observarmos uma série de manifestações patológicas construtivas em edificações, que há alguns anos só eram relacionadas a edificações mais antigas, com deficiência de manutenção ou em ambientes mais agressivos que o ambiente urbano.

Atualmente manifestações patológicas como deficiência de cobrimento, exposição e corrosão de armadura, carbonatação, fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações, pulverulência em argamassa de revestimento, recalque, corrosão de tubulação hidráulica de cobre por pit, deficiência no sistema de drenagem, deficiência de impermeabilização, são facilmente encontradas em diversas edificações. E o entendimento e análise das manifestações patológicas mais frequentes ajudaria a apresentar no meio acadêmico e profissional, que a durabilidade das estruturas depende de um conjunto de ações a fim de que a edificação satisfaça completamente os critérios técnicos a qual foi estabelecida.

O objetivo deste trabalho será de mapear, identificar, determinar origem e analisar as principais e mais frequentes manifestações patológicas encontradas em edificações de Belo Horizonte e Nova Lima com até 30 anos de idade, possibilitando verificar e associar as manifestações patológicas identificadas à idade, localização, tipo de estrutura e padrão construtivo.

2- Justificativa

Em trabalhos periciais, é possível observar, que as boas práticas da arquitetura e/ou da engenharia civil quando negligenciadas, seja na elaboração do projeto ou na

execução da obra, o desempenho pleno da edificação fica comprometido. Portanto, há necessidade de demonstrar de modo real, através da pesquisa dos resultados de vistorias nas edificações em uso, quais as consequências do não cumprimento de práticas regulamentadas recomendadas por normas técnicas e que são apreendidas nas universidades, como de não se respeitar o tempo de cura para concreto, para chapisco e para reboco/emboço; que tanto o excesso como a falta de água ocasiona problemas na argamassa; que é necessário à armadura um cobrimento mínimo a fim de se evitar ataques por gás carbônico, cloretos, sulfatos; que ao fazer um projeto sem detalhamento ou conhecimento de um recorte na fachada este será uma entrada de percolação de água para o interior da edificação; dentre outros problemas que poderiam ser evitados se relacionar projeto/execução *versus* manifestações patológicas. O resultado final do trabalho visa apresentar ao meio acadêmico e profissional a importância do bom desempenho técnico construtivo, para garantir a durabilidade das estruturas.

3- Revisão bibliográfica

3.1- Infiltração

As infiltrações são deficiências que possibilitam a percolação de água através de fissuras ou da absorção de água por capilaridade pelas estruturas porosas (FREITAS *et al.*, 2008). A umidade pode ser proveniente das intempéries, quando a água da chuva percola para o interior da edificação através da fachada, laje e/ou cobertura de uma edificação; a condensação é quando o vapor de água existente no interior de um local entra em contato com superfícies mais frias, como vidros, metais, paredes, dentre outros, formando gotículas de água; por capilaridade que é aquela que aparece nas áreas inferiores das paredes, que absorvem a água do solo, através da fundação/estrutura com porosidade. As umidades por ascensão capilar podem ser permanentes quando o nível do lençol freático está muito alto, o que pode ser sazonal, decorrentes da variação meteorológica. É muito frequente este tipo de umidade em subsolos que se encontram abaixo do nível do lençol freático.

A eflorescência é uma formação de depósito de cristais/sais através da lixiviação, fenômeno que pode ser observado em grutas de formação calcárea através dos estalactites e estalagmites. A eflorescência causa mal aspecto, manchas esbranquiçadas, descoloramento da pintura, entre outros. A situação piora quando as eflorescências situam-se nos concretos, provocando a redução do pH naturalmente alcalino, favorecendo o aparecimento de corrosão das armaduras do concreto armado. As eflorescências aparecem também entre os tijolos e o reboco (massa fina), fazendo este se descolar.

Nas regiões onde o concreto é de qualidade inadequada e/ou onde é verificada existência de trincas, fissuras ou brocas (estrutura heterogênea) e/ou onde há cobrimento deficiente da armadura, a penetração de água e gases para o interior da estrutura é facilitada e conseqüentemente o ataque e corrosão da armadura, com formação de óxido ou hidróxido de ferro, ocupando volumes de 3 a 10 vezes o volume inicial dos vergalhões de aço causando, assim, pressões de expansão superiores a 40 Mpa (BRANDT *et al.*, 2018). Surgem, então, mais fissuras no concreto, na direção paralela à armadura, já em processo de corrosão. Desse modo, fica facilitada a

penetração dos agentes agressivos, chegando a provocar o deslocamento progressivo do concreto.

O deslocamento reduz a massa de concreto inicialmente calculada para suportar os esforços daquela peça e, com o passar do tempo e aumento dos deslocamentos, poderá até mesmo chegar à falência estrutural, provocando colapso da estrutura de concreto.

3.2- Trincas em edificações

Trincas em edificações são muito comuns. Em alguns casos, são fissuras insignificantes, presentes apenas no revestimento de uma laje e provavelmente causado por um eletroduto mal posicionado, já em outras situações, são fendas diagonais, ainda não estabilizadas, em que se passa uma mão para o lado externo da edificação, causadas por recalque das fundações.

A dificuldade técnica da correta identificação da origem das trincas em bem descrita abaixo:

“E lembrar-se que uma causa pode provocar diversas configurações e uma configuração pode ser representativa de diversas causas”. (THOMAZ, 1989)

Alguns nomes aparentemente similares: trinca, fissura, rachadura, fenda. Na verdade, classifica-se uma abertura, em uma estrutura ou alvenaria, de duas formas distintas: pelas dimensões da abertura ou pelas alterações em suas dimensões (ou ausência delas).

- Fissura é uma abertura em forma de linha, com espessura de até 0,5mm.
- Trinca é uma abertura em forma de linha, com espessura de 0,5mm até 1,0mm.
- Rachadura é uma abertura expressiva, proveniente de acentuada ruptura de massa, cuja espessura varia de 1,0mm a 1,5mm.
- Fenda é uma abertura excessiva, que causa divisão da parede, e sua espessura é superior a 1,5mm.

Mas, para simplificar, é possível chamar todas as aberturas de trincas, identificando apenas o tamanho da abertura. Essas aberturas podem ou não se movimentar: as trincas que ainda se movimentam, alterando suas dimensões ao longo do tempo, são as ativas; por outro lado, as trincas já estabilizadas há tempos, em que não mais se observa alterações dimensionais, tanto na largura quanto na abertura ou forma, são denominadas passivas.

De uma maneira geral, é possível dizer que em estruturas onde encontram-se trincas passivas, há menos riscos de queda que em outra estrutura que apresenta trincas ativas, especialmente se estas forem diagonais ou radiais. Antes de dar um parecer sobre uma trinca, é prudente seguir alguns passos, como: identificar se os problemas estão em elementos estruturais (lajes, vigas, pilares ou alvenaria portante); verificar se a peça lesada está submetida por algum agente externo (presença de água, por exemplo) ou a um processo de deterioração progressiva; verificar a estabilidade ou progresso da anomalia, preenchendo a abertura com gesso. O fissuramento posterior do gesso indica a continuidade da movimentação; verificar a espessura da abertura, preferencialmente com um fissurômetro e tomar cuidados especiais se a abertura for de aproximadamente 0,5 mm. (THOMAZ, 1989)

Apesar desses métodos parecerem simples, algumas trincas são perigosas, por isso, sempre que houver dúvidas, recomenda-se consultar um profissional especialista no assunto.

É primordial atuar nas causas e para isso, o correto diagnóstico da origem das trincas é de suma importância. A grande maioria das trincas podem ser causadas por: movimentações térmicas; movimentações higroscópicas; atuação de sobrecargas ou concentração de tensões; deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado; recalques de fundação; retração de produtos à base de cimento; alterações químicas dos materiais de construção. (THOMAZ, 1989)

É sabido que os materiais e elementos componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura durante o dia e até mesmo nas diferentes estações do ano. Obviamente em temperaturas mais baixas existe contração e nas mais elevadas, dilatação. Um pequeno edifício em alvenaria estrutural, onde há variações dimensionais em seus elementos, alguns confinados outros não. É totalmente possível que tensões se acumulem em algum destes materiais ou elementos provocando o aparecimento de algumas trincas.

Então, resumidamente, as trincas podem aparecer devido ao acúmulo de tensões, mas também podem aparecer devido às movimentações diferenciadas, como nas junções entre materiais com coeficientes de variação térmica diferentes como esquadria de aço e alvenaria; diferentes temperaturas no mesmo material como a face interna e externa de uma laje de cobertura e até mesmo um misto dos dois anteriores como alvenarias *versus* laje de cobertura.

Ainda é importante salientar que tão importante quanto as movimentações térmicas diferentes dos componentes da construção é a rapidez com que ela ocorre. Na maioria dos casos, alguns materiais que podem absorver uma variação dimensional lenta, não suportam variações bruscas.

Em trincas causadas por movimentações higroscópicas a causa é a porosidade. Dos materiais e elementos componentes de uma construção, uns tem maior e outros tem menor porosidade. O princípio que rege este tipo de variação dimensional é a penetração ou saída de umidade dos poros desses materiais. Um aumento do teor de umidade provoca expansão enquanto sua redução provoca retração, e, similarmente ao que é observado nas trincas causadas pelas movimentações térmicas acima, se existir qualquer componente da construção que restrinja essas movimentações, há real possibilidade do aparecimento de fissuras.

A umidade pode ter acesso aos componentes da construção através de várias maneiras. A mais conhecida é através dos fenômenos meteorológicos ou pela umidade do ar; a umidade natural do solo que ascende às alvenarias por capilaridade também é uma grande causa do aparecimento de trincas e estufamento da pintura nas paredes; a umidade proveniente da execução da obra, como o umidecimento das alvenarias no processo de assentamento, em níveis superiores ao ponto de equilíbrio higroscópico, pode causar retração pela perda desse excesso d'água; e, finalmente há ainda a possibilidade da umidade incorporada na produção dos materiais e componentes da construção, como os concretos: a perda dessa umidade é a grande responsável pelas retrações hidráulicas, proporcionando fissuras paralelas e equidistantes.

Em trincas causadas por recalque, a configuração mais característica é a inclinação, normalmente iniciando na parte superior do elemento que recalcou, descendo até sua base.

É importante saber que os solos são heterogêneos, compostos basicamente por partículas sólidas, ar, água e matérias orgânicas, e sua capacidade de suportar cargas e se deformar varia, principalmente em função de: tipo, consistência e estado; nível do lençol freático; tipo de fundação: direta ou profunda; intensidade e distribuição das cargas da edificação; dimensões e formato da placa carregada; e, finalmente a interferência de fundações vizinhas. (THOMAZ, 1989)

As variações da forma do solo pela aplicação de cargas, no caso de solos mais compactos, e as variações de volume provocadas pela perda de umidade do bulbo de tensão, no caso dos solos mais moles, são as principais causas do aparecimento de trincas nas edificações. E é possível determinar a causa de cada configuração de trinca provocada por um recalque de fundação.

O envelhecimento e degradação dos materiais de construção pode ser afetado pela presença de agentes agressivos, mas nem sempre é necessário meios muito agressivos para provocar alterações nos materiais de construção. Um exemplo natural é a nossa atmosfera que contém o CO_2 – dióxido de carbono – um dos elementos causadores da carbonatação das estruturas de concreto e consequente corrosão de armadura (PASSUELO et al., 2005): uma das mais graves “doenças” do concreto armado.

A carbonatação ocorre quando há reação do CO_2 com compostos hidratados do cimento como o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), formando o carbonato de cálcio (CaCO_3) que em contato com a água provoca a redução do pH naturalmente alcalino, favorecendo o aparecimento de corrosão das armaduras, manifestação patológica que mais compromete a estrutura de concreto armado.

As corrosões podem ser ainda provocadas pela presença de agentes agressivos no ambiente, como os enxofres em chuva ácida, dos íons cloreto muito comuns em áreas marinhas, e ainda pela incorporação desses agentes nos materiais de construção, como os aceleradores de pega à base de cloreto de cálcio.

A reação química de hidratação do cimento (que promove seu endurecimento) utilizado na confecção de argamassas e concretos consome água e uma reação água cimento com aproximadamente 0,40 é totalmente necessária para promover a hidratação completa de todos os grãos de cimento (Thomaz, 1989). Toda água excedente ou fica incorporada ao concreto ou evapora-se ao longo do tempo, contribuindo para retração de secagem do concreto e formação de fissuras.

Outros dois mecanismos contribuem com a retração do concreto: a retração química onde as forças de coesão entre os grãos de cimento, no processo de hidratação, diminuem o volume de água em cerca de 25%; e ainda existe a retração pela carbonatação onde os componentes geradores do carbonato de cálcio, tem volumes maiores que o produto final da reação. O conjunto dessas retrações provocam várias configurações de trincas e fissuras.

Normalmente, o excesso da água de amassamento, provoca uma superfície esbranquiçada e fissuras mapeadas, muito comum nos revestimentos das alvenarias. Já a perda muito rápida da água excedente em um concreto, como falta de cura ou concretagens em altas temperaturas, provocam trincas paralelas e equidistantes, facilmente vistas em uma viga de concreto armado. Uma outra fissura muito comum, configurada como um descolamento entre viga superior e alvenaria é proporcionada pelo encunhamento precoce da alvenaria (viga superior concretada há pouco tempo).

O fissurômetro é um dos equipamentos utilizados na mensuração das fissuras. Os mais simples medem apenas sua abertura enquanto os mais sofisticados são

capazes de medir também a profundidade, além da direção e intensidade da movimentação. Habitualmente, são efetuadas medidas frequentes, em certas situações até de hora em hora, sendo anotadas as leituras, individualmente em cada local medido. Através da comparação entre tais leituras é possível monitorar a evolução, ou não, da fissura.

Uma relação de medidas corretas para prevenção do aparecimento de trincas nas edificações, segundo Thomaz (1989): *“...passa obrigatoriamente por todas as regras de bem planejar, bem projetar e bem construir”*.

3.3- Concreto e ferragens expostas

O composto concreto, habitualmente utilizado nas estruturas das edificações é basicamente formado por cimento, areia, água e agregados. Estruturalmente é caracterizado pela alta resistência à compressão. No entanto, é baixa sua resistência à tração. O concreto de resistência moderada (20 a 40 MPa) é o mais comumente utilizado nas estruturas. Atualmente, já existe produção de concreto comercial de alta resistência, superando os 130 MPa.

Devido à baixa resistência do concreto à tração, este é associado à armadura de aço, constituindo-se o concreto armado. O concreto e o aço são materiais de construção compatíveis, não apresentando coeficiente de dilatação térmica similares e sendo largamente utilizados na Construção Civil.

Para produzir qualquer metal é necessário aplicar, ao minério de ferro, energia em um processo de redução. O metal perdendo energia através de reação espontânea retorna, gradualmente, ao seu estado natural. Tal fenômeno é chamado de corrosão metálica que é a transformação dos materiais metálicos ao seu estado natural, pela ação química ou eletroquímica do meio. Caso o aço não tenha proteção, entrando em contato com o ar atmosférico e umidade, volta ao seu estado original, minério, sofrendo corrosão.

O concreto que envolve a armadura de aço, quando executado sem os devidos cuidados, pode não funcionar como uma barreira perfeita, permitindo que as armaduras sofram ataques de íons agressivos ou de substâncias ácidas existentes na atmosfera. Os principais agentes que contribuem para a ocorrência da corrosão são: o dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloreto (Cl^-).

Quando há deficiência no cobrimento da armadura em uma estrutura de concreto armado, com exposição da ferragem a estrutura fica exposta e susceptível a degradação prematura da estrutura da edificação.

Quanto maior a espessura da camada de concreto sobre o aço, maior será a proteção do mesmo contra a corrosão. Diante disso, a norma NBR 6118/2014 estabelece requisitos de qualidade e de cobrimento mínimo de armadura, em função da agressividade do ambiente a ser edificado. Quando essas premissas são negligenciadas, patologias na estrutura ocorrem em poucos anos, levando à fissuração intensa com deslocamento do concreto, à diminuição da seção da armadura ou até mesmo de seu desaparecimento, o que em casos extremos pode levar à ruptura, deformação e até queda da estrutura.

Os requisitos referentes à espessura do cobrimento da armadura são definidos pela NBR 6118/2014, onde são divididos em quatro classes de agressividade: I – Fraca (rural e submersa), II – Moderada (Urbana), III – Forte (Marinha e industrial) e IV – Muito forte (industrial e respingos de maré) e são classificados de acordo com a

tabela 7.2 (abaixo). Ainda segundo a norma, o requisito 7.4.7.2 dita que “Para garantir o cobrimento mínimo, o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal, que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela 7.2, para $\Delta c = 10\text{mm}$ ”.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

Ainda segundo a NBR 6118/2014, “para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5mm”.

Um dos principais agentes que contribuem para a corrosão de armadura é o dióxido de carbono (CO_2). Este por sua vez está no dia a dia urbano e sua concentração aumenta ainda mais em locais como garagens. Diante disso a preocupação com o cobrimento exigido em norma é ainda mais relevante em vigas, pilares e lajes em garagens que apresentam essa irregularidade de cobrimento de armadura. A correção e o cumprimento das Normas se fazem necessário a fim de evitar a diminuição do desempenho, da durabilidade e da vida útil da edificação.

4- Da Pesquisa

O trabalho surgiu da necessidade de buscar entender as inúmeras manifestações patológicas que é possível observar em diversos trabalhos periciais. O que está acontecendo? É ausência e/ou deficiência de manutenção nas edificações?

É problema de projeto? É problema na execução? Manifestações patológicas em novas construções aumentaram? As normas estão sendo seguidas durante todo o processo da construção? Diante disso, uma pesquisa foi realizada a fim tentar analisar o que vem ocorrendo na construção civil em Belo Horizonte e Nova Lima.

A pesquisa foi realizada em edificações residenciais e comerciais de Belo Horizonte e Nova Lima, levando em consideração a idade da edificação, bairro, tipo de estrutura, padrão construtivo e os tipos de manifestações patológicas encontradas.

4.1- Resultados da pesquisa

Foram realizadas pesquisas com peritos que atuam na região e a amostragem possui 49 edificações, sendo 36 em Belo Horizonte e 13 em Nova Lima no estado de Minas Gerais.

Como a pesquisa foi realizada em edificações com até 30 anos, ao tabularmos seccionamos a idade da seguinte forma: edificações até 5 anos, edificações de 6 a 10 anos, edificações de 11 a 20 anos e de 21 a 30 anos.

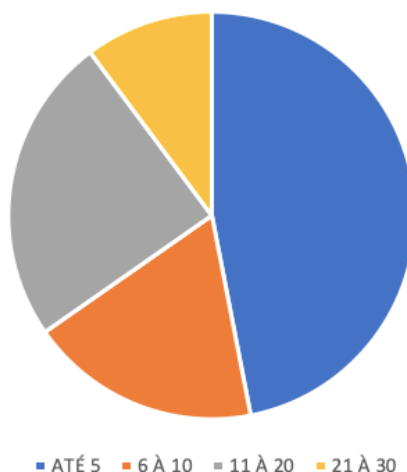


Gráfico 1: Idade das edificações pesquisadas em 2019.

O padrão construtivo das edificações pesquisadas foram: 21 com padrão alto, 26 com padrão médio e 2 com padrão popular.

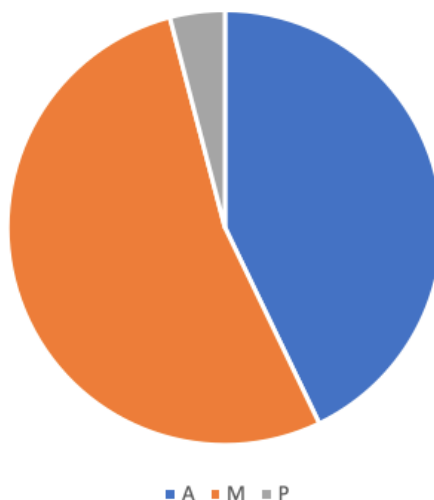


Gráfico 2: Padrão construtivo das edificações pesquisadas.

A quantidade de manifestações patológicas (armadura exposta, corrosão de armadura, carbonatação, infiltração, fissuras/trincas em alvenaria e/ou em estrutura, dano em elementos da fachada, recalque,...) correlacionadas com a idade foram: 127 manifestações patológicas em edificações até 5 anos (vistoriados 23 imóveis com essa idade), 47 manifestações patológicas em edificações de 6 a 10 anos (vistoriados 9 imóveis com essa idade), 60 manifestações patológicas em edificações de 11 a 20 anos (vistoriados 12 imóveis com essa idade) e 34 manifestações patológicas em edificações de 21 a 30 anos (vistoriados 5 imóveis com essa idade).



Gráfico 3: Quantidade de manifestações patológicas relacionadas a idade nas edificações pesquisadas.

As estruturas das edificações pesquisadas foram: 41 em concreto armado, 7 em alvenaria estrutural, 1 em estrutura mista.

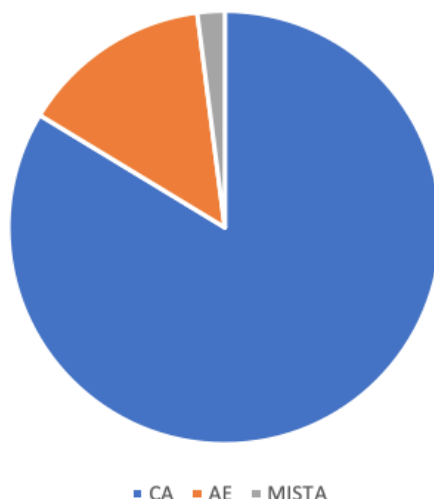


Gráfico 4: Tipos de estrutura das edificações pesquisadas.

4.2- Análise das patologias encontradas

4.2.1- Armadura exposta

Das 49 edificações pesquisadas 25 possuem armaduras expostas. Das 25 edificações vistoriadas que apresentaram essa manifestação patológica, 56% tinham até 5 anos de idade, 33,3% das edificações tinham entre 6 e 10 anos, 33,3% tinham entre 11 e 20 anos e 100% das edificações vistoriadas entre 21 e 30 anos apresentaram armaduras expostas.

A deficiência de cobrimento de armadura é porta de entrada para o processo de corrosão de armadura e consequentemente diminuição da durabilidade da estrutura, e na pesquisa foi possível observar que 100% das construções entre 21 e 30 anos possuem essa manifestação patológica e 56% estão em edificações com até 5 anos. Essa manifestação patológica é bem significativa do ponto de vista de comprometimento estrutural e custo para futura recuperação das estruturas. A deficiência de manutenção ou a deficiência de cobrimento de armadura geram sérios problemas para a saúde da edificação.



Fotos 1 e 2: Armadura exposta em edificação nova (6 meses). Fonte: Arquivos do autor.

4.2.2- Corrosão em armadura

Essa manifestação patológica está em 14 imóveis dos 49 vistoriados na pesquisa, sendo que, dos 23 imóveis vistoriados com até 5 anos de idade, 17% apresentaram essa manifestação patológica; dos 9 vistoriados entre 6 e 10 anos, 11% apresentou essa manifestação; dos 12 imóveis entre 11 e 20 anos, 41,6% apresentaram corrosão em armadura e dos 5 imóveis entre 21 e 30 anos, 80% apresentaram essa manifestação patológica.

Segundo Helene (1988) “para que a corrosão se manifeste é necessário que haja oxigênio (ar), umidade (água) e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletroquímica (heterogeneidade da estrutura), que só ocorre após a despassivação da armadura”. A corrosão de armadura compromete a segurança, a estabilidade e a durabilidade das estruturas de uma edificação. O nível de corrosão pode afetar significativamente a estrutura da edificação e aumentar ainda mais o custo da recuperação estrutural e desta forma o melhor é o diagnóstico precoce e a terapêutica

correta com monitoramento para a devida segurança da edificação e de seus usuários.



Fotos 3 e 4: Corrosão de armadura com deslocamento do concreto e corrosão em estrutura metálica, respectivamente. Fonte: Arquivos do autor.

4.2.3- Carbonatação

Das 49 edificações pesquisadas/vistoriadas 22 apresentaram carbonatação. Essa manifestação patológica foi observada em 35% nos imóveis com até 5 anos, em 66,7% nos imóveis com até 10 anos, em 33,3% nos imóveis com até 20 anos e em 80% nos imóveis com até 30 anos. O maior percentual de imóveis com carbonatação foi em edificações entre 21 e 30 anos, decorrente provavelmente pela deficiência de manutenção.

4.2.4- Infiltrações

Dos 49 imóveis pesquisados, 45 imóveis apresentaram essa manifestação patológica. Um número bem expressivo, pois 95,6% dos imóveis até 5 anos apresentavam infiltrações, 88,8% das edificações com até 10 anos, 91,6% das edificações com até 20 anos e 80% das edificações com até 30 anos apresentaram essas manifestações patológicas.

As infiltrações, conforme mencionado no item 3.1 deste trabalho, comprometem a edificação não só esteticamente com o aparecimento da eflorescência, como também favorece em estruturas de concreto armado, o surgimento de carbonatação e corrosão de armadura.



Fotos 5 e 6: Infiltração com deslocamento do revestimento e infiltração com presença de eflorescência, respectivamente. Fonte: Arquivos do autor.

4.2.5- Fissuras/trincas nas alvenarias

Nesta manifestação patológica, dos 49 imóveis pesquisados, 46 imóveis apresentaram fissuras e/ou trincas na alvenaria. Um número bem expressivo, pois 100% dos imóveis com até 5 anos apresentaram essa manifestação, assim como 89% das edificações com até 10 anos, 91,6% em edificações com até 20 anos e 80% em edificações com até 30 anos.

Como descrito no item 3.2 deste trabalho há várias causas para fissuras em edificações, como variação de umidade e de temperatura, carga, incompatibilidade entre materiais, agentes biológicos e atmosféricos, dentre outros, e a análise e entendimento de todo o conjunto, vai facilitar o correto diagnóstico e a correta terapêutica para a segurança da edificação.

4.2.6- Fissuras/trincas nas estruturas

Dos 26 imóveis que apresentaram fissuras/trincas nas estruturas, 52% tinham até 5 anos, 44,4% tinham entre 6 e 10 anos, 50% tinham entre 11 e 20 anos e 80% tinham entre 21 e 30 anos de idade.

Segundo Thomaz (1989) para prevenir fissuras em edificações é obrigatório seguir as regras de planejar bem, projetar bem e construir bem. Ter controle de todos os processos das etapas de construção, desde o projeto, canteiro de obras, materiais, estoque, utilização, manutenção, dentre outros, vão garantir qualidade e maior durabilidade da edificação.

Em estruturas, as trincas podem significar corrosão de armadura ou é a porta de entrada para ela, com isso o reparo estrutural pode ser pontual, mas às vezes o problema se agrava de tal forma, pela deficiência de cobrimento de armadura, pela deficiência ou ausência de manutenção, que a recuperação estrutural para sanar essa manifestação patológica toma grandes proporções e às muitas vezes requer reforço generalizado em vigas, pilares e/ou lajes.

4.2.7- Danos em elementos da fachada

Essa manifestação patológica acometeu 30 imóveis dos 49 pesquisados. Destes 65% eram edificações com até 5 anos, 55,5% em imóveis até 10 anos, 58,3% em imóveis com até 20 anos e 60% em edificações entre 21 e 30 anos.

Manchas, infiltração, eflorescência, fissuras e deslocamento do revestimento são algumas manifestações em fachadas.

Infiltrações em fachadas muitas vezes são decorrentes de deficiência de rejuntamento em áreas molhadas (banheiros, cozinhas e áreas de serviço) dos apartamentos e provocam fissuração, bolhas, manchas/bolor e descascamento do revestimento. Material poroso, impermeabilizante inadequado, ausência de pingadeira e cerâmica com deficiência (gretamento,...) também ocasionam manchas em fachadas.

Os deslocamentos de revestimentos normalmente podem ter várias causas como: deficiência do chapisco e/ou reboco/emboço, tempo em aberto excedido (deve-se seguir fielmente as orientações do fabricante), ausência de ranhuras na argamassa, ausência ou deficiência de limpeza da superfície prejudicando a aderência de argamassa, dentre outros.

Segundo Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), a falta de conhecimento de todos os elos da cadeia produtiva e o nível de desconhecimento dos processos construtivos no que tange o comportamento dos revestimentos, gera uma série de manifestações patológicas nas fachadas, e é algo cíclico que se repete sem que haja correção do processo. Esses desacertos podem ser observados em construtoras, em fabricantes de argamassa, em fabricantes de componentes e resinas, em fornecedores de serviço de aplicação e em projetistas, consultores e pesquisadores, que possuem deficiência técnica sobre comportamento dos revestimentos, desinteresse em contratar projetos específicos para a fachada, desinteresse na capacitação e treinamento da mão de obra, dentre outros.



Fotos 7 e 8: Deslocamento do revestimento cerâmico e deslocamento do revestimento em pastilha, respectivamente. Fonte: Arquivos do autor.

4.2.8- Pulverulência em argamassa de revestimento

Dez imóveis dos 49 vistoriados na pesquisa, apresentaram essa manifestação patológica, com 26% dos imóveis até 5 anos, 11% dos imóveis até 10 anos, 16,6% dos imóveis até 20 anos e 20% em imóveis até 30 anos.

Normalmente a pulverulência ocorre no chapisco, emboço ou reboco, quando houve excesso ou falta de água durante o processo, impedindo a boa aderência do revestimento à fachada, seja ele cerâmico, pedra ou pintura.

4.2.9- Recalque

Em todas as edificações pesquisadas houve essa manifestação patológica em apenas um imóvel com idade entre 6 e 10 anos.

4.2.10- Corrosão em tubulação hidráulica por pites

Das 49 edificações pesquisadas, somente 4 apresentaram corrosão por Pit, sendo 4% em edificações até 5 anos, 11% entre 6 e 10 anos, 16,6% entre 11 e 20 anos e nenhuma edificação entre 21 e 30 anos.

4.2.11- Deficiência no sistema de drenagem

Foi possível observar essa manifestação patológica em 12 edificações das 49 pesquisadas, sendo 26% em imóveis até 5 anos, 44,4% em imóveis entre 6 e 10 anos, 8% em imóveis entre 11 e 20 anos e 20% em imóveis entre 21 e 30 anos.

A deficiência no sistema de drenagem pode acarretar diversos transtornos em edificações. O entupimento do sistema da drenagem pode provocar alagamento, problemas de fundação com carreamento de terra e até quedas de muro. Essa manifestação em edificações, normalmente é decorrente da deficiência de manutenção no sistema, principalmente no período que antecede as chuvas.

4.2.12- Deficiência de impermeabilização

A deficiência de impermeabilização foi observada em 33 imóveis de todo o montante pesquisado. Destes, 74% dos imóveis até 5 anos, 55,5% dos imóveis até 10 anos, 58,3% dos imóveis até 20 anos e 80% dos imóveis até 30 anos, apresentaram essa manifestação patológica.

Quando ocorre essa deficiência de impermeabilização em estruturas que o aço está presente, concreto armado ou estrutura mista (aço e alvenaria), o problema a longo prazo pode se tornar complexo e oneroso. Conforme descrito no item 3.1 deste trabalho, em regiões onde o concreto é de qualidade inadequada ou onde há presença de trincas/fissuras ou onde deficiência de cobrimento de armadura, quando essas manifestações patológicas estão presentes, facilitada a penetração dos agentes agressivos, chegando a provocar fissuração e deslocamento de concreto, comprometendo o pleno funcionamento da edificação.

Conforme descrito no item 4, o trabalho surgiu da necessidade de buscar entender as inúmeras manifestações patológicas que é possível observar em diversos trabalhos periciais. O que está acontecendo? É ausência e/ou deficiência de manutenção nas edificações? É problema de projeto? É problema na execução? Manifestações patológicas em novas construções aumentaram? As normas estão sendo seguidas durante todo o processo da construção?

E além destes questionamentos acima, mais questões surgiram. Atualmente os profissionais resolveram trabalhar com o limite do coeficiente de segurança? É economia financeira? Estruturas esbeltas e segurança no limite? Os profissionais atualmente, detém o conhecimento técnico necessário para executar cada etapa? Existe a preocupação em treinar e capacitar a mão de obra? Como estarão os edifícios daqui há 20 anos?

Idade do Imóvel	Número de ocorrências das manifestações patológicas											
	Armadura exposta	Corrosão de armadura	Carbonatação	Infiltrações	Fissuras/trincas nas alvenarias	Fissuras/trincas nas estruturas	Danos em elementos da fachada	Pulverulência em argamassa de revestimento	Recalque	Corrosão em tubulação hidráulica por pites	Deficiência no sistema de drenagem	Deficiência de impermeabilização
Até 5 anos	13	4	8	22	23	12	15	6	0	1	6	17
Até 10 anos	3	1	6	8	8	4	5	1	1	1	4	5
Até 20 anos	4	5	4	11	11	6	7	2	0	2	1	7
Até 30 anos	5	4	4	4	4	4	3	1	0	0	1	4

5- Conclusões

Ao longo deste trabalho e ao analisar os resultados da pesquisa, é possível afirmar que a maior parte das manifestações patológicas encontradas em edificações de Belo Horizonte e Nova Lima, são em construções até 5 anos em primeiro lugar e em imóveis entre 21 e 30 anos em segundo lugar.

As edificações entre 21 e 30 anos, apresentaram manifestações patológicas devido a deficiência de manutenção. A falta de conhecimento muitas vezes faz com que os problemas existentes se agravem com o passar dos anos e aquilo que era facilmente tratado com uma impermeabilização ou com o tratamento de uma trinca, vira uma trinca com deslocamento e corrosão de armadura, onde o tratamento será uma recuperação estrutural pontual ou até mesmo generalizada.

Já as edificações com até 5 anos foram as campeãs em manifestações patológicas, onde 100% dos imóveis apresentaram fissuras/trincas em alvenaria, 95,6% apresentaram infiltração, 74% apresentaram deficiência de impermeabilização, 65% apresentaram danos em elementos da fachada, 52% apresentaram fissuras/trincas em estruturas e 56% apresentaram armadura exposta. Os índices são muito elevados para uma jovem edificação.

Segundo Thomaz (1989) “O conhecimento do comportamento dos materiais de construção, de suas deficiências e de suas incompatibilidades, é imprescindível para que as fissuras e as patologias em geral sejam reduzidas a níveis aceitáveis”. O conhecimento técnico, entender o comportamento dos materiais e seguir as normas já existentes são preceitos básicos para a qualidade e durabilidade de uma edificação.

Deficiência de cobrimento de armadura em 56% das edificações novas, com até 5 anos, é no mínimo alarmante. A NBR 6118:2014 é uma norma que foi visivelmente negligenciada, uma vez que ela estipula espessura mínima de cobrimento de armadura em elementos estruturais.

Infiltração em 95,6% e deficiência de impermeabilização em 74% das edificações pesquisadas, demonstram que normas como as NBR 9574:2008 e a 9575:2010 não foram seguidas durante o processo de construção.

É importante ter uma ação corretiva e um monitoramento para cada manifestação patológica observada, a fim de garantir desempenho e durabilidade para a edificação.

6- Bibliografia

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, PINI, 1989.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia das Anomalias em Alvenarias e Revestimentos Argamassados**. São Paulo, PINI, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. São Paulo, 2014.

GOMIDE, Tito, NETO, Jerônimo, GULLO, Marco. **Engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo, PINI, 2015.

PAIXÃO, Luiz Andrés Ribeiro, LUPORINI, Viviane. **A Valorização Imobiliária em Belo Horizonte, 1995-2012: uma análise hedônica-quantílica**. 44º Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Foz do Iguaçu, 2016.

BRANDT, Emanuel M. F., JÚNIOR, Antônio N. C. **Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 4: Controle de corrosão e emissões gasosas**. Revista DAE, n. 214, v.66, Edição especial, Novembro, 2018, p.69.

FREITAS, Vasco P., TORRES, Maria Isabel, GUIMARÃES, Ana Sofia. **Humidade Ascensional**. Porto, FEUP edições, 2008.

CEOTTO, Luiz Henrique, BANDUK, Ragueb C., NAKAKURA, Elza H. **Revestimentos de argamassas – Boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre, 2005.

RIBEIRO, Fabiana A., BARROS, Mércia M. S. B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. São Paulo, PINI, 2010.

NETO, Jerônimo C. P. F. **Perícias de fachadas em edificações – Pintura**. São Paulo, Leud, 2008.

HELENE, Paulo R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, PINI, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574 – Execução de impermeabilização**. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção e projeto**. São Paulo, 2010.

PASSUELO, Alexandra, JACINTO, Ana. **Concreto – Ensino, pesquisas e realizações**. Ed. G. C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005