

Analysis of the manifestation of pathologies in a building: a brief case study in the city of Goiânia-GO

Batista, J. P. L.¹; Ximenes, R.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Melo, L. L.³

Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹joapedrolemosbatistapuc@gmail.com; ²ronaldximenes10@hotmail.com; ³laura.ludovico@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem o objetivo de identificar, classificar e apresentar soluções às patologias encontradas na análise das peças estruturais de concreto armado em um edifício em Goiânia-Goiás, as quais se pretende detectar a má-execução do processo de concretagem, fissuras, corrosão de armaduras e a deterioração da estrutura, dentre outros. Busca analisar as possíveis causas e medidas que poderiam ter evitado ou minimizado tais manifestações patológicas, como também indicar os métodos corretos de execução destas estruturas; relacionar as manifestações patológicas decorrentes de falhas no processo de execução e identificar causas e apresentar as possíveis soluções das anomalias relacionadas. Para elaboração deste trabalho foi utilizado duas linhas de pesquisa, sendo a bibliográfica e exploratória. A primeira foi um dos pontos primordiais para elaboração de toda a teoria que engloba o tema em análise, uma vez que a busca se deu por intermédio da leitura de livros e dados disponíveis na internet, dados que foram primordiais para apresentar toda a teoria existente que engloba as patologias. Posteriormente ao estudo foi feita uma visita in loco para representar as patologias em peças de concreto armado juntamente com entrevista com os trabalhadores envolvidos. Por fim, pôde-se concluir que a má-execução da concretagem das vigas do edifício em questão levou a patologias do tipo ninhos de concretagem; neste caso percebeu-se a importância da realização e respeito ao projeto executivo da obra para evitar futuras patologias.

Palavras-chaves: concretagem, estrutura, execução, patologia, projeto.

ABSTRACT: This work aims to identify, classify and present solutions to the pathologies found in the analysis of reinforced concrete structural parts in a building in Goiânia-Goiás, which are intended to detect the poor execution of the concreting process, cracks, corrosion of reinforcement and deterioration of the structure, among others. It seeks to analyze the possible causes and measures that could have prevented or minimized such pathological manifestations, as well as to indicate the correct methods of execution of these structures; relate pathological manifestations resulting from failures in the execution process and identify causes and present possible solutions for related anomalies. To elaborate this work, two lines of research were used, being the bibliographic and qualitative. The first was one of the main points for the elaboration of the whole theory that encompasses the topic under analysis, since the search took place through the reading of books and data available on the internet, data that were essential to present all the existing theory that encompasses pathologies. After the study, an on-site visit was made to represent the pathologies in reinforced concrete pieces together with an interview with the workers involved. Finally, it could be concluded that the poor execution of the concreting of the beams of the building in question led to pathologies of the type of concreting nests; in this case, the importance of carrying out and respecting the executive project of the work was realized to avoid future pathologies..

Keywords: concreting, execution, pathology, project, structure..

Área de Concentração: 01 – Construção Civil.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a CBIC (2020), a construção civil é um dos setores que gera mais empregos no Brasil, sendo, em muitos países, o maior responsável pela retomada de investimento econômico de um país. Apenas em 2019 no criou-se nacionalmente 124 mil novas vagas de

emprego. Porém não são raros os casos em que a mão de obra é pouco ou nada qualificada não se exigindo capacitação em massa, estando as qualificações quase sempre limitadas aos gestores que, por vezes, não desenvolvem atividades no sentido de melhorar as capacidades técnicas dos colaboradores.

Visando atender ao mercado cada vez mais exigente e competitivo, torna-se necessário buscar métodos

construtivos, econômicos e com boa qualidade, através de novas técnicas que reduzam o cronograma da obra, sem alterar o seu orçamento e que sejam cada vez mais duráveis, seguras e de bom desempenho, conforme ensina (VANDERLEI, 2004).

BARBOSA (2005) diz que o estudo das patologias visa encontrar informações acerca de possíveis causas, mas também indicar soluções para tais imperfeições. Pelo fato de uma obra finalizada ser composta por várias fases, é necessário a verificação minuciosa de cada uma dessas etapas, a fim de detectar as possíveis patologias e o devido reparo. O problema patológico está diretamente relacionado com a vida-útil da edificação, então todas as atitudes devem ser tomadas para aumentar este fator.

De acordo com POSSAN e DEMOLINER (2013) a degradação prematura de edificações é um problema frequente em todo o mundo. Isso ocorre devido ao envelhecimento precoce da obra executada, o que pode ser explicado pela baixa qualidade dos materiais de construção empregados, por problemas de projeto e/ou execução e também à falta de manutenção.

Aplicando metodologias que vão desde a pesquisa bibliográfica para ambientação e conhecimentos específicos à visita de campo feito com registro e tratamento de dados que caracterizaram a realidade in loco, quis-se levantar um cenário geral causal e propor alternativas viáveis que previnam todos os problemas

Figura 01 - Edifício em estudo.



Fonte: próprio autor (2021).

Desta maneira, o presente trabalho foi desenvolvido de modo a se verificar in loco a má-execução de peças de

concreto armado e suas devidas patologias, como as decorrentes de falhas humanas, ações químicas, processos de deterioração, fissuração, desagregação, desgaste, dentre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

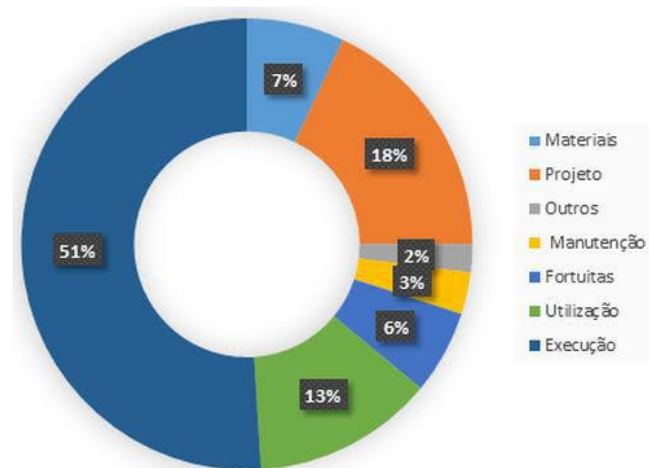
Sempre que se menciona o termo patologia, entende-se, pelo dicionário, como sendo o estudo de alguma doença. No caso da construção civil, essa “doença” é o dano no substrato de construção ocorrido em alguma edificação, seja por erro de projeto, execução ou dano accidental.

Para Helene (1992) patologia na construção civil, pode ser resumida no estudo dos componentes formadores de problemas quanto a qualidade do produto.

O estudo mais aprofundado sobre patologias visa compreender não apenas o dado a obra em estudo, mas, sim, todo o processo que levou a atual fase de degradação. Este processo estuda o meio em que a estrutura se encontra, a forma que foi feita a execução a qualidade e respeito ao projeto executivo, utilização ou então materiais utilizados.

Para Piancastelli (2014) no Brasil as principais patologias em edifícios, estão associadas à execução dessas obras, conforme mostra o gráfico 01 abaixo:

Gráfico 01. Incidência das causas de patologias no Brasil



Fonte: <https://www.unumarquitetura.com> (2020).

2.1 Sintomas

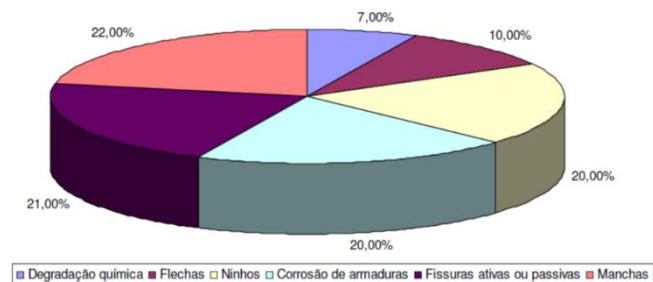
Na prática, nenhuma edificação consegue seguir 100% todas as recomendações normativas, seja para o projeto ou para a execução, então, mesmo que

pequena, existirá algum tipo de patologia. Comumente ocasiona danos visíveis a estrutura, com diversas formas de se manifestarem, como: infiltrações, trincas, fissuras, porosidade, destacamento, desbotamento, carbonatação, manchas, oxidações, corrosões, desagregação, eflorescências, dentre outros, como mostra a figura 02.

Podem ser manifestações duradouras ou não, com maior ou menor intensidade, mas de qualquer forma deve ser estudada e bem tratada visando o não agravamento do problema. Tutikan e Pacheco (2013) conceituam Sintomatologia, como sendo a parte da Patologia das Construções que se ocupa em estudar os sinais apresentados pela edificação e tem como objetivo o diagnóstico do problema causador da patologia (fator patológico).

Helene (2003) também afirma que grande parte dos problemas patológicos é decorrente de um processo, ou o que chama de mecanismos de alguma natureza. Para escolher uma terapêutica, ou um tratamento adequado, se faz necessário conhecer qual o mecanismo que promoveu tal patologia.

Gráfico 02 - Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto arquitetônico



FONTE. HELENE, (2003).

2.2 Causas e origem

Os problemas patológicos encontrados em obras de construção civil são inúmeros, podendo ter origem em qualquer fase, seja no projeto, execução ou utilização, como também decorrer de todo um processo.

Segundo Capello et al. (2010):

A origem das patologias pode ocorrer: de projetos mal feitos, da má qualidade dos materiais empregados na construção, da falta de controle tecnológico, principalmente relacionado ao concreto, da falha na etapa de construção, equipe sem preparação para execução de projetos mais elaborados, falta de fiscalização por parte dos gestores ou responsáveis pela execução do empreendimento, edificações sendo

utilizadas para outros propósitos do que o inicial (de projeto) ou mesmo pelo seu uso inadequado e a falta de manutenção.

Helene (2003), através do gráfico 02, afirma que a origem de grande parte das patologias está ligada a realização de uma ou mais atividades do processo da construção civil, que pode ser dividido em cinco etapas: Planejamento, Projeto, Fabricação dos materiais e componentes fora do canteiro de obras, Execução e Uso, conforme mostra a figura 02.



FONTE. HELENE, 2003, p. 24

2.2.1 Falha de concepção de projeto

Atualmente há uma constante busca por rendimento e durabilidade das estruturas. Nesta etapa contempla tanto a parte de planejamento, projeto e os materiais a serem utilizados. Visando sempre maior vida útil da edificação o projeto deve ser executado de acordo com todas as normas técnicas. Caso contrário, o desgaste será excessivo e necessitará de reparos futuros, causando prejuízos financeiros em todas as etapas de construção.

Conforme ensina SOUZA e RIPPER (1998), falhas de concepção do projeto pode ocorrer por vários fatores, principalmente por:

- Erros de dimensionamento;
- Detalhes construtivos de difícil execução;
- Erro na compatibilização dos projetos;
- Elementos de projeto inadequados;
- Deficiências nos cálculos; dentre outros.

2.2.2 Falhas de execução

Esta é a etapa em que se espera executar de forma plausível todos os indicativos planejados previamente em todos os projetos da obra. Trata-se de mais uma etapa que deve ser realizada com total sucesso, e também contando que o projeto foi feito de forma correta.

Contudo, nem sempre é feito de maneira correta. Pode ocorrer erros de execução de forma operacional, ou seja, causados no momento da realização do trabalho. A seguir relata-se alguns erros comuns na execução de uma obra:

- Não respeito ao projeto;
- Não respeito às recomendações do fabricante;
- Desqualificação profissional;
- Falta de controle de qualidade;
- Irresponsabilidade técnica e sabotagem;
- Má qualidade de materiais e equipamentos; dentre outros.

2.2.3 Falhas na etapa de manutenção

Trata-se de mais uma etapa essencial para garantir a durabilidade, vira útil e plena utilização da edificação. De nada adianta se o projeto e execução forem bem feitos, mas o usuário abusar de sua liberdade e utilizá-la de forma incorreta, visto que isso causaria prejuízos na qualidade e na segurança.

Em todo projeto bem realizado existe um período de manutenções que o usuário deve realizar na edificação visando a garantia do período de vida útil previamente estimado, então não basta ao usuário apenas a utilização, mas também manter essa edificação com um bom nível de desempenho.

Existem 03 (três) tipos de manutenções que podem ser realizadas em uma edificação, e todas devem ser respeitadas. A primeira trata-se de manutenção preventiva, onde é realizada antes da necessidade de reparos. Está relacionada à elaboração de atividades visando conservar a funcionalidade do edifício.

Há também a manutenção corretiva, definida como sendo uma manutenção problemática, com custo mais alto; é necessária para correção de erros e desgastes nas instalações, equipamentos e máquinas. Por fim, existe a preditiva que é uma manutenção predial de custo baixo e envolve etapas de correção e avalia regularmente os equipamentos e instalações a fim de garantir sua funcionalidade plena.

2.3 Diagnóstico e Prognóstico

Define-se diagnóstico de uma patologia o processo de compreensão e explicação técnica do problema ocorrido e seus desenvolvimentos de uma construção a qual sofreu com alguma manifestação patológica. Para

que o diagnóstico seja efetuado de forma correta, deve ser uma análise que considere todo o processo de evolução do caso, até chegar ao atual nível de dano/desgaste. Ressalta-se que o colhimento dos dados deve ser realizado de forma ordenada, jamais de forma desordenada ou excessiva.

Seguindo os ensinamentos de Tutikaian e Pacheco (2013), abaixo representa-se as etapas e importância de um diagnóstico nas estruturas com manifestações patológicas.

Figura 03. Etapas e importância de um diagnóstico nas estruturas com manifestações patológicas.



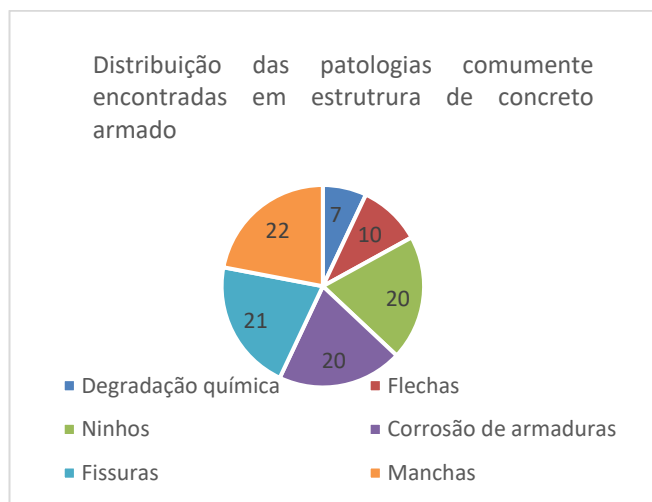
Fonte: Tutikaian e Pacheco (2013)

Define-se prognóstico como sendo o provável desenvolvimento futuro ou o resultado de um processo, a conduta a ser seguida, ou seja, o entendimento do problema encontrado no diagnóstico. Conforme ensina Tutikaian e Pacheco (2013), ao estudar o problema, tem-se alguns parâmetros para serem considerados, como: quadro de evolução do problema, tipo e forma do problema, terreno da obra, condições de exposição da obra, dentre outros. Posteriormente ao prognóstico, será realizado o estudo sobre como fazer os reparos necessários.

2.4 Conceito de Patologia em Estruturas de Concreto Armado

Seguindo o estudo de HELENE (2003), por se tratar de danos visíveis a estrutura, consegue-se relacionar quais as patologias mais comuns em obras de concreto armado, conforme representado no gráfico 03 abaixo.

Gráfico 03. Distribuição das patologias encontradas em estrutura de concreto armado



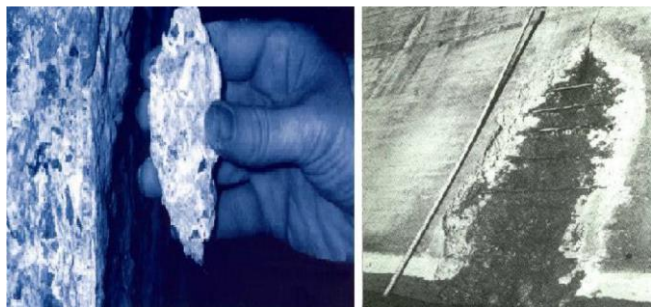
Fonte: HELENE (2003).

2.4.1 Degradação química

A construção civil não é imune aos níveis excessivos de poluição que existe no mundo, principalmente pelo alto número de veículos automotores e também de indústria nos grandes centros urbanos. Com esse excesso, há uma grande liberação de gases químicos liberados no momento da combustão e, conseqüentemente, atacam a estrutura de concreto armado causando degradação externa, interna, nas armaduras e também agindo na vida útil.

Conforme ensina Thomaz (2013), há inúmeros agressores nocivos às obras de construção civil, mas vale ressaltar: reações com sais e ácidos, sulfatos, gás carbônico, ar e gases, águas da chuva e chuvas ácidas, dentre outros. Dentre os gases, considera-se o dióxido e trióxido de enxofre como os mais nocivos, principalmente se houver exposição de armadura.

Figura 04. Lascamento do concreto por ataque de sulfatos.



Fonte: THOMAZ (2013).

É válido ressaltar os ensinamentos de FERREIRA (2018, p.42, apud NARDI, 2013, p. 259) o qual diz:

“O concreto atacado por sulfatos tem uma aparência característica, com cor esbranquiçada, com a deterioração começando pelas bordas e cantos, seguida por fissuração e lascamento do concreto – isso é causado pela formação de sulfoato de cálcio e sulfoaluminato de cálcio que ocupa uma boa parte do volume, gerando expansão da estrutura e a lascamentos, fissuras, dentre outros.”

Outra patologia a se destacar é a carbonatação do concreto, definida por CASCUDO (1994) como sendo a redução do pH da pasta de cimento do concreto onde, na normalidade, encontra-se dentre 12 e 14. Considerado um condicionador do processo de corrosão das armaduras de concreto. Com isso, ocorre diminuição da porosidade do concreto deixando-o com maior exposição e possibilidade de danos estruturais.

2.4.2 Corrosão de armaduras

Conforme ensina ASOPE (2012), a corrosão forma óxidos de ferro, comumente conhecidos como ferrugem e ocorre com a existência obrigatória de: eletrólito, diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos. Isso ocorre porque a camada passiva de proteção da armadura acaba sendo destruída por esta corrosão, processo denominado passivação, causando prejuízos sérios a durabilidade, rendimento, segurança e vida útil.

O fenômeno de corrosão de armaduras em uma estrutura de concreto armado trata-se da interação eletroquímica de forma destrutiva de uma reação química causadas por condições ruins de proteção das armaduras e cobrimentos insuficientes. Este fenômeno causa danos tanto estéticos quanto de segurança à edificação.

2.4.3 Flechas

Atualmente há grande preocupação sempre com maior durabilidade da estrutura, seguindo de maior vida útil e rendimento. Com isso, as peças estruturais estão cada vez mais altas, arrojadas, com maiores vãos, esbeltas e, conseqüentemente, mais deformáveis. Essa análise chamada condições de serviço são de extrema importância para adequação as normas regulamentares, não bastando, apenas, a verificação

quanto a segurança e estabilidade, mas também à durabilidade. Caso não atenda as condições de serviço, deverá ser efetuado vários reparos, aumentando os custos iniciais.

Conforme previsto pela Norma NBR 6118/2014, cita-se:

“as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.”

Flecha trata-se do deslocamento máximo vertical em peças de concreto armado, principalmente em vigas e lajes, conforme representação da figura 03. Esse deslocamento é calculado em razão do vão e deve respeitar os limites máximos estabelecidos pela norma NBA 6118/2014, de acordo com o quadro 01.

Quadro 01 – Limites de deslocamento em peças de concreto armado

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$l/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$l/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$l/250^a$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$l/350 + \text{contraflecha}^b$
			Ocorrido após a construção do piso	$l/600$
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$l/500^c$ e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$l/250^c$ e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente ($\psi_1 = 0,30$)	$H/1700$ e $H/850^e$ entre pavimentos ^f
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$l/400^g$ e 15 mm

Fonte: NBA 6118/2014

2.4.4 Ninhos de concretagem

Também conhecido como vazios de concretagem, são falhas no momento da execução do lançamento do concreto líquido causando espaços vagos e a separação dos materiais na estrutura endurecida. Caso este fenômeno aconteça, futuramente deverá ser

preenchido por algum material segregado para evitar a exposição das armaduras.

Figura 05. Representação genérica de um ninho de concretagem



Fonte: FazFácil, 2012.

Pelos ensinamento de Mapa da Obra (2016), trata-se de um fenômeno causado por erro executivo, pode ser evitado com algumas atitudes, como:

1. Lançamento do concreto em alturas de até 1,50m para evitar que haja a separação de agregados graúdos;
2. Realizar traço de concreto com agregados menos graúdos e mais líquidos;
3. Realizar de forma correta o adensamento do concreto;
4. Vedação correta das formas de concretagem; dentre outros.

2.4.5 Manchas

Em alguns casos, as manchas em peças de concreto armado podem representar o início de oxidação nas armaduras, causadas, principalmente, por falhas de concretagem em áreas com muita umidade ou com a presença de agentes agressivos. Essa falha permite aberturas na estrutura e, conseqüentemente, a penetração de agentes nocivos, prejudicando sua durabilidade.

Manchas também podem representar a existência de eflorescência, que acontece devido a presença de sais solúveis na camada interna do revestimento, que acabam se migrando para a superfície e se manifestando em pontos característicos.

2.5 Fissuração

Conforme ensina Kerkoff (2017), os engenheiros projetistas estruturais no momento da concepção pensam, primeiramente, na segurança, porém nem sempre será algo preciso, infalível. O fenômeno de fissuração em uma estrutura de concreto armado é a manifestação da peça estrutural de que seu esforço de resistência não está sendo, ao menos em parte, suficiente para resistir aos esforços de toda a edificação.

Com isso, o mau dimensionamento ou o dimensionamento incorreto pode levar a fissurações e colocar em risco todo o projeto. Comumente os esforços mais comuns de levar a este dano na estrutura são os esforços de: retração, deslocamentos, fenômenos químicos, torção, flexão, cisalhamento, tensão de tração, dentre outros.

2.5.1 Fissuras horizontais

Normalmente acontece em paredes externas enfraquecidas pelos vãos das janelas, e ocorre devido à retração causada pela secagem da laje e dilatação da cobertura. Seguindo os ensinamentos de Scartezini e Duarte (apud RICHTER, 2007), este fenômeno ocorre com materiais cujos materiais ocupam um volume inicial e acaba diminuindo, por perda de água.

2.5.2 Fissuras verticais

De acordo com Kerkoff (2017), o tipo de fissuração vertical mais característico é a de vigas ou lajes decorrentes de flexão, a qual é causada pelo excesso de carga e a armadura não foi suficiente. Essa verticalidade também pode se transferir para as alvenarias, conforme figuras abaixo. Costumam aparecer também na espessura de argamassas entre blocos, com resistência insuficiente do bloco ou da própria argamassa, principalmente se existir cargas concentradas, sem dispositivos de redistribuição de tensões.

2.5.3 Fissuras inclinadas

De acordo com Thomas (2004), as fissuras inclinadas ocorrem, principalmente, pelas aberturas de vértices em portas e janelas, por receber cargas estruturais maiores que as suportadas, má execução ou inexistência de vergas e contravergas. Também pode representar dilatação ou retração longitudinal. Neste

caso acontece próximo aos apoios no encontro com a laje.

2.5.4 Fissuras mapeadas ou generalizadas

Este tipo de fissuração pode ocorrer por vários motivos. Pode ocorrer pelo aumento no volume de umidificação e sucessivas retrações na argamassa, decorrentes da água de chuva e também variação de temperatura. Pode também ser ocasionado por causa do mal dosagem da argamassa em seu preparo, utilizando muito cimento ou água, ocasionando maior retração quando ocorre o processo de evaporação, conforme ensina Ferreira (2005).

É válido ressaltar que a falta de manutenção pode agravar a situação e para que o reparo seja efetuado, necessita-se de remoção do revestimento, verificar se a alvenaria foi comprometida, e posteriormente a realização do novo acabamento e pintura.

Figura 6. Representação de fissura generalizada no reboco



Fonte: FERREIRA, 2005.

2.6 Contração plástica do concreto

De acordo com Tecnosil (2020), trata-se de um fenômeno que acontece em estruturas de concreto armado o qual há diminuição no volume, ocasionado, em grande parte, pela exsudação da água (saída) do interior do concreto. Normalmente acontece em estruturas esbeltas e com grande área superficial, como exemplo de lajes. Porém, pode acontecer também por outros fatores, como:

- Fatores químicos ou climáticos;
- Qualidade e tipo dos agregados e materiais;
- Traço do concreto utilizado.

2.7 Assentamento do concreto e perda de aderência

De acordo Pinheiro (2004), o princípio básico para o ideal funcionamento do concreto armado é a fusão entre o concreto simples e as barras de aço, e essa fusão é feita justamente pela aderência, com o concreto se acomodando pelas barras de aço e transferindo forças da barra para o concreto. Caso não aconteça de forma eficiente, pode comprometer toda a estrutura, com o surgimento de fissuras decorrentes de um vazio na parte inferior da barra de aço.

2.8 Movimentação de formas e escoramentos

De nada adianta um traço e execução correta do lançamento do concreto se no momento da montagem das formas houver algum erro, vazio ou movimentação. As formas são elementos que dão sustentação para concreto para que se solidifique da forma projetada e consiga resistir aos futuros esforços, ainda de acordo com Pinheiro (2004).

Caso não seja dado o período correto de endurecimento do concreto e façam a retirada dos escoramentos antes do prazo previsto em projeto, a peça não resistirá e irá fletir, causando fissuras em toda sua superfície, por ter que resistir a um esforço imediato não previsto.

2.9 Custos e Manutenção

Conforme já explicado no item 2.2.3 deste trabalho seguindo os ensinamentos de Tutikaian e Pacheco (2013), a manutenção das estruturas visa garantir a plena durabilidade, rendimento e segurança a estrutura. Cada ato que se negligência no início da obra visando uma economia momentânea, pode acarretar mais a frente um prejuízo gigantesco a mais em outras etapas futuras da obra. Portanto, a continuidade e respeito a todos os projetos é de extrema importância.

2.10 Tratamento

O tratamento para cada patologia será efetuado de maneira diferente de acordo com o grau, nível, tamanho, intensidade, tipo, etapa, dentre outros, da patologia. Para que essa correção seja feita de forma correta, primeiro deve-se identificar as falhas e os sintomas e partir para o diagnóstico correto (Villanueva, 2015).

2.11 Conceito de qualidade

Conforme os ensinamentos de Villanueva (2015), atualmente o mercado da construção civil está, a cada dia mais competitivo, oferecendo sempre melhores produtos para o usuário. Com a evolução de parâmetros visando garantir cada vez mais segurança e conforto, as novas obras devem sempre se adaptar. Não basta apenas escolher melhores insumos e mão de obra, mas sim entregar um produto final completo: seguro, barato e durável.

Para que se atinja padrões de qualidade na indústria da construção civil, deve-se seguir três passos importantes: projeto de qualidade, gestão de qualidade e utilização da tecnologia.

Com base na leitura da Norma NBR15.575, esta que surgiu para garantir, ainda mais, qualidade ao usuário das edificações habitacionais, mostrou-se que seu objetivo é prezar pelo conforto, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil, segurança estrutural e contra incêndios. Com muito estudo, a norma chegou a sete exigências que deve ser feita a todas as obras para garantir a habitabilidade responsável e garantir satisfação do cliente, com:

1. Desempenho térmico;
2. Desempenho lumínico;
3. Funcionalidade e acessibilidade;
4. Saúde, higiene e qualidade do ar;
5. Conforto tátil e antropodinâmico;
6. Estanqueidade da água;
7. Desempenho acústico

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada, segundo os objetivos buscados, trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória, uma vez que foi feito um estudo de caso, tendo como fonte de informações, documentos diversos como laudos técnicos e bibliografias.

O presente trabalho tem seu desenvolvimento baseado em um breve estudo sobre a literatura de patologias em engenharia civil, com ênfase em estruturas de concreto armado. É necessário o domínio teórico para que se possa entender e fazer o prognóstico das patologias no momento da visita de campo.

Esta visita *in loco* foi feita em um em um edifício residencial na cidade Goiania-GO visando

levantamento de dados e informações com registro fotográfico sobre as patologias em estruturas de concreto armado, com ênfase em ninhos de concretagem e exposição de armaduras. Após todos os dados levantados, foi feita a interpretação e a escrita da redação.

Como medida de garantia do anonimato, tanto da obra quanto dos trabalhadores, não são citados nomes, mesmo porque, não há a necessidade disso. Foram trazidas para o corpo da pesquisa as respostas que, de alguma forma, se repetiram em mais de dois ou três entrevistados.

3.1 *Entrevista realizada*

Para compreender o funcionamento da obra a ser visitada, foram feitas perguntas a trabalhadores envolvidos com a concretagem de peças de concreto armado, a fim de compreender o motivo do surgimento das patologias.

- Pergunta 1: Como foram constatados os ninhos de concretagem nas estruturas?

Resposta: “Os ninhos foram constatados por nosso encarregado logo após a desforma das estruturas, e depois avaliados por mim a olho nu.”

- Pergunta 2: A concretagem foi feita da maneira adequada, respeitando o limite máximo da altura de lançamento de concreto?

Resposta: “Sim, a concretagem ocorreu de maneira correta, uma vez que a equipe de concretagem é treinada para realizar a concretagem da melhor maneira possível respeitando sempre as normas em vigência. Com todas as formas seladas e altura máxima sendo respeitada.”

- Pergunta 3: A concretagem foi feita da maneira adequada, respeitando o limite máximo da altura de lançamento de concreto?

Resposta: “Sim, a concretagem ocorreu de maneira correta, uma vez que a equipe de concretagem é treinada para realizar a concretagem da melhor maneira possível respeitando sempre as normas em vigência.”

- Pergunta 4: Qual foi o tempo de cura do concreto?

Resposta: “Foi curado por 21 dias.”

- Pergunta 5: Por qual motivo você acredita que mesmo seguindo os passos corretos para concretagem, ainda assim houveram os ninhos?

Resposta: “As vigas invertidas ou as da escada foram as que mais encontramos as falhas. São vigas que por

questões de projeto, não podem ser muito vibradas, pois podem acabar vazando embaixo.

A v45 conforme figura abaixo mostra que ao ser concretada por cima, se houver muita vibração, o concreto pode sair pela lateral e ir para o patamar da escada, assim se vê que a viga 45 deve ser vibrada com cuidado.”

- Pergunta 6: O BIM foi utilizado para a realização do projeto estrutural?

Resposta: “Não, o projetista desenvolveu nossa estrutura após vários cálculos de dimensionamentos e estudos de forças e pesos, para que atendesse ao esforço que seria solicitado.”

- Pergunta 7: Após a detecção do ninho, como foi resolvido o problema?

Resposta: “Aqui na obra usamos o *graute*, que é uma argamassa de alta resistência, já fizemos testes e o *graute* não interfere na resistência das estruturas, assim usamos ele sempre.”

- Pergunta 8: Há formas de se prevenir os ninhos de concretagem?

Resposta: Sim, estamos sempre intensificando e orientando os profissionais de concretagem da obra para se atentar às vibrações e sempre selando bem as formas.

3.2 *Dados da edificação e executivos da obra*

Por se tratar de um edifício de médio para grande porte, com 23 pavimentos, a construtora optou por procedimentos que consiga mais agilidade e economia no momento da execução.

Como padrão da empresa, é feito a concretagem de um pavimento completo a cada 7 dias. Como o volume de concreto é alto e necessita-se de velocidade, foi utiliza-se concreto usinado de 30MPa, o qual se concretiza primeiro vigas e pilares, e posteriormente, as lajes.

Como forma de se evitar a perda de água no concreto, a construtora optou por realizar o início da concretagem por volta de 8 horas da manhã do horário local, visando uma temperatura ambiente baixa. Caso algum dia não fosse viável neste horário, poderia ser aplicado gelo como forma de se reduzir a temperatura – porém, até a data da visita, não foi necessário.

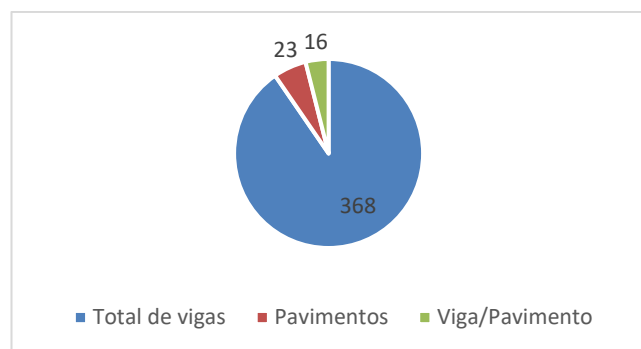
Para a concretagem utiliza-se formas de madeira, visto que apresenta um bom custo-benefício e permite-se a reutilização para demais pavimentos. Pelo surgimento de patologias, as formas podem ser o principal responsável pela segregação do concreto, ou por ter sido feito a desforma de forma incorreta ou sem a aplicação de desmoldantes. Também há a possibilidade de ter sido feito vibração mal feita do concreto.

3.3 Análise de registros e documentos

As análises técnicas foram baseadas no registro fotográfico de toda a obra em estudo, com foco nas patologias de peças de concreto armado. Como forma de verificar a obediência às normas técnicas necessárias, analisou-se também os projetos executivos da obra em relato.

Foi feito então o estudo para se quantificar a porcentagem de erros constatados durante a execução da concretagem da estrutura. Conforme levantado *in loco*, abaixo representa-se a quantidade de vigas totais do edifício, assim como o número de vigas por pavimentos e o total de pavimentos da edificação.

Gráfico 04. Quantitativo de vigas da edificação em estudo



Fonte: próprio autor, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

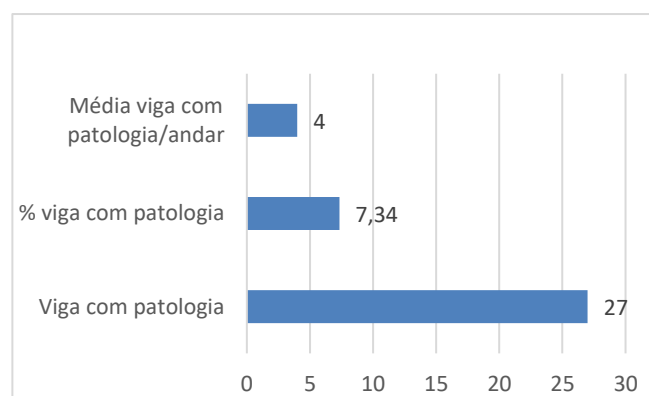
A partir dos dados coletados através dos levantamentos qualitativos e fotográficos é possível identificar e correlacionar os principais parâmetros e fatores intervenientes nos processos que degradam as estruturas de concreto armado.

Utilizando-se os dados do quadro 02, os resultados apurados das entrevistas e os relatórios de execução e soluções adotadas, foi possível então, compreender o panorama da realidade do surgimento das patologias nas vigas.

O edifício em estudo conta com 23 pavimentos e, cada pavimento, possui 16 vigas. Para facilitar a interpretação dos resultados, foi feito o levantamento de quais vigas e em quais pavimentos foram encontradas patologias de segregação do concreto, futuramente formando os ninhos de concretagem.

Do total de patologias constatadas, viu-se que todas surgiram em decorrência de erros de execução, por fechamento equivocado das formas ou pela má vibração do concreto.

Gráfico 05. Quantitativo de patologias na edificação em estudo



Fonte: próprio autor, 2021.

Analisando a Figura 12, referente a uma viga de concreto armado que sofreu ninhos após a concretagem.

Figura 12. Representação de uma viga com ninho de concretagem



Fonte: próprio autor, 2020.

Após as visitas técnicas feitas e realização do ensaio fotográfico, juntamente com as entrevistas *in loco*,

pôde-se perceber que grande parte das patologias encontradas referem-se à parte de concretagem. Com isso, optou-se por dar ênfase em quais vigas da edificação apresentaram patologia de segregação/ninhos de concretagem, conforme representada de forma genérica na figura 12 e 13 acima.

Este levantamento foi realizado levando em conta as FVS's (Fichas de Verificação de Serviços), que são realizadas pelo profissional (encarregado de carpintaria) no momento exato da desforma. Após a constatação do ninho de concretagem (segregação), o profissional registra a patologia na FVS e as preenche junto a um pedreiro de sua disposição com *graute*, que é uma argamassa de altíssima resistência, assim não comprometendo a estrutura do prédio.

No total dos pavimentos, 12 de 23 apresentaram algum tipo de patologia nas vigas, o que representa 52% dos pavimentos, uma taxa considerada alta. Já no contexto, pôde-se perceber que, na média, 7% das vigas da edificação apresentou segregação.

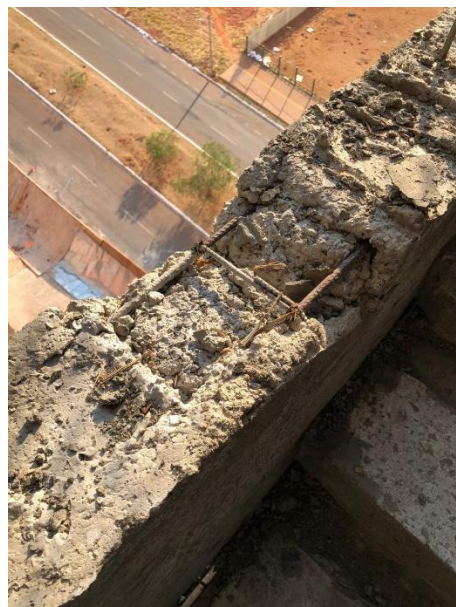
Quadro 02 – Vigas com patologias em cada pavimento

VIGAS	Patologia	Pavimento (s)
V1	segregação do concreto	3,11,15,16,18
V2	segregação do concreto	8,11,14,18,20,23
V3	-	-
V4	-	-
V5	-	-
V6	segregação do concreto	14,19,22
V7	-	-
V8	-	-
V9	segregação do concreto	15,16,18,20
V10	-	-
V11	segregação do concreto	15,18,19
V12	-	-
V13	-	-
V14	segregação do concreto	16,19,21
V15	-	-
V16	segregação do concreto	20,21,22

Fonte: próprio autor, 2021.

Para correção destas patologias, foi utilizado *graute* da Bautech com resistência característica de 40MPa. Trata-se de uma argamassa específica para reparo de peças, feita à base de cimento, areia, agregados e aditivos.

Figura 14. Representação viga 3 – pavimento 13 - com ninho de concretagem



Fonte: próprio autor, 2020.

Na Figura 13 acima pode-se perceber a falta de concreto na parte superior da viga, causada por segregação. Como neste caso a seção da viga ficou bastante prejudicada, apenas a aplicação de *graute* não foi suficiente. Precisou-se, também, a recolocação das formas e aplicação de concreto para cobrir os vazios.

Caso esta reconcretagem não fosse feita, as armaduras ficariam expostas e futuramente a viga poderia entrar em ruptura.

No momento da visita técnica foi encontrado não apenas patologias em vigas, mas também em alguns pilares. Como foi em menor quantidade, conclui-se que foi apenas uma falha na execução localizada, ou seja, não reflete a totalidade dos pilares.

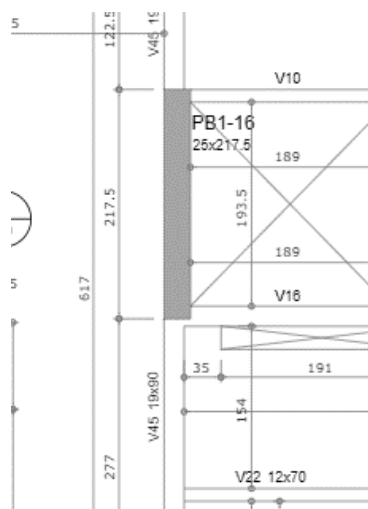
Figura 15. Representação de um pilar com ninho de concretagem



Fonte: próprio autor, 2020.

Após vários questionamentos junto ao engenheiro da obra a respeito da patologia, chegou-se à conclusão de que o pilar não foi vibrado como deveria, levando assim ao surgimento desses vazios no pilar. O PB1-28 é um pilar de grande dimensão (25x217,5) e volume de concreto, desta forma deve ser bem travada para que não abra em algum local e vazze concreto, além disso, se vibrada excessivamente, pode acabar ‘abrindo’ no pé do pilar e acabar vazando concreto.

Figura 16. Projeto estrutural do pilar em análise



Fonte: próprio autor, 2020.

Na obra utiliza-se o Relatório de Não-Conformidade, onde é identificado o problema, apontadas possíveis causas para o problema, e as possíveis ações a serem tomadas para que não ocorra novamente. Se o problema for recorrente por 3 meses, deve ser abrir um plano de ação, onde um determinado departamento da construtora será solucionado para intervir na obra.

5 CONCLUSÕES

Foram apresentadas durante o desenvolvimento do trabalho algumas anomalias patológicas, exemplificando e retratando como podem ocorrer.

Quais as consequências para uma edificação, cujo projeto não foi adequadamente detalhado e demonstra falhas na execução na obra.

Em relato, mostrou-se a importância quanto a prevenção de patologias em estruturas de concreto armado. Caso aconteça, é de extrema necessidade que sejam tratadas de forma eficiente, baseando-se em normas técnicas para resolução da patologia encontrada. Caso não seja feito, haverá prejuízo para o usuário, tanto estético quanto à segurança e vida útil da edificação.

Desta forma, foi possível identificar e apresentar soluções às patologias ocorridas nas vigas e pilares de um edifício residenciais localizados na cidade de Goiânia no Estado de Goiás, causadas por falhas no processo executivo. Foi alcançado devido à realização de um estudo dos métodos corretos de execução e análise das formas, traço de concreto, altura de lançamento, dentre outros. Realizou-se uma inspeção visual das patologias na edificação em estudo, relacionando as manifestações patológicas decorrentes de falhas no processo de execução e identificando as causas, além de que apresentou as possíveis soluções das anomalias relacionadas nos resultados e discussões.

Foi possível concluir que para se ter custo/benefício e rendimento, não se pode ter produtos de baixa qualidade ou em falta, além de mão de obra que não executa a função inerente de acordo com as conformidades do projeto. Muitas vezes o serviço não é executado de acordo com as especificações de projeto, por motivos como prazo e orçamento reduzidos, causando, possivelmente, patologias em fachadas decorrente de falhas anteriores na execução.

Conforme foi constatado *in loco*, os responsáveis técnicos pela execução da obra já procederam a correção das patologias utilizando o graute de 40MPa.

Conforme foi anteriormente relatado, de 368 vigas da obra, apenas 27 apresentaram algum tipo de patologia devido a segregação do concreto, e todas foram devido a falhas na execução. Após a aplicação de graute em 26 delas, o problema foi resolvido. Em apenas 1 caso, conforme representado na viga da Figura 14, foi necessário fazer a concretagem novamente. Com isso percebe-se que a eficácia do graute é elevada para solução desse tipo de patologias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674. **Manutenção de edificações – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASOPE ENGENHARIAL. **Corrosão de armadura: o que causa e como amenizar esse dano?**. São Paulo. 2012.
- BARBOZA, M. R. **Concepção e Análise de Estruturas de Edifício de Concreto Armado**. Relatório de Iniciação Científica – Faculdade de Engenharia Civil – UNESP. Baurú, 2008. 159p.
- Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2020, 308p.
- CAPELLO, A. et al. **Patologia das fundações**. 2010. 115f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera de Jundiaí, Jundiaí, 2010. Acesso em: 14 nov. 2020.
- CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia: Editora UFG, 1994. 237 p.
- DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria: causas principais medidas preventivas e técnicas de recuperação**, 1998. Boletim técnico nº25 - Porto Alegre.
- HELENE, Paulo; R. L. **Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto – Reparo, Reforço e Proteção**. São Paulo: Red Reabilitar, editores, 2003.
- MAPA DA OBRA. **VAZIOS DE CONCRETAGEM: SAIBA COMO EVITAR**. Votorantim Cimentos. 2016.
- PINHEIRO, L.M. (2004). **Notas de aula da disciplina Estruturas de Concreto**. A. São Carlos, EESC-USP.
- POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A.; **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR. 1º edição. 14 p. Outubro de 2013.
- RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 2007. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

TECNOSIL. **Retração do concreto: o que é e como minimizá-lá?**. Itupeva, São Paulo. 2020.

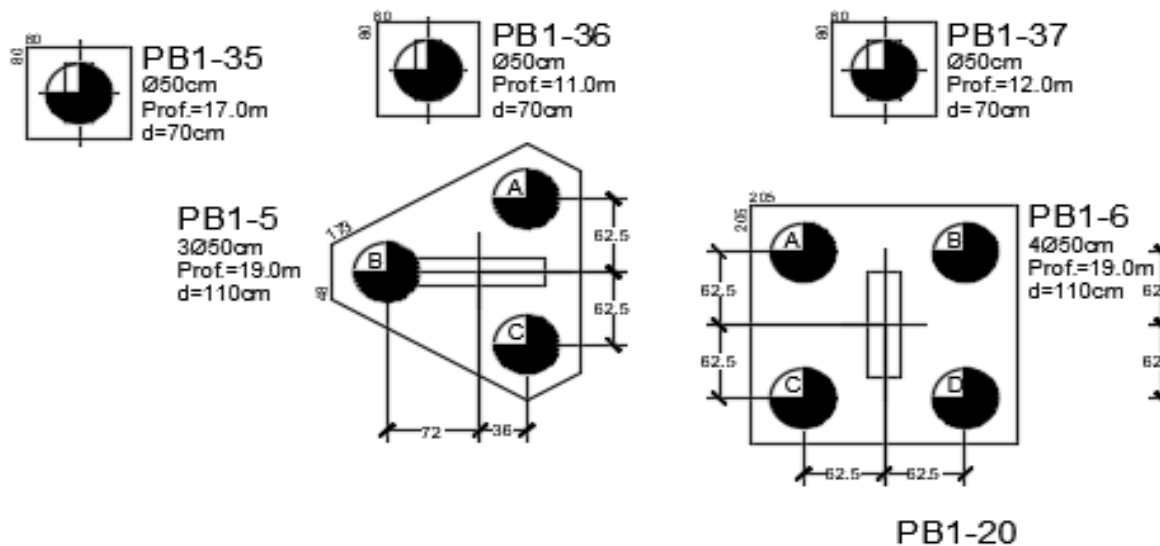
THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1990

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, diagnóstico e prognóstico na Construção Civil**. Mérida, México. 2003.

VILLANUEVA, M. M. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação. Rio de Janeiro. 2015.

7 APENDICE

- Parte do projeto de fundações:



- Relatório de Não-Conformidade utilizado:

NÃO CONFORMIDADE REAL OU POTENCIAL	POSSÍVEIS CAUSAS	AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA	STATUS
RNC 28/2020: Alta ocorrência de nichos de concretagem na estrutura da Torre B1.	Alto número de vigas invertidas na laje do pavimento tipo. Concretagem das vigas invertidas com concreto autoadensável, devido a altura da torre. Alto números de passagem nas vigas. Dificuldade de concretagem dos pilares da escada. Erro da dosagem do concreto para a escada.	- Solicitar ao empreiteiro mais cuidado ao vibrar as vigas invertidas e os pilares das escadas. - Concretar as vigas invertidas por último nas concretagens. -Utilização de formas auxiliares na concretagem das vigas invertidas.	Em andamento

- Projeto estrutural do edifício em estudo:

