

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

José Augusto Jesus da Silva

**ANÁLISE DA FISSURAÇÃO EM PISO DE CONCRETO
POLIDO EM OBRA RESIDENCIAL DE ALTO PADRÃO
EM XANGRI-LÁ/RS**

Porto Alegre

Outubro de 2022

JOSÉ AUGUSTO JESUS DA SILVA

**ANÁLISE FISSURAÇÃO EM PISO DE CONCRETO POLIDO
EM OBRA RESIDENCIAL DE ALTO PADRÃO EM
XANGRI-LÁ/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Porto Alegre

Outubro de 2022

JOSÉ AUGUSTO JESUS DA SILVA

**ANÁLISE FISSURAÇÃO EM PISO DE CONCRETO POLIDO EM
OBRA RESIDENCIAL DE ALTO PADRÃO EM XANGRI-LÁ/RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)

Dr.^a pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Lucas A. Reginato (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha família, meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por não me deixar desistir, mesmo quando parecia ser a única opção viável me deu força para superar as adversidades e seguir em frente.

Agradeço aos meus amigos Gustavo Bassani e Guilherme Bassani, pela boa influência que exerceram sobre mim, apresentando os caminhos até a universidade. Cederam um lugar pra eu ficar em Porto Alegre e foram uma ótima companhia durante toda essa trajetória. Nossa amizade nada nem ninguém pode destruir.

Agradeço a minha orientadora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira, por toda atenção, compreensão que demonstrou durante a elaboração deste trabalho. Suas instruções foram sabias e essenciais.

Agradeço a meu pai, José Francisco da Silva. Aprendi contigo a ter responsabilidade, honestidade. Aprendi que qualquer lugar que eu quiser é para mim, mesmo que eu me sinta em minoria, tenho que conquistar meu espaço respeitando meus valores.

Agradeço a minha mãe Salete de Jesus. Por ter me criado com tanto amor e carinho. Sei que não tive tudo o que você quis me dar, mas diferente do que pensa tive mais do que precisei, e se hoje sou quem sou, foi graças ao teu esforço. Obrigado por me ensinar a sonhar, acordar e correr atrás.

Agradeço ao meu irmão Vinícius Jesus da Silva, meu melhor amigo! Tenho muito orgulho de tudo que vem conquistando.

Agradeço a minha irmã mais nova Isadora Jesus da Silva. Um dia vais entender o porquê sou chato, é porque te amo e só quero o melhor para você.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por fornecer ensino de qualidade e gratuito.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO

Atualmente existem vários métodos construtivos de pisos de concreto, onde para cada qual há suas particularidades, exigindo um forte controle para sua correta execução. Geralmente usado em grandes galpões industriais, hoje é sinônimo de modernidade dentre arquitetos que buscam inovar a maneira de projetar e construir ambientes residenciais. Além de possuir ótimo desempenho quanto a sua resistência como ao atrito, estanqueidade, resistência ao fogo, tem como característica também uma longa vida útil quase sem manutenção. Porém, são poucos os profissionais capacitados para sua correta execução, principalmente em ambientes residenciais, e um possível motivo é a escassez de informações técnicas a respeito do assunto. Por não haver nas normas brasileiras recomendações a respeito da distância entre juntas de dilatação, por exemplo, fica a critério das empresas definir isso através da experiência de sua equipe. Por conta disso, e de uma série de outros fatores, a manifestação patológica mais comum em pisos de concreto é a fissuração, e quando esse serviço é aplicado em residências de alto padrão, não é admissível a ocorrência desse tipo de manifestação, por conta da exigência estética, que nestes casos é incomparavelmente maior que em um galpão industrial, por exemplo. O desafio é evitar a fissuração, que pode acontecer por vários motivos como por variação térmica, deformabilidade excessiva da estrutura, ou até mesmo a mais comum delas, aquelas geradas por retração, que é quando o concreto se retrai após perder a água excedente da reação entre cimento e água. Esse tipo de fissuração pode ou não ocasionar em problemas estruturais e esteticamente não é aceitável dependendo do contexto em que se encontra. O desafio deste trabalho de conclusão de curso é, a partir de um estudo de caso onde ocorreu fissuração no piso de concreto polido de uma obra residencial de alto padrão na cidade de Xangri-lá/RS, encontrar a causa da manifestação patológica, avaliar as soluções adotadas pela construtora, determinar a correta terapia e com toda carga teórica e prática adquirida, propor o correto método executivo que deveria ter sido seguido para que o piso de concreto polido do caso em questão não tivesse fissurado.

Palavras-chave: Piso de concreto polido. Fissuração. Piso industrial de concreto

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação de revestimento monolítico espatulado.....	29
Figura 2 – Revestimento monolítico autonivelante.....	30
Figura 3 - Aplicação de revestimento de múltiplas camadas	31
Figura 4 - Juntas de construção	33
Figura 5 - Juntas serradas	33
Figura 6 - Junta de dilatação.....	34
Figura 7 - Junta de expansão	35
Figura 8 - Formação de fissuras por assentamento plástico	45
Figura 9 - Configurações típicas de fissuras por assentamento plástico	45
Figura 10 - Configurações típicas de fissuras por dessecação superficial.....	46
Figura 11 - Fissuração por dessecação superficial em lajes contínuas.....	47
Figura 12 - Exemplos de fissuração por movimentação de formas e escoramentos	47
Figura 13 - Retração, em função do tempo, de concretos conservados a diversas umidades relativas, após 28 dias de cura úmida	49
Figura 14 - Fissuras devido a movimentações térmicas	50
Figura 15 - Fissura por recalque diferencial em paredes de concreto	51
Figura 16 - Fissuras por recalque diferencial em pórticos.....	52
Figura 17- Fissuras provocadas por esforços de tração em tirantes	53
Figura 18 - Fissuras por compressão simples.....	53
Figura 19 - Fissuras provocadas por esforços de compressão com impedimento de deformação transversal.....	54
Figura 20 - Diferentes formas de fissuração no concreto por esforços de compressão.....	54
Figura 21 - Fissuras provocadas em elementos esbeltos por esforços de flexo-compressão ...	54
Figura 22 - Fissuras provocadas por esforços de flexão e cisalhamento.....	55
Figura 23 - Fissuras provocadas por esforços de flexo-compressão	55
Figura 24 - Fissuras na face superior de uma laje simplesmente apoiada provocada pelos momentos volventes	55
Figura 25 - Fissuras na face inferior de uma laje simplesmente apoiada com carga uniformemente distribuída.....	56
Figura 26 - Fissuras na face superior de lajes contínuas calculadas como simplesmente apoiada	56

Figura 27 - Fissuras na face superior de uma laje provocadas por esforços de flexo-compressão	56
Figura 28 - Fissuras provocadas por esforços de cisalhamento.....	57
Figura 29 - Fissuras em viga solicitada à torção	57
Figura 30 - Preparação da fenda para o procedimento de injeção.....	61
Figura 31 – Selagem de fendas com aberturas entre 10 e 30 mm	62
Figura 32 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique	62
Figura 33 – Vedação de fendas de grande abertura com neoprene	63
Figura 34 – Reparo de fissura por grampeamento.....	63
Figura 35 - Planta baixa térreo	66
Figura 36 - Planta baixa pavimento superior.....	67
Figura 37 - Sistema de pisos vista em corte	68
Figura 38 - Execução de piso de concreto polido.....	70
Figura 39 - Disco de flotação 12 (2,65 mm).....	70
Figura 40 - Execução de piso de concreto polido com disco de flotação.....	71
Figura 41 - Execução de piso de concreto polido com disco de flotação.....	71
Figura 42 - Piso de concreto polido com juntas serradas	72
Figura 43 - Mapeamento das fissuras no piso de concreto polido.....	73
Figura 44 - Verificação de atividade das fissuras com lâmina de vidro, gesso e fissurômetro	74
Figura 45 - Fissura partindo da quina de coluna	74
Figura 46 - Encontro de fissuras em piso de concreto polido	75
Figura 47 - Fissura em piso de concreto.....	75
Figura 48 - Fissuras saindo de ponto de tomada no piso.....	77
Figura 49 - Fissura saindo de aresta de pilar	77
Figura 50 - Armadura de combate a retração	78
Figura 51 - Fissura por retração devido a ineficiência das juntas	78
Figura 52 - Piso de concreto lixado e polido	79
Figura 53 - Piso cimento queimado	79
Figura 54 - Fissuras em revestimento monolítico espatulado	81
Figura 55 - Detalhe da solução adotada para tratamento das fissuras em piso de concreto polido	81
Figura 56 - Abertura de fissuras em piso cimento queimado	82
Figura 57 - Aplicação de adesivo epóxi de média fluidez para tratamento de fissuras.....	82

Figura 58 – Fissura tratada com adesivo epóxi endurecido83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.....	22
Quadro 2 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada	22
Quadro 3 - Classificação dos revestimentos de alto desempenho	27
Quadro 4 - Desempenho mínimo por produto.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Afastamento entre elementos de suporte das armaduras.....	37
Tabela 2 - Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto.....	42

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	19
2.1 OBJETIVOS.....	19
2.1.1 Objetivo Principal.....	19
2.1.2 Objetivo Secundário	19
2.2 DELIMITAÇÃO	19
2.3 LIMITAÇÃO.....	19
2.4 DELINEAMENTO.....	20
3 SISTEMAS DE PISOS.....	21
3.1 NORMA DE DESEMPENHO	21
3.2 TIPOS DE SUBSTRATO PARA PISOS DE CONCRETO	23
3.2.1 Pisos de concreto simples.....	23
3.2.2 Pisos de concreto simples com armadura descontínua de retração ou pisos de concreto reforçado com baixo teor de fibras de aço.....	24
3.2.3 Pisos de concreto armado	24
3.2.4 Pisos de concreto reforçado com fibras de aço.....	24
3.2.5 Pisos de concreto protendido.....	25
3.3 TIPOS DE PISOS DE CONCRETO DE ACORDO COM REVESTIMENTOS	25
3.3.1 Revestimento monolítico espatulado.....	28
3.3.2 Revestimento monolítico autonivelante	29
3.3.3 Revestimento de múltiplas camadas.....	30
3.3.4 Pintura de alto desempenho.....	31
3.4 TIPOS DE JUNTAS	32
3.4.1 Juntas de construção	32
3.4.2 Juntas serradas ou de retração	33

	16
3.4.3 Juntas de dilatação	34
3.4.4 Juntas de encontro	34
3.5 TIPOS DE SELANTE	35
3.5.1 Selantes de silicone.....	35
3.5.2 Selantes de poliuretano.....	35
3.5.3 Selantes epóxi semirrígido.....	36
3.6 PROCEDIMENTO EXECUTIVO PISO DE CONCRETO	36
3.6.1 Reunião prévia.....	36
3.6.2 Assentamento de formas.....	37
3.6.3 Posicionamento das armaduras.....	37
3.6.4 Lançamento e espalhamento do concreto.....	38
3.6.5 Adensamento e nivelamento do concreto.....	38
3.6.6 Acabamento superficial	38
3.6.7 Corte das juntas	39
3.7 PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO.....	39
4 FISSURAÇÃO	42
4.1 FISSURAÇÕES NO ESTADO FRESCO.....	44
4.1.1 Assentamento plástico	44
4.1.2 Dessecação superficial.....	46
4.1.3 Movimentação das formas.....	47
4.2 FISSURAÇÕES NO ESTADO ENDURECIDO	48
4.2.1 Retração por secagem	48
4.2.2 Movimentações térmicas	49
4.2.3 Recalques diferenciais	50
4.2.4 Sobrecargas.....	52
4.3 TÉCNICAS PARA TRATAMENTO DE FISSURAS	58

4.3.1 Injeção de fissuras.....	59
4.3.2 Selagem de fissuras	61
4.3.3 Grampeamento.....	63
4.3.4 Ocratização	64
5 ESTUDO DE CASO	66
5.1 SUBSTRATO	68
5.2 PISO DE CONCRETO POLIDO NO TÉRREO.....	68
5.2.1 Características do concreto do piso de concreto polido.....	68
5.2.2 Ferramentas utilizadas	69
5.2.3 Execução.....	69
5.3 MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: FISSURAS	72
5.3.1 Mapeamento das fissuras.....	72
5.3.2 Classificação das fissuras	73
5.4 DIAGNÓSTICO	75
5.5 SOLUÇÃO ADOTADA.....	78
5.6 CAUSA DA FALHA NO TRATAMENTO DAS FISSURAS.....	81
5.7 ANÁLISE DA SOLUÇÃO ADOTADA.....	83
6 CONCLUSÃO.....	85
7 REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

Para cada novo problema que surge, novas soluções aparecem também. Seja por meio de novos materiais que são inseridos no mercado, ferramentas ou técnicas inovadoras, a construção civil está em constante evolução. Mas mesmo um novo sistema construtivo precisa atender a requisitos para validar sua posição como opção na indústria. Muitas vezes o produto é bom, mas se sua execução não foi adequadamente implementada, o resultado não atinge o esperado. Então, é necessário que material e mão de obra sejam igualmente adequados, aí que a função do engenheiro é de suma importância, para que não falte respaldo técnico durante o processo.

O piso de concreto polido é uma técnica de difícil aplicação, que pode acarretar em diversos problemas, seja por ferramentas inadequadas, materiais de má qualidade ou mão de obra não qualificada. O problema mais comum em pisos de concreto é a fissuração. Essa manifestação patológica pode ocorrer pelas mais diversas razões, é inclusive aceita em até certa medida quando surgida devido a esforços de flexão. Toda estrutura, mesmo sendo vista como um corpo rígido, se deforma, e durante essa movimentação que geralmente ocorrem as fissurações.

O foco é a fissuração em pisos de concreto, por isso se fez necessário uma revisão onde é apresentado as diferentes opções de piso seguindo essa linha.

O piso de concreto polido, também conhecido como piso industrial, durante a elaboração do projeto precisa levar em consideração o tipo substrato, seu uso, as condições de agressividade do ambiente e as demandas estéticas para elaboração do projeto. Existem vários tipos de piso conforme é apresentado no capítulo 4, onde a distinção entre eles se dá geralmente na camada da superfície, com o tipo de acabamento que define suas características. Eles podem ser somente de concreto polido, onde o concreto é lixado com diversas lixas de diferentes grãos até ficar com o aspecto de polido, depois pode-se aplicar resina epóxi para proteger e impermeabilizar o piso. Também há o piso com autonivelante epóxi, piso cimento queimado, entre outros. Cada qual com suas características e indicações como solução para diferentes demandas.

Depois de analisada toda carga teórica, através do estudo de caso do piso de concreto polido em edificação residencial unifamiliar de alto padrão no Condomínio de Xangri-lá, com ocorrência de fissuração tem-se a possibilidade de analisar a obra como foi executada, mostrando os desafios durante o processo, apontando, a partir da classificação e mapeamento todas possíveis causas para a ocorrência da manifestação patológica, como a construtora fez o tratamento das fissuras. Neste mesmo capítulo, após análise crítica, é proposto o melhor método

que deveria ter sido executado para o tratamento das fissuras, de acordo com o contexto da obra.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Neste capítulo temos a definição dos objetivos, bem como as limitações, delimitações e a definição da estrutura deste trabalho.

2.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem dois objetivos que são abaixo descritos.

2.1.1 Objetivo Principal

Estudar a fissuração em um piso de concreto polido, visando, através da análise do processo executivo adotado pela construtora, identificar a causa das fissurações do piso, propor correções para essa manifestação patológica e sugerir método construtivo mais adequado para o caso em questão.

2.1.2 Objetivo Secundário

- Apresentar os tipos de pisos de concreto presentes no mercado, bem como suas distinções;
- Descrição de padrões de fissuração e suas causas.

2.2 DELIMITAÇÃO

Este estudo de caso aborda a execução de pisos de concreto através da análise da execução de uma residência unifamiliar de alto padrão em condomínio fechado localizado a beira mar do município de Xangri-lá/RS, com 423 metros quadrados, dois pavimentos, estruturada em concreto armado, vedação vertical em alvenaria e revestimento argamassado, com piso de concreto polido com ocorrência de fissuração.

2.3 LIMITAÇÃO

Estudo de caso de apenas uma residência, avaliando a execução do piso do térreo, sem ensaios e somente através de inspeção visual para avaliar manifestações patológicas do piso.

2.4 DELINEAMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas enumeradas abaixo e a seguir descritas:

- a) pesquisa bibliográfica acerca de pisos de concreto;
- b) pesquisa bibliográfica sobre fissurações em estruturas de concreto;
- c) levantamento de dados sobre o processo executivo do piso de concreto polido adotado em obra para o presente estudo;
- d) estudo e análise do caso;
- e) considerações e comentários finais.

3 SISTEMAS DE PISOS

O piso de concreto, essencialmente vai variar conforme sua camada superficial. O sistema pode receber tanto um tratamento de lapidação e polimento, ou também o que a NBR 14050 define como Revestimentos de Alto Desempenho (ABNT, 1998).

Todos os sistemas precisam cumprir com uma série de requisitos mínimos definidas pela NBR 15575 (ABNT, 2021).

3.1 NORMA DE DESEMPENHO

Na execução de um sistema de piso, independente do material, há uma série de requisitos que precisamos cumprir para alcançar o desempenho mínimo do sistema de pisos estabelecido pela NBR 15575: Desempenho de edifícios (ABNT, 2021). A NBR 15575 (ABNT, 2021) é separada em três requisitos e critérios principais, afim de atender as exigências do usuário, que são segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Dentro desses critérios, podemos destacar alguns retirados da parte 3 da norma, que se refere a sistemas de piso e valem destaque.

No que se refere a segurança estrutural, implica que em função da resistência contra cargas distribuídas, cargas concentradas, impactos de corpo duro, não deve apresentar a ruína no sistema de piso. Em relação à segurança contra fogo, o sistema de pisos deve dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação. Coeficiente de atrito do piso deve ser tal qual seja seguro a circulação dos usuários, evitando escorregamentos e quedas.

A fim de atender aos critérios de habitabilidade, é importante que o sistema de pisos seja estanque a exposição de umidade do solo, água da chuva, condensação, afim de não prejudicar as condições de habitabilidade e higiene do ambiente construído.

A respeito do desempenho acústico, devem ser considerados o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros). Os valores mínimos são compreendidos pela

medição do nível de pressão sonora padrão ponderado ($L'_{nT,w}$) e de diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$), e são demonstrados os valores mínimos nos quadros 1 e 2.

Quadro 1 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	≤ 80
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	≤ 55

(Fonte: ABNT, 2021)

Quadro 2 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	≥ 45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	≥ 40
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45

(Fonte: ABNT, 2021)

Quanto aos critérios de durabilidade e manutenibilidade, o sistema de pisos deve resistir à exposição à umidade, em condições normais de uso, sem apresentar alterações em suas propriedades que comprometam seu uso. Resistir à exposição aos agentes químicos normalmente utilizados na edificação ou presentes nos produtos de limpeza doméstica. As camadas de acabamento da habitação devem apresentar resistência ao desgaste devido aos esforços de uso, de forma a garantir a vida útil estabelecida em projeto (ABNT, 2021).

Para atender critérios de funcionalidade e acessibilidade o sistema de piso deve estar adaptado à moradia de pessoas portadoras de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida (ABNT, 2021).

Quanto ao conforto tátil, visual e antropodinâmico, o sistema de piso precisa ter homogeneidade quanto à planeza da camada de acabamento do sistema de piso, não devendo apresentar valores iguais ou inferiores a 3 mm com régua de 2 metros em qualquer direção, a fim de não comprometer o efeito visual desejado ou a estética.

3.2 TIPOS DE SUBSTRATO PARA PISOS DE CONCRETO

Os mais diversos pisos de concreto são, cada vez mais, utilizados na construção civil. Para cada novo desafio, uma nova técnica aparece, novos materiais, com isso trazendo um leque de opções para melhor atender a necessidade de quem executada e seus futuros usuários.

O desempenho estrutural do substrato do piso de concreto independe do revestimento superficial. Portanto, o substrato deve ser projetado de forma que suporte as tensões estruturais, térmicas e mecânicas que ocorrerão durante a sua utilização. Qualquer falha do substrato em permanecer estável afeta a estabilidade do acabamento. Conseqüentemente, o craqueamento do concreto irá causar danos no seu acabamento superficial, já que é inevitável a tendência de refletir os defeitos da base (THE RESIN FLOORING ASSOCIATION, 1999 apud OLIVEIRA, 2017).

3.2.1 Pisos de concreto simples

Tipo de piso de concreto que não utiliza armadura para aumentar a resistência mecânica do concreto. Por esse motivo, geralmente é utilizado como piso em construções residenciais ou comerciais de pequeno porte. Sendo assim, muitas vezes, com uma espessura grande e uma maior quantidade de juntas por metro quadrado (NEVES, 2021).

Segundo Chodounsky e Viecili (2007) todos os esforços de tração gerados pela retração, variação térmica e pelo carregamento, são resistidos pelo concreto.

Para Chodounsky e Viecili (2007, p.27) “O dimensionamento da espessura do piso está íntima e diretamente ligado às tensões de tração na flexão produzidas pelas cargas solicitantes”.

3.2.2 Pisos de concreto simples com armadura descontínua de retração ou pisos de concreto reforçado com baixo teor de fibras de aço

Chodounsky e Viecili (2007, p. 28 e 29) definem esse tipo de piso como:

Piso com características similares aos pisos de concreto simples, possuem apenas uma baixa taxa de armadura empregada para controle de fissuração. A armadura, geralmente constituída por telas eletrosoldadas (aço CA-60) ou fibras de aço (em baixos teores), tem como função básica a manutenção das fissuras de retração com aberturas muito pequenas (“fissuras fechadas”), uma vez que não conseguem evitar completamente a formação de fissuras.

Chodounsky e Viecili (2007, p. 29) ainda completa dizendo que “as fibras de aço, quando utilizadas em baixos teores (dosagens entre 10 e 20 kg/m³) não incrementam a capacidade portante do piso, portanto, devem ser empregadas somente para controle de fissuração”.

3.2.3 Pisos de concreto armado

No caso do concreto armado, há um reforço simples ou duplo de armaduras internas. Por essa razão, pode ter uma espessura menor em comparação ao piso simples, bem como a densidade das juntas por metro quadrado poderá ser menor (NEVES, 2021).

No dimensionamento dos pisos estruturalmente armados, tira-se proveito da boa resistência à compressão do concreto associada à elevada resistência à tração do aço, o que resulta sempre em placas de menores espessuras em comparação aos pisos de concreto simples (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

Nos pisos estruturalmente armados, as tensões de tração impostas pelo carregamento são resistidas integralmente pela armadura, sendo desconsiderada a resistência à tração do concreto (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

3.2.4 Pisos de concreto reforçado com fibras de aço

Segundo Bekaert (2019) a função das fibras é de reforço estrutural, substituindo toda a armadura tradicional em aplicações como pisos industriais.

As fibras de aço atuam diretamente na matriz de concreto, melhorando suas propriedades mecânicas; ductilidade, força estrutural, dureza e prevenção de rachaduras. Permitem a redistribuição das forças de tração, aumentando a flexibilidade do concreto (MACCAFERRI, 2022).

O uso de fibras de aço no concreto possibilita o incremento da tenacidade do concreto, representada pela energia necessária para conduzir a peça ao colapso, permitindo ao concreto maiores deformações antes da ruptura (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

3.2.5 Pisos de concreto protendido

O piso de concreto protendido consiste em um piso reforçado com armadura de alta resistência (cordoalhas), tracionada por macacos hidráulicos, cuja força é transferida à placa de concreto por intermédio das ancoragens posicionadas nas extremidades (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

De acordo com Chodounsky e Viecili (2007), comparando a distância entre juntas dos diferentes tipos de piso, chegou-se à seguinte conclusão

Enquanto que nos pisos de concreto simples, o comprimento da placa varia de 4 a 6 metros, nos pisos de concreto com armadura de retração, a placa pode ter 10 metros ou mais, nos pisos executados no sistema *jointless* a distância entre juntas pode ser de até cerca de 40 metros, nos pisos protendidos a placa pode ter dimensões superiores a 100 metros.

Essa redução da quantidade de juntas no piso de concreto protendido tem uma grande vantagem em comparação com os demais tipos de pisos já que nas juntas são locais onde se encontram muitas manifestações patológicas.

3.3 TIPOS DE PISOS DE CONCRETO DE ACORDO COM REVESTIMENTOS

Os sistemas de revestimentos de alto desempenho (RAD) constituem famílias de produtos compostos basicamente de aglutinantes à base de resinas epoxídicas e agregados minerais (ABNT, 1998).

De acordo com NBR 14050 (ABNT, 1998, p. 2), os sistemas RAD são definidos como:

Revestimento de superfície, constituído por produto composto basicamente de aglutinantes à base de resinas epoxídicas, com ou sem solventes, endurecedores e agregados minerais, podendo, dependendo da classe, conter também pigmentos e cargas minerais. A função dos RAD é proteger substratos de concreto e metálico, resultando em um acabamento final resistente aos ataques químicos e às solicitações físicas descritas nesta Norma.

Os campos de aplicação dos produtos RAD são aqueles nos quais se necessitam atender conjunta ou independentemente requisitos higiênicos e estéticos, anticorrosivos, antiderrapantes, resistência à abrasão e a impactos, bem como resistência à ação mecânica, de revestimentos aplicados sobre substratos de concreto e metálico (ABNT, 1998).

Os tipos de RAD são apresentados no Quadro 03:

Quadro 3 - Classificação dos revestimentos de alto desempenho

Tipo	Classe	Descrição	Espessura [mm]	Natureza dos constituintes	Textura superficial
1	Monolítico	Espatulado	3,00 a 10,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais	Lisa Semilisa Áspera
2		Autonivelante	1,50 a 6,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais	Lisa
3		Camadas múltiplas	1,50 a 4,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais Pigmentos	Áspera
4	Pintura	Baixa espessura	0,10 a 0,18	Resinas epóxi Endurecedor com ou sem pigmentos com ou sem solventes	
		Alta espessura	> 0,18 a 1,00	Resinas epóxi Endurecedor sem solventes	
5	Decorativo monolítico	Espatulado	3,00 a 10,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais	Lisa Semilisa Áspera
		Autonivelante	1,50 a 4,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais	Lisa Semilisa
		Camadas múltiplas	1,50 a 4,00	Resinas epóxi Endurecedor Agregados minerais Pigmentos	Semilisa Áspera

(fonte: ABNT, 1998)

E no Quadro 04 para cada tipo de RAD, são apresentados os valores mínimos para cada requisito de desempenho.

Quadro 4 - Desempenho mínimo por produto

Requisitos		Dimensão	01	02	03	04	05
Resistência ao impacto ¹⁾		mm	0,30	0,25	0,20	n.a.	4)
Resistência à abrasão ²⁾		mm	2,30	0,90	1,20	n.a.	
Resistência à abrasão ³⁾		mm	2,20	0,80	1,10		
Resistência à tração		MPa	6,5	8,5	n.a.	n.a.	
Resistência à compressão		MPa	45	40		n.a.	
Resistência à flexão		MPa	20		25	n.a.	
Resistência de aderência ¹⁾		MPa	2,5			3,0	
Aspecto superficial		Ver tabela 1					5)
Consistência			Seca	Fluida	Pintura	n.a.	4)
Poder de cobertura			n.a.	n.a.	n.a.	6)	n.a.
Absorção		%	1,0	0,3	0,25	0,2	4)
Sólidos por volume		Baixa espessura Alta espessura	%	n.a.		75,00 100,00	n.a.
Resistência à abrasão Taber ⁷⁾		9	n.a.			0,30	n.a.
Resistência química ⁸⁾		9)	Acordo entre fabricante e usuário				
<p>NOTA - n.a. significa não aplicável.</p> <p>¹⁾ Valores relativos a substratos de concreto.</p> <p>²⁾ Valores segundo a NBR 12042.</p> <p>³⁾ Valores segundo o anexo A.</p> <p>⁴⁾ Para o tipo 05, monolítico decorativo, devem-se exigir os mesmos desempenhos mínimos conforme seja do tipo 01, 02 ou 03, levando-se em conta o efeito decorativo estabelecido por amostras e em comum acordo entre fabricante e projetista.</p> <p>⁵⁾ O efeito decorativo é conseguido pela adição de grânulos ou agregados minerais com formas, tamanhos e distribuição superficial as mais variadas.</p> <p>⁶⁾ Acordo prévio entre fabricante e usuário.</p> <p>⁷⁾ Características do ensaio: 1 000 ciclos, massa aplicada 1 000 g, rolo abrasivo CS-17 e nível de sucção 100%.</p> <p>⁸⁾ Em função da multiplicidade ou concentração de ácidos.</p> <p>⁹⁾ Verificação da alteração da cor e aspecto superficial, limites de variação de volume e massa, limites de variação da resistência à compressão.</p>							

(fonte: ABNT, 1998, p. 5)

3.3.1 Revestimento monolítico espatulado

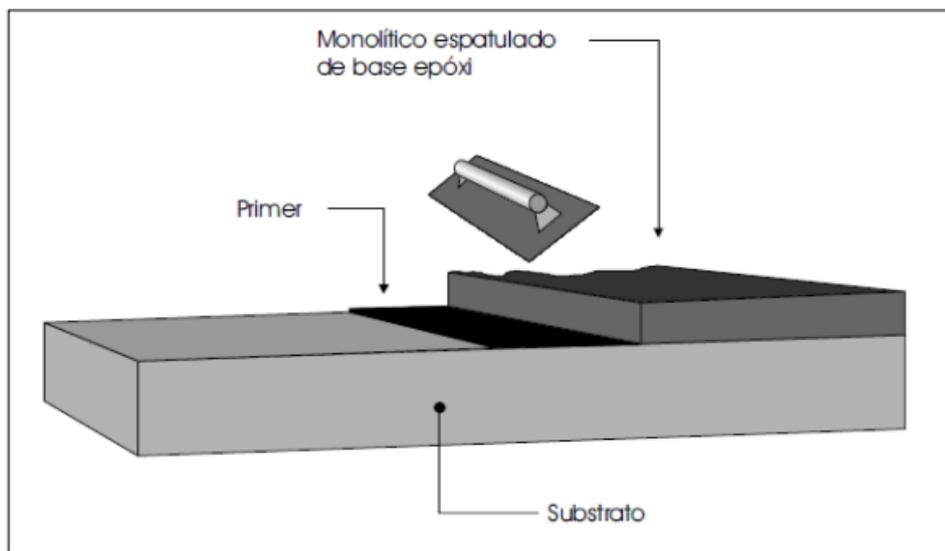
A NBR 14050 (ABNT, 1998, p. 2) define o revestimento monolítico espatulado como um “RAD com consistência seca, aplicado à espátula”.

Para Chodounsky e Viecili (2007, p 331) a aplicação do revestimento espatulado se dá da seguinte forma:

Utilizados na confecção de revestimentos com espessuras a partir de 3mm, a aplicação se realiza com o espalhamento do material sobre o primer ainda úmido e o posterior nivelamento do material, podendo neste caso utilizar guias metálicas como referência. A seguir é feito a compactação que pode ser manual com desempenadeira ou com o auxílio de acabadoras mecânicas. Em alguns casos, após o endurecimento da argamassa se promove o polimento da superfície e o selamento com pintura.

A seguir, na figura 1 mostra suas camadas e modo de aplicação. Este tipo de revestimento pode receber o efeito cimento queimado.

Figura 1 – Aplicação de revestimento monolítico espatulado



(fonte:ABNT, 1998)

3.3.2 Revestimento monolítico autonivelante

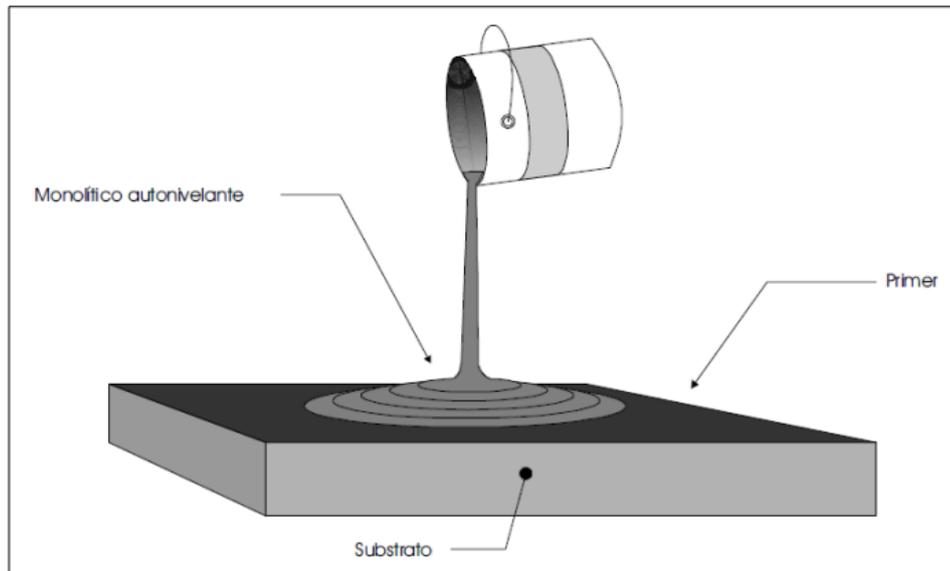
Para a NBR 14050 (ABNT, 1998, p. 2) o revestimento monolítico autonivelante se define como “RAD que possui propriedades de alta fluidez e autoacomodação, sem necessidade de aplicação forçada, utilizando-se tão somente a força da gravidade” e fica melhor ilustrado na figura 2.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007, p. 330) a aplicação se dá da seguinte forma:

A aplicação se realiza por derrame e extensão com auxílio de uma desempenadeira dentada permitindo melhor controle da espessura do revestimento. Por apresentar uma espessura elevada e não ser compactado,

na aplicação do revestimento autonivelante é essencial que seja utilizado rolo fura bolha para facilitar a saída de ar

Figura 2 – Revestimento monolítico autonivelante



(fonte: ABNT, 1998)

3.3.3 Revestimento de múltiplas camadas

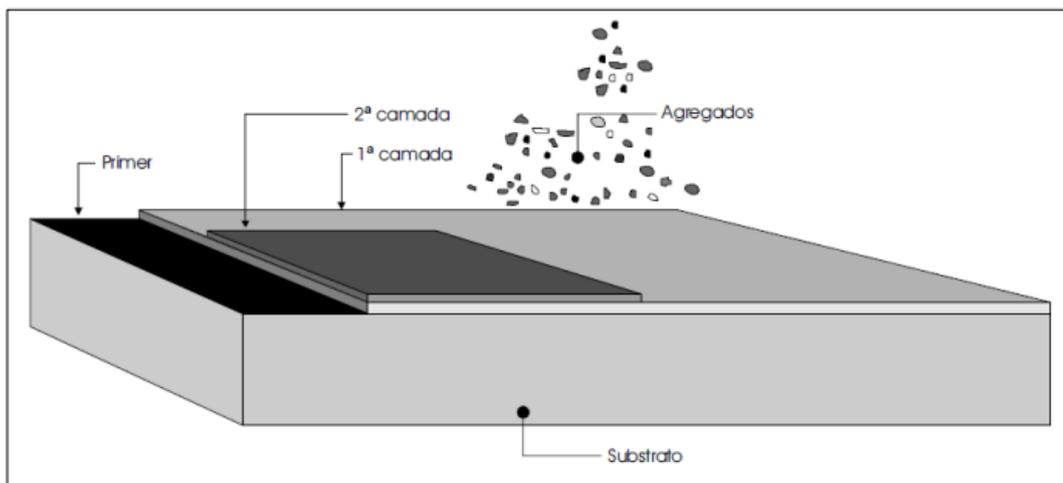
Conforme a NBR 14050 (ABNT, 1998, p. 2) o revestimento de múltiplas camadas é um “RAD formado por um conjunto de camadas superpostas e intimamente aderidas entre si”.

Em Chodounsky e Viecili (2007, p. 330) diz que:

O revestimento multicamadas geral estão associados ao uso em condições que exija uma superfície antiderrapante. Sua execução consiste inicialmente na aplicação de primer. Sobre o primer seco são executadas camadas alternadas de resinas e a aspersão de agregados, que promoverão o ganho de espessura do revestimento.

A figura 3 nos mostra o exemplo de aplicação de revestimento de múltiplas camadas.

Figura 3 - Aplicação de revestimento de múltiplas camadas



(fonte: ABNT, 1998)

3.3.4 Pintura de alto desempenho

Segundo a NBR 14050 (ABNT, 1998, p. 2) a pintura de alto desempenho é definida como um “RAD de baixa ou alta espessura, aplicado a pincel, rolo ou pistola, onde os critérios de desempenho são eminentemente de natureza química”.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007, p.329) “as pinturas em pisos, usualmente bi-componentes, não necessitam aplicação prévia de primer, salvo no caso que o substrato seja muito poroso ou absorvente. Ela se realiza com rolo ou spray”.

Segundo a NBR 14050 (ABNT, 1998) para todos os revestimentos citados, recomenda-se observar os seguintes prazos mínimos para a liberação ao uso das áreas:

- a) 24 h para tráfego leve ou de pessoas;
- b) 72 h para tráfego pesado e intensas solicitações mecânicas, tais como empilhadeiras e veículos;
- c) sete dias para exposição à água ou produtos químicos.

3.4 TIPOS DE JUNTAS

Juntas são interfaces (espaços vazios) que permitem a movimentação independente das estruturas de uma construção, conferindo flexibilidade sem que a funcionalidade e a segurança do conjunto sejam comprometidas (UNIONTECH, 2022)

Segundo Chodounsky e Viecili (2007) estima-se que mais de dois terços das manifestações patológicas dos pisos de concreto estejam relacionadas com falhas nas juntas. Muito se deve ao fato de que para cada selante escolhido é necessário um período mínimo para o tratamento das juntas que varia em função do tipo de selante (capacidade de movimentação), das dimensões das placas e do concreto (retração).

Esse período mínimo muitas vezes é inviável do ponto de vista do planejamento da obra, visto que para selantes de epóxi semi rígidos, por exemplo, esse período pode chegar a 180 dias, já que o fabricante recomenda esperar que as movimentações do piso devido a retração tenham ocorrido. Outro indicativo de que ainda é cedo para a execução das juntas são possíveis esborcinamentos¹ nas bordas das juntas.

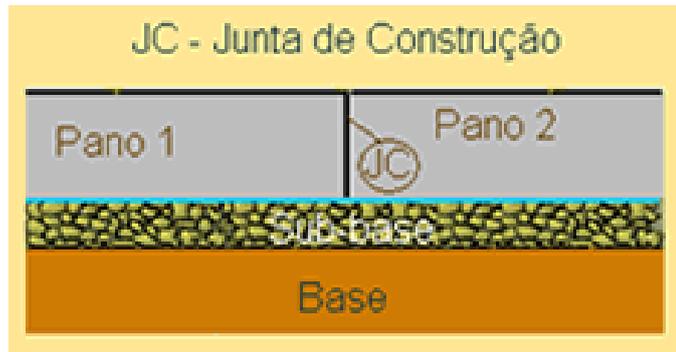
3.4.1 Juntas de construção

São juntas que separam as diversas etapas do processo de concretagem de grandes panos (figura 4), evitando problemas causados pelos diferentes tempos de secagem (cura) do concreto. (UNIONTECH, 2022)

Essas juntas são usualmente longitudinais às obras, e limitam as bordas das pistas ou placas de piso concretadas em cada dia (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

¹ Esborcinamento é a quebra das bordas das juntas de dilatação causadas geralmente por esmagamento

Figura 4 - Juntas de construção

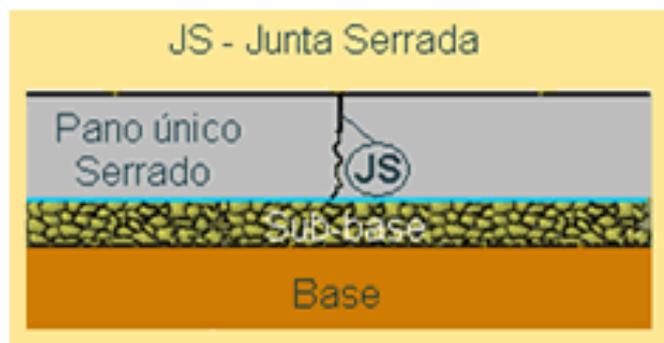


(Fonte: Uniontech, 2022)

3.4.2 Juntas serradas ou de retração

As juntas denominadas “de retração” são aquelas executadas usualmente transversalmente ao eixo da placa, serradas entre 4 e 12 horas após a concretagem (figura 5), com o objetivo de criar uma seção mais fraca e induzir o aparecimento da fissura no alinhamento desejado (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007)

Figura 5 - Juntas serradas



(Fonte: Uniontech, 2022)

3.4.3 Juntas de dilatação

Define-se como sendo uma separação entre duas partes de uma estrutura (figura 6), para que estas partes possam movimentar-se, uma em relação a outra, sem que haja qualquer transmissão de esforços entre elas (UNIONTECH, 2022).

De acordo com Chodounsky e Viecili (2007) as juntas de dilatação têm abertura maior que as demais (10 a 20mm de abertura) e devem ser preenchidas com selantes de grande elasticidade, excelente estanqueidade, baixa absorção de água, boa resistência a compressão e ótima aderência as bordas.

Figura 6 - Junta de dilatação

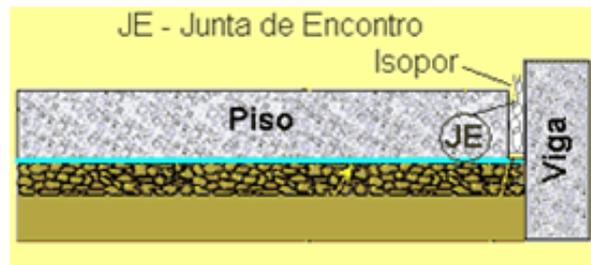


(Fonte: Uniontech, 2022)

3.4.4 Juntas de encontro

As juntas de expansão, ou de encontro, devem ser executadas sempre que o completo isolamento do piso com outros elementos estruturais, permitindo tanto a movimentação horizontal com a vertical da borda da placa de concreto (figura 7). Recomenda-se isolar o piso através da execução de juntas de expansão de todos elementos rígidos que impeçam a livre movimentação da placa de concreto, seja por retração ou por variação térmica (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

Figura 7 - Junta de expansão



(Fonte: Uniontech, 2022)

3.5 TIPOS DE SELANTE

Os selantes são materiais a base de polímeros que tem como função selar as juntas. Têm como características a adesão, coesão e deformabilidade para garantir estanqueidade, com durabilidade compatível com a de projeto (RIBEIRO, 2006).

Segundo Chodounsky (2007), as principais propriedades que os selantes devem apresentar são a capacidade de movimentação, aderência e durabilidade.

3.5.1 Selantes de silicone

Os selantes de silicone são geralmente elásticos, de dureza Shore A² entre 20 e 30, que secam em contato com a umidade do ar, podendo ser de cura acética ou neutra (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

3.5.2 Selantes de poliuretano

Os selantes de poliuretano podem ser encontrados em versão monocomponente ou bicomponente. Os monocomponentes polimerizam a partir do contato com a umidade do ar, enquanto nos bicomponentes a cura se dá por reação entre eles (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

Ainda segundo Chodounsky e Viecili (2007) a dureza Shore varia de 25 a 60 dependendo do polímero.

² A dureza Shore A é um ensaio que avalia a dureza superficial de polímeros ou elastômeros

3.5.3 Selantes epóxi semirrígido

Os selantes de epóxi semirrígido se caracterizam pela alta dureza (Shore A), usualmente entre 70 e 90, e pela baixa resistência de aderência ao substrato e pequena capacidade de movimentação. São indicados para pisos industriais sujeitos ao tráfego de transpaletas e empilhadeiras com rodas duras (ACI 302, 2004 apud CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

Com propriedades muito parecidas com a do epóxi semirrígido, se diferencia quanto a rápida velocidade de endurecimento, possibilitando ser usado inclusive em temperaturas negativas. Por isso são os selantes mais indicados para pisos em câmaras frigoríficas (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

3.6 PROCEDIMENTO EXECUTIVO PISO DE CONCRETO

Chodounsky e Viecili (2007) sugerem o correto procedimento para a execução de um piso de concreto, como nos tópicos a seguir.

A complexidade na execução da maioria dos pisos não está compreendida na necessidade de realização de tarefas novas, mas sim na exigência de que os procedimentos corriqueiros sejam efetuados com a devida intensidade, precisão, eficácia e na sequência correta (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

As etapas para execução do piso de concreto, segundo Chodounsky e Viecili (2007), estão detalhadas nos próximos itens.

3.6.1 Reunião prévia

Na reunião preliminar devem ser abordados os seguintes tópicos mínimos:

- discussão do projeto para avaliar a presença de interferências na geometria do piso e determinar a posição das juntas;
- avaliação da conformidade do traço de concreto proposto pela empresa fornecedora de concreto;

- discussão dos procedimentos executivos quanto ao tipo de acabamento, exigências de desempenho descrevendo os procedimentos que serão adotados;
- confirmação dos materiais a serem utilizados;
- programação das concretagens que deverão ser checadas as condições de acesso de equipamentos;
- estabelecer responsabilidade pelo fornecimento dos insumos e/ou recursos;
- definição dos procedimentos de cura;
- discussão dos critérios de aceitação do piso, penalidades e as possíveis medidas corretivas.

3.6.2 Assentamento de formas

A função básica da forma é a contenção lateral do concreto lançado, podendo essa ser de madeira ou aço. O topo das formas deve coincidir com a superfície do piso final, verificando - se alinhamento e nivelamento em cada peça assentada.

3.6.3 Posicionamento das armaduras

Para o posicionamento das armaduras devem ser utilizados espaçadores plásticos, de argamassa ou concreto, para garantir os cobrimentos estipulados em projeto.

Na tabela abaixo retirada de Chodounsky e Viecili (2007) sugere o afastamento recomendado entre os elementos de suporte das armaduras no caso de telas soldadas:

Tabela 1 - Afastamento entre elementos de suporte das armaduras

Tela soldada	Distância máxima entre os espaçadores
Q 138	60 cm
Q 159	70 cm
Q 196	80 cm
> Q 246	100 cm

(Fonte: Chodounsky e Viecili, 2007)

3.6.4 Lançamento e espalhamento do concreto

O lançamento pode ser feito direto do caminhão betoneira ou com auxílio de bombas, dependendo das condições de acesso ao local da concretagem. Segundo Chodounsky e Viecili (2007, p. 242) “o período máximo entre a mistura do concreto, a partir da adição de água, e o lançamento deve ser de 90 minutos. Ultrapassando esse tempo, aumenta os riscos de problemas durante o acabamento superficial”. No caso de emprego de concreto com aditivo superplastificante, a dosagem deve ser feita na obra no momento do lançamento do concreto. Deve-se atentar que a vida útil destes aditivos se situa entre 30 minutos a 1 hora, necessitando redosagem caso esse período não seja respeitado.

3.6.5 Adensamento e nivelamento do concreto

No caso de uso de régua vibratória, esta deverá ter sua vibração ajustada com função da consistência do concreto, diminuindo-a com o aumento do abatimento. Este ajuste evita o acúmulo de excesso de argamassa na superfície pela vibração excessiva e que pode resultar em manifestações patológicas durante o acabamento do piso. Deve-se ter cuidado especial na vibração do concreto ao redor das ancoragens nos pisos protendidos e na vibração de pisos com elevadas taxas de armadura

3.6.6 Acabamento superficial

O acabamento superficial tem como finalidade proporcionar uma superfície densa, com resistência mecânica e textura superficial adequadas à futura utilização do piso. Nos pavimentos externos, normalmente o acabamento do concreto é “vassourado” ou “camurçado” que proporcionam textura antiderrapante. Para o acabamento vassourado são usados geralmente vassouras com fios metálicos para a execução de ranhuras no piso ainda fresco. O acabamento camurçado é normalmente recomendado em pisos que receberão revestimentos ou pinturas, pois a textura deixada facilita a ancoragem destes produtos. Esse tipo de acabamento é obtido através do desempenho mecânico na etapa de flotação³.

³ A flotação compreende a operação de desempenho mecânico com finalidade de conduzir argamassa para a superfície e eliminar pequenas imperfeições deixadas durante a fase de adensamento e nivelamento, proporcionando acabamento razoavelmente homogêneo

Em Spannenberg, (1996) apud Chodounskuy e Viecili, (2007, p. 246) diz o seguinte a respeito do comportamento do concreto durante a etapa de flotação:

O comportamento do concreto durante a flotação também é um bom indicador do momento para início do acabamento. Se ocorrer um lançamento excessivo de argamassa pelas pás (ou pelos discos) de flotação deixando a superfície ondulada, é indício que o acabamento está sendo executado prematuramente. A flotação prematura acarreta na formação de uma camada espessa de argamassa na superfície do piso prejudicando a resistência à abrasão e tornando-a mais susceptível ao aparecimento de microfissuras.

3.6.7 Corte das juntas

Para Chodounsky e Viecili (2007) o corte das juntas de retração é executado normalmente, após um período de 4 a 12 horas do término das operações de acabamento superficial. Fatores como tipo de cimento, aditivos, adições e condições climáticas devem ser levados em consideração para determinação do tempo correto.

3.7 PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO

Segundo Chodounsky e Viecili (2007) a determinação do tipo de preparação vai variar conforme o sistema de revestimento definido em projeto. Essa preparação pode ser mecânica, química ou ainda uma combinação dos dois (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007, p. 316).

Em ACI 548 (1993 apud Chodounsky e Viecili, 2007) são apresentados alguns métodos de preparação do substrato que são explicados a seguir.

- a) Lavagem com detergente: a lavagem com detergente consiste na utilização de equipamentos tradicionais de limpeza para remoção de sujeira, óleo e graxa. Esse tipo de lavagem é utilizado para preparar a superfície de concreto para o tratamento com ácido.

- b) Limpeza com água a baixa pressão: utilizado em áreas externas para remoção de sujeiras, material frágil, resíduos e contaminações solúveis em água. Sua aplicação em áreas internas deve ser restrita a áreas onde seja aceitável a presença de água e o barulho, e onde seja possível o descarte de grande quantidade de água.
- c) Ataque ácido: o tratamento com ácido consiste na saturação da superfície com uma solução de ácidos e agentes umectantes utilizados para a remoção de pasta de cimento da superfície, podendo ocorrer alguma exposição dos agregados miúdos.
- d) Polimento: o processo de polimento pode ser utilizado para a remoção de revestimentos de baixa espessura como epóxi, poliuretano e metacrilatos, para reduzir a rugosidade de superfícies irregulares e abrir a porosidade superficial para melhor ancoragem dos revestimentos.
- e) Jato de areia: o tratamento com jato de areia é extremamente flexível, sendo utilizado para limpar e adequar a rugosidade da superfície do concreto para a aplicação de seladores, revestimentos e camadas. Atualmente esse procedimento não é mais permitido.
- f) Jato de granalha metálica: também conhecido como captivo, é utilizado para o tratamento de superfícies horizontais na preparação para aplicação de seladores, revestimentos ou camadas. Também é utilizado para a remoção de revestimentos existentes ou contaminações superficiais.
- g) Escarificação: Na ação rotatória de ferramentas semelhantes a resetas impactando diretamente na superfície, fraturando e pulverizando o concreto. Esse método promove o desbaste superficial do substrato e serve para remover o concreto ou revestimentos rígidos como epóxi, poliuretano e metilmetacrilato com espessuras acima de 3mm.
- h) Apicoamento mecânico: consiste na utilização de vários tubos cilíndricos, semelhantes a martelos de aço, alinhados e movidos por ar comprimido, que impactam a superfície do piso de concreto com alta intensidade e frequência. O apicoamento mecânico serve para remover eflorescências, incrustações e sistemas de revestimentos rígidos.
- i) Jateamento de água a alta pressão: o jateamento de água a pressões entre 5000 psi e 45000 psi (35 a 300Mpa) pode remover incrustações pesadas de sujeira e material friável, assim como alguns revestimentos. A ultra pressão de jateamento podem remover vários tipos de contaminações presentes na superfície do concreto e gerar uma alta rugosidade.

- j) Puncionamento mecânico: muito semelhante ao apicoamento mecânico, porém com muito mais impacto e poder de fraturar o substrato, o puncionamento consiste em impactar a superfície num ângulo reto com pistões mestres pneumáticos dotados de cabeças de corte para danificar e esmagar a superfície.
- k) Rajada de chamas: consiste numa combinação de oxigênio e acetileno para a produção de uma chama que é passada determinada altura e velocidade sobre o substrato. O processo consiste em elevar rapidamente a temperatura na superfície do concreto de forma a causar uma rápida pressão de vapor próxima à superfície gerando tensões que podem fraturar a pasta e o agregado causando pequenas delaminações no concreto.

A limpeza por chama é geralmente usada para limpar superfícies de concreto que devem receber revestimentos ou sobreposições resinosas. Este método é particularmente útil para pisos manchados de óleo porque permite a aplicação de revestimentos imediatamente ao concreto (MAILVAGANAM et al., 1998).

- l) Fresamento: o fresamento consiste num método agressivo de remoção da camada superior do concreto usando um equipamento de grande porte com dentes cortadores acoplados ao um tambor rotativo. Diferencia-se da escarificação pelo grau de agressividade ao substrato, em função da utilização de dentes cortadores muito maiores. Este procedimento pode ser utilizado para a remoção de concreto deteriorado ou mesmo íntegro, asfaltos e qualquer tipo de camada superficial.

4 FISSURAÇÃO

Cada vez mais há a preocupação em se ter estruturas duráveis, e para isso, é essencial que todas as etapas, desde a concepção do projeto, planejamento, materiais utilizados e a execução sejam feitas corretamente, de acordo com as especificações. Durante o uso também deve se ter o cuidado em utilizar e manter a edificação saudável através de manutenções preventivas. Quando isso não acontece, manifestações patológicas surgem podendo causar sérios problemas na edificação.

A Tabela 2 mostra diversos estudos realizados que apontam as principais causas de manifestações patológicas em estruturas de concreto.

Tabela 2 - Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteadó Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968 - 1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blévoit (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

(fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

Percebe-se que na maioria das vezes o problema está na concepção de projeto, seguido de execução inadequada e materiais.

Das manifestações patológicas que ocorrem em estruturas de concreto armado, a fissuração está entre as mais comuns. Ela também é responsável muitas vezes pelo aparecimento de outras, como corrosão das armaduras, já que a água e agentes corrosivos conseguem penetrar a estrutura através dessas fissuras.

Em todas as construções, nas quais intervém o concreto, aparecem fissuras que podem manifestar-se após anos, semanas, ou inclusive, mesmo após algumas horas (CANOVAS, 1988).

Em (THOMAZ, 1989, p. 15) é destacado em que sentido as trincas afetam a edificação e também seus usuários.

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

A seguinte frase remete a dificuldade que se tem em encontrar a causa raiz das fissurações: “E lembrar-se que uma causa pode provocar diversas configurações e uma configuração pode ser representativa de diversas causas” (THOMAZ, 1989).

O aparecimento de fissura é algo inerente às estruturas de concreto, tanto que a NBR 6118 (ABNT, 2014) inclusive prevê a aceitação das mesmas quando a estrutura trabalha no ELS (Estado Limite de Serviço).

Segundo Canovas (1988) a fissuração se deve, na maioria das vezes, quase que exclusivamente às seguintes causas:

- a) cura deficiente;
- b) retração;
- c) expansão;
- d) variações de temperatura;
- e) ataques químicos;
- f) excesso de carga;
- g) erros de projeto;
- h) erros de execução;
- i) recalques diferenciais.

4.1 FISSURAÇÕES NO ESTADO FRESCO

As fissurações no estado fresco são aquelas que acontecem nas primeiras horas depois do lançamento do concreto, no início da pega do concreto, quando ele ainda não possui resistência.

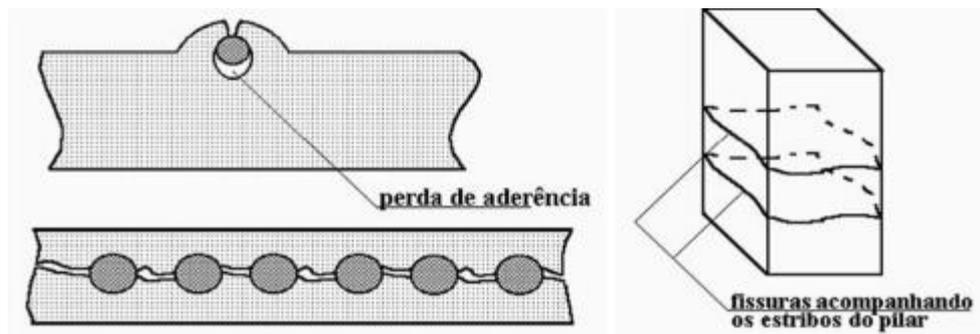
As fissuras podem ocorrer no estado fresco ou no estado endurecido do concreto.

De acordo com (DAL MOLIN, 1988) “as fissuras no estado fresco podem ser decorrentes de: assentamento plástico, dessecação superficial ou ainda pela movimentação das formas”.

4.1.1 Assentamento plástico

A fissuração por assentamento do concreto ocorre sempre que este movimento natural da massa, resultante da ação da força da gravidade, é impedido pela presença de formas ou de barras de armaduras, sendo tanto maior quanto mais espessa for a camada de concreto (SOUZA E RIPPER, 2009)

Figura 8 - Formação de fissuras por assentamento plástico

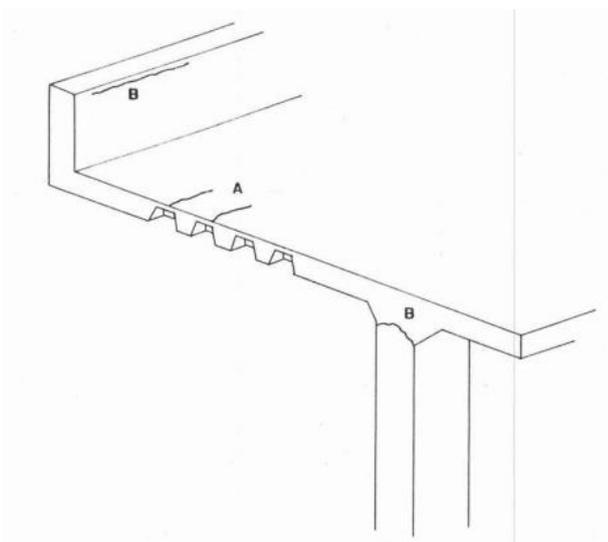


(Fonte: Souza e Ripper, p.62)

Durante as primeiras horas após o lançamento e adensamento do concreto, as partículas sólidas da mistura tendem a se movimentar para baixo devido a ação da gravidade (sedimentação), havendo um deslocamento do ar aprisionado e da água para a superfície (exsudação) (DAL MOLIN, 1988).

Tem-se, ainda, outras formas comuns de fissuração por assentamento plástico, como no caso de elementos que possuem espessura variável, em que as fissuras tendem a se localizar nas zonas mais delgadas (figura 9A), ou as que se formam no topo de vigas e pilares (figura 9B) (DAL MOLIN, 1988).

Figura 9 - Configurações típicas de fissuras por assentamento plástico



(Fonte: DAL MOLIN, 1988)

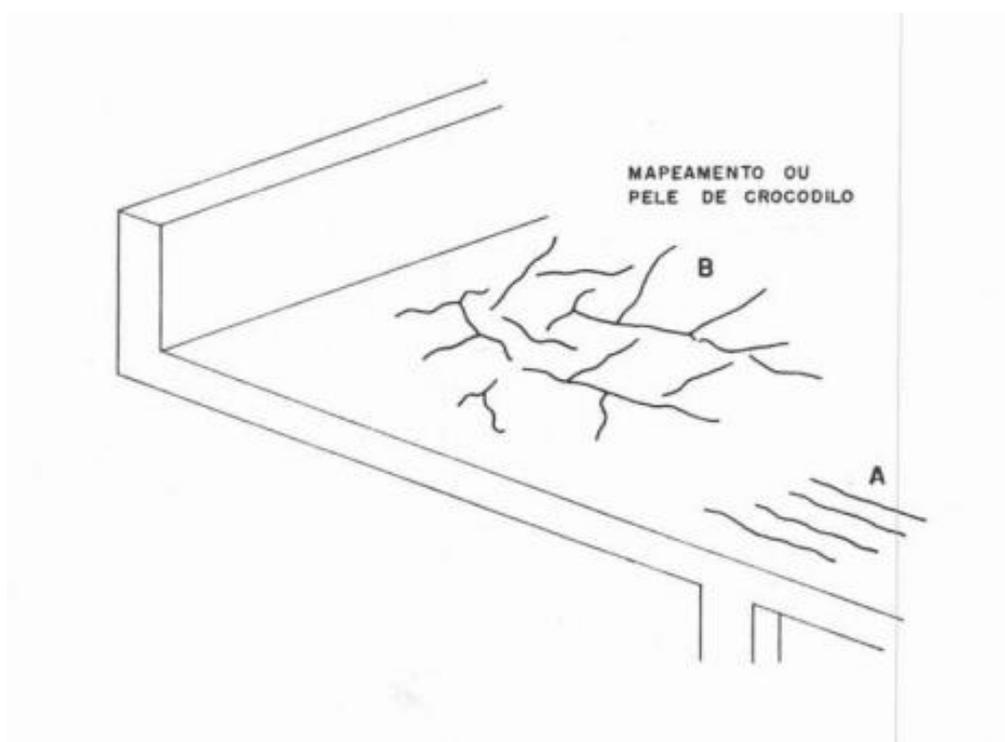
4.1.2 Dessecação superficial

A formação de fissuras devido à dessecação superficial ocorre pela evaporação demasiada de água de amassamento do concreto ou por exagerada absorção dos agregados ou das formas (DAL MOLIN, 1988).

O grau de evaporação depende da temperatura, velocidade e umidade do ar, da qualidade da cura realizada e da temperatura do concreto (DAL MOLIN, 1988).

A figura 10 ilustra o tipo de fissuras que aparecem nos casos em que há essa rápida evaporação da água no concreto.

Figura 10 - Configurações típicas de fissuras por dessecação superficial

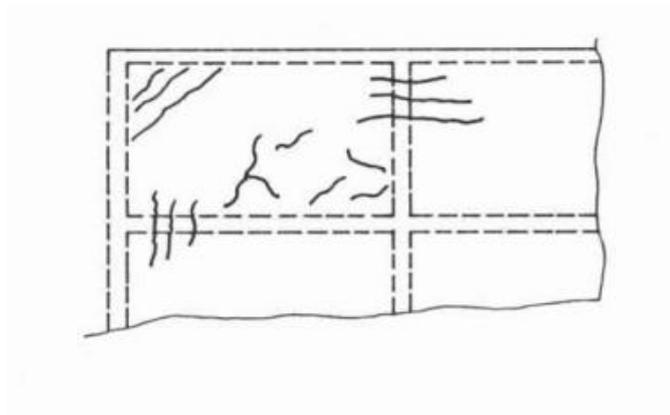


(Fonte: DAL MOLIN, 1988)

Outra forma típica de fissuração em lajes por dessecação superficial é aquela formada por uma série de fissuras paralelas a aproximadamente 45° do canto da laje, espaçadas irregularmente e em distâncias que variam de 0,2 a 1,0m (DAL MOLIN, 1988).

Esse padrão de fissuração é ilustrado na figura 11.

Figura 11 - Fissuração por dessecação superficial em lajes contínuas



(Fonte: DAL MOLIN, 1988)

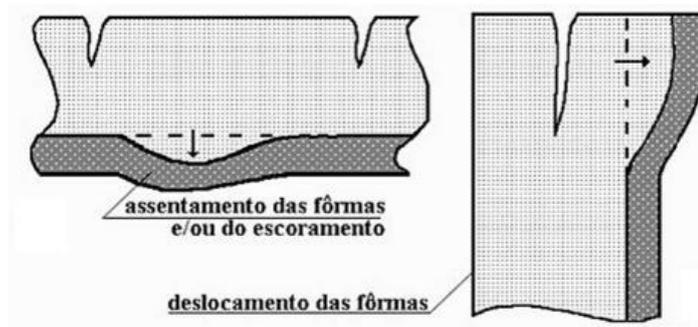
Esse tipo de fissura tem como medida preventiva evitar a concretagem em dias muito quentes, fortes ventos, e com a correta cura do concreto

4.1.3 Movimentação das formas

Segundo Dal Molin (1988) deve-se ter cuidado especial ao executar as formas, pois serão elas que suportarão as cargas verticais e horizontais aplicadas até que o concreto tenha condições de suportá-las.

Todo movimento das formas que se produzir entre o momento do lançamento do concreto até o início de pega pode provocar o aparecimento de fissuras (DAL MOLIN, 1988). Tais fissuras são exemplificadas na figura 12.

Figura 12 - Exemplos de fissuração por movimentação de formas e escoramentos



(Fonte: Souza e Ripper)

4.2 FISSURAÇÕES NO ESTADO ENDURECIDO

As fissuras que ocorrem no concreto endurecido são, normalmente, resultado de fenômenos físicos, térmicos, químicos ou estruturais. Podem manifestar nas primeiras semanas após o concreto ou após períodos prolongados de tempo. (DAL MOLIN, 1988)

4.2.1 Retração por secagem

Para (DAL MOLIN, 1988) a retração hidráulica, ou por secagem decorre da contração volumétrica da pasta pela saída da água do concreto conservado em ar não saturado.

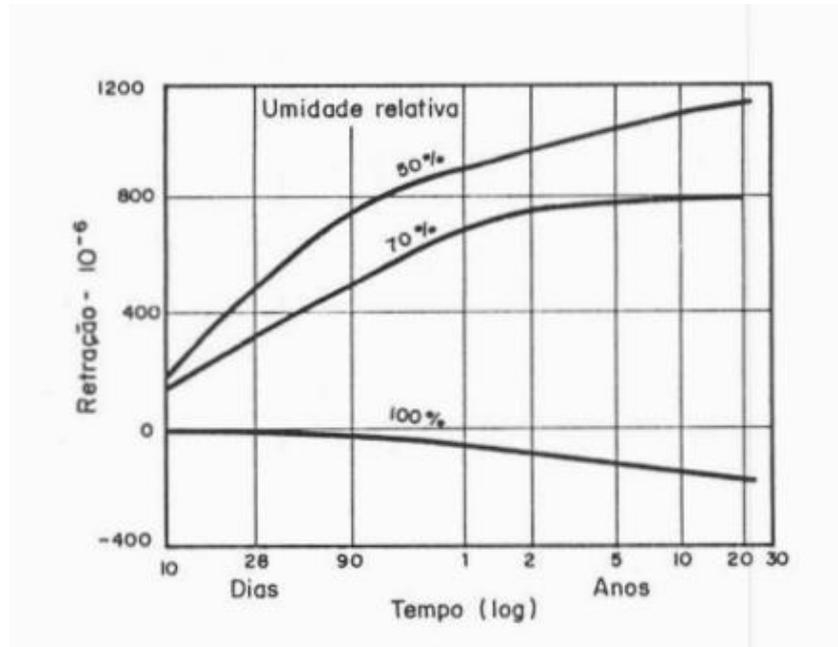
Uma parte dessa retração é irreversível e deve ser diferenciada das variações devidas à umidade causadas pela conservação alternada em ambientes secos e úmidos (retração reversível) (DAL MOLIN, 1988).

Em (THOMAZ, 1989, p. 34) explica o que são as variações irreversíveis e reversíveis conforme abaixo.

As movimentações irreversíveis são aquelas que ocorrem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a um certo intervalo, mesmo no caso de secar-se completamente o material.

A umidade relativa do meio ambiente exerce influência sobre a intensidade da retração, conforme a figura 13.

Figura 13 - Retração, em função do tempo, de concretos conservados a diversas umidades relativas, após 28 dias de cura úmida



(Fonte: NEVILLE, 1982)

4.2.2 Movimentações térmicas

As variações de temperatura em uma estrutura de concreto podem ocorrer devido a influências externas e internas. Segundo Dal Molin (1988) como influências externas temos mudanças climáticas e incêndios, e internas o calor de hidratação do cimento, que, com elevação da temperatura do concreto pode causar tais fissurações.

As principais propriedades térmicas do concreto a considerar são a condutividade térmica, a difusibilidade térmica, o calor específico e o coeficiente de dilatação térmica (DAL MOLIN, 1988).

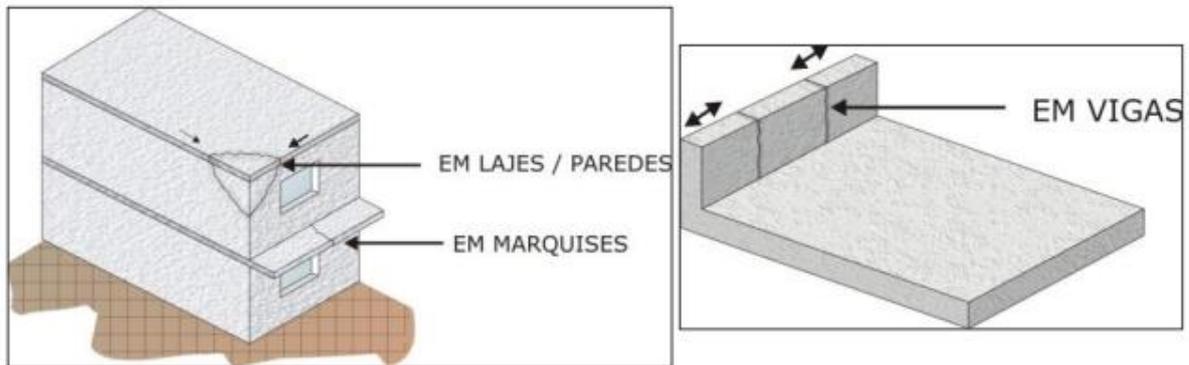
De acordo com Thomaz (1989) as principais movimentações diferenciadas ocorrem em função de:

- junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura (por exemplo, movimentações diferenciadas entre argamassa de assentamento e componentes de alvenaria);
- exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação às paredes de uma edificação);

- gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente (por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura).

Alguns exemplos de fissuras por movimentação térmica são demonstrados na figura 14.

Figura 14 - Fissuras devido a movimentações térmicas



(Fonte: MENEGHETTI, 2016)

4.2.3 Recalques diferenciais

Para Thomaz (1989, p. 83) a capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes:

- tipo e estado do solo (areia nos vários estados de compactidade ou argilas nos vários estados de consistência);
- disposição do lençol freático;
- intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;
- interferência de fundações vizinhas.

Segundo Dal Molin (1988) os recalques de edificações podem ser classificados nos quatro seguintes grupos:

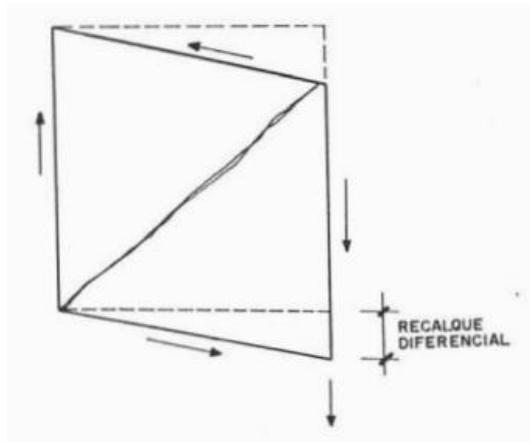
- recalques normais: provenientes da compressão do solo;

- recalques indeterminados: provenientes de escoamento visco-plástico do solo quando as pressões aplicadas ultrapassam a pressão crítica do escoamento.
- recalques por deterioração das fundações
- recalques imprevisíveis: provenientes da construção, escavação, rebaixamento do lençol freático em terreno vizinho.

De acordo com (THOMAZ, 1989) para solos arenosos (permeáveis), os recalques acontecem em períodos de tempos curtos após serem solicitados; já para solos argilosos, os recalques podem acontecer de forma bastante lenta, ao longo de vários anos.

Em paredes de concreto as fissuras desenvolvem-se, em geral, à 45°, seguindo as isostáticas de compressão (DAL MOLIN, 1988) conforme a figura 15.

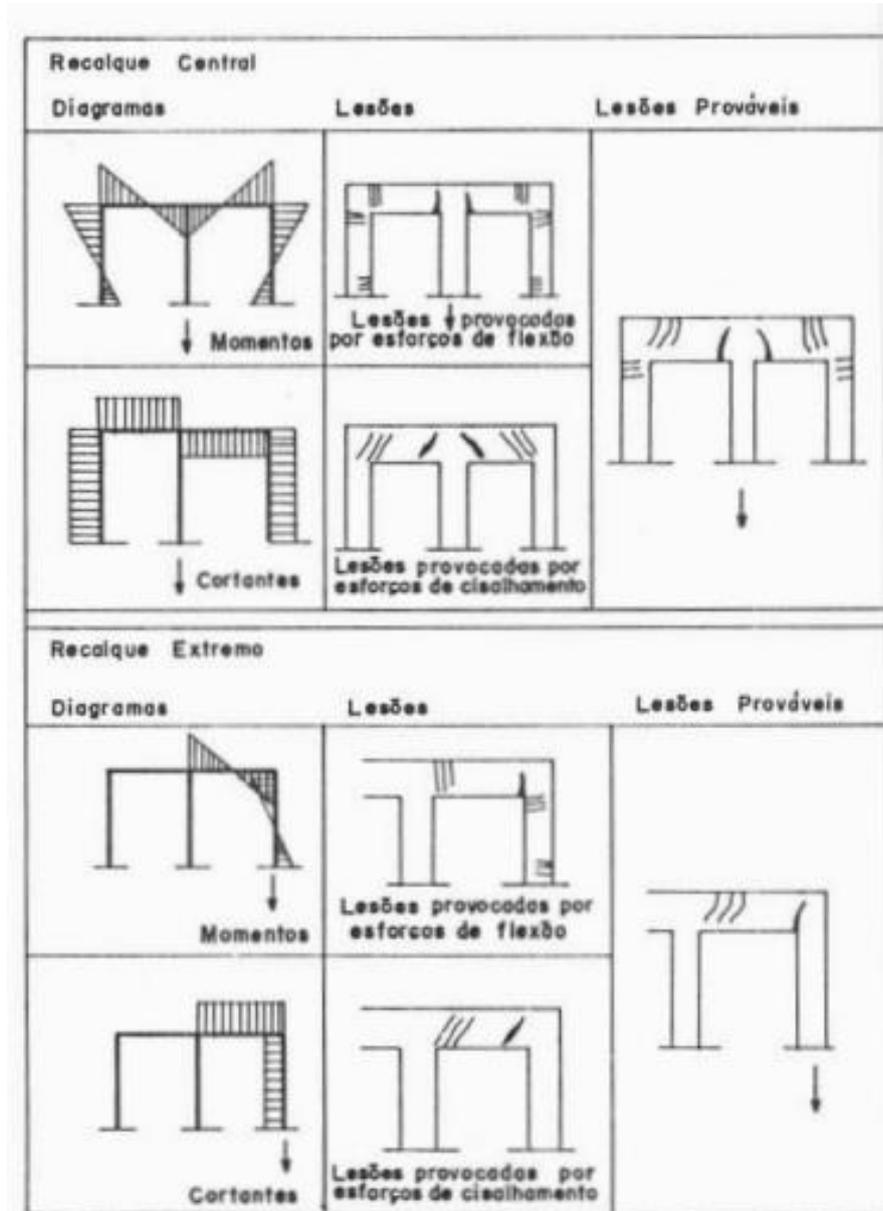
Figura 15 - Fissura por recalque diferencial em paredes de concreto



(Fonte: Dal Molin, 1988)

Na figura 16 são apresentados os diagramas de esforços que se produzem em uma estrutura em pórtico de concreto armado, no caso de um recalque em pilar central e um recalque em pilar de extremidade.

Figura 16 - Fissuras por recalque diferencial em pórticos



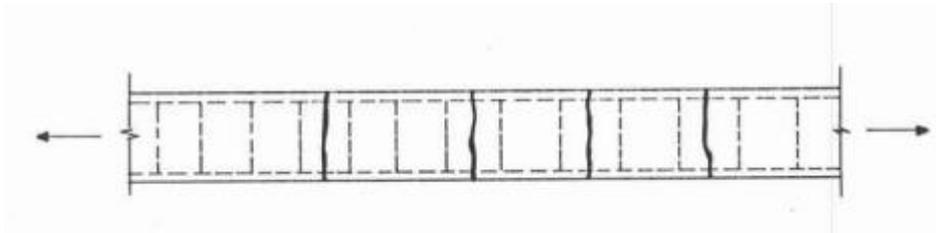
(Fonte: Dal Molin, 1988)

4.2.4 Sobrecargas

As fissuras causadas pela atuação de cargas extremas manifestam-se das seguintes maneiras, devido a diferentes esforços como veremos abaixo

- a) Tração: de acordo com Dal Molin (1988) o esforço de tração axial ultrapassa a resistência do concreto causando fissuramento perpendicular a direção do esforço atuante (figura 17).

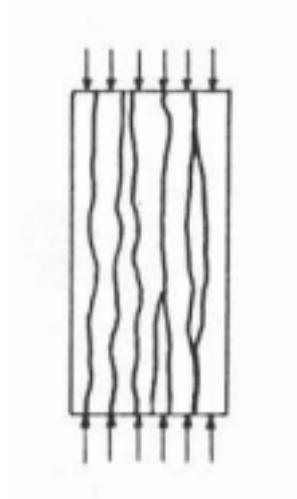
Figura 17- Fissuras provocadas por esforços de tração em tirantes



(Fonte: Dal Molin ,1988)

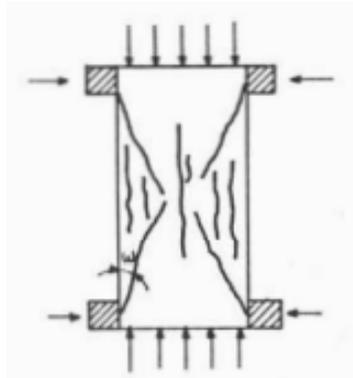
- b) Compressão: segundo Dal Molin (1988) a compressão axial provoca diferentes formas de fissuras no concreto, dependendo da esbeltez do elemento e do grau de vinculação dos componentes (figuras 18 a 21).

Figura 18 - Fissuras por compressão simples



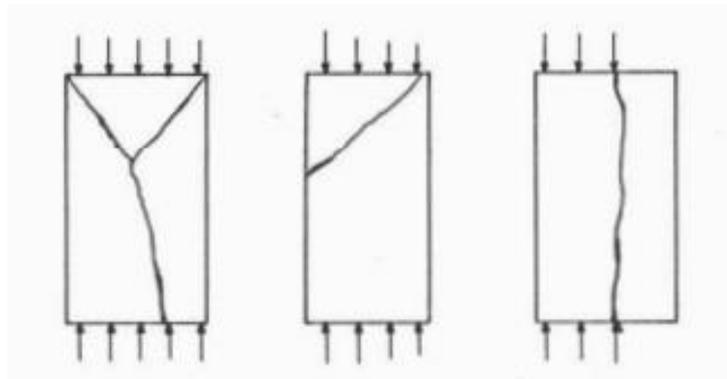
(Fonte: Dal Molin ,1988)

Figura 19 - Fissuras provocadas por esforços de compressão com impedimento de deformação transversal



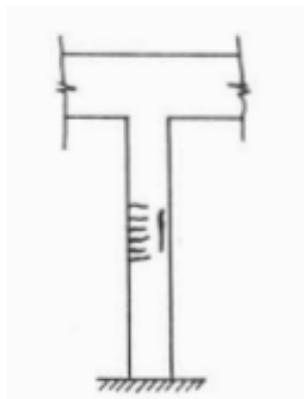
(Fonte: Dal Molin ,1988)

Figura 20 - Diferentes formas de fissuração no concreto por esforços de compressão



(Fonte: Dal Molin ,1988)

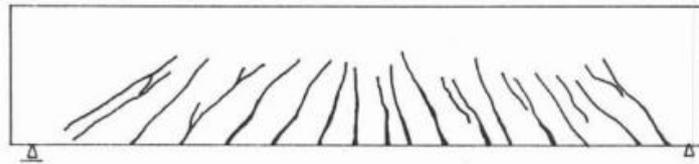
Figura 21 - Fissuras provocadas em elementos esbeltos por esforços de flexo-compressão



(Fonte: Dal Molin ,1988)

- c) Flexão: a abertura, espaçamento e quantidade de fissuras originadas por esforços de flexão (figura 22) dependem da tensão na armadura, da aderência entre o concreto e o aço, do recobrimento e a percentagem de armadura. (DAL MOLIN, 1988)

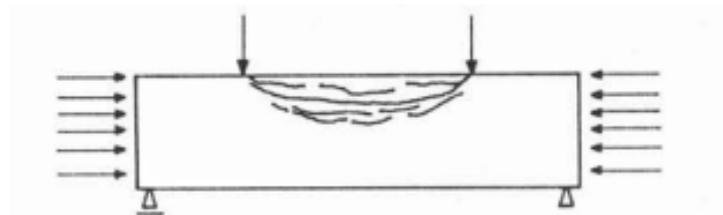
Figura 22 - Fissuras provocadas por esforços de flexão e cisalhamento



(Fonte: Dal Molin ,1988)

No caso de flexo-compressão, é bem possível que a fissuração se inicie nas fibras mais comprimidas, conforme demonstra a figura 23. (DAL MOLIN, 1988)

Figura 23 - Fissuras provocadas por esforços de flexo-compressão



(Fonte: Dal Molin ,1988)

Para grandes vãos, os momentos volventes que se desenvolvem nas proximidades dos cantos da laje podem produzir fissuras inclinadas. (DAL MOLIN, 1988)

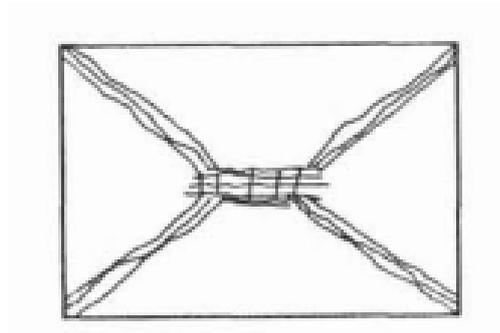
Exemplos de fissuras em lajes são vistos nas figuras 24, 25, 26 e 27.

Figura 24 - Fissuras na face superior de uma laje simplesmente apoiada provocada pelos momentos volventes



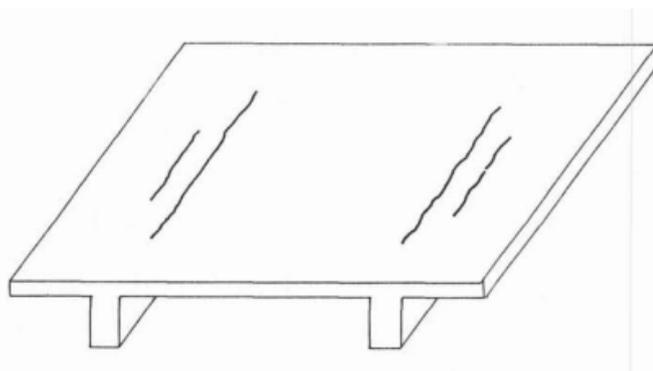
(Fonte: Dal Molin ,1988)

Figura 25 - Fissuras na face inferior de uma laje simplesmente apoiada com carga uniformemente distribuída



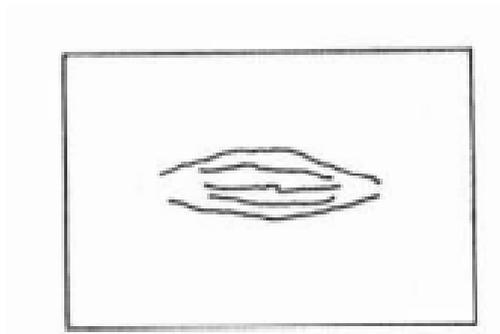
(Fonte: Dal Molin ,1988)

Figura 26 - Fissuras na face superior de lajes contínuas calculadas como simplesmente apoiada



(Fonte: Dal Molin ,1988)

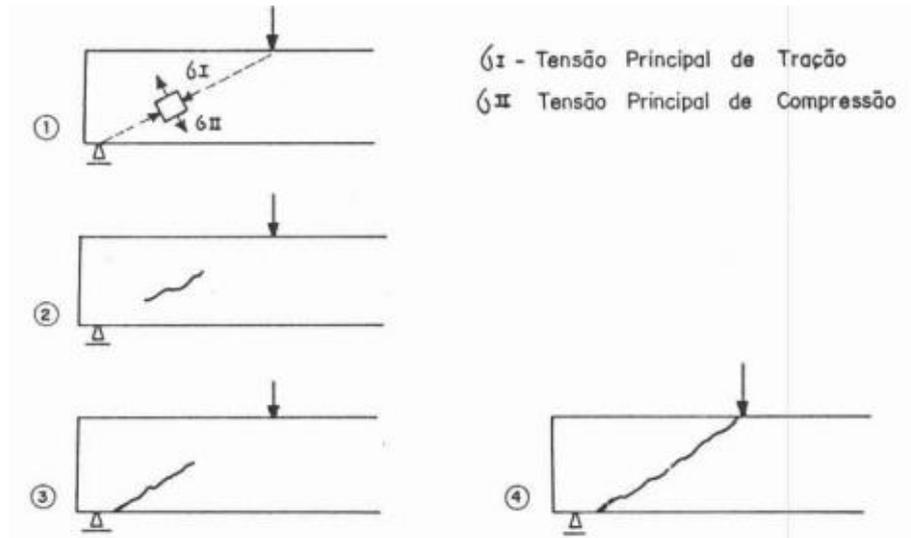
Figura 27 - Fissuras na face superior de uma laje provocadas por esforços de flexo-compressão



(Fonte: Dal Molin ,1988)

- d) Cisalhamento: as fissuras de cisalhamento puro são perpendiculares as fibras tracionadas. Na figura 28 mostra alguns exemplos de fissuras provocadas por esforços de cisalhamento.

Figura 28 - Fissuras provocadas por esforços de cisalhamento

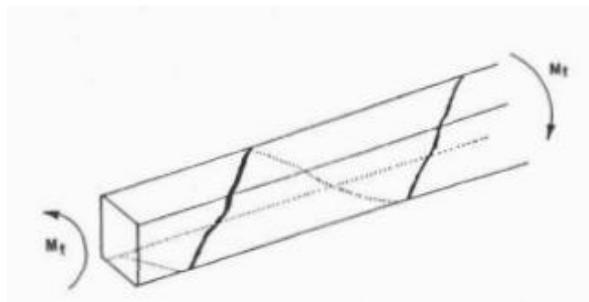


(Fonte: Dal Molin ,1988)

Ao contrário das fissuras de flexão, o mecanismo de ruptura por cisalhamento pode ser rápido, levando a viga ao colapso. (DAL MOLIN, 1988)

- e) Torção: fissuras provocadas por esforços de torção aparecem em todas as faces livres do elemento estrutural, com desenvolvimento helicoidal (45° em relação ao eixo da barra) (DAL MOLIN, 1988), conforme figura 29.

Figura 29 - Fissuras em viga solicitada à torção



(Fonte: Dal Molin ,1988)

4.3 TÉCNICAS PARA TRATAMENTO DE FISSURAS

Desde a concepção de projeto até a entrega da obra, muitas etapas intermediárias ocorrem, e estão sujeitas a todo tipo de falhas, que podem levar a edificação a apresentar um desempenho insatisfatório. Essas falhas aparecem em forma de manifestações patológicas, que diminuem a vida útil da estrutura, ou até mesmo inviabilizam sua utilização dependendo do grau de risco à vida humana que representem.

As manifestações patológicas também podem acontecer devido à falta de manutenção da edificação, que tem por finalidade manter e prolongar a vida útil da estrutura. Para resultar numa edificação durável, projeto, planejamento, execução e manutenção devem estar de acordo com as normas estabelecidas pela ABNT, que servem como um manual de boas práticas na engenharia, que se seguidas resultam em edificações duráveis.

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA E RIPPER, 2009).

De acordo com Canovas (1988) as fissuras e trincas podem dar lugar a:

- perda de resistência porque o concreto resulta incapaz de transmitir as cargas para as quais foi projetado;
- deterioração no concreto e nas armaduras, sobretudo em climas nos quais a água e os ciclos gelo/degelo se combinam;
- que as filtrações da água ou de qualquer fluido empregado em processos industriais penetre através das trincas e possa ser motivo de contaminação ou perigo para aqueles objetos ou materiais que estejam protegidos pela estrutura;
- um efeito antiestético nada desejável em qualquer elemento estrutural especialmente nos que devem ficar aparentes.

É de suma importância conhecer a origem da falha para que seja realizada as devidas providências de reparação.

Para maior assertividade no tratamento dessas manifestações patológicas, segundo Souza e Ripper (2009) é necessário classificar e mapear as fissuras. A classificação se dá pela atividade ou não da estrutura, sendo ativa quando a causa responsável ainda atua sobre a estrutura, e estável quando não mais trabalhando a mesma se encontra. Com o mapeamento e a classificação das fissuras pode-se dar início a determinação das causas e posteriormente definir um plano de ação para reparação.

É comum o uso de lâmina de vidro em ambientes externos, e lâmina de gesso em ambientes internos para saber se a fissura é ativa ou passiva.

4.3.1 Injeção de fissuras

As fissuras sem movimento, isto é, as “fissuras mortas”, não apresentam nenhum problema de reparação por meio da injeção; no entanto, as “fissuras vivas”, ou ativas, nas quais a amplitude é variável com o tempo, não se prestam a este tipo de tratamento. (CANOVAS, 1988)

Em Souza e Ripper (2009, p. 121), temos a seguinte afirmação de como se entende a técnica de injeção.

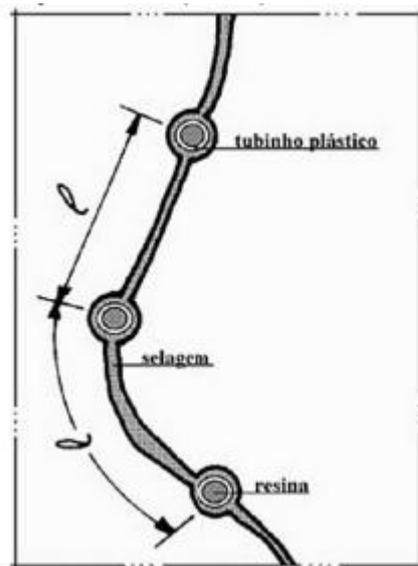
Entende-se por injeção a técnica que garante o perfeito enchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda, independentemente de se estar injetando para restabelecer o monolitismo de fendas passivas, casos em que são usados materiais rígidos, como epóxi ou grouts, ou para a vedação de fendas ativas que são situações mais raras, em que se estarão a injetar resinas acrílicas ou poliuretanas

As resinas epóxi são as preferidas na maioria dos casos em que se pretende injetar fissuras inativas. Por serem produtos não retráteis, de baixa viscosidade, altas capacidades resistente e aderente e bom comportamento em presença de agentes agressivos. Sua escolha varia conforme a abertura das fissuras, sendo que a viscosidade da resina é proporcional a espessura da fissura, ou seja, quanto menor o tamanho da abertura da fissura, menor deverá ser a viscosidade da resina para que o material consiga penetrar e preencher corretamente os vazios.

Em (SOUZA E RIPPER, 2009, p. 123) descreve os passos para a execução do tratamento de fissuras pelo método de injeção, bem como na figura 30 exemplifica.

1. Abertura de furos ao longo do desenvolvimento da fissura, com diâmetro da ordem dos 10 mm e não muito profundos (30 mm), obedecendo a espaçamento l que deve variar entre os 50 mm e os 300 mm, em função da abertura da fissura;
2. Limpeza da fenda e dos furos, com ar comprimido, por aplicação de jatos, seguida de aspiração, para remoção das partículas soltas;
3. Fixar tubinhos plásticos nos furos de diâmetro imediatamente inferior ao da furação, com parede pouco espessa, através dos quais será injetado o produto. A fixação é feita através do próprio adesivo que selará o intervalo de fissura entre dois furos consecutivos;
4. A selagem é feita pela aplicação de uma cola epoxídica bicomponente, em geral aplicada a espátula ou colher de pedreiro. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser ligeiramente maior, de forma a garantir a fixação deles.
5. Antes de se iniciar a injeção, a eficiência do sistema deve ser comprovada, o que pode ser feito pela aplicação de ar comprimido, testando então a intercomunicação entre os furos e a efetividade da selagem. Se houver obstrução de um ou mais tubos, será indício de que haverá necessidade de reduzir-se o espaçamento entre eles, inserindo-se outros a meio caminho;
6. Testado o sistema e escolhido o material, a injeção pode então iniciar-se, tubo a tubo, sempre com pressão crescente, escolhendo-se normalmente como primeiros pontos aqueles situados em cotas mais baixas.

Figura 30 - Preparação da fenda para o procedimento de injeção



(Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

Havendo sucesso na primeira etapa de injeção, ou seja, com a saída da resina pelo tubo imediatamente a seguir, veda-se o primeiro tubo, passando-se a injetar pelo segundo, com o terceiro aberto, e assim sucessivamente. (SOUZA E RIPPER, 2009)

4.3.2 Selagem de fissuras

A selagem é a técnica de vedação dos bordos das fissuras ativas pela utilização de um material necessariamente aderente, resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com modulo de elasticidade suficiente para adaptar-se à deformação da fenda (SOUZA E RIPPER, 2009)

Segundo (MENEGETTI, 2016) o primeiro procedimento é a abertura em forma de cunha ao longo da fissura numa espessura máxima de 2 cm e profundidade máxima de 1cm. Depois disso é feita a limpeza e em seguida a colmatação da abertura com resinas epóxi pastosas

Em Souza e Ripper (2009, p.125) explica-se como realizar a selagem para diferentes aberturas de fissuras.

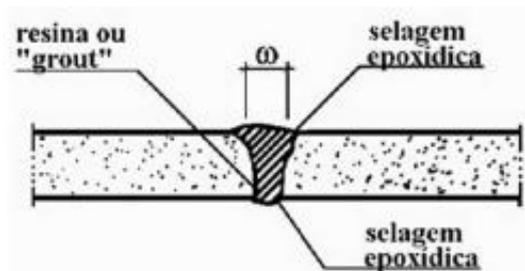
$\omega \leq 10 \text{ mm}$ - A selagem é feita pela aplicação de uma cola epoxídica bicomponente, em geral aplicada a espátula ou colher de pedreiro. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser ligeiramente maior, de forma a garantir a fixação deles.

$10\text{ mm} \leq \omega \leq 30\text{ mm}$ – Enchimento da fenda, sempre na mesma direção, com grout, podendo, em alguns casos, haver a adição de carga, procedendo-se a selagem convencional das bordas, com produto à base de epóxi (figura 31)

$\omega > 30\text{ mm}$ – A selagem aqui já passa a ser encarada como se fosse a vedação de uma junta de movimento e que prevê a inserção de um cordão poliestireno extrudado, ou de uma mangueira plástica, para apoio e isolamento do selante do fundo da fenda (figura 32). Uma outra hipótese é a colocação de juntas de Neoprene, que deverão aderir aos bordos da fendam devidamente reforçados para o efeito ((fonte: souza e ripper, 2009)

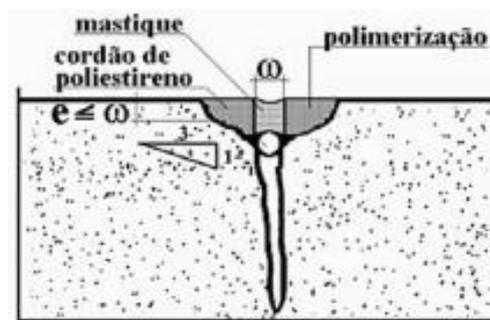
figura 33).

Figura 31 – Selagem de fendas com aberturas entre 10 e 30 mm



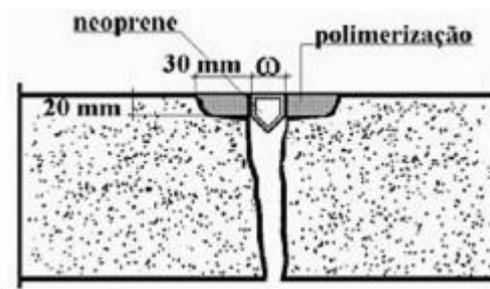
(Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

Figura 32 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique



(Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

Figura 33 – Vedação de fendas de grande abertura com neoprene



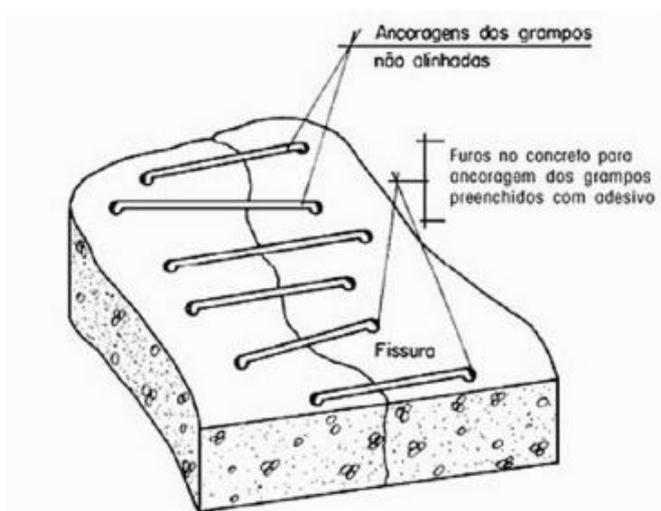
(Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

4.3.3 Grampeamento

Nos casos de fissuras ativas e em que o desenvolvimento acontece segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente, poderá vir a ser conveniente a disposição de armadura adicional, de forma a resistir os esforços de tração que provocou a fendilhação. (SOUZA E RIPPER, 2009)

Em função do aspecto dessas armaduras e propósito, elas podem ser chamadas de grampo, sendo esse o processo de costura das fendas conforme a figura 34.

Figura 34 – Reparo de fissura por grampeamento



(Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009)

De acordo com Souza e Ripper (2009) a técnica é de discutível aplicação, pois aumenta a rigidez da peça localizadamente e, se o esforço gerador da fenda continuar, pode produzir uma nova fissura em região adjacente.

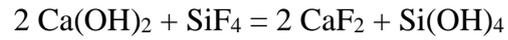
Em qualquer situação, e para minorar estes efeitos, os grampos devem ser dispostos de forma a não introduzirem esforços em linha, nem mesmo os de ancoragem no concreto, pelo que devem ser diferentemente inclinados em relação ao eixo da fissura e ter comprimento variável (SOUZA E RIPPER, 2009).

Em (SOUZA E RIPPER, 2009) descreve as etapas de execução da técnica de costura de fissuras são:

1. Sempre que possível descarregamento da estrutura, pois o processo em questão não deixa de ser um reforço;
2. Execução de berço na superfície do concreto, para assentamento das barras de costura, incluindo, se a opção for por ancoragem mecânica, a execução de furação no concreto para amarração das extremidades dos grampos, sendo estes buracos devidamente cheios com adesivo apropriado;
3. Se a opção for esta, injeção da fenda com resinas epoxídicas ou cimentícias, fazendo a selagem a um nível inferior ao do berço executado. O grampeamento deve ser, sempre e necessariamente, posterior à injeção;
4. Colocação dos grampos e complementação dos berços executados com o mesmo adesivo utilizado para a selagem;
5. As fendas devem ser costuradas nos dois lados da peça, se for o caso de se estar lidando com peças tracionadas.

4.3.4 Ocratização

O sistema de ocratização pode ser empregado quando a espessura das fissuras é inferior a 2 mm. O sistema se fundamenta no emprego de um gás tetrafluorsilicato que se introduz sob pressão nas fissuras. Este reage com a cal liberada na hidratação do cimento (CANOVAS, 1988). Segundo a reação:



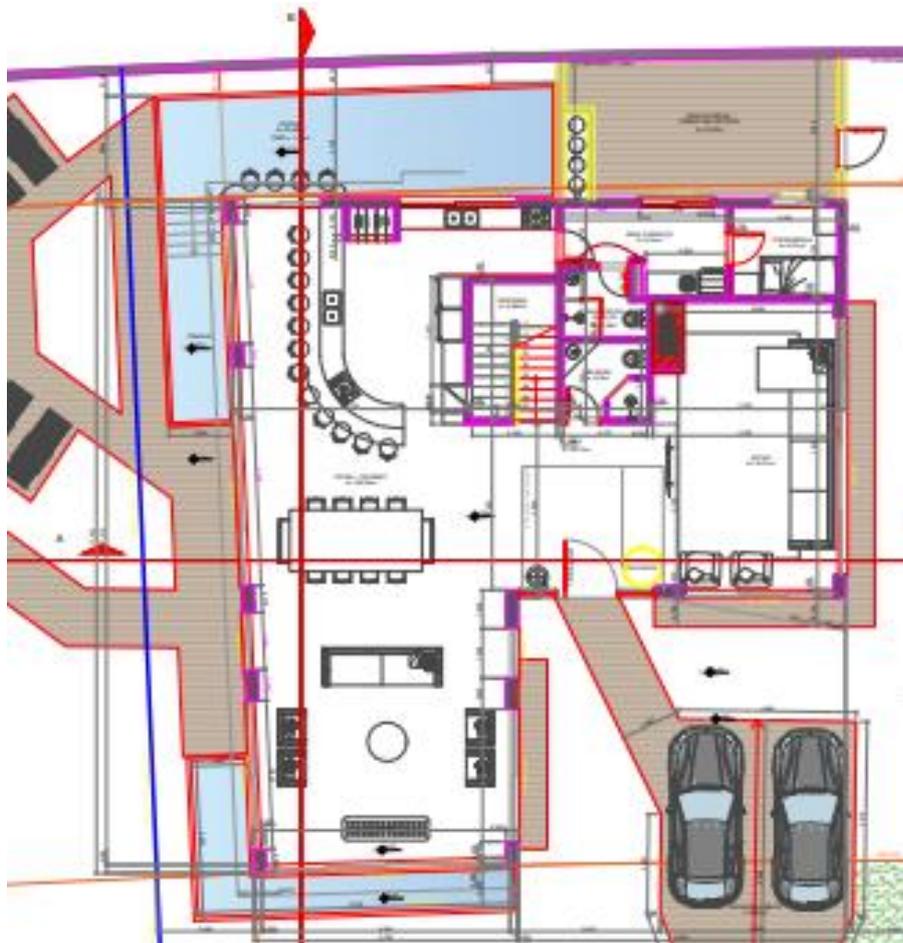
Ainda sobre ocratização, Santos (2019, p.87), afirma que:

Para fissuras em que o processo da ocratização pode ser aplicado, o mercado oferece soluções líquidas que podem ser aplicadas sobre superfícies planas, sendo esse um processo rápido e de fácil utilização que poderia ser aplicado em fissuras de pequena dimensão causadas, por exemplo, pela dessecação superficial ou assentamento plástico do concreto em lajes. Neste caso, não é necessária a utilização de mão de obra especializada. Caso o processo seja aplicado através de gás contendo fluorsilicato, recomenda-se que seja realizado por mão de obra especializada.

5 ESTUDO DE CASO

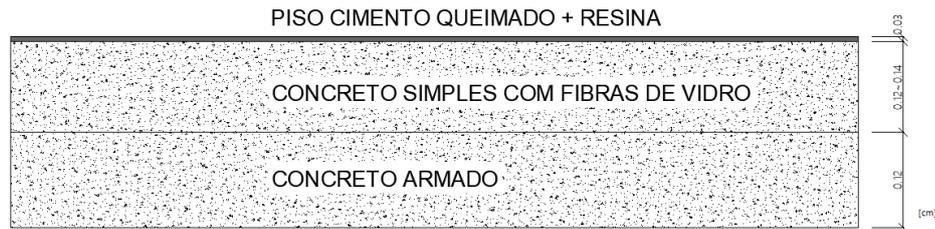
O presente estudo de caso refere-se a uma obra residencial unifamiliar de alto padrão, composto de 2 pavimentos, sendo térreo com área de 210,32m², segundo pavimento com área de 200,87m² e área técnica com área de 10,24m², totalizando 421,23m² construídos e deste, 411,19m² de área computável, conforme figuras 35 e 36. Localizada na cidade de Xangri-lá/RS, a obra foi construída por construtora da cidade local.

Figura 35 - Planta baixa térreo



(Fonte: construtora)

Figura 37 - Sistema de pisos vista em corte



(Fonte: elaborado pelo autor)

5.1 SUBSTRATO

O substrato foi realizado lastro de concreto armado fck 30 MPa, armada com malhas de aço composta de barras de aço CA-50 de diâmetro 5 milímetros espaçadas a cada 10 centímetros, executado sobre aterro compactado, concretado junto com as vigas de baldrame.

Na sua preparação foi realizada limpeza com água para remoção de sujeiras e resíduos.

5.2 PISO DE CONCRETO POLIDO NO TÉRREO

Após 3 meses da execução do substrato, para a execução do piso de concreto foi contratada empresa especializada. A equipe da obra ficou encarregada de fazer as formas do piso, executada em madeira, com altura de 15 centímetros, travadas com madeira e pinos de ferro fixados no substrato.

5.2.1 Características do concreto do piso de concreto polido

O concreto utilizado foi usinado, lançado com bomba estacionária e as seguintes características:

- volume de concreto para o piso térreo foi cerca de 12m³;
- resistência a compressão $f_{ck} = 30$ MPa;
- slump test 12+-2cm;
- cimento CP-V ARI;
- brita 0;
- adicionado in loco fibras de vidro na proporção de 1 kg/m³ de concreto;
- Espessura média de 12cm.

A espessura utilizada serviu para a concordância do primeiro degrau da escada para com os demais, garantir a planeza, e também foi considerado que o piso com uma grande espessura teria menor chance de fissuração, o que não se verificou.

5.2.2 Ferramentas utilizadas

A seguir, a relação de ferramentas utilizadas pela empresa contratada para a execução do piso de concreto polido.

- Nível a *laser*.
- Vibrador.
- Régua de alumínio.
- Colher de pedreiro.
- Enxada.
- Desempenadeira.
- Esmerilhadeira.
- Alisador de concreto.
- Cortadora de piso.

5.2.3 Execução

A concretagem iniciou-se pela parte da manhã, já que o processo de polimento do concreto em estado fresco é bem demorado e seguiu até a noite (lembrando que o processo não poderia parar depois de iniciado, pois não foi previsto junta de construção).

O clima era de calor, com temperatura variando entre 18 e 24 °C, umidade relativa do ar cerca de 70%. Vale destacar que a obra se encontra muito próxima à beira-mar e que por isso há ventos consideráveis no local.

O trabalho iniciou-se com a lavagem simples com água da superfície do substrato. Tomando pontos de referência a cada 2 metros com auxílio do nível a *laser*, o concreto é então lançado utilizando bomba estacionária, sendo puxado e nivelado com enxada e régua de alumínio, conforme ilustrado na Figura 38.

Figura 38 - Execução de piso de concreto polido



(Fonte: foto do autor)

Depois de lançado todo concreto, é preciso que tenha passado pelo menos 3 horas do início da concretagem, para iniciar o processo de acabamento do piso com o disco de flotação ilustrado na figura 39. Esse processo com o disco de flotação tem como objetivo remover as marcas deixadas pela régua durante o processo de desempenho.

Figura 39 - Disco de flotação 12 (2,65 mm)



(Fonte: Disco de Flotação - FINITI EQUIPAMENTOS)

São necessárias 3 a 4 etapas de aplicação do disco de flotação, em direções cruzadas, com intervalos de 30 a 40 minutos entre elas para que haja a cura do concreto (figura 40 e figura 41). Com o auxílio de desempenadeira é possível fechar eventuais falhas deixadas durante o processo.

Figura 40 - Execução de piso de concreto polido com disco de flotação



(Fonte: foto do autor)

Figura 41 - Execução de piso de concreto polido com disco de flotação



(Fonte: foto do autor)

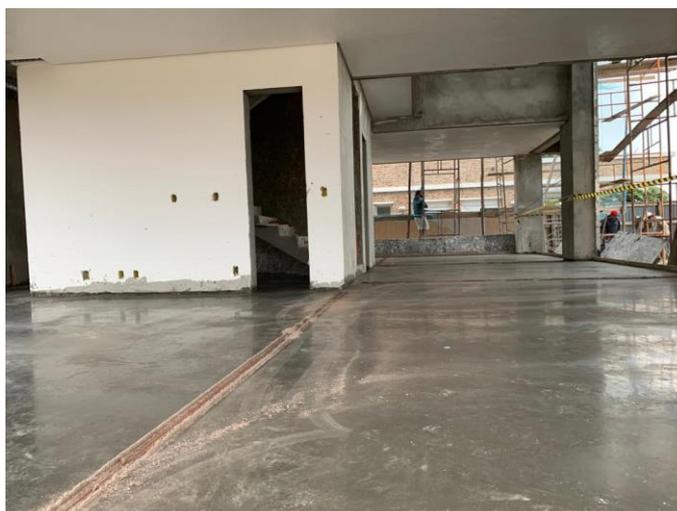
Foi um total de 7 etapas de aplicação do disco de flotação para desempenho do piso de concreto até atingir o acabamento apresentado na figura 42.

Esse tipo de execução é muito comum em galpões com grandes vãos e poucos cantos. No caso em questão gera uma dificuldade a mais, já que o alisador de concreto é uma máquina grande e não consegue alcançar certos pontos do piso, necessitando o uso de outras ferramentas, o que acaba deixando esses pontos com diferenças no acabamento.

O tamanho das placas, bem como as características das juntas serradas é definido pelo executor de forma empírica. Segundo entrevista dada pela equipe, o tamanho das placas varia entre 3 e 5 metros entre largura e comprimento.

As juntas serradas de dilatação foram executadas utilizando cortadora de piso com disco diamantado com espessura de 5 mm.

Figura 42 - Piso de concreto polido com juntas serradas



(Fonte: foto do autor)

Em muitos casos, depois da alisadora, se usa a máquina politriz para dar o acabamento final no piso de concreto polido. Na obra em questão não foi utilizada.

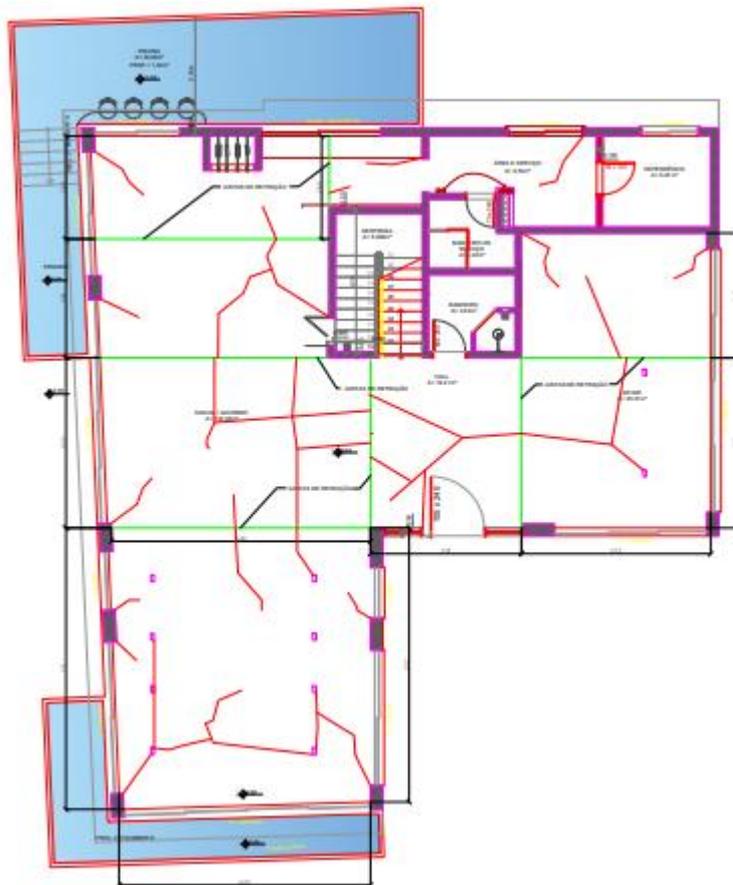
5.3 MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: FISSURAS

Como citado já no capítulo anterior, quando ocorrem manifestações patológicas como fissuras, a primeira coisa a se fazer é mapeá-las e classificá-las. Isso serve como instrumento para ajudar a encontrar as causas do problema e posteriormente a melhor solução a se adotar.

5.3.1 Mapeamento das fissuras

O mapeamento das fissuras se deu através de visualização no local e também por registros fotográficos e estão representados na figura 43 em vermelho, enquanto que as linhas ortogonais na cor verde representam as juntas serradas.

Figura 43 - Mapeamento das fissuras no piso de concreto polido



(Fonte: elaborado pelo autor)

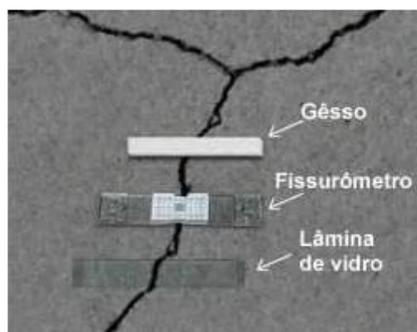
5.3.2 Classificação das fissuras

A classificação se dá em fissura ativa quando há movimentação da estrutura, e passiva quando não há movimentação.

Nesse sentido, as fissuras poderão ser providas de testemunhas constituídas por material rígido que, ao se fissurar, indicará a continuidade do movimento (THOMAZ, 1989)

Essas testemunhas geralmente são lâminas de vidro, gesso ou fissurômetro (Figura 44) dependendo se o ambiente é interno ou externo. No estudo em questão, não foi realizado nenhum destes testes antes de iniciar o tratamento das fissuras.

Figura 44 - Verificação de atividade das fissuras com lâmina de vidro, gesso e fissurômetro



(Fonte: PIANCASTELLI, 2022)

Nas figuras 45, 46 e 47 mostram algumas fissuras ocorridas no piso de concreto polido. Essas fissuras apresentavam espessuras que alternavam entre 3 e 6 milímetros e provinham de diversos lugares e direções conforme já visto na figura 43.

Figura 45 - Fissura partindo da quina de coluna



(Fonte: próprio autor)

Figura 46 - Encontro de fissuras em piso de concreto polido



(Fonte: próprio autor)

Figura 47 - Fissura em piso de concreto



(Fonte: próprio autor)

5.4 DIAGNÓSTICO

Analisando o mapeamento, processo, execução, com o apoio da bibliografia presente nos capítulos 3 e 4, pode-se chegar à conclusão de que a grande maioria dos casos se trata de fissuras de retração por secagem.

Em Chodounsky (2010) ele cita as principais causas para a ocorrência de fissuras de retração por secagem, enumeradas a seguir.

- Concretos com características de elevada retração.
- Quantidade e posicionamento inadequado das juntas.
- Armadura insuficiente ou mal posicionada.
- Atraso no corte / protensão.
- Cura deficiente.
- Vinculação da placa em elementos rígidos.
- Grande variação da espessura da placa.

Das causas citadas, algumas foram constatadas presentes dentro do processo de execução e cura do piso de concreto polido. A começar pelo cimento utilizado no concreto que é composto por cimento ARI de alta resistência inicial, que tem alto calor de hidratação, fazendo com que a reação aconteça de forma mais acelerada. Essa alta velocidade na reação de hidratação acaba consumindo muita água, e na falta dela pode ocorrer fissuração.

Foi constatado que a construtora não realizou a cura do piso adequadamente, fazendo com que faltasse água para a reação acontecer. Um forte indício se percebe analisando o caminho feito pelas fissuras presentes na figura 48 que coincide com o caminho seguido pelos conduítes corrugados presentes no interior do piso. Isso se deve pelo pouco cobrimento de concreto sobre a mangueira, que faz deste caminho uma região mais frágil, potencializando a chance de fissuras por retração naquele lugar. Essas mangueiras corrugadas servem para a conexão das tomadas de piso existentes em ambas salas da casa.

Para evitar problemas assim, deve-se fixar as mangueiras de modo a manter um bom cobrimento das mesmas. Na obra em questão as mangueiras foram fixadas ao chão com cinta perfurada, buchas e parafusos, porém, pode ter acontecido dessa fixação sair durante a movimentação do mangote da bomba estacionária, por exemplo.

Figura 48 - Fissuras saindo de ponto de tomada no piso



(Fonte: foto do autor)

Outro padrão de fissuração que tem como causa a retração por secagem é a presente na figura 49 saindo da aresta do pilar.

Figura 49 - Fissura saindo de aresta de pilar



(Fonte: foto autor)

É comum o uso de armaduras de retração no entorno de pilares para evitar a ocorrência desse tipo de fissuração, como no caso ilustrado na figura 50.

Figura 50 - Armadura de combate a retração



(Fonte: CHODOUNSKY, 2010)

Um desafio estético para um piso de concreto polido no interior de uma casa de alto padrão são as juntas serradas, que servem para induzir o aparecimento das fissuras nessa região mais frágil. Na figura 51 onde a fissura atravessa a junta de retração, aponta local em que deveria haver uma nova junta de retração.

Figura 51 - Fissura por retração devido a ineficiência das juntas



(Fonte: foto do autor)

5.5 SOLUÇÃO ADOTADA

Devido a estética final esperada para o piso pelos proprietários da edificação, era imprescindível que o piso não fissurasse. Como a fissuração ocorreu, foi sugerido pela construtora que se

fizesse a lixação e lapidação do piso. Esse procedimento de lixação iria desgastar parte da espessura do piso (cerca de 1 cm) e permitindo a não percepção das fissuras mais superficiais. Depois a lapidação, com auxílio de máquinas polidoras diamantadas, traria a selagem, proteção, impermeabilização e alto brilho ao piso. Porém, um dos aspectos do piso seria o aparecimento dos agregados lixados no processo, conforme a figura 52, o que não agradou o proprietário. Então, optou-se pelo sistema de revestimento monolítico espatulado, também chamado de piso cimento queimado demonstrado na Figura 53.

Figura 52 - Piso de concreto lixado e polido



(Fonte: MHPISOS, 2022)

Figura 53 - Piso cimento queimado



(Fonte: foto do autor)

O piso cimento queimado é composto por mistura de polímeros acrílicos, cargas minerais e tem a característica de ser um revestimento sem juntas. É um gel à base de água, que é misturado ao cimento e água deve ser aplicado em duas demãos com espessura de cerca de 2 mm no total, com intervalo mínimo de 6 horas entre elas.

Após a aparição das fissuras no piso de concreto polido, o tratamento seguiu-se abrindo as fissuras e deixando-as com aberturas de espessura com cerca de 1 centímetro. Após, realizou-se a limpeza dessa fenda. Seu preenchimento foi com selante poliuretano (PU), para possibilitar a movimentação das placas caso ainda houvesse, e tela de fibra de vidro para conter esforços de tração.

Depois de feito o tratamento das fissuras, o aspecto estético do sistema de piso da casa ficou ainda mais prejudicado, sendo necessário adotar um novo sistema de piso para esconder essas imperfeições. O sistema adotado foi de revestimento monolítico espatulado conhecido por piso cimento queimado, conforme já citado anteriormente e demonstrado na figura 53.

Para a execução deste revestimento monolítico espatulado são necessários como ferramentas peneira, furadeira para mistura, desempenadeira e lixa. Para garantir aderência do revestimento monolítico espatulado o piso de concreto polido foi lixado para remoção total do brilho, e depois feito a limpeza para eliminar o pó. A aplicação se dá com uso de desempenadeira, sendo que na segunda demão a mistura deve estar mais fluida. Após o período 6 horas, se faz o lixamento do revestimento com lixa 360 ou 400, para retirar marcas da desempenadeira, rebarbas ou possíveis emendas. Depois de removido o pó, se faz a aplicação da resina de proteção e impermeabilização do revestimento. Essa resina é bicomponente e após misturado ao catalizador, se faz aplicação com uso de rolo de lã de pelo baixo próprio para resinas.

Alguns dias após a aplicação do revestimento monolítico espatulado, percebeu-se a aparição de novas fissuras (Figura 54) contornando os mesmos locais onde havia sido feita a intervenção para tratamento das fissuras.

Figura 54 - Fissuras em revestimento monolítico espatulado

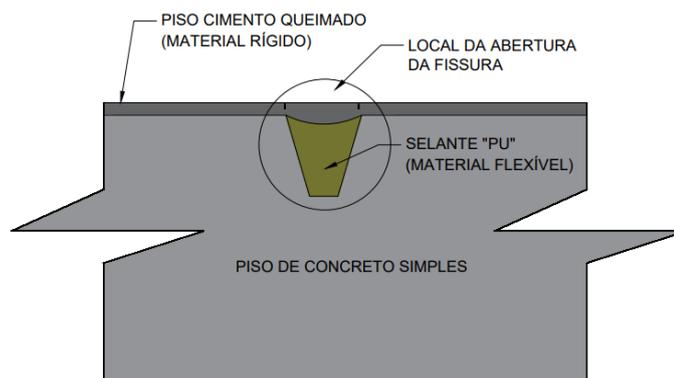


(Fonte: foto do autor)

5.6 CAUSA DA FALHA NO TRATAMENTO DAS FISSURAS

O aparecimento de novas fissuras após a aplicação do RAD monolítico espatulado demonstra a ineficácia do tratamento adotado para as mesmas. Isso se deve pela aplicação de um material rígido e de pequena espessura sob material flexível conforme exemplifica a Figura 55. Outro motivo pode ser pela acomodação do selante poliuretano que resultou num rebaixamento do seu nível e consequentemente o piso sobre ele.

Figura 55 - Detalhe da solução adotada para tratamento das fissuras em piso de concreto polido



(Fonte: elaborado pelo autor)

Uma nova solução então foi adotada com o uso de adesivo epóxi de média fluidez para o tratamento das fissuras.

Novamente os locais onde apareceram as novas fissuras foram abertos, retirando todo material nele contido conforme Figura 56

Figura 56 - Abertura de fissuras em piso cimento queimado



(Fonte: foto do autor)

Após a remoção e limpeza, fez-se então o preenchimento das fendas com adesivo epóxi de média fluidez conforme a figura 57.

Figura 57 - Aplicação de adesivo epóxi de média fluidez para tratamento de fissuras



(Fonte: foto do autor)

Essa solução se mostrou mais eficaz, já que o adesivo epóxi de média fluidez é uma resina com alta resistência à tração e compressão, não há retração nem expansão do material durante seu processo de endurecimento e ele preencheu bem as fendas geradas no tratamento das fissuras.

Figura 58 – Fissura tratada com adesivo epóxi endurecido



(Fonte: foto do autor)

O aspecto estético da fissura como previsto não ficou satisfatório para os padrões da residência como pode ser percebido na figura 58. Seria necessário a aplicação de nova camada revestimento monolítico espatulado, levando ao cliente optar pela execução de outro tipo de acabamento no piso, utilizando carpetes e piso vinílico clicado.

5.7 ANÁLISE DA SOLUÇÃO ADOTADA

A execução de um piso de concreto polido requer uma série de cuidados, a começar por projeto detalhando as características e execução do mesmo. Quando executado no interior de uma residência, os cuidados devem ser redobrados, principalmente pela maior exigência estética, demandando que a execução seja tal que não fissure, algo que é muito comum acontecer nesse tipo de sistema de piso.

Verificou-se que aconteceram fissuras por retração em função da falta de armadura de retração, cura deficiente do concreto, tamanho das placas mal dimensionadas, presença de interferências no piso, fatores que podem ter contribuído para o aparecimento de tais manifestações patológicas.

No tratamento das fissuras no piso de concreto polido com preenchimento de selante poliuretano, faltou a análise de como o revestimento monolítico espatulado iria se comportar

sobre esse material flexível, já que se trata de um material rígido e de pouca espessura. Caso houvesse sido utilizado o adesivo epóxi no tratamento das fissuras logo de início, o resultado final provavelmente seria satisfatório.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi o estudo de caso sobre o sistema de piso de concreto polido em casa de alto padrão, com ocorrência de fissuração. Este estudo demonstra o alto grau de dificuldade em se obter o resultado esperado para os padrões de acabamento que se espera de em uma residência com elevado nível estético e funcional.

Este trabalho teve como objetivo secundário apresentar os diferentes sistemas de piso de concreto, seus materiais constituintes, métodos de execução, analisando suas diferenças, entendendo que cada um possui suas características e que o contexto é quem responde qual a melhor solução a se adotar. Também foi objeto de estudo a manifestação patológica mais recorrente em pisos de concreto, que é a fissuração. Foi elaborado todo um capítulo onde foram apresentados os tipos de fissuração, aprendendo que suas causas podem ser diversas e múltiplas, onde para mais de uma razão para sua ocorrência, a dificuldade de obtenção das causas raiz é assaz complicado.

Após este estudo, nota-se que o piso de concreto polido, do ponto de vista estético é uma opção incerta quanto ao seu desempenho nesse quesito, pois quem vai executá-lo necessita um grande conhecimento sobre o assunto, entendendo todas as dificuldades por detrás desse desafio, já que as empresas do ramo estão habituadas a construir em grandes galpões industriais, com grandes vãos, sem muitos elementos de interferência. Para se executar esse sistema de piso em uma casa, muitas vezes o alisador de concreto, por ser uma máquina grande, não consegue alcançar certos pontos, necessitando outras ferramentas, outro método executivo naqueles pontos, sem que haja variabilidade na espessura do piso, nem no seu acabamento.

O revestimento monolítico espatulado, assim como o piso de concreto polido requer profissionais que conheçam o material, as ferramentas necessárias e saibam como aplicá-lo. É um processo artesanal e com alto grau de dificuldade, mas se bem executado, atende a maioria dos requisitos esperados de um sistema de pisos

A avaliação deste estudo de caso, onde foi demonstrado toda a dificuldade, atraso na finalização do processo e alto custo empenhado, traz a reflexão da importância da escolha do método de reparação do piso, na ocorrência de fissuras. Caso houvesse sido utilizado o adesivo epóxi como

solução inicial nos reparos, evitaria a nova ocorrência de fissuração e a necessidade de aplicações de tantas camadas de correções. Mais ainda, traz a importância de cuidados na execução deste tipo de piso, principalmente na escolha correta dos pontos de execução de juntas, principalmente considerando os fatores de possíveis interferências.

O piso de concreto polido serviria muito bem como base para outros tipos de revestimentos de acabamento final, como um RAD (revestimento de alto desempenho) autonivelante, por exemplo. Existem inúmeras opções no mercado que atendem aos requisitos esperados para um sistema de piso.

7 REFERÊNCIAS

ACI, COMMITTEE 302. **Guide for Concrete Floor and Slab Construction**. Michigan: American Concrete Institute, 2004.

ACI, COMMITTEE 548. **Guide for Polymer Concrete Overlays**, ACI 548.5R. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14050**: Sistemas de revestimentos de alto desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais - Projeto, execução e avaliação do desempenho - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014

BEKAERT, B. **Como avaliar o desempenho das fibras de aço disponíveis no mercado?** 8 de Outubro de 2019. Disponível em <<https://blog.belgobekaert.com.br/engenharia/construcao-civil/desempenho-das-fibras-de-aco/>>.

CANOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 1988.

CHODOUNSKY, M. A. e F. A. VIECILI. **Pisos Industriais de Concreto: aspectos teóricos e práticos**. São Paulo: Reggenza, 2007.

CHODOUNSKY, M. A. **Patologias em Pisos Industriais**. Revista ANAPRE. 2010
Disponível em <http://www.anapre.org.br/pdfs/Patologias_em_Pisos_Industriais_Anapre_RJ_Marcel_Chodounsky_De2010.pdf>

DAL MOLIN, D. C. C. **“Fissuras em estruturas de concreto armado : análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.”** Março de 1988. Dissertação (Mestrado em engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MACCAFERRI. **Fibres for concrete.** 11 de Agosto de 2022.
<<https://www.maccaferri.com/products/fibres-concrete/>>.

MAILVAGANAM, N. P.; PYE, G.P.; ARNOTT, M. R. **Surface Preparation of the Concrete Substrate.** Dezembro de 1998. National Research Council of Canada.
Disponível em
<<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.57.9990&rep=rep1&type=pdf>>.

MENEGHETTI, L. C. **Estruturas Danificadas: Segurança e Ações Corretivas.** 01 de Março de 2016. edisciplinas.usp.br. Disponível em
<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3041369/mod_resource/content/1/PEF2503-Aula_2_fissuras.pdf>. Acesso em 25 de setembro de 2022

MHPISOS **Projetos Recentes MHPisos.** 2022
Disponível em: <<https://mhpisos.com.br/projetos.html>>. Acesso em 18 de setembro de 2022

NEVES, A. **Saiba como usar e manter esses 5 tipos de piso de concreto.** 4 de abril de 2021.
Disponível em: <<https://www.blok.com.br/blog/tipos-de-piso-de-concreto.>>. Acesso em 30 de setembro de 2022

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** São Paulo: Pini, 1982.

OLIVEIRA, P. C. R. **Revestimento Monolítico de Alto Desempenho: estudo comparativo entre aplicação de resina metil metacrilato (MMA) e pintura com resina epoxídica a substrato de concreto.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

PIANCASTELLI, E. M. **Patologias do concreto: Das manifestações às causas, as patologias do concreto exigem análise cuidadosa antes da escolha do tratamento ideal.** Site da AECweb .

Disponível em:<<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160>>.

Acesso em 25 de setembro de 2022

RIBEIRO, F. A. **Especificação de Juntas de Movimentação em Revestimentos de Fachada de Edifícios: Levantamento do Estado da Arte.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, M. D. T. **Manual básico para identificação de fissuras mais comuns em estruturas de concreto armado para engenheiros recém-formados.** Dezembro de 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

SPANNENBERG, R. **Use the Right Finishing Tool at the Right Time.**1996.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e reparação.** São Paulo: PINI, 1989.

THÓRUS, ENGENHARIA. **O que é preciso saber para atender à norma de desempenho NBR 15575?** 10 de Julho de 2020. Disponível em <<https://thorusengenharia.com.br/o-que-e-preciso-saber-para-atender-a-norma-de-desempenho-nbr-15575/>>. Acesso em 30 de julho de 2022

UNIONTECH. **Juntas - Definições.** Disponível em <<https://www.uniontech.com.br/juntas-definicoes.>>. Acesso em 11 de Setembro de 2022.