

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO FELIPE LEITÃO DALCUCHE

COMO EVITAR A FISSURAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO DE EDIFÍCIOS

CURITIBA

2023

PEDRO FELIPE LEITÃO DALCUCHE

COMO EVITAR A FISSURAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO DE EDIFÍCIOS

How to avoid cracking in concrete walls of buildings

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Orientador: Prof. Dr. Amacin Rodrigues Moreira

CURITIBA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PEDRO FELIPE LEITÃO DALCUCHE

COMO EVITAR A FISSURAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO DE EDIFÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24/11/2023

Amacin Rodrigues Moreira
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Wellington Mazer
Doutorado em Infraestrutura Aeronáutica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carlos Alberto da Costa
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2023

Dedico este trabalho à minha família, minha amada
Letícia e meu filho Filipe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço do fundo do meu coração, a toda minha família, a família da minha esposa, e é claro minha família, Filipe e Letícia.

Todas as vezes que cada um de vocês contribuiu de alguma maneira para facilitar a minha jornada diária, serei eternamente grato, todas as vezes que nos ajudaram com o Filipe, ou por um simples gesto de apoio quando eu precisava, amo todos vocês.

Minha amada Letícia, com certeza, merece um parágrafo a parte, mulher que foi guerreira durante essa jornada de maternidade, quase que sozinha, mesmo quando eu passei os dias longe de casa, trabalhando e estudando, você nunca abaixou a cabeça e sempre mostrou sua força, obrigado por todas as noites que você me deixou dormir um pouco a mais, amo você.

Aos meus amigos, agradeço a todos que fizeram parte da minha trajetória na faculdade e tornaram toda essa jornada mais agradável.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Amacin Rodrigues Moreira, por ter me guiado e auxiliado nesse trabalho.

RESUMO

A parede de concreto na construção civil no Brasil, surge como uma ótima opção para aqueles que buscam redução no custo da obra e aumento da produtividade. Este tipo de empreendimento consegue em questão de semanas finalizar a estrutura com suas paredes já vedadas, gerando prazos de entregas menores e menor investimento financeiro. Utilizando formas, sejam elas metálicas, de madeira ou plástico, telas soldadas e concreto autoadensável, as paredes surgem em ciclos de concretagens de até 1 dia, sendo possível construir com maior velocidade quando comparado a outros métodos. Porém junto com a produtividade, surgem casos recorrentes de fissuras, que geram resserviços e prejuízos para a obra. Este trabalho então, busca apresentar o estudo sobre a avaliação fissuras em uma obra residencial de 5 torres, de 7 a 10 pavimentos, onde foi utilizado concreto de 3 diferentes fornecedores. A partir de mapeamentos, análises cronológicas, verificação da temperatura e umidade ao decorrer da obra, foi possível verificar possíveis situações que podem gerar fissuras em paredes de concreto e assim pontuar sugestões para evitar novas patologias.

Palavras-chave: Fissuras; Parede de Concreto; Concreto autoadensável; Patologias.

ABSTRACT

The concrete wall in construction in Brazil, is becoming a great option for those who seek lower costs and higher productivity. This type of building can finalize the structure with all the walls in weeks, generating shorter deadlines e lower need of financial investments. Using metallic, wooden or plastic forms, welded meshes and self compacting concrete, the walls come up in cicles of concreting up to 1 day, being able to build faster than other methods. But, as the productivity goes, recurring crackings appears, bringing reserves and prejudice. This paperwork, searches to evaluate crackings in a residential construction of 5 buildings, with 7 to 10 paviments, where 3 different suppliers of concrete were used. Through mappings, chronological analysis, verification of temperature e umidity at the time, it was possible to verify possible situations that could generate crackings in the structure and then point out suggestions to avoid new pathologies.

Keywords: crackings; concrete wall; selfcompact concrete; pathology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo Geral.....	9
1.2 Objetivos específicos.....	9
1.3 Justificativa.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Conceito de Parede de Concreto	11
2.2 Fissuras.....	16
2.3 Principais tipos de fissuras.....	18
2.4 Causas dos tipos de fissuras.....	19
3 MÉTODO DE PESQUISA	21
3.1 Empreendimento escolhido para análise.....	21
3.2 Apresentação do mapeamento das fissuras	23
3.3 Levantamento das fissuras e possíveis causas.....	24
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	26
4.1 Junta fria	26
4.2 Concreto.....	27
4.3 Serviço x Projeto	29
4.4 Condições climáticas.....	30
4.5 Instalações elétricas e hidráulicas	31
4.6 Retração em laje.....	33
4.7 Síntese dos casos registrados.....	33
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A última pesquisa da Fundação João Pinheiro (2021) aponta que o Brasil tinha, em 2019, um déficit habitacional de 5,3 milhões de unidades, ou seja, de famílias sem moradia ou em condições precárias de moradia, justifica-se então a necessidade de empresas de construção civil atender essa necessidade, impulsionada por programas habitacionais do governo, as empresas buscam suprir esse déficit em curto prazo de tempo.

Um método construtivo que oferece produtividade, qualidade e economia de escala, ou seja, o custo médio de produção é menor e a quantidade de produtos produzido é maior, é o método de paredes de concreto moldadas no local, que busca industrializar a construção civil. Empresas que buscam diminuir o prazo de entrega e o custo da obra, têm cada vez mais adotado essa solução construtiva, apontando uma melhora no tempo necessário para construir o empreendimento, conforme noticiado por Chaves (2019).

A obra analisada neste trabalho, por exemplo, para produzir 1046,5 m² de forma com 20 profissionais montadores de formas, em 2 dias, utiliza, em homem hora por unidade de serviço, 0,30 Hh/m² de forma. Esses números quando comparados aos números apresentados pelo SINAPI, considerando que os 1046,5 m² de forma de parede de concreto, seriam de alvenaria, teríamos 0,83 Hh/m², uma produtividade 276,67% mais baixa do que parede de concreto. Com base nesses dados adicionados, para executar a estrutura de 9 pavimentos em parede de concreto levaria 36 dias de trabalho, enquanto em alvenaria levaria 98 dias.

Porém, a utilização de paredes de concreto é algo relativamente novo para a Construção Civil no Brasil, apesar de existir relatos de construções realizadas na década de 70 e 80, a primeira edição da Norma “ABNT NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e Procedimentos” foi publicada apenas em abril de 2012, três anos depois da criação do programa habitacional Minha Casa Minha Vida, onde a busca por essa solução construtiva cresceu muito, com objetivo de produção de grande escala com redução do tempo de construção (FONSECA, 2022).

Diante desse panorama, surge a necessidade de desenvolver estudos que possam agregar no desenvolvimento de paredes de concreto, de modo a evitar

resserviços, prejuízo, danos ao comprador de um imóvel e entre outros tantos problemas.

Um problema recorrente na parede de concreto é a fissuração da estrutura. Apesar do concreto ser um material resistente, pode apresentar fissuras devido a diversos fatores, como variações de temperatura, movimentação do solo, sobrecarga, entre outros. Para isso, o estudo da fissuração em paredes de concreto de edifícios é de grande importância para a engenharia civil, uma vez que as fissuras podem comprometer a segurança e a estabilidade das estruturas. Por isso é fundamental que os engenheiros responsáveis pela construção e manutenção de edifícios realizem estudos e avaliações para detectar e corrigir possíveis problemas de fissuração. Neste contexto, este tema se torna relevante para garantir a segurança e a durabilidade das construções.

1.1 Objetivo Geral

Analisar as origens de fissuração em paredes de concreto a fim de determinar alternativas para melhorias que evitem fissuras em futuras obras.

1.2 Objetivos específicos

De modo a satisfazer o objetivo geral, devem-se cumprir os seguintes objetivos específicos:

1. Coletar subsídios documentais, por meio de inspeções de uma obra selecionada com uso do sistema de mapeamento das fissuras nas torres de uma obra;
2. Diagnosticar as patologias encontradas;
3. Propor soluções para evitar recorrências em futuras obras

1.3 Justificativa

A parede de concreto é um método que está em constante crescimento no território brasileiro, sendo mais adotado por construtoras de padrão de qualidade mais baixo, quando comparada à construtoras de alto padrão por raramente possuírem um padrão construtivo que possibilite a utilização de parede de concreto, e que visam uma maior produtividade para atender programas de habitação que buscam diminuir o déficit habitacional do país.

Conforme publicado na Revista Grandes Construções (SISTEMA..., 2015), uma pesquisa da Associação Brasileira de Cimento Portland revelou que, em 2013, a tecnologia de paredes de concreto foi responsável pela construção de 340 mil imóveis. O estudo, realizado em parceria com a ABESC e o IBTS, previu um acréscimo de 117 mil unidades em 2014, indicando um aumento de 34% em relação ao ano anterior. Projetando para 2015 com base nas métricas de dois anos antes, a pesquisa apontou um possível crescimento de 66%.

Apesar da qualidade não ser tão alta quando comparado à empreendimentos de alto padrão, a busca pela segurança e durabilidade das edificações é uma meta que toda empresa busca.

Assim, torna-se necessário analisar e entender a ocorrência de fissuras, a fim de evitar o comprometimento da construção, assim como os custos e prazos que são afetados pelo diagnóstico e tratamento das ocorrências, de modo a garantir o desempenho da edificação ao longo de sua vida útil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta um resumo da conceituação de termos e sobre a execução da parede de concreto, buscando elementos que possam justificar a ocorrência de fissuras e seu mecanismo de formação.

2.1 Conceito de Parede de Concreto

De acordo com a norma técnica de parede de concreto da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012), parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. O dimensionamento previsto nesta norma é válido quando o elemento tiver comprimento maior que dez vezes a espessura.

A parede de concreto é moldada utilizando-se formas que podem ser metálicas, de plástico, trepantes, dentre outras opções. A mais comum e a abordada neste trabalho é a forma metálica. Para a estrutura da parede, telas soldadas são posicionadas no centro da parede, para que a armadura possa ter seu devido cobrimento, marcadores de piso são usados para guiar as paredes.

Os eletrodutos e/ou tubulações hidráulicas são fixadas nestas telas com fixadores específicos e também com espaçadores adequados para que a tubulação não fique exposta após a desforma. As caixas de tomadas e/ou interruptores são modelos especiais feitos para fixação na tela, para evitar que a pressão do concreto entorte ou mude a posição da caixa

Para tubulações de grandes diâmetros, como prumadas de esgoto, pluvial, duto de ventilação e outros, são posicionados passantes na laje, onde posteriormente serão executadas prumadas. Na Figura 1 podem ser observados os detalhes da construção citados, em destaque as telas soldadas seguindo a marcação no piso, utilizando marcadores que são fixados no piso, e os eletrodutos já fixados nas telas.

Figura 1 – Telas soldadas guiadas por marcadores no piso, com eletrodutos fixados



Fonte: Autoria própria (2023)

Após o posicionamento das telas e execução de instalações, a forma é posicionada nos dois lados da parede e intertravada por um sistema de faquetas, pinos e cunhas, de modo a garantir que ao concretar a forma mantenha suas medidas durante o bombeamento do concreto, que caso não seja devidamente travada a forma a força exercida pelo bombeamento pode “estufar” a forma, gerando um produto final diferente do esperado. A faqueta deve ser envelopada por um protetor para que após a concretagem seja possível remover esta da parede. Na Figura 2, podemos observar uma faqueta já envelopada pelo protetor, e um pino travando a faqueta, de modo que a parede fique com a espessura de projeto.

Figura 2 – Exemplo de como funciona o travamento pelo sistema de faqueta, pino e cunha



Fonte: Autoria própria (2023)

E na Figura 3, um exemplo de como é feito o travamento entre formas, após a faqueta posicionada entre as duas formas e o pino passado entre as formas e faquetas, é travado por uma cunha que passa em um furo que possui o formato da cunha, essa cunha é em formato trapezoidal, de forma que quando batida, a cunha trava o sistema, utilizando um martelo, que posiciona a cunha até o ponto que essa é maior que o furo no pino. Nota-se também na Figura 3 a sequência das formas a ser seguida conforme projeto, seguindo a ordem numérica pintada nas formas.

Figura 3 – Forma devidamente travada com o sistema de faqueta, pino e cunha, garantindo a espessura da parede



Fonte: Autoria própria (2023)

Após o posicionamento e travamento das formas das paredes, inicia-se a execução das formas das lajes, conforme Figura 4. As lajes diferente das paredes, não têm necessidade de utilizar faquetas para fixação, apenas pinos e cunhas entre as peças e escoramento para garantir que a altura do pé direito será garantido mesmo após aplicação do concreto exerça peso sobre a forma.

Figura 4 – Formas das lajes iniciando após paredes



Fonte: Aatoria própria (2023)

Após fechamento e escoramentos das lajes, é liberado a execução da armadura positiva (inferior), e em seguida todas as instalações hidráulicas e elétricas, para posteriormente executarem armadura negativa (superior) da laje e posicionarem os arranques para criar uma emenda e facilitar posicionamento das telas do pavimento superior. Na Figura 5 tem-se o início da execução da armadura negativa após instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 5 – Início armação negativa da laje

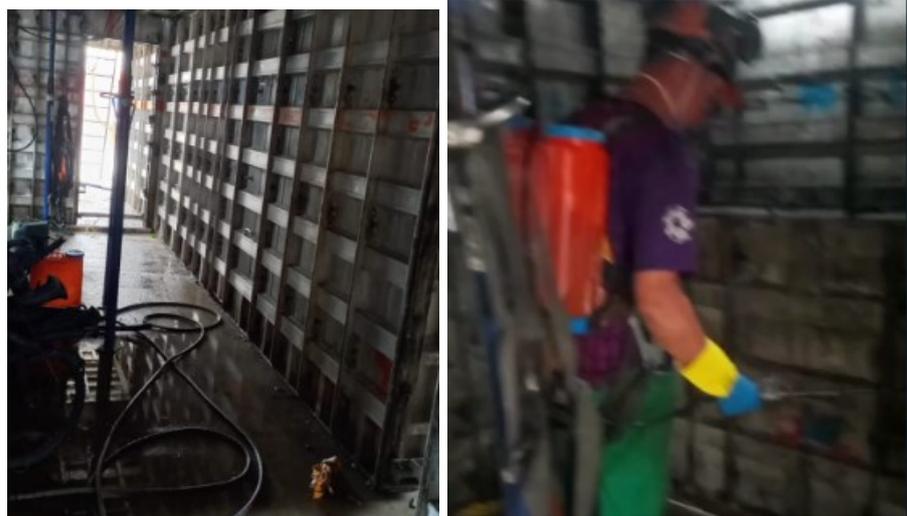


Fonte: Aatoria própria (2023)

A concretagem deve ser realizada com concreto autoadensável, de modo a evitar ninhos de concretagem, deve se atentar para o *slump flow test* solicitado em projeto. Durante a concretagem é ideal que a nata de concreto que escorre por entre

as formas, visto que não são estuques, seja limpa utilizando lavadora de água de alta pressão e produto de limpeza para forma, normalmente utiliza-se desengraxante biodegradável para a limpeza, esse produto é aplicado por meio de uma bomba com borrifador, conforme Figura 6 abaixo.

Figura 6: Forma limpa com borrifador e lavadora de alta pressão ao lado da forma limpa ao fim da concretagem e profissional aplicando desengraxante com borrifador



Fonte: Autoria própria (2023)

Para que o ciclo construtivo possa seguir conforme o esperado, a resistência de desforma deve ser alcançada em até 12h. Para acompanhar esses rompimentos, as construtoras têm optado por construir pequenos laboratórios para controle tecnológico dentro do próprio empreendimento, a fim de evitar que o transporte dos corpos de prova afete os resultados de resistência do material e facilitar o fluxo de informações da resistência do concreto aplicado, facilitando para comunicar resistência de desforma atingida, resistência atingida para retirada de escoras e resistência aos 28 dias para aceitação do concreto. Na figura 7, apresenta-se um exemplo de ficha de controle tecnológico do concreto, com os resultados dos valores de resistência do rompimento do corpo de prova.

Figura 7 – Exemplo de ficha de controle tecnológico com resistências de 12 horas, 7 dias e 28 dias

Id. de teste	Identificação	Tempo (h)	Tempo (dias)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Observações
		3,65		18,47		20,17	
		28,02		31,11		28,11	
K018	59626 9	70		3,28	13,07	20,17	OK 4
K019	59627 9	67		3,62	15,07	23,17	FAV 3
K020	59628 9	71		3,85	16,88	23,86	
K021	59629 9	74		4,15	18,88	26,66	
K022	59630 9	72		3,64	16,03	22,15	
K023	59631 9	72		4,09	16,56	22,67	
K024	59632 9	73		4,08	16,31	23,16	
K025	59633 9	73		3,66	17,82	23,86	
K026	59634 9	73		2,95	14,82	20,15	
K027	59635 9	73		3,13	14,62	20,22	
K028	59636 9	75		0,56	15,74	22,62	
K029	59637 9	75		2,24	16,14	22,82	

Fonte: Autoria própria (2023)

Após a concretagem, no dia seguinte, ao atingir a resistência ideal para desforma, inicia-se o processo de desmontagem das peças, retirando inicialmente todos os pinos e cunhas, em seguida as formas são retiradas e por fim as faquetas também são removidas. Para os próximos serviços é necessário limpar o desmoldante em excesso que ficar na parede com lavadora de alta pressão e detergente.

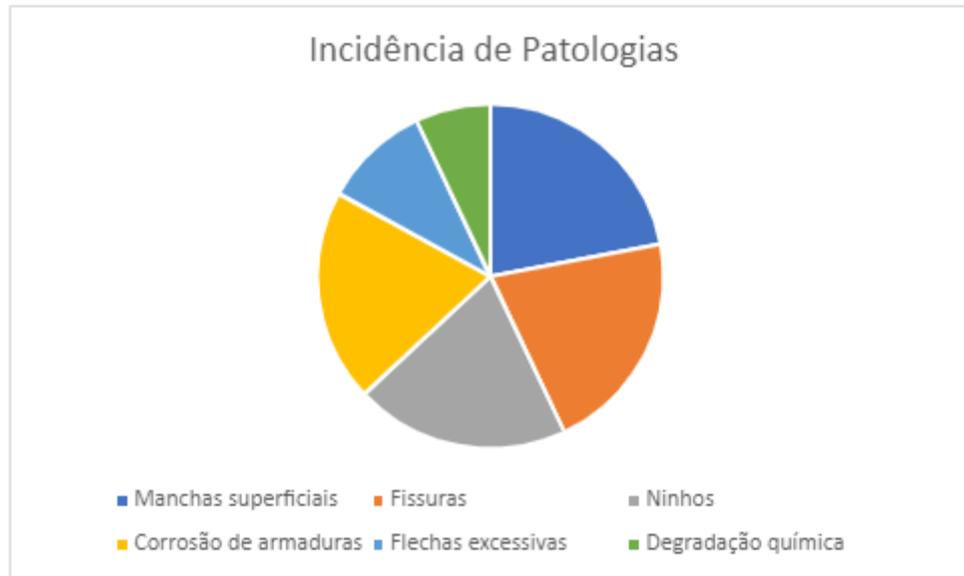
2.2 Fissuras

O concreto, assim como qualquer material, vai se degradando ao longo do tempo, em maior ou menor rapidez dependendo de diversos fatores. Um bom concreto pode durar muitas décadas, mas sempre haverá um desgaste e deterioração. Por isso é necessário conhecer os agentes que podem danificar a estrutura, para poder tomar medidas protetoras.

A maneira mais simples de classificar os agentes que atacam o concreto armado, é dividindo-os em grupos (Marinho, 2022). Agentes que atacam apenas o concreto, outros que danificam a armadura de aço e um terceiro grupo que atinge tanto o concreto, quanto a armadura. Mas pode-se classificá-los como agentes físicos, químicos, biológicos ou mecânicos.

Estatisticamente, segundo (Marinho, 2022), a distribuição de incidências de manifestações patológicas no concreto possui maior ocorrência de manchas superficiais, e em seguida as fissuras, ninhos de concretagem e corrosão de aço, enquanto as minoritárias são flechas excessivas e degradação química, como pode ser analisado na Figura 8.

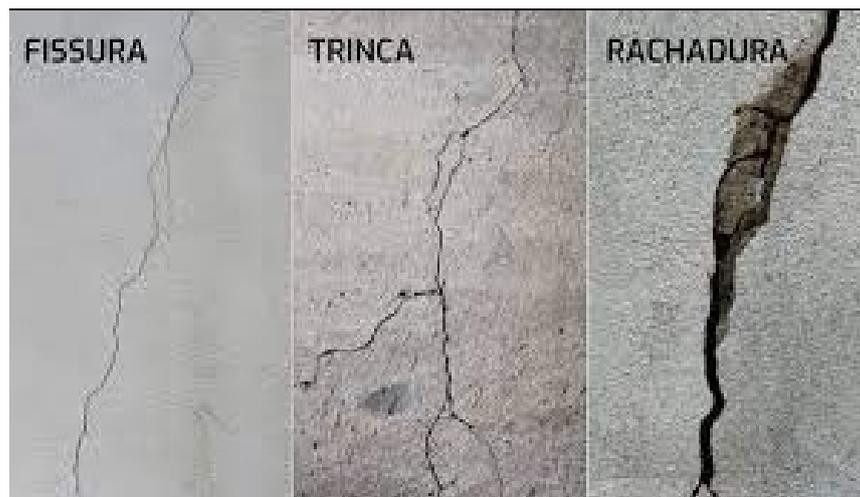
Figura 8 - Gráfico com estatísticas de incidência de Patologias



Fonte: Marinho (2022)

As fissuras, manifestação patológica abordada neste trabalho pode ser classificada entre ativas, que estão aumentando e evoluindo, e passivas, já estabilizadas. Conforme o tamanho da abertura, a patologia pode deixar de ser considerada fissura e passar a ser considerada trinca ou rachadura, conforme Figura 9, o que deve exigir maior atenção para a segurança da estrutura (NAKAMURA, 2010).

Figura 9 – Diferença entre fissura, trinca e rachadura



Fonte: Nakamura (2010)

O concreto pode fissurar-se já nas primeiras horas ou dias depois de seu lançamento na forma. Estes fenômenos normalmente são devidos a erros de projeto ou de construção.

Weimer (2018) destaca que o concreto armado enfrenta desafios decorrentes de diversos agentes causadores de danos, tornando complexa a classificação das fissuras, que podem afetar tanto o concreto quanto as armaduras, ou ambos. No entanto, é possível prevenir manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, considerando fatores como a atenção durante a concepção do projeto, uma execução cuidadosa, a escolha de materiais apropriados e a implementação de estratégias de manutenção.

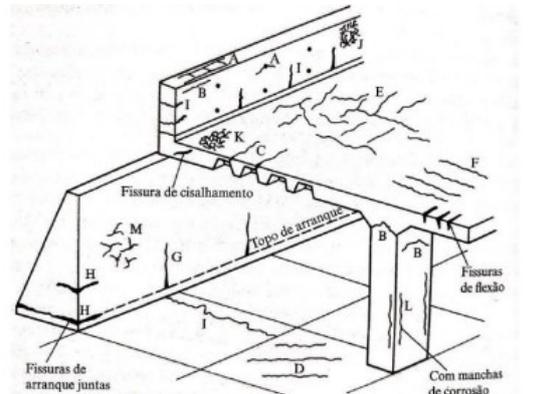
Essas irregularidades surgem devido às tensões nos elementos estruturais, podendo impactar a estética, funcionalidade e durabilidade. Além disso, podem ser originadas por recalques diferenciais, sobrecargas, variações térmicas e higroscópicas, entre outros fatores (SANTOS, 2017).

De acordo com Souza e Ripper (2009), as razões para a deterioração estrutural podem ser categorizadas em duas classes: intrínsecas e extrínsecas. As causas intrínsecas referem-se diretamente às características das estruturas, aos materiais e elementos utilizados na construção, assim como a erros humanos e situações externas específicas. Em contraste, as causas extrínsecas são independentes do corpo estrutural em si, abrangendo fatores como a composição interna do concreto, erros no processo de execução e elementos que afetam a estrutura "de fora para dentro" ao longo de sua vida útil, durante as fases de concepção ou uso.

2.3 Principais tipos de fissuras

As fissuras podem ser classificadas de acordo com suas diferentes causas, na figura abaixo, é possível perceber diferentes fissuras que podem surgir em uma estrutura de concreto, como fissuras de arranque, fissuras de retração, fissuras de flexão e outras explicitas na Figura 10, que serão especificadas abaixo.

Figura 10 – Tipos de fissuras



Fonte: Neville (2013).

2.4 Causas dos tipos de fissuras

Fissuras como a de retração podem ser classificadas entre retração plástica e retração hidráulica (GODOY, 2022), ocorrem geralmente em lajes no período fresco do concreto, com a temperatura do material e evaporação da água, que causam uma perda rápida de água. Os agregados descem para o fundo da forma e a água sobe, processo conhecido como exsudação. Diferente da retração plástica, a retração hidráulica ocorre durante o estágio de endurecimento do concreto, quando a perda de água é mais lenta. Esse processo de evaporação de água, rápida ou lenta, gera tensões internas consequentes de uso excessivo de água na relação água/cimento. Há também a retração térmica, que ocorre pela liberação de calor durante o processo de endurecimento do concreto, que inicialmente aumenta de volume para depois diminuir durante o resfriamento (RETRAÇÃO..., 2021). Na Figura 11 está ilustrado um exemplo de fissura por retração em uma laje de concreto, destacando-se as fissuras em paralelo características desse tipo de fissuração.

Figura 11 – Fissura por retração



Fonte: Autoria própria (2023)

Já a corrosão de armadura, de acordo com Weimer (2018), é um processo que deteriora o aço na estrutura. Essa anomalia ocorre quando há presença de oxigênio e umidade na estrutura, gerando reações químicas e eletroquímicas que oxidam o material. As armaduras possuem um invólucro protetor, que quando perdida em virtude de alguma manifestação patológica, tende a deteriorar-se. É possível notar esse tipo de patologia ao observar manchas de oxidação, conforme Figura 12.

Figura 12 – Corrosão de armadura



Fonte: Autoria própria (2023)

Há também manifestações que ocorrem devido a variações de temperatura, conforme Silva e Godoy (2022). A mudança de temperatura acarreta em alterações de comprimento dos elementos, devido a dilatação ou contração do material. A interação de materiais com diferentes coeficientes de dilatação gera uma tensão que se deforma com amplitudes variadas.

Outra situação bastante comum é quando as estruturas são subdimensionadas, as forças atuantes, seja flexão, cisalhamento ou compressão, acabam sobrecarregando um sistema que foi erroneamente dimensionado.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados para o estudo proposto neste trabalho.

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso analítico das fissuras que surgem em paredes de concreto de uma obra de 5 torres em Curitiba-PR, buscando aprofundar o estudo sobre a ocorrência dessa patologia, e assim oferecer informações para evitar futuras fissuras.

3.1 Empreendimento escolhido para análise

A escolha do empreendimento, partiu da premissa de que deveria ser de um edifício de parede de concreto, que apresentasse fissuras recorrentes para que possibilitasse a coleta de informações, inspeção e registro das ocorrências de fissuras. O empreendimento escolhido possui cinco torres de parede de concreto, de 7 a 10 pavimentos, duas torres têm 7 pavimentos (Torre 2 e 3), outras duas têm 9 pavimentos (Torre 1 e 5) e outra possui 10 pavimentos (Torre 4), totalizando 42 pavimentos.

A planta tipo dos pavimentos é composta por 8 apartamentos, integralmente executados em parede de concreto, em exceção dos shafts que são feitos em drywall, conforme Figura 13.

Figura 13 – Implantação do empreendimento



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 14 tem-se a imagem da implantação do empreendimento com a posição das torres citadas.

Figura 14 – Implantação do empreendimento



Fonte: Autoria própria (2023)

O empreendimento selecionado apresenta a oportunidade de comparar torres executadas com concretos de diferentes concreteiras, sendo a torre 1 e 4 andares da torre 4 executadas com concreto de uma concreteira A, o restante da torre 4 e a torre 5 foram com uma concreteira B, e por último as torres 2 e 3 foram concretadas com uma concreteira C, ou seja, 14 pavimentos realizados com concreteira A, 15 pavimentos executados com concreteira B e outros 14 com concreteira C, conforme Figura 15.

Figura 15 - Demonstrativo de quais pavimentos cada concreteira concretou

TORRE 1		TORRE 4		TORRE 5	
PAVIMENTO 9	Concreteira A	PAVIMENTO 10	Concreteira B	PAVIMENTO 9	Concreteira B
PAVIMENTO 8	Concreteira A	PAVIMENTO 9	Concreteira B	PAVIMENTO 8	Concreteira B
PAVIMENTO 7	Concreteira A	PAVIMENTO 8	Concreteira B	PAVIMENTO 7	Concreteira B
PAVIMENTO 6	Concreteira A	PAVIMENTO 7	Concreteira B	PAVIMENTO 6	Concreteira B
PAVIMENTO 5	Concreteira A	PAVIMENTO 6	Concreteira B	PAVIMENTO 5	Concreteira B
PAVIMENTO 4	Concreteira A	PAVIMENTO 5	Concreteira B	PAVIMENTO 4	Concreteira B
PAVIMENTO 3	Concreteira A	PAVIMENTO 4	Concreteira A	PAVIMENTO 3	Concreteira B
PAVIMENTO 2	Concreteira A	PAVIMENTO 3	Concreteira A	PAVIMENTO 2	Concreteira B
PAVIMENTO TÉRREO	Concreteira A	PAVIMENTO 2	Concreteira A	PAVIMENTO 1	Concreteira B
		PAVIMENTO TÉRREO	Concreteira A	PAVIMENTO 0	Concreteira B

TORRE 2		TORRE 3	
PAVIMENTO 7	Concreteira C	PAVIMENTO 7	Concreteira C
PAVIMENTO 6	Concreteira C	PAVIMENTO 6	Concreteira C
PAVIMENTO 5	Concreteira C	PAVIMENTO 5	Concreteira C
PAVIMENTO 4	Concreteira C	PAVIMENTO 4	Concreteira C
PAVIMENTO 3	Concreteira C	PAVIMENTO 3	Concreteira C
PAVIMENTO 2	Concreteira C	PAVIMENTO 2	Concreteira C
PAVIMENTO TÉRREO	Concreteira C	PAVIMENTO TÉRREO	Concreteira C

Fonte: Autoria própria (2023)

Assim será possível levantar dados estatísticos referentes ao concreto utilizado em cada pavimento. Apesar da carta traço das 3 concreteiras não estarem disponíveis para análise de cada um dos materiais aplicados, será possível comparar se houve impacto do concreto fornecido na quantidade de patologias no concreto.

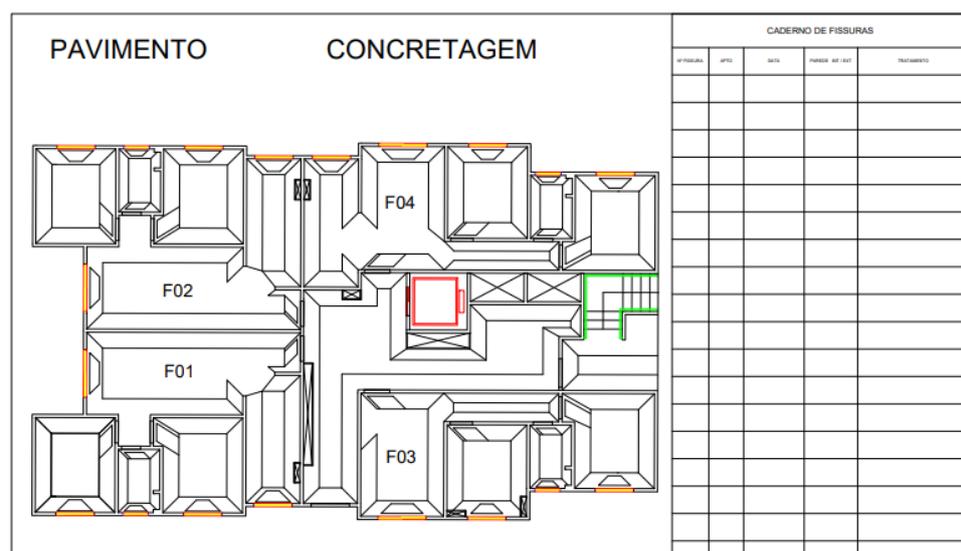
Outras informações solicitadas, como diários com condição climática ou ensaios que possam identificar suscetibilidade de fissuras, não foram fornecidas.

3.2 Apresentação do mapeamento das fissuras

A inspeção das fissuras foi realizada em todas as torres, levantando a quantidade e o possível motivo da fissura ter surgido. Seja por retração, pouco cobrimento de eletrodutos, falta de junta de dilatação, sobrecarga e outras possibilidades apresentadas no item 2.3 desse trabalho.

O mapeamento de fissuras é um controle da obra sobre todas as fissuras no empreendimento, ele é feito utilizando a planta do pavimento com as paredes projetadas em planta, para que seja possível deixar explícito a posição que a fissura se encontra e também a possível causa. Conforme Figura 16, o mapeamento deve apresentar em planta onde a fissura está, enumerá-la, informar a data que foi observada, se apresenta na parede interna e/ou externa e se o tratamento correto foi realizado, conforme planta utilizada em obra.

Figura 16 – Planta de mapa de fissuras utilizada na obra

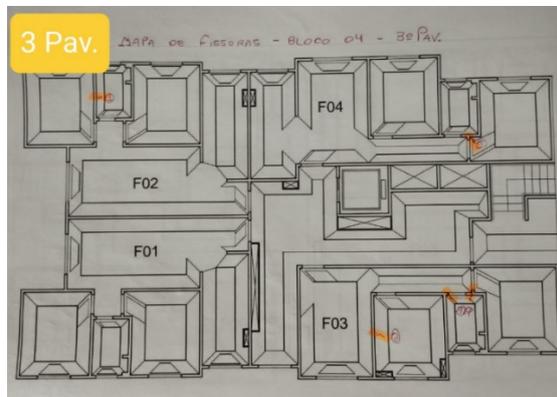


Fonte: Autoria própria (2023)

Como esse mapeamento fornecido pela obra já é utilizado desde a primeira concretagem, em março de 2022, fissuras e tratamentos datados desde essa época poderão ser avaliados de modo a entender se o tratamento escolhido na época surtiu o efeito desejado, ou se houve uma evolução da patologia e conseqüentemente a necessidade de uma nova intervenção.

Na Figura 17, tem-se um exemplo de mapeamento preenchido, com as fissuras e as datas que as fissuras foram observadas de metade do pavimento 3, do bloco 4.

Figura 17: Mapeamento de fissura preenchido in loco



Fonte: Autoria própria (2023)

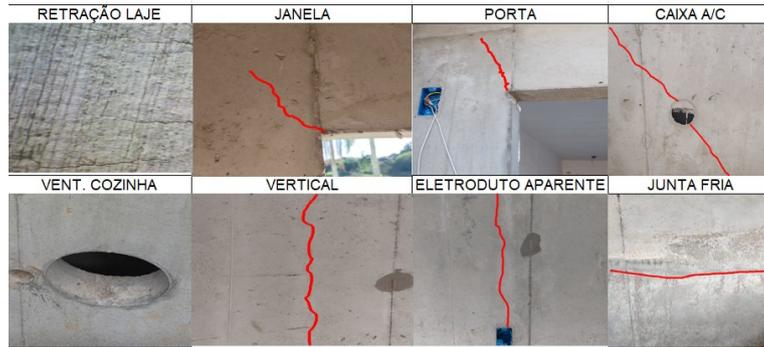
3.3 Levantamento das fissuras e possíveis causas

Com os mapeamentos, histórico meteorológico da cidade da obra, datas das concretagens de cada pavimento, e outros dados levantados, é possível criar uma análise que facilite o entendimento das possíveis causas das fissuras.

Os dados dos mapeamentos obtidos dos 42 pavimentos da obra foram transferidos para uma planilha, conforme tabela 1 em anexo.

Essa tabela foi dividida de forma que fosse possível saber quantas fissuras existem em qual pavimento, e em qual data esse pavimento foi concretado. As fissuras levantadas foram classificadas de acordo com a Figura 18 abaixo.

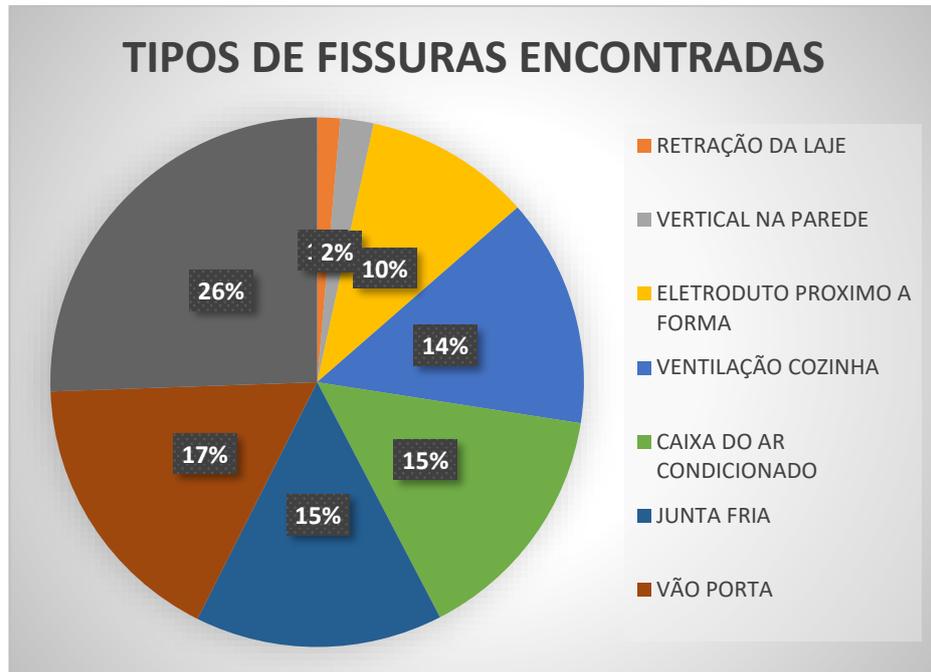
Figura 18: Classificação e tipos de fissuras encontradas



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 19 abaixo, é possível classificar quais fissuras foram encontradas maiores ocorrências, sendo essas: Fissura no canto do vão da janela; canto do vão da porta; juntas frias; caixa de ar-condicionado; furo para grelha de ventilação da cozinha e eletroduto próximo a forma. Já em menor incidência tem-se fissuras verticais na parede e fissuras de retração na laje.

Figura 19 – Tipos de fissuras encontradas



Fonte: Autoria própria (2023)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Nesse tópico será discutido as possíveis causas e possíveis soluções ou sugestões para as principais fissuras encontradas.

4.1 Junta fria

As juntas frias ocorrem quando há a interrupção do lançamento do concreto, além do tempo de início da pega. Por exemplo, caso comece a descarregar o primeiro caminhão de concreto e ao terminar demorar muito para chegar o segundo caminhão e o concreto inicie a pega, acontecerá a junta fria.

Na Figura 20, é possível observar a junta fria formada, devido a demora entre um caminhão e outro.

Figura 20: Junta fria observada após a concretagem



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 21 do controle de caminhões do dia da concretagem desse pavimento apresentando diferenças de até 1h15 entre um caminhão e outro.

Figura 21: Sequência de caminhões no dia e horário de início de descarregamento

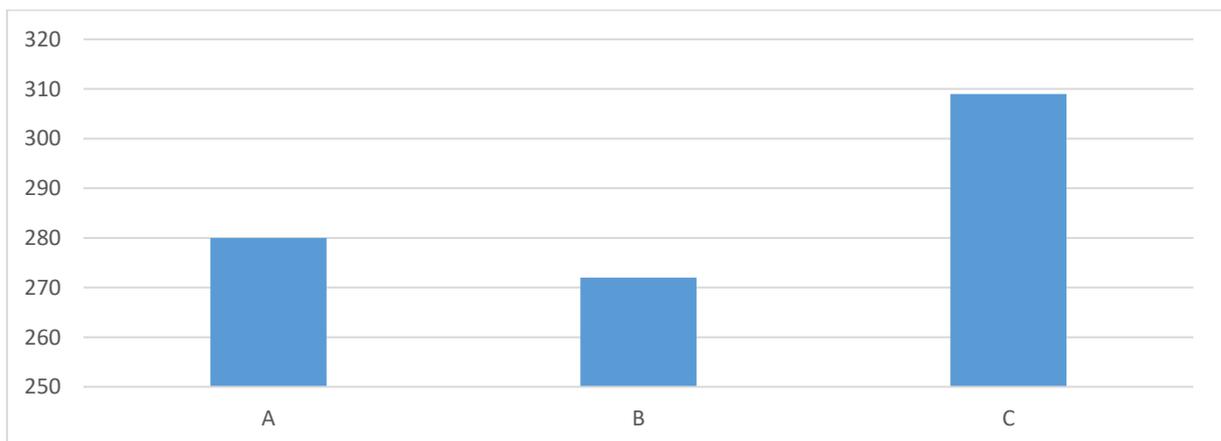
Ordem	Hora Início	Nota Fiscal	Volume (m3)
1	15:30	60769	9
2	15:45	60770	9
3	16:00	60772	9
4	16:15	60774	9
5	17:30	60781	9
6	17:45	60784	9
7	18:30	60785	9

Fonte: Controle da obra (2023)

4.2 Concreto

A qualidade do concreto interfere diretamente na maneira e capacidade de reagir à diferentes esforços e ambientes. Como já citado nesse trabalho, três diferentes concreteiras trabalharam ao longo dessa obra, a primeira concreteira houve uma quantidade média de fissuras quando comparada às outras. Porém a C obteve um número mais alto que as outras, o que pode estar relacionado com a qualidade do concreto, de acordo com Figura 22.

Figura 22 – Total de fissuras por concreteira



Fonte: Autoria própria (2023)

Para efeito de avaliação, seria necessário a conferência de cada carta traço de concreto, porém apenas a B forneceu a carta traço, conforme Figura 23.

Figura 23: Carta traço do concreto que menos ofereceu patologias

MATERIAIS PARA UM METRO CÚBICO		
MATERIAL	FORNECEDOR	QUANTIDADE (Kg)
AGLOMERANTE		
CIMENTO CP II F-40		290
TOTAL		290
AGREGADO MIÚDO		
AREIA NATURAL		507
AREIA BRITADA		355
FILLER DOLOMITICO		152
TOTAL		1014
AGREGADO GRAÚDO		
BRITA DMC 9,5		733
TOTAL		733
ADITIVO		
SUPERPLASTIFICANTE USINA		0,73
SUPERPLASTIFICANTE OBRA		1,16
POLIFUNCIONAL		0,58
TOTAL		2,47
ADIÇÃO		
MICROFIBRA 12 MM		0,3
TOTAL		0,3
ÁGUA		
POÇO ARTESIANO		202
TOTAL		202

Fonte: Autoria própria a partir das informações fornecidas pela concreteira B (2023)

Referente à concreteira A, foi possível observar também, que em 9 pavimentos distintos foram encontradas fissuras verticais, sendo a maioria nos pavimentos térreo e segundo andar. Nesses 9 pavimentos observou-se 15 fissuras verticais, dessas 15 fissuras, 8 foram da concreteira A em 3 pavimentos.

Nesses 3 pavimentos, a resistência do concreto aos 28 dias foi insatisfatória, o que pode indicar um concreto de má qualidade.

Durante o acompanhamento de uma concretagem da concreteira C, foi possível verificar que a qualidade do concreto, aparentemente era menor, visto que possuía vestígios de impurezas no material.

Figura 24: Impurezas encontradas durante concretagem com concreteira C

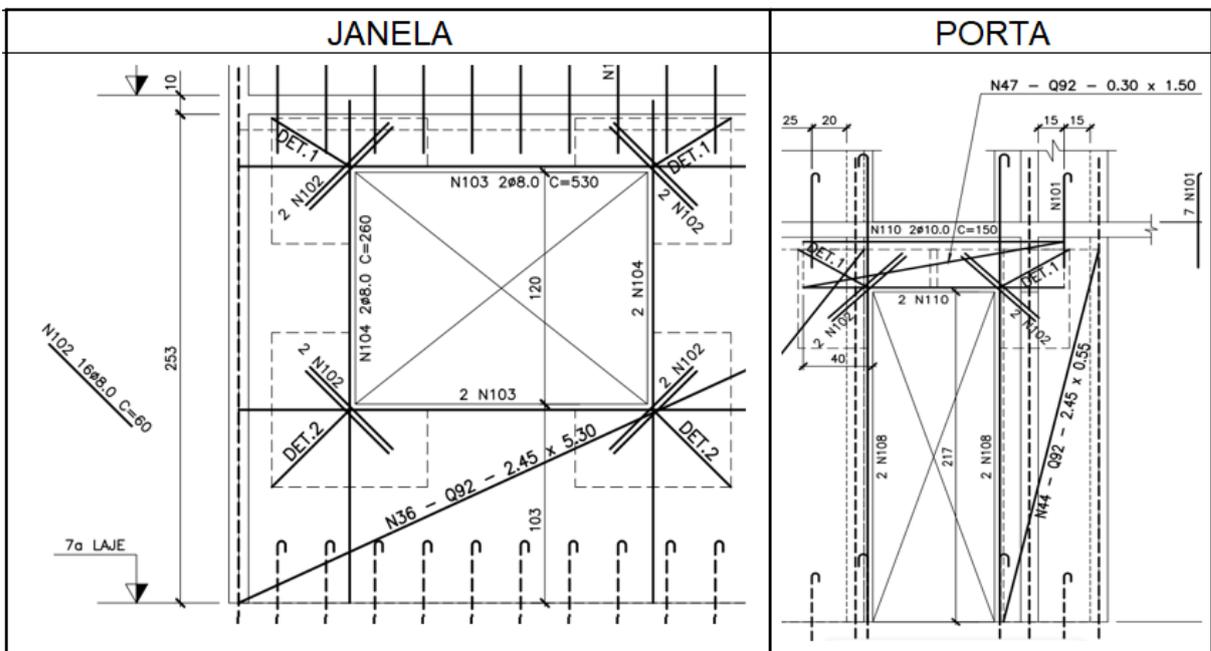


Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Serviço x Projeto

Alguns casos de fissuras são previstos em projeto, criando armações que evitam as patologias, porém outros não. No caso estudado nesse trabalho, algumas das fissuras mais incidentes são previstas em projetos e ainda assim acontecem, o que pode significar um projeto subdimensionado ou falha na execução do serviço. Na Figura 25 é possível observar que tanto para os vãos das janelas quanto para os vãos das portas, há uma armação agindo preventivamente à fissura.

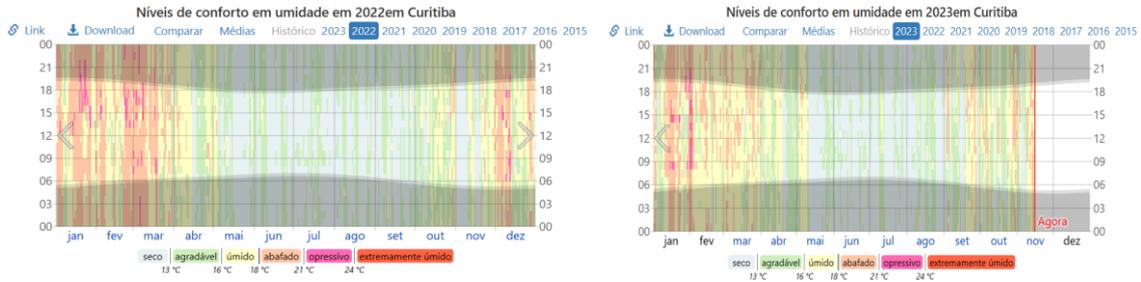
Figura 25: Projetos estruturais da obra detalhando vãos de portas e janelas



Fonte: Autoria própria (2023)

Já as fissuras não previstas, pode ser necessário uma análise de um engenheiro calculista para definir possibilidades de evitar essa anomalia. Na Figura 26, exemplifica uma parede que teria ar-condicionado, sem nenhum reforço previsto e outra situação do furo para grelha de ventilação da cozinha também sem reforço previsto.

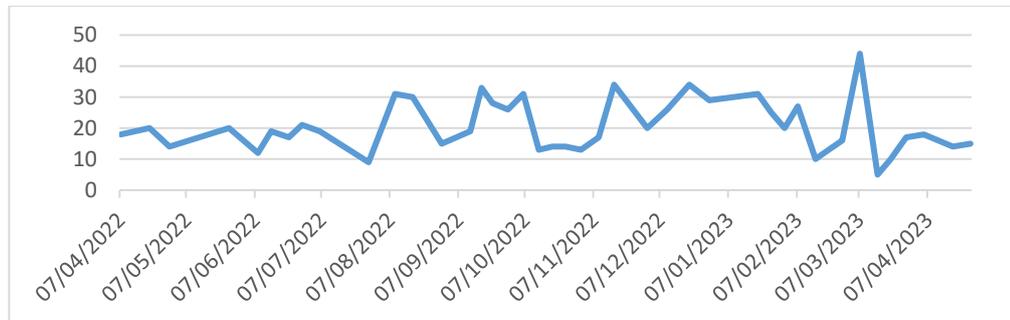
Figura 28 – Histórico de umidade em Curitiba em 2022 e 2023



Fonte: Weather Spark (2023)

Na Figura 29, demonstra a quantidade de fissuras encontradas ao longo do tempo.

Figura 29 – Fissuras encontradas ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria (2023)

Analisando os gráficos acima, verifica-se que em períodos de seca e temperaturas mais baixas, a ocorrência de fissuras foi menor quando comparado a períodos de temperaturas mais altas e maior umidade.

4.5 Instalações elétricas e hidráulicas

Outra incidência de patologia ocorre quando os eletrodutos corrugados e outras tubulações são posicionados sem espaçadores adequados, como exemplificado na Figura 30.

Figura 30: Espaçador para eletroduto corrugado



Fonte: Autoria própria (2023)

Podendo ocasionar uma tubulação próxima demais a forma e resultar numa casca fina de concreto, fragilizando a estrutura e possibilitando a ocorrência de fissura, como demonstrado na Figura 31.

Figura 31: Mangueira PEX próxima demais a laje, gerou fissura e ao ser pressurizado água expôs a patologia



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 32, exemplo de eletroduto exposto, ocasionando fragilidade na parede.

Figura 32: Eletroduto corrugado sem espaçador adequado gerando fissura

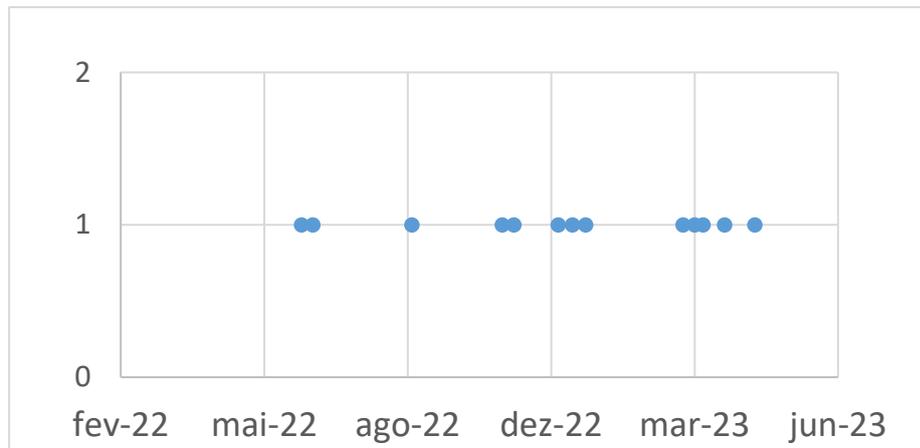


Fonte: Autoria propria (2023)

4.6 Retração em laje

Como já descrito anteriormente no item 2.4, as principais causas para ocorrência de retrações no concreto armado são relacionadas a altas temperaturas e/ou alto teor de água no concreto. Analisando a Figura 33 e comparando com as Figuras 27 e 28, nota-se que das 13 ocorrências, 10 foram em períodos de temperaturas altas e umidade alta.

Figura 33 – Datas de ocorrência de retração na laje

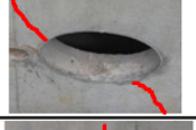
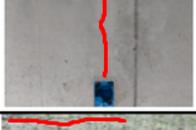
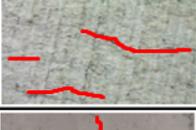


Fonte: Autoria própria (2023)

4.7 Síntese dos casos registrados

Analisando todos os dados obtidos ao longo desse trabalho, algumas soluções são presumíveis para evitar reincidência das patologias estudadas, como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Possíveis causa e soluções das fissuras estudadas

FOTO DA FISSURA	TIPO DE FISSURA	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
	Junta fria	Intervalos muito grandes entre os caminhões betoneiras	Alinhar com concreteira um menor intervalo e frota capacitada para atender
	Vãos de portas e janelas	Projeto subdimensionado ou erro de execução	Conferir armação antes das concretagens, qualificar e capacitar melhor a mão de obra, adequar projeto e se necessário acionar engenheiro calculista
	Ponto de A/C	Projeto não prevê	Analisar junto com engenheiro calculista necessidade de reforço
	Furo para ventilação cozinha	Projeto não prevê	Analisar junto com engenheiro calculista necessidade de reforço
	Eletrodutos	Falta de espaçador ou deslocamento durante concretagem	Utilizar espaçador adequado; Evitar bombear concreto onde as caixas elétricas estão posicionadas, evitando assim deslocar o eletroduto.
	Retração laje	Temperaturas e umidades altas ou teor de água na relação água/cimento muito alta	Adotar maneiras que evitem recorrência de fissuras; validar carta traço junto à especialista
	Fissuras verticais	Material utilizado no concreto de baixa qualidade; Sobrecarga da estrutura	Validar carta traço junto à especialista; acionar engenheiro calculista para verificar possível sobrecarga da estrutura.

Fonte: Autoria própria (2023)

5 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou os resultados do levantamento e diagnóstico de fissuras em paredes de concreto de edifícios através de um estudo de caso.

Foi possível identificar que as principais causas estão relacionadas à erros de execução, projetos subdimensionados ou que não preveem necessidade de reforço, interferência do clima e capacidade da concreteira de atender prazo e demanda da obra.

Como recomendações para a redução das ocorrências, orienta-se qualificar mão de obra, verificar se projeto está dimensionado e/ou prevê reforços em pontos de fragilidade da estrutura, adequação de traço do concreto para o clima previsto quando possível, e alinhar com concreteira frota e intervalo mínimo entre betoneiras para atender a concretagem.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se avaliar os métodos para evitar retrações por interferência climática; avaliar sequência construtiva da parede de concreto; Analisar frotas e prazos de carregamentos entre os caminhões betoneiras nas concreteiras; Analisar projetos estruturais para paredes de concreto; Avaliar qualificação de mão de obra para execução de parede de concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**, informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**, informação e documentação: citações em documentos - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

CHAVES, Vanessa. **Empresas apostam no uso de paredes de concreto para reduzir tempo de entrega e custo de obras em Goiânia**. Goiânia, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/go/goias/mercado-imobiliario/noticia/2019/09/12/empresas-apostam-no-uso-de-paredes-de-concreto-para-reduzir-tempo-de-entrega-e-custo-de-obras-em-goiania.ghtml>> Acesso em 28 mai. 2023

MARINHO, Jefferson; Mesquita, Esequiel. **Patologia das edificações**. 2. ed. Porto Alegre: SAGRA, 2022. 296 p. v. 1.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: Patologia, Reabilitação e Prevenção**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2010. 414 p. v. 1. ISBN 10.

NAKAMURA, Juliana. **Fissuras põem em risco a vida útil das estruturas de concreto**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2010. 414 p. v. 1. ISBN 10: De ocorrência comum em concreto armado e em alvenarias, aberturas com menos de 0,5 mm podem ser provocadas por múltiplas causas e corrigidas com soluções variadas. AEC, [S. l.], p. 1-6, 23 ago. 2017.

GRANATO, José Eduardo. **Patologia das Construções**. [S. l.: s. n.], 21.

WENDLER, Arnoldo; MONGE, Rubens. **Paredes de concreto: como ter uma obra sem manifestações patológica**. IBRACON: Concretos & Construções, [s. l.], ed. 90, p. 38-41, 2018.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2015.

ANONI, Lara Guizi. **Manual sobre diagnóstico de fissuras em edificações residenciais**. REVISTA ACADÊMICA - ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS, Cubatão - SP, ed. 10, p. 69-86, 2022.

Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. Orientador: Hidelbrando José Farkat Diógenes. 2016. 76 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2016.

DUARTE , Hiago Simões; BARBOSA, Melissa; FARIAS , Bruno Matos. **FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO**.

ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO, [s. l.], v. 3, p. 41-91, 21.

FONSECA, Ary. **O que é o sistema construtivo de parede de concreto?:** Estrutura e vedação de concreto armado formam um elemento único, monolítico, moldado no local. Método integra processos e elimina etapas, mas exige planejamento e pré-engenharia. AEC Web, [S. l.], p. 1-4, 4 out. 2022. Disponível em: O que é o sistema construtivo de parede de concreto? Estrutura e vedação de concreto armado formam um elemento único, monolít. Acesso em: 16 maio 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Fundação João Pinheiro. 14/01/2020. **DEFICIT HABITACIONAL NO BRASIL – 2016-2019**, Belo Horizonte - MG, 14 jan. 2020.

GRANDES CONSTRUÇÕES. **Sistema de paredes de concreto ganha espaço na construção civil: Maior velocidade na execução da obra e rentabilidade em grandes empreendimentos estimulam a adoção do método construtivo que elimina o consumo de blocos de alvenaria.** Revista Grandes Construções, [s. l.], ed. 65, 2015. Disponível em: <https://grandesconstrucoes.com.br/Materias/Exibir/sistema-de-paredes-de-concreto-ganha-espaco-na-construcao-civil>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SANTOS, C. R. B.; SILVA, D. L.; NASCIMENTO, I. M. S. (2017). **Incidência de manifestações patológicas em edificações residenciais na região metropolitana do Recife.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2(3)

WEIMER, B. F.; THOMAS, M.; DRESCH, F. **Patologia das estruturas.** Portos Alegre, Rio Grande do Sul. Grupo A, 2018. Disponível:

SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1ª. ed. São Paulo: Pini, 2009

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 250 p.

SILVA, Anderson; GODOY, Gustavo. **Fissuras no concreto armado: causas, consequências, formas de mitigação e reparos.** Orientador: Paulo Resende. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduando) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, [S. l.], 2022.

MEDEIROS, Giovana. **Junta Fria. Interrupções planejadas ou imprevistas em concretagem promovem o aparecimento da junta fria**, [S. l.], p. 1, 7 jul. 2010. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/junta-fria/>. Acesso em: 15 nov. 2023.