

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

**Danielle de Souza Rosa Toldo**

**IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS NA EXECUÇÃO DE CONCRETO APARENTE A  
PARTIR DE ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre  
Outubro de 2022

**DANIELLE DE SOUZA ROSA TOLDO**

**IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS NA EXECUÇÃO DE CONCRETO APARENTE A  
PARTIR DE ESTUDO DE CASO**

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 Engenheira Civil

**Orientadora: Denise Carpena Coitinho Dal Molin**

Porto Alegre  
Outubro de 2022

**DANIELLE DE SOUZA ROSA TOLDO**

**IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS NA EXECUÇÃO DE CONCRETO APARENTE A  
PARTIR DE ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA 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, 17 de outubro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)**

Dra. em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, Brasil  
Orientadora

**Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho  
(UFRGS)**

PhD em Civil Engineering/Bridge Maintenance pela Leeds University, UK

**Maxwell Klein Degen (UFRGS)**

Doutorando em Engenharia Civil - PPGCI

Aos meus sobrinhos Miguel, Arthur e Laura.  
Que este trabalho lhes sirva como exemplo de  
motivação, perseverança e estímulo  
para sua jornada estudantil e profissional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu amor e colega de graduação, Guilherme, pelo companheirismo e dedicação, por estar sempre comigo durante todas as etapas da minha formação, me motivando e me reerguendo em cada momento em que cogitei desistir. Obrigada por acreditar em mim!

Agradeço à minha família pelo apoio e por compreender minha ausência.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

À minha professora e orientadora Denise por transmitir com competência suas orientações sempre de forma clara, precisa e concisa.

Agradeço a todos os professores que atuaram ao longo da minha graduação, contribuindo com seus ensinamentos e conselhos para minha formação acadêmica, em especial ao professor João Ricardo Masuero que sempre esteve disponível em meus momentos de dificuldade.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa etapa da minha vida, obrigada!

“Lutam melhor os que têm belos sonhos.”

Che Guevara

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unité d'habitation de Marseille, Le Corbusier .....	18
Figura 2 – FAU (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo). Projeto: João Batista Vilanova Artigas e Carlos Cascardi.....	19
Figura 3 – SESC Pompéia, São Paulo, Brasil. Projeto: Lina Bo Bardi e Marcelo Ferraz. 1977 .....	19
Figura 4 – Edifício Copan, São Paulo, Brasil. Projeto: Oscar Niemeyer. 1952 .....	20
Figura 5 – MAC - Museu de Arte Contemporânea, Niterói, Brasil. Projeto: Oscar Niemeyer. 1996 .....	21
Figura 6 – Fundação Iberê Camargo, Porto Alegre, Brasil. Projeto: Alvaro Siza. 2003.....	21
Figura 7 – Pontas de amarração de arames.....	32
Figura 8 – Espaçador circular .....	33
Figura 9 – Espaçador multi-apoio (Centopéia).....	33
Figura 10 – Espaçador cadeirinha .....	33
Figura 11 – Assentamento plástico do concreto impedido pela armadura.....	43
Figura 12 – Assentamento plástico do concreto impedido pela armadura .....	43
Figura 13 – Configurações típicas de fissuras por assentamento plástico.....	44
Figura 14 – Fissuras por assentamento plástico na direção das armaduras.....	44
Figura 15 – Configurações típicas de fissuras por dessecação superficial .....	45
Figura 16 – Dessecação superficial de elementos de concreto armado.....	46
Figura 17 – Manifestação típica de ninho de concretagem e segregação.....	47
Figura 18 – Ninhos de concretagem ou bicheira .....	47
Figura 19 – Segregação do concreto.....	48
Figura 20 – Abaulamento de trecho de viga em fachada aparente .....	49
Figura 21 – Fissuras devido à movimentação das fôrmas .....	50
Figura 22 – Superfície de concreto aparente com imperfeições.....	51
Figura 23 – Fuga de nata entre fôrmas em laje de concreto aparente .....	52
Figura 24 – Superfície de fundo de laje em concreto aparente com a estampa das manchas e aranhões que estavam presentes na fôrma.....	53
Figura 25 – Presença de manchas e bolhas devido ao uso incorreto de desmoldante .....	54
Figura 26 – Pedaco de plástico na superfície de parede em concreto aparente .....	54
Figura 27 – Fissuras térmicas em laje espessa .....	55
Figura 28 – Fissuras por contração térmica em vigas, lajes, paredes e marquises .....	56
Figura 29 – Fissuras térmicas .....	57
Figura 30 – Fissuras por retração hidráulica em viga.....	58
Figura 31 – Fissuras por retração hidráulica em fundo de laje aparente .....	58
Figura 32 – Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos.....	59
Figura 33 – DEF e RAA em bloco de fundação.....	60
Figura 34 – Mecanismo do dano ocasionado por RAA no concreto.....	61
Figura 35 – Barragem/Hidrelétrica afetada pela RAA .....	62
Figura 36 – Exemplo da tipologia e quadro de fissuração .....	62
Figura 37 – Detalhe do gel em poro preenchido e bordas de reação nos agregados .....	62
Figura 38 – Lixiviação no encontro do fundo de escada e viga .....	64
Figura 39 – Eflorescência em laje aparente.....	64
Figura 40 – Infiltração em fissuras em laje aparente.....	65
Figura 41 – Manchas superficiais em parede de concreto aparente .....	66
Figura 42 – Lascamento do concreto.....	67
Figura 43 – Concreto aparente com presença superficial de mofo.....	68

Figura 44 – Armaduras expostas com sinais de corrosão em paredes de concreto aparente ...	69
Figura 45 – Pontos de oxidação em laje aparente .....	70
Figura 46 – Pontos diversos de lixiviação/eflorescência devido à ausência de proteção das superfícies pós-concretagem; .....	72
Figura 47 – Presença de eflorescências/lixiviação. ....	72
Figura 48 - Remendos e improvisações devido à falta de paginação das fôrmas. ....	73
Figura 49 – Paginação deficiente das fôrmas. ....	73
Figura 50 – Paginação deficiente.....	74
Figura 51 – Fissuras de retração termo-hidráulica devido à ausência de juntas ou de armaduras para absorver os esforços de tração. ....	74
Figura 52 – Fissuras devido à retração termo-hidráulica em fundo de laje, com posterior infiltração de água, ocasionando lixiviação.....	75
Figura 53 – Fissuras de retração termo-hidráulica .....	75
Figura 54 – Fissuras de retração termo-hidráulica .....	76
Figura 55 – Camadas de concretagem que, mesmo com vibração adequada, ficam estampadas na superfície devido às diferenças (resultantes da segregação/exsudação) entre o início e fim de cada camada lançada e vibrada de concreto. ....	76
Figura 56 – Camadas de concretagem.....	77
Figura 57 – Efeito marmorizado resultante da nata de cimento endurecida e aderida às formas (reutilização inadequada de fôrmas desgastadas).....	78
Figura 58 – Manchas de corrosão impressas na fôrma antes da concretagem (reutilização inadequada de fôrmas desgastadas e/ou fim da vida útil para emprego em concreto aparente). ....	79
Figura 59 – Manchas superficiais devido a impregnações de sujeira nas fôrmas (reutilização inadequada de fôrmas desgastadas e/ou fim da vida útil para emprego em concreto aparente). ....	79
Figura 60 – Emprego de fôrmas além do número máximo de reutilizações estabelecido. ....	80
Figura 61 – Diferenças de tonalidade do concreto devido a mudanças nos materiais ou traço do concreto fornecido pela central.....	80
Figura 62 – Seleção deficiente de fôrmas.....	81
Figura 63 – Mudança brusca de tonalidades devido a mudanças nos materiais ou traço do concreto fornecido pela central.....	81
Figura 64 – Fuga de nata entre as fôrmas de laje aparente por falta de estanqueidade das juntas entre os painéis .....	82
Figura 65 – Ninho de concretagem em fundo de laje devido à vibração insuficiente.....	83
Figura 66 – Ausência de limpeza nas fôrmas antes da concretagem; presença de ninhos de concretagem devido à vibração insuficiente; falta de cobrimento. ....	83
Figura 67 – Vibração insuficiente em parede de concreto aparente.....	84
Figura 68 – Presença de bolhas devido à vibração insuficiente .....	84
Figura 69 – Manchas superficiais devido à ausência de limpeza ou limpeza insuficiente das fôrmas antes da concretagem.....	85
Figura 70 – Falta de limpeza das fôrmas antes da concretagem .....	85
Figura 71 – Manchas resultantes do empoçamento devido à molhagem excessiva das fôrmas antes da concretagem.....	86
Figura 72 – Manchas devido ao empoçamento de água da molhagem das fôrmas antes da concretagem. Manchas devido à corrosão de limalha de corte de armaduras sobre as fôrmas. ....	86
Figura 73 – Resíduo de nata de cimento na fôrma durante a concretagem .....	87
Figura 74 – Manchas superficiais em fundo de laje devido ao empoçamento de água resultante da molhagem excessiva pré-concretagem. ....	87

Figura 75 – Presença de bolhas devido à vibração insuficiente. ....	88
Figura 76 – Remendos, desnível de fôrmas, escorrimento de nata, sujeira em ninho de concretagem no topo de pilar.....	88
Figura 77 – Falta ou uso insuficiente de desmoldante.....	89
Figura 78 – Desnível de fôrmas.....	89
Figura 79 – Falha na vedação e nivelamento das juntas entre as fôrmas. ....	90
Figura 80 – Deficiência no nivelamento das fôrmas .....	90
Figura 81 – Problemas de geometria na montagem das fôrmas, ainda que existisse um projeto detalhado de fôrmas.....	91
Figura 82 – Emendas inadequadas em fôrmas mal executadas.....	91
Figura 83 – Dente devido ao desnível de fôrma por falta de travamento.....	92
Figura 84 – Fôrma desnivelada .....	92
Figura 85 – Dessecação superficial por falta de cura; posterior eflorescência/lixiviação .....	93
Figura 86 – Fantasma das armaduras do fundo da escada devido ao baixo cobrimento. ....	93
Figura 87 – Fantasmas da armadura devido ao baixo cobrimento. ....	94
Figura 88 – Armadura exposta por falta de cobrimento .....	94
Figura 89 – Junta fria de concretagem (mesmo com o emprego de concreto autoadensável, haveria a junta fria devido ao endurecimento da camada anterior, porém estampada com uma forma mais linear).....	95
Figura 90 – Junta fria de concretagem.....	95
Figura 91 – Junta fria de concretagem; fuga de nata por desnível de fôrma. ....	96
Figura 92 – Fuga de nata por falta de estanqueidade das fôrmas. ....	96
Figura 93 – Uso inadequado de espaçador em parede de concreto; fuga de nata por desnível da fôrma; exposição da armadura.....	97
Figura 94 – Remoção inadequada do cone de encosto.....	97
Figura 95 – Uso inadequado de espaçadores no fundo de laje aparente. ....	98
Figura 96 – Uso inadequado de espaçadores em fundo de viga e presença de materiais de descarte devido à ausência de limpeza das fôrmas.....	98
Figura 97 – Ausência de limpeza das fôrmas antes da concretagem.....	99
Figura 98 – Lascamento devido à falta de proteção da aresta do pilar.....	100
Figura 99 – Tentativa de correção em que a armadura segue exposta. ....	101
Figura 100 – Recuperação inadequada dos furos dos cones de encosto. ....	101
Figura 101 – Tentativa frustrada de recuperação das falhas; uso inadequado de politriz angular. ....	102
Figura 102 – Lixação inadequada e exposição dos agregados .....	102
Figura 103 – Exposição dos agregados devido ao apicoamento realizado para a correção do nível.....	103
Figura 104 – Agregado exposto devido ao excesso de lixação .....	103
Figura 105 – Reparo mal executado em fundo de laje aparente.....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Designação normalizada, siglas e classes do cimento Portland brasileiro segundo a ABNT NBR 16697 (2018) .....	24
Tabela 2 – Adições minerais e respectivos resultados na mistura do concreto .....	28
Tabela 3 – Problemas ocasionados pelos desmoldantes.....	31
Tabela 4 – Classes de consistência .....	34
Tabela 5 – Classes de espalhamento.....	35
Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental (CAA).....	40
Tabela 7 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto .....	40
Tabela 8 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$ .....	41
Tabela 9 – Fissuras por assentamento plástico.....	42
Tabela 10 – Fissuras por dessecação superficial .....	45
Tabela 11 – Ninhos de concretagem ou bicheiras .....	46
Tabela 12 – Segregação do concreto .....	48
Tabela 13 – Alteração na geometria dos elementos estruturais.....	49
Tabela 14 – Fissuras por movimentação das fôrmas .....	49
Tabela 15 – Aspectos estéticos e visuais deficientes.....	51
Tabela 16 – Fuga de nata de cimento entre as fôrmas.....	51
Tabela 17 – Inconformidades nas fôrmas.....	52
Tabela 18 – Insuficiência ou excesso de desmoldante .....	53
Tabela 19 – Presença de materiais de descarte no concreto .....	54
Tabela 20 – Fissuras por movimentação térmica interna .....	55
Tabela 21 – Fissuras por movimentação térmica externa.....	56
Tabela 22 – Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica .....	57
Tabela 23 – Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos .....	58
Tabela 24 – Fissuras devidas a reações expansivas com sulfatos .....	59
Tabela 25 – Fissuras devidas à reação álcali-agregado (RAA).....	60
Tabela 26 – Eflorescência e lixiviação .....	63
Tabela 27 – Infiltração.....	65
Tabela 28 – Manchas superficiais .....	66
Tabela 29 – Lascamento do concreto .....	67
Tabela 30 – Mofo ou bolor.....	68
Tabela 31 – Corrosão de armadura.....	69
Tabela 32 – Pontos de corrosão.....	70

## **LISTA DE SIGLAS**

CEB – Comité Euro-International du Béton

NSCS4 - National Structural Concrete Specification

IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização

RAA – Reação álcali-aregado

CAA – Concreto autoadensável



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	15
2.	CONCRETO APARENTE .....	17
2.1	Histórico.....	17
2.2	Características .....	20
2.3	Aparência .....	22
2.4	Materiais .....	22
2.4.1	Agregados.....	23
2.4.2	Cimentos.....	23
2.4.3	Água.....	25
2.4.4	Aditivos .....	25
2.4.5	Adições minerais .....	26
2.5	Execução e mão de obra .....	28
2.5.1	Fôrmas .....	28
2.5.2	Desmoldantes.....	30
2.5.3	Armaduras .....	31
2.5.4	Produção e controle tecnológico.....	34
2.5.5	Lançamento, adensamento e cura.....	37
2.6	Durabilidade e resistência .....	38
3.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO APARENTE.....	42
3.1	Concreto no estado fresco.....	42
3.2	Concreto no estado endurecido.....	55
4.	ESTUDO DE CASO .....	71
4.1	Caracterização da obra.....	71
4.2	Identificação das manifestações patológicas .....	71
4.2.1	Manifestações patológicas originadas na fase planejamento/projeto .....	71
4.2.2	Manifestações patológicas originadas da escolha e da utilização de materiais ..	78
4.2.3	Manifestações patológicas originadas na fase de execução .....	82
4.2.4	Manifestações patológicas originadas na fase de uso pré-entrega da obra.....	100
4.2.5	4.2.5 Iniciativas mal sucedidas de reparo de algumas manifestações patológicas identificadas.....	101
5.	CONCLUSÃO .....	105
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106

# **IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA EXECUÇÃO DE CONCRETO APARENTE A PARTIR DE ESTUDO DE CASO**

**Danielle de Souza Rosa Toldo**  
**Denise Carpena Coitinho Dal Molin**  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **RESUMO**

Este estudo de caso foi realizado a partir das manifestações patológicas presentes no concreto aparente de um edifício residencial de alto padrão, localizado em Porto Alegre – RS. O objetivo consistiu em registrar e identificar todas as manifestações patológicas presentes no concreto aparente da edificação e classificá-las de acordo com a sua origem. A metodologia empregada envolveu a realização de revisão bibliográfica em que se abordou os elementos constituintes do concreto, execução, mão de obra e suas respectivas influências na aparência desejada, qualidade e durabilidade. Além disso, a partir da literatura, foi feito levantamento sobre as manifestações patológicas prováveis de ocorrência em concreto aparente. Em seguida, desenvolveu-se o trabalho em campo, com identificação e registro fotográfico das manifestações patológicas. Os problemas registrados com maior incidência são ninhos de concretagem, segregação, lixiviação, eflorescências e pontos de oxidação. Vale destacar também que não foram poucos os registros de armadura exposta devido ao cobrimento insuficiente ou uso incorreto dos espaçadores. A análise apontou que esses problemas são resultantes do processo construtivo e ataque de agentes externos devido a falhas nos procedimentos de execução.

## **ABSTRACT**

This case study was carried out from the pathological manifestations present in the visual concrete of a high standard residential building, located in Porto Alegre - RS. The objective was to record and identify all pathological manifestations present in the exposed concrete of the building and classify them according to their origin. The methodology used involved carrying out a bibliographic review in which the constituent elements of concrete, execution, workmanship and their respective influences on the desired appearance, quality and durability were addressed. In addition, from the literature, a survey was carried out on the pathological manifestations likely to occur in exposed concrete. Then, field work was carried out, with identification and photographic record of pathological manifestations. The most frequently recorded problems are concreting nests, segregation, leaching, efflorescence and oxidation points. It is also worth mentioning that there were few records of exposed reinforcement due to insufficient coverage or incorrect use of spacers. The analysis pointed out that these problems are the result of the construction process and attack by external agents due to flaws in the execution procedures.

Palavras-chave: Concreto aparente. Estética do concreto aparente. Aparência do concreto aparente. Tratamento do concreto aparente.

## 1. INTRODUÇÃO

Atemporal, o concreto aparente está sempre em voga presente nas edificações cuja arquitetura preza pela exploração da forma e da volumetria, isenta de revestimentos e de excessos.

Desse modo, em que se evidencia a natureza da superfície e da forma, a aparência deverá ser estabelecida previamente, optando se o concreto aparente será em sua forma bruta, polido, com agregado exposto, com estampas, áspero, ripado, entre outros.

O concreto aparente é obtido da mesma forma que o concreto convencional: mistura de cimento, agregados, água e, em alguns casos, aditivos e adições minerais. Porém, sua superfície não recebe nenhum tipo de revestimento, ou seja, se bem executado, acaba sendo um sistema construtivo relativamente econômico e com baixo custo de manutenção.

Ao se utilizar o concreto como material de acabamento, não somente se deve ter atenção a sua resistência e durabilidade. A aparência deverá também ser anexada às características principais para se ter um concreto aparente com qualidade. Além disso, devido à exposição da superfície às intempéries, a estética do concreto aparente poderá apresentar alterações visuais com o tempo. Desta forma, a utilização do concreto aparente requer um domínio amplo no estudo de sua composição, suas aplicações e técnicas de execução.

Falhas presentes em qualquer processo de produção e execução do concreto aparente poderão resultar em manifestações patológicas, seja no concreto em seu estado fresco ou endurecido. Essas manifestações patológicas, além de degradar a superfície do concreto, prejudicando a aparência desejada, também poderá promover consequências estruturais sérias se não forem evitadas ou tratadas a tempo.

O objetivo principal desse trabalho é contribuir para a identificação e prevenção das manifestações patológicas no concreto aparente tanto em seu estado fresco como endurecido. Além disso, esse trabalho tem o anseio de auxiliar para o aperfeiçoamento da construção em concreto aparente como uma referência para a produção com o intuito de conduzir boas práticas para esse processo construtivo, colaborando para que os profissionais produzam superfícies com aparência e durabilidade satisfatórias.

A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica da literatura referente à temática do concreto aparente, a fim de contextualizar as características gerais desse processo construtivo, uma vez que ainda não se tem uma norma brasileira específica para o assunto. Na sequência, o

trabalho avançou para um estudo das manifestações patológicas que se apresentam no concreto aparente de forma a entender suas causas, como evitar e como fazer sua recuperação.

E, finalmente, foi feito em campo um levantamento de algumas manifestações patológicas para contextualizar com o assunto abordado.

## 2. CONCRETO APARENTE

O concreto na construção civil está, na maioria das vezes, escondido atrás de diversos tipos de revestimentos, porém ele se torna o protagonista em construções que prezam por evidenciá-lo como material de acabamento, deixando-o aparente.

O concreto aparente é projetado para que esteja presente à mostra em toda a vida útil da construção. O visual do concreto aparente depende do que foi conceituado em projeto e isso varia de um acabamento com uma superfície mais lisa ou com textura personalizada, até um acabamento mais bruto – considerando as imperfeições.

Então, para que a estética do concreto aparente seja evidenciada, além de projetos arquitetônico e estrutural bem pensados, o processo executivo deverá ser bastante técnico, para que a qualidade do acabamento seja satisfatória.

### 2.1 Histórico

Segundo Zein (2005), o período brutalista da arquitetura começou a partir de meados do século 20 e foi marcado pelo emprego de materiais em seu estado bruto, principalmente o concreto, com suas formas e texturas.

Brutalismo como nome não formalmente atribuído ao uso de béton brut, concreto aparente, de textura deliberadamente marcada pelas fôrmas, deixado exposto e sem acabamento, cujas possibilidades plásticas são potencializadas por meio do cuidadoso desenho de um conjunto característico de pequenos e macro detalhes, a partir do exemplo dado por Le Corbusier em sua primeira grande obra do pós-II Guerra, a Unité d’Habitation de Marselha (1947). (ZEIN, 2005, p.17).

A Unité d’Habitation (Figura 1), conjunto habitacional em Marselha, foi um grande destaque pós segunda guerra, uma construção que precedeu a arquitetura brutalista, dando início a essa tendência internacionalmente.

Figura 1 – Unité d'habitation de Marseille, Le Corbusier



Fonte: VINCENT DESJARDINS (2008)<sup>1</sup>

No Brasil, o brutalismo teve destaque na década de 50, com a construção de Brasília. O brutalismo influenciou a arquitetura paulista até se tornar “escola paulista” em 1960. A escola paulista evidenciava a horizontalidade, volumetria, diferenças de níveis, vãos livres, balanços e, principalmente o uso do concreto aparente, valorizando a técnica construtiva, defendendo a praticidade e otimização de processos de racionalização, utilização de materiais pré-fabricados e mecanização do canteiro de obras. A influência do brutalismo na escola carioca apresentou uma linguagem mais moderna e racionalista, com o anseio da representatividade de uma identidade nacional. Grandes nomes integraram ambas as escolas, com destaque para João Batista Vilanova Artigas (Figura 2), Carlos Millan, Lina Bo Bardi (Figura 3), Paulo Mendes da Rocha, Pedro Paulo de Mello Saraiva, Ruy Ohtake, Lúcio Costa, Oscar Niemeyer (Figura 4), entre outros. (ZEIN, 2005).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/endymion120/4866573615/>>. Acesso em: 10 set. 2022

Figura 2 – FAU (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo).  
Projeto: João Batista Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi



Fonte: STANKUNS (2010)<sup>2</sup>

Figura 3 – SESC Pompéia, São Paulo, Brasil. Projeto: Lina Bo Bardi e Marcelo Ferraz. 1977



Fonte: KOK (2009)<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/stankuns/4941477191/>>. Acesso em: 10 set. 2022

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/kuk/2560608178/>>. Acesso em: 10 set. 2022

Figura 4 – Edifício Copan, São Paulo, Brasil. Projeto: Oscar Niemeyer. 1952



Fonte: (“Clássicos da Arquitetura: Edifício Copan / Oscar Niemeyer | ArchDaily Brasil”, [s.d.]<sup>4</sup>)

## 2.2 Características

O concreto aparente caracteriza-se por estar visível em seu estado natural de cor e textura. Sua composição é elaborada pela mistura de cimento, agregados, água e, em alguns casos, aditivos, adições e pigmentos, como por exemplo a rampa de acesso ao Museu de Arte Contemporânea (Niterói/RJ – Brasil) que foi construída em concreto vermelho (Figura 5). O concreto aparente também pode ser executado em cimento branco, como em muitas construções renomadas a exemplo da Fundação Iberê Camargo (Porto Alegre/RS – Brasil) (Figura 6), a Techne Sphere (Leipzig – Alemanha), entre outras.

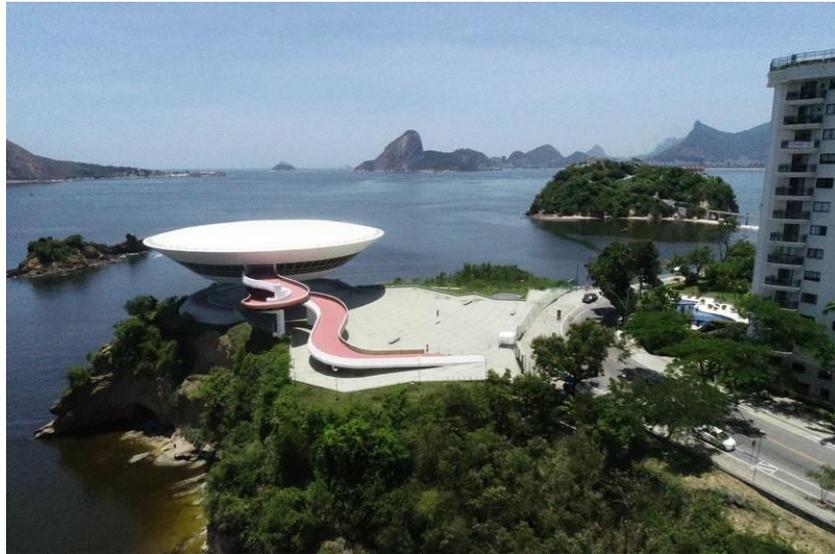
Primeira no Brasil a utilizar concreto branco aparente, armado em toda a sua extensão, a construção não utiliza tijolos ou elementos de vedação. Além do impacto plástico, o material oferece alta durabilidade e baixa manutenção. (“Sobre a Fundação Iberê Camargo”, [s.d.]).

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/876920/classicos-da-arquitetura-edificio-copan-oscar-niemeyer>>. Acesso em: 5 out. 2022.

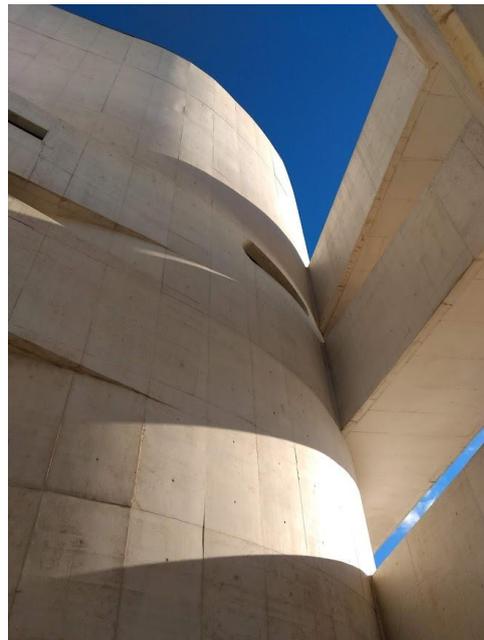
Para que o resultado das peças elaboradas em concreto aparente seja adequado, o concreto precisa apresentar a trabalhabilidade, a coesão e a resistência conformes com o especificado previamente. Além de baixa carbonatação, baixa exsudação, baixa porosidade e baixíssima fissuração.

Figura 5 – MAC - Museu de Arte Contemporânea, Niterói, Brasil. Projeto: Oscar Niemeyer. 1996



Fonte: (“Museu de Arte Contemporânea”, [s.d.])<sup>5</sup>

Figura 6 – Fundação Iberê Camargo, Porto Alegre, Brasil. Projeto: Alvaro Siza. 2003



Fonte: acervo da autora

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://culturaniteroi.com.br/blog/depac/238>>. Acesso em: 7 set. 2022

### 2.3 Aparência

Primeiramente, deve-se determinar qual a aparência de concreto está sendo procurada: lisa, texturizada, moldada em padrões ou formatos. Essas texturas são criadas trabalhando a superfície do concreto após o lançamento (jateamento de areia para expor os agregados à superfície ou criar rugosidades), ou com o concreto sendo lançado em fôrmas com padrões.

Ainda que o resultado da aparência final do concreto aparente seja previsível, algumas variações de cores e texturas são inevitáveis, e poderão ser assumidas como parte da aparência natural do concreto ou sofrer tratamento posterior a fim de se obter o acabamento desejado.

A Norma Europeia BS EN 13670 (Execução de Estruturas de Concreto) define os padrões de acabamentos apropriados para o concreto armado em exposição como “Simples” ou “Especial”, dependendo da qualidade exigida.

De acordo com a NSCS4 (National Structural Concrete Specification), o padrão de acabamento de concreto aparente “Especial” requer a seleção cuidadosa dos materiais constituintes do concreto, a aplicação de um bom desmoldante e uma boa qualidade na seleção e montagem das fôrmas. O concreto deverá ser completamente adensado e todas as superfícies deverão ser retificadas e com as arestas limpas. São toleráveis apenas pequenas manchas superficiais e não deverá ocorrer mudança de tonalidade ou descoloração por conta do agente desmoldante ou escorrimento da nata de cimento por conta da falta de estanqueidade das formas. A aparência da superfície deverá ser de uma cor coerente dos materiais utilizados, a paginação das fôrmas deverá seguir um padrão regular, e os degraus nas juntas entre as fôrmas deverão ter no máximo 3 mm. A NSCS4 recomenda a execução de um protótipo como painel de testes.

Para o padrão de acabamento “Simples”, a NSCS4 define os mesmos critérios, porém sem muitas exigências quanto à qualidade visual do concreto, pois considera que este sofrerá pintura ou não exigirá uma qualidade rigorosa da aparência.

### 2.4 Materiais

Segundo Chaves (2016), o concreto aparente é um material compósito mineral produzido seguindo as mesmas recomendações e métodos de dosagem do concreto convencional, entretanto, um atendimento especial é dado à sua aparência, o qual se utiliza o cimento Portland

em sua composição. A tonalidade do concreto pode variar conforme o tipo de cimento utilizado, podendo ser ajustada com a adição de cimento branco para esmaecer ou pigmentos inorgânicos para enfatizar sua coloração.

De acordo com Cather et al. (2015), no geral, os principais constituintes do concreto aparente são proporcionalmente:

- Agregado fino (areia) – 25%
- Agregado graúdo (brita) – 50%
- Material cimentício (ligante) – 15%
- Água – 8%
- Ar – 2%

#### **2.4.1 Agregados**

Para garantir homogeneidade na cor, os agregados miúdos deverão ser de mesma origem, cor e granulometria. Segundo Silva (1995), impurezas, argila, materiais carbonosos (partículas de carvão, linhito, madeira e matéria vegetal sólida) e piritas presentes nos agregados podem causar manchas no concreto aparente. Os agregados graúdos (brita) não afetam a cor final da superfície do concreto, porém, se a superfície receber o tratamento de jateamento de areia com a finalidade de expor o agregado, este deverá ser selecionado com mais atenção.

#### **2.4.2 Cimentos**

Para obter um acabamento satisfatório do concreto aparente, este deverá ter um alto teor de ligante cimentício em sua composição. De acordo com a BS 8500-1:2015 (British Standard), é aconselhado um conteúdo mínimo de cimento de 340 kg/m<sup>3</sup>, que produzirá uma resistência de aproximadamente 40 ou 50 MPa.

Segundo a ABNT NBR 16697 (2018), a designação normalizada, sigla e classe dos tipos de cimento Portland são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Designação normalizada, siglas e classes do cimento Portland brasileiro segundo a ABNT NBR 16697 (2018)

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classes de resistência	Sufixo
Cimento Portland Comum	Sem adição	CP I	25, 32 ou 40 <sup>c</sup>	RS <sup>a</sup> ou BC <sup>b</sup>
	Com adição	CP I-S		
Cimento Portland Composto	Com escória granulada de alto-forno	CP II-E		
	Com material carbonático	CP II-F		
	Com material pozolânico	CP II-Z		
Cimento Portland de alto-forno		CP III		
Cimento Portland pozolânico		CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	ARI <sup>d</sup>	
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40 <sup>c</sup>	
	Não estrutural	CPB	-	-

<sup>a</sup> O sufixo RS significa resistente a sulfatos e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.3, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

<sup>b</sup> O sufixo BC significa baixo calor de hidratação e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.4, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

<sup>c</sup> As classes 25, 32 e 40 representam os valores mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em megapascals (MPa), conforme método de ensaio estabelecido pela ABNT NBR 7215.

<sup>d</sup> Cimento Portland de alta resistência inicial, CP V, que apresenta a 1 dia de idade resistência igual ou maior que 14 MPa, quando ensaiado de acordo com a ABNT NBR 7215 e atende aos demais requisitos estabelecidos na ABNT NBR 16697 para esse tipo de cimento.

Fonte: ABNT NBR 16697 (2018)

O cimento influencia diretamente na tonalidade do concreto aparente devido à composição mineral e química do clínquer. Além disso, essa variação de cor pode estar relacionada às adições minerais inseridas no processo de produção do concreto. A tonalidade do cimento também depende do teor dos óxidos de ferro e de manganês presentes em sua composição, que pode variar do branco a tons mais graduais de cinza, quando do aumento da presença desses óxidos.

Para Silva (1995), o tipo e o teor das adições presentes nos cimentos CPII (Cimento Portland composto), CPIII (Cimento Portland de alto-forno) e CPIV (Cimento Portland pozolânico) estão relacionadas às suas tonalidades, em que:

---

Identificação das causas de manifestações patológicas na execução de concreto aparente a partir de estudo de caso

- cimentos pozolânicos, contendo em sua composição cinza volante, induzem concretos com cores mais escuras, cuja intensidade está relacionada ao teor de adição;
- cimentos com pozolanas naturais, no geral argilominerais requeimados e finamente pulverizados, induzem concretos com tonalidade avermelhada;
- cimentos de alto-forno induzem concretos com cor mais clara que os produzidos com cimento Portland comum.

É importante a seleção adequada do cimento para que se tenha a resistência esperada do concreto quanto à agressividade das intempéries e para que sejam evitadas diversas manifestações patológicas como fissuras, eflorescências, manchas, variações de tonalidade, entre outras.

### **2.4.3 Água**

A água é essencial para a trabalhabilidade do concreto, e sua quantidade – indicada na relação água/cimento – influencia a resistência e durabilidade do concreto. Segundo Cather et al. (2015), é aconselhável manter a relação a/c igual ou inferior a 0,5 e incluir aditivos para aumentar a trabalhabilidade, e manter essa dosagem para promover a continuidade da cor, já que a quantidade de água impacta na tonalidade.

### **2.4.4 Aditivos**

Segundo a ASTM C 125 (2007), o aditivo é um material que não seja água, agregados, material cimentício hidráulico e reforço de fibra, usado na mistura de concreto ou argamassa para modificar suas propriedades e que é adicionado ao lote antes ou durante sua mistura.

A inclusão de aditivos na mistura do concreto é essencial para se obter fluidez e coesão, que proporcionam concretos aparentes com melhor acabamento. De acordo com o Manual de utilização de aditivos químicos para concreto (2021) do IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização) e segundo a ABNT NBR 11768-1 (2019), aditivos são produtos químicos adicionados e misturados ao concreto, em quantidades geralmente não superiores a 5% da massa de ligante total. O aditivo modifica as propriedades do concreto de forma a otimizar o desempenho da matriz seja no estado fresco, no estado endurecido ou em ambos. Segundo o

IBI e a ABNT NBR 11768-1 (2019), o aditivo redutor de água tipo 2 (RA2), também conhecido como superplastificante, hiperplastificante e mid-range, proporciona elevada redução do consumo de água de concretos, sem modificar sua consistência, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto. Além disso, pode aumentar a resistência mecânica do concreto, quando for usado para reduzir a relação água/cimento.

A aplicação de aditivos favorece a produção de concreto aparente, pois facilita o lançamento e o adensamento; reduz a ocorrência de retração, fissuração e porosidade, aumentando a durabilidade do concreto, permitindo um melhor acabamento.

Além dos aditivos superplastificantes, para a execução do concreto aparente, também é importante destacar a aplicação do concreto autoadensável (CAA).

Segundo a ABNT NBR 15823-1 (2017), o concreto autoadensável é capaz de fluir, autoadensar pelo seu peso próprio, preencher a forma e passar por embutidos (armaduras, dutos e insertos), mantendo sua homogeneidade durante a mistura, transporte, lançamento até o acabamento.

O CAA é muito plástico, ou seja, possui alta fluidez que permite excelente trabalhabilidade. A alta fluidez dispensa o uso de vibração externa pois possui a capacidade de preencher, por si só, cada espaço vazio entre fôrmas e armaduras, garantindo homogeneidade no acabamento e eliminando possíveis manifestações patológicas como ninhos de concretagem e exsudação<sup>6</sup> do material. Além dos aditivos superplastificantes, a formulação do CAA também dispõe de alto teor de finos, adições minerais e modificadores de viscosidade (aditivos que reduzem a segregação e a exsudação de concretos fluidos e autoadensáveis e otimizam o bombeamento).

#### **2.4.5 Adições minerais**

Os finos empregados nas misturas podem apresentar propriedades pozolânicas, cimentícias ou atuar simplesmente como fíler, permitindo a melhoria da qualidade do concreto no estado fresco e a no estado endurecido, em alguns casos aumentando a fluidez e a estabilidade do concreto. Proporcionam também melhor resistência à fissuração térmica por conta da redução do calor

---

<sup>6</sup> Exsudação é a tendência de a água de amassamento subir à superfície recém concretada, devido sua densidade ser menor que a dos agregados e a do cimento. Isso ocorre devido à falta ou ao excesso de vibração, excesso de água de amassamento, baixo teor de cimento, ausência de cura ou cura incorreta.

de hidratação, aumento da resistência final e redução da permeabilidade devido ao refinamento dos poros, resultando no aumento da durabilidade frente ao ataque de agentes agressivos.

Para Vasconcelos (2013), as adições inertes são aquelas que não reagem quimicamente com a pasta de cimento, porém devido sua extrema finura provoca o efeito fíler, que melhora o empacotamento granulométrico, resultando em um concreto com melhor trabalhabilidade no estado fresco e menor porosidade no estado endurecido. Os materiais inertes comumente usados são o calcário, o pó de pedra e o pó de quartzo.

Nas adições cimentantes, que possuem propriedades aglomerantes, resultam em produtos hidratados similares aos gerados pelo clínquer, e normalmente reagem e ganham resistência mecânica lentamente. Ao serem misturados ao cimento, podem ter seu processo de hidratação acelerado, podendo substituir até 70% do clínquer. Os resíduos industriais comumente utilizados são as escórias de alto-forno. (VASCONCELOS, 2013)

E as adições pozolânicas, segundo a ABNT NBR 12653 (1992), são materiais silicosos ou sílicoaluminosos que possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas quando finamente processados e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio formando compostos aglomerantes. As pozolanas podem ser naturais, provenientes de materiais de origem vulcânica; ou artificiais, de subprodutos industriais. São exemplos de pozolanas as cinzas vulcânicas, argilas calcinadas, cinzas volantes, sílica ativa, metacaulim, cinza de casca de arroz.

Na Tabela 2 são apresentadas as adições minerais e seus respectivos resultados tanto no concreto no estado fresco como no endurecido, e cuidados na aplicação na mistura para o concreto aparente.

Vale ressaltar que o uso de algumas adições no concreto aparente deverá ser cauteloso e criterioso visto que podem influenciar na coloração final, principalmente se o concreto aparente for à base de cimento branco. Por exemplo, a cinza volante, a sílica ativa e o metacaulim modificam a tonalidade do concreto deixando-o mais escuro, mais claro, avermelhado, entre outros.

Tabela 2 – Adições minerais e respectivos resultados na mistura do concreto.

<b>Adições minerais</b>	<b>Resultado</b>
Sílica ativa, metacaulim, cinza volante, fíler	Redução da exsudação e da segregação
Sílica ativa, cinzas de casca de arroz	Aumentam o consumo de água, então se aplica em conjunto com aditivos redutores de água
Cinza volante, escória de alto-forno	Diminuem o consumo de água
Sílica ativa, metacaulim, cinza volante, escória de alto-forno	Maior resistência à compressão
Sílica ativa, metacaulim, cinza volante, escória de alto-forno, fíler	Reduz a permeabilidade e a porosidade
Sílica ativa, metacaulim, cinza volante, escória de alto-forno, fíler	Densifica a zona de transição entre a pasta e o agregado
Sílica ativa, escória de alto-forno, cinzas de casca de arroz	Maior resistência a agentes agressivos
Metacaulim	Maior plasticidade
Cinza volante	Retardar do início da pega
Sílica ativa, cinza volante, fíler	Correção da granulometria ao agregado miúdo
Cinza volante, escória de alto-forno	Menor calor de hidratação

Fonte: Elaborada pela autora a partir de COSTA, 2017

## 2.5 Execução e mão de obra

A execução do concreto aparente exige maiores cuidados que as estruturas de concreto que receberão revestimento. Então, a montagem das fôrmas e das armaduras, a aplicação de desmoldante, lançamento e adensamento do concreto, a cura e a desfôrma deverão atender os requisitos pré-estabelecidos para que a qualidade da execução seja adequada.

### 2.5.1 Fôrmas

A superfície de concreto acabada assumirá qualquer imperfeição estampada na face da fôrma, então para garantir a qualidade do acabamento do concreto aparente é importante ter atenção para o seguinte (ABNT NBR 14931, 2004; SILVA, 1995; REGINO, 2021):

- as chapas deverão ser rígidas e não aderentes, e preferencialmente sem cortes e/ou emendas;
- a montagem das fôrmas deverá ser estanque à argamassa, ou seja, todas as juntas entre os painéis deverão ser seladas para eliminar quaisquer escorrimentos de nata e prejudicar a qualidade da concretagem;
- a estanqueidade das fôrmas pode ser garantida se a junta entre as chapas for inferior a 0,20 mm para que seja evitada a fuga de nata. Caso ocorram aberturas acima de 0,20 mm, é recomendada a utilização de materiais vedantes e selante transparente apropriado, a fim de se eliminar qualquer perda de nata;
- evitar o uso de chapas com inconformidades na superfície – descascamentos, descolamento, protuberâncias, relevos, arranhões, entre outros;
- a face exposta da fôrma não deverá apresentar nenhuma fixação aparente como a presença de pregos, grampos, pinos e outros;
- durante a montagem, os operadores deverão tomar cuidados para não danificarem a superfície para garantir que não ocorram arranhões de ferramentas afiadas ou abrasivas e não arrastem as ferragens das armaduras. Quaisquer marcas impressas nas fôrmas não são removidas no tratamento do concreto;
- as chapas deverão ser protegidas contra os danos causados pela água, então deverão ser armazenadas na vertical, cobertas e acomodadas sobre paletes, para evitar que se acumule umidade e inchaço das camadas que as compõem;
- em hipótese alguma deverá ser empregada tinta ou marcações nas fôrmas na face onde será aparente;
- recomenda-se que os travamentos das fôrmas sejam do tipo tubo de PVC com cone de encosto, onde se faz a fixação das barras de ancoragem (agulhas) com porcas por meio de furos nas chapas. A arquitetura deverá indicar a posição das ancoragens e, posteriormente, o padrão de preenchimento dos furos;
- Seguir o projeto de paginação estabelecido pela equipe de arquitetura;

- em um mesmo trecho de concretagem ou elemento estrutural, recomenda-se o uso de fôrmas com o mesmo número de reutilização para que não se tenha diferenças bruscas de tonalidade, já que fôrmas mais novas imprimem um tom mais escuro;
- antes do lançamento do concreto, deverá ser conferido o prumo, o nivelamento e a fixação.

Existem diversos materiais para as fôrmas que vão desde a madeira natural ou industrializada até as de metal, de fibras, pvc, entre outras. Porém o uso mais comum é o de fôrma de madeira, especialmente os compensados.

### **2.5.2 Desmoldantes**

O agente desmoldante é aplicado para que não ocorra a aderência do concreto nas faces das fôrmas. Existem diversos tipos de desmoldantes e com propósitos diferentes, então a escolha do desmoldante ideal deverá ser previamente definida de acordo com o padrão de acabamento exigido. O agente deverá ter um pH neutro e não manchar a superfície da chapa, permitindo um acabamento uniforme à superfície, sem a aderência de poeiras, sujidades ou descoloração.

O desmoldante deverá ser verificado e selecionado junto ao fabricante quanto à compatibilidade dos aditivos do concreto e quaisquer acabamentos posteriores (resinas, vernizes, hidrofugantes, entre outros). Sua aplicação deverá ser realizada sobre as fôrmas limpas e de acordo com as orientações técnicas do fabricante.

Os desmoldantes, se mal-empregados, poderão ocasionar problemas na superfície do concreto aparente conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Problemas ocasionados pelos desmoldantes

Problemas	Desmoldantes				Químico
	Óleo		Emulsão		
	Puro	Com aditivo	Pasta (emulsão de água em óleo)	Líquido (emulsão de óleo em água)	
Bolhas de ar	Muito	Pouco	Pouco	Pouco	Mínimo
Manchas superficiais (amareladas, bege e marrom)	Pouco	Moderado	Pouco	Pouco	Possível (dependendo da qualidade e natureza do material da fôrma e do aditivo do concreto)
Retardo (matriz com coloração mais escura e endurecimento lento)	Pouco	Pouco	Pouco	Moderado/ Intenso	Mínimo
Tonalidades (variações com transição gradual entre áreas mais claras e escuras, com delimitação definida)	Não	Não	Não	Intenso	Não
Descamação (remoção local de lascas e escamas da superfície)	Não	Pouco	Pouco	Moderado	Não
Eflorescência	Normal	Pouco	Pouco	Moderado	Não
Durabilidade	Boa	Boa	Boa	Fraca	Boa

Fonte: Elaborada pela autora a partir de (SILVA, 1995)

### 2.5.3 Armaduras

Assim como a montagem das fôrmas, a montagem das armaduras também deverá ser com cuidado, então para garantir a qualidade do acabamento do concreto aparente é importante ter atenção para o seguinte:

- seguir o cobrimento especificado em projeto e, em alguns casos, deliberar com o(a) projetista calculista os cobrimentos de armaduras, em especial as negativas, para que se evite sua exposição nas faces aparentes;

- evitar que as pontas das ligações em arames fiquem voltadas para a face exposta do concreto aparente. Essas pontas, além de danificar a forma também poderá gerar pontos de oxidação no concreto aparente (Figura 7);

Figura 7 – Pontas de amarração de arames



Fonte: REGINO (2021)

- promover a utilização correta dos espaçadores, mantendo a distribuição adequada conforme a especificação do fornecedor ou do projetista; (MARAN, 2015)
- evitar a ausência ou o distanciamento excessivo dos espaçadores, o emprego de espaçadores inadequados (BARRETO, 2014) e o excesso de movimentação das fôrmas durante a montagem – que promove o deslocamento dos espaçadores;
- os espaçadores mais utilizados são os de plástico, como os:
  - Circulares – utilizados em pilares e vigas (Figura 8);
  - Multi-apoio (Centopéias) – utilizados em lajes e fundo de vigas (Figura 9);
  - Cadeirinha – utilizados em lajes (Figura 10);

- durante a montagem e concretagem da laje, recomenda-se utilizar plataformas de madeiras para que os operadores possam caminhar a fim de evitar o deslocamento das armaduras;
- evitar o uso de barras oxidadas/corroídas;

Figura 8 – Espaçador circular

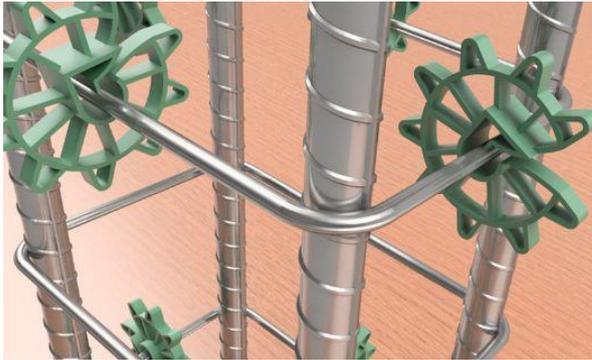
Fonte: Atex ([s.d.])<sup>7</sup>

Figura 9 – Espaçador multi-apoio (Centopéia)

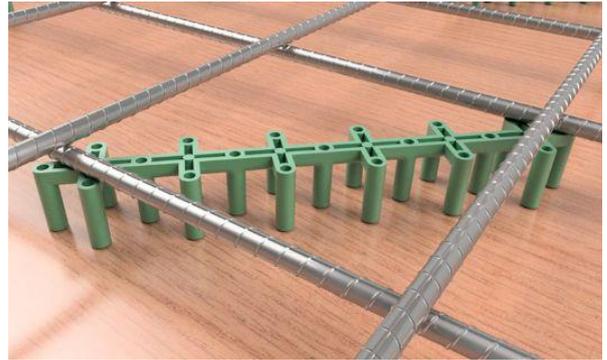
Fonte: Atex, ([s.d.])<sup>7</sup>

Figura 10 – Espaçador cadeirinha

Fonte: Atex ([s.d.])<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://solucoes.atex.com.br/espacadores/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

### 2.5.4 Produção e controle tecnológico

O concreto aparente requer cuidados especiais, então é recomendado que sua produção seja feita de forma controlada, sendo, o concreto usinado a solução ideal. É fundamental que o fornecedor do concreto esteja inteirado de que a produção será de concreto aparente para que não ocorram variações significativas nos materiais constituintes da mistura, na relação água/cimento, no tipo de aditivo e de adições minerais, a fim de que a característica superficial seja mantida como padrão.

A solicitação do concreto junto à usina deverá ser feita informando a resistência característica do concreto conforme projeto estrutural, a classe de agressividade, a dimensão máxima característica do agregado graúdo, o emprego de aditivos ou adições minerais, e a classe de consistência do concreto fresco (abatimento) ou espalhamento se for CAA (concreto autoadensável) no momento do recebimento.

A especificação do concreto por classe de consistência, segundo a ABNT NBR 7112 (2012) é dada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classes de consistência

<b>Classe</b>	<b>Abatimento (A) mm</b>
S10	$10 \leq A < 50$
S50	$50 \leq A < 100$
S100	$100 \leq A < 160$
S160	$160 \leq A < 220$
S220	$A \geq 220$

Fonte: ABNT NBR 7112 (2012)

Para o concreto autoadensável, a especificação é dada por classe de espalhamento conforme a Tabela 5, onde o método de ensaio é o slump-flow conforme ABNT NBR 15823-1 (2017). Além disso, o CAA no estado fresco também é classificado em relação à viscosidade plástica aparente, ao índice de estabilidade visual, habilidade passante e resistência à segregação. (ABNT NBR 15823-1 (2017)).

Tabela 5 – Classes de espalhamento

<b>Classe</b>	<b>Espalhamento mm</b>
SF1	550 a 650
SF2	660 a 750
SF3	760 a 850

Fonte: ABNT NBR 15823-1 (2017)

Para o concreto aparente, recomenda-se a classe de consistência S220 ou, preferencialmente, o CAA, para que se garanta o perfeito cobrimento e evite quaisquer falhas do tipo ninhos de concretagem, segregação, bolhas, entre outras.

A usina fornecedora deverá dispor dos insumos adequados à produção e deverá ter total comprometimento em cada etapa do processo de produção, devendo (ABNT NBR 14931, 2004; ABNT NBR 6118, 2014; ABNT NBR 7211, 2009; ABNT NBR 12655, 2015; SILVA, 1995; REGINO, 2021):

- caracterizar os materiais componentes do concreto, fazendo a seleção adequada dos insumos;
- utilizar água limpa e isenta de impurezas na mistura;
- garantir que os agregados estejam saturados para que não haja a perda de água do traço por absorção;
- estudar a dosagem do concreto;
- ajustar e comprovar o traço do concreto;
- deliberar com a equipe de engenharia a melhor solução de aditivos e de adições minerais;
- fornecer relatórios de insumos e materiais, atestando suas características, propriedades e estando disponível para possíveis ajustes;
- manter o padrão de produção em todas as fases de projeto de acordo com o que foi ajustado com a engenharia a fim de que não haja discrepâncias na tonalidade do concreto;

- Manter arquivada durante 5 anos a documentação relativa ao cumprimento das prescrições e disposições relativas às etapas de preparo do concreto, bem como as disposições presentes na ABNT NBR 7212 (2012) e na ABNT NBR 12655 (2015).

É feito um controle rigoroso do registro da quantidade de água adicionada na central e a ser complementada para que o traço seja respeitado. (ABNT NBR 7212, 2012). Além da água, os aditivos também poderão ser adicionados nesse momento, esse manuseio deverá ser previamente ajustado com o fornecedor.

O tempo de transporte contado do momento da mistura até a entrega é fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra após o início da pega, para que não haja juntas frias de concretagem; além disso, deverá ser inferior a 90 minutos.

No recebimento do concreto, a aceitação deverá ser feita mediante a conferência de todas as características no documento de entrega, se estão de acordo com o pedido do concreto. De acordo com a ABNT NBR 7212 (2021), no documento de entrega, além das informações obrigatórias, deverá constar:

- volume de concreto;
- registro da hora de início da mistura (primeira adição de água);
- classe de consistência ou de espalhamento no início da descarga;
- dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- resistência característica do concreto à compressão;
- quantidade de água complementar a ser adicionada na obra;
- código de identificação do traço;

O traço do concreto é identificado na Carta de Traço, que segundo a NBR 7212 (2012) deverá conter:

- data de elaboração da carta de traço;
- código de identificação de traço;
- especificações do concreto;

- materiais utilizados;
- fornecedores de insumos;
- quantidade em massa de cada componente do concreto;
- assinatura do responsável técnico.

Ainda, deverá ser feita pelo fornecedor do concreto ou empresa terceirizada o controle tecnológico do concreto, que se inicia com o ensaio de tronco de cone para atestar o abatimento ou espalhamento no caso do CAA. Além disso, deverão ser moldados 2 corpos de prova da mesma viagem, de acordo com a ABNT NBR 5738 (2015), para o rompimento e verificação da resistência à compressão, cujo resultado será o maior dos dois valores obtidos no ensaio.

### **2.5.5 Lançamento, adensamento e cura**

O concreto deverá ser lançado logo após a mistura com uma tolerância de 150 minutos (ABNT NBR 7212, 2012, p.11) e de modo algum deverá ser feito seu lançamento se já houve o início da pega (ABNT NBR 14931, 2004, p.20). Outros períodos de tolerância podem ser utilizados, desde que avaliados de acordo com os aditivos empregados (ABNT NBR 7212, 2012, p.11).

O lançamento deverá ser feito com técnicas que eliminem ou minimizem significativamente o surgimento de segregação entre seus componentes, tomando um cuidado quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade de armadura, principalmente quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 metros, e em peças esbeltas, a fim de se evitar a segregação e falta de argamassa.

De acordo com Silva (1995), o intervalo de lançamento entre uma camada com relação à imediatamente inferior não deverá ultrapassar o limite de 2 horas. E, segundo a ABNT NBR 7212 (2021), o tempo de transporte decorrido do início da mistura, a partir do instante da primeira adição de água, até a entrega deverá ser fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra depois do início da pega do concreto lançado e/ou das camadas e/ou partes adjacentes a essa mesma remessa para que não ocorra juntas frias.

O adensamento do concreto deverá ser realizado por meio de vibradores de imersão imediatamente após o lançamento para que o ar aprisionado na massa de concreto seja liberado, e deverá ser feito em camadas de concreto de até 50 cm para facilitar a saída das bolhas de ar.

De acordo com a ABNT NBR 14931 (2004), na utilização dos vibradores de imersão, alguns cuidados devem ser tomados, como:

- a espessura da camada a ser vibrada deverá ser aproximadamente igual a  $\frac{3}{4}$  do comprimento da agulha do vibrador;
- ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deverá alcançar cerca de 10 cm da camada anterior;
- o vibrador deverá ser inserido no concreto preferencialmente na posição vertical;
- vibrar o maior número de pontos ao longo do elemento estrutural;
- retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, de forma que a cavidade aberta pela agulha se feche novamente;
- evitar que o vibrador entre em contato com as paredes das fôrmas para que não ocorra a formação de bolhas de ar na superfície da peça;
- promover um adensamento adequado e uniforme de toda a massa de concreto, observando os cantos e arestas para que não tenham vazios;
- mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar brilho.

A cura do concreto é indispensável e deve ser iniciada tão logo se perceba que houve a pega do concreto e sempre antes da secagem da água de exsudação da superfície, pois poderá haver retração do concreto. (ISAIA, 2011). É fundamental que a cura seja úmida e contínua, onde o concreto deverá ser protegido da incidência do sol e vento para que não haja a perda de água. Então, recomenda-se o emprego de lona para cobrir as superfícies recém-concretadas que poderão ser mantidas sobre superfícies expostas a intempéries a fim de protegê-las até que sejam isoladas de forma adequada (instalação de pingadeiras, soleiras, aplicação de vernizes, hidrofugantes, entre outros).

## **2.6 Durabilidade e resistência**

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais e de utilização previstas na fase de projeto, conservem sua segurança, estabilidade

e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil. E, para que a durabilidade das estruturas de concreto seja satisfatória, é necessária cooperação e atitudes coordenadas de todos os envolvidos nos processos de projeto, execução e utilização, devendo-se seguir o estabelecido na ABNT NBR 12655 (2015) e no manual de utilização, inspeção e manutenção (ABNT NBR 6118, 2014).

A durabilidade da estrutura de concreto, aparente ou não, depende de diferentes fatores vinculados à fase de projeto, seleção dos insumos, produção, lançamento e adensamento, da execução da cura e programas de manutenção. Está relacionada à vida útil da construção, às propriedades dos materiais e à exposição destes ao longo do tempo. De acordo com a norma de desempenho ABNT NBR 15575-1 (2013), a Vida Útil do Projeto (VUP) mínima para estruturas de concreto deve ser igual ou superior a 50 anos.

A ABNT NBR 6118:2014 define os mecanismos de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto armado em mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto (lixiviação, expansão por sulfato e reação álcali-agregado), em mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura (despassivação por carbonatação e por ação de cloretos) e em mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita (relacionados à ação mecânica, movimentação térmica, impactos, ações cíclicas e diversas ações que atuam sobre a estrutura).

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto. A partir do nível de agressividade do ambiente, são definidas a relação água/cimento máxima, a espessura do cobrimento da armadura, a resistência à compressão mínima e a abertura máxima de fissura. A NBR 6118 apresenta tabelas que definem as classes de agressividade ambiental (Tabela 6), correspondendo essas à qualidade do concreto (Tabela 7) e o cobrimento nominal dos elementos estruturais (Tabela 8).

Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto, Procedimento (2014, p. 17)

Tabela 7 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto, Procedimento (2014, p. 18)

Tabela 8 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$

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

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

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

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

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto, Procedimento (2014, p. 20)

Segundo Amorim (2010), ao se explorar a textura natural do concreto, não executando o revestimento superficial para esconder as possíveis imperfeições do concreto, perdeu-se uma camada de proteção da estrutura, ficando assim o concreto exposto às intempéries e outras agressões à estrutura. O concreto aparente precisa ter capacidade de suportar todos os agentes agressores, sem que haja erros de projeto e de execução, pois isso impactará na redução da vida útil da estrutura. Além disso, devem-se programar manutenções periódicas para que se mantenha a aparência original.

O concreto aparente é um meio econômico de construção devido ao baixo custo inicial e o reduzido custo de manutenção ao longo da vida útil. Logo, para que essa economia seja efetiva, é necessário que o projeto esteja de acordo com a função que exercerá a estrutura a fim de que seja reduzida a degradação do concreto devido à sua exposição direta aos agentes nocivos. Além da redução da degradação, para que, de fato, o fator econômico seja garantido, é essencial que cada etapa de processo seja executada com cuidado a fim de se evitar futuros reparos para recuperação estética e funcional da estrutura. Então, cada detalhe construtivo (inclinações, texturas, escoamento de água, curvas, recortes) deverá ser bem pensado.

### 3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO APARENTE

O concreto aparente é suscetível a transformações devidas às interações entre seus elementos constituintes e o meio em que está inserido. Essas interações poderão ocasionar manifestações patológicas, que estão vinculadas às fases da vida da estrutura ou ao processo de deterioração que as originaram. Suas incidências estão relacionadas aos mecanismos de degradação, execução e/ou controle de qualidade e se apresentam tanto no concreto no estado fresco como no estado endurecido.

A partir de uma revisão sistemática da literatura (JOHNSON, 1973; DAL MOLIN, 1988; ARANHA, 1994; SILVA, 1995; CALAVERA RUIZ, 1996; ABNT NBR 6118, 2014; ABNT NBR 14931, 2004; CRUZ, 2022), foram compiladas as principais manifestações patológicas em estruturas de concreto, que estão apresentadas nos itens 3.1 e 3.2.

#### 3.1 Concreto no estado fresco

As tabelas numeradas de Tabela 9 a Tabela 19 apresentam as principais manifestações patológicas que podem ocorrer quando o concreto ainda se encontra no estado fresco.

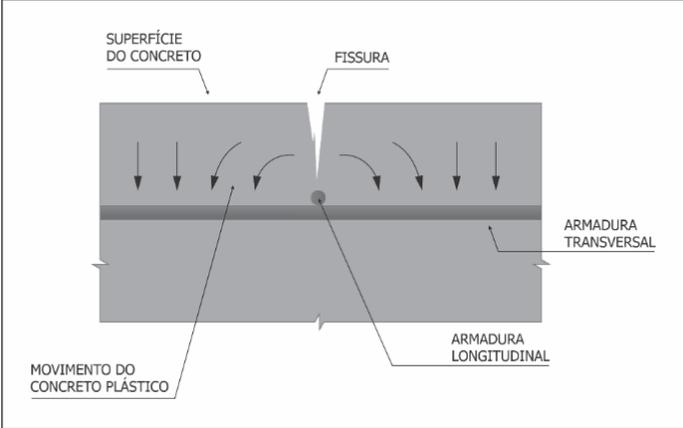
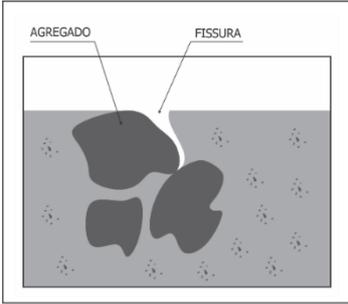
Tabela 9 – Fissuras por assentamento plástico

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras por assentamento plástico
Definição	Sedimentação das partículas sólidas, obstruídas pela armadura, pelos agregados de maiores dimensões ou por variação de seções.
Aspectos gerais	As que ocorrem devido à presença de armaduras horizontais, ocorrem continuamente na mesma direção da armadura. As que ocorrem devido aos agregados não seguem um padrão de direção, podendo ocorrer até mesmo no interior da massa de concreto. As fissuras ocorrem de 10 minutos a 3 horas após o lançamento do concreto (CEB <sup>8</sup> , 1989 apud ARANHA, 1994) e se apresentam estáveis após o endurecimento do concreto.

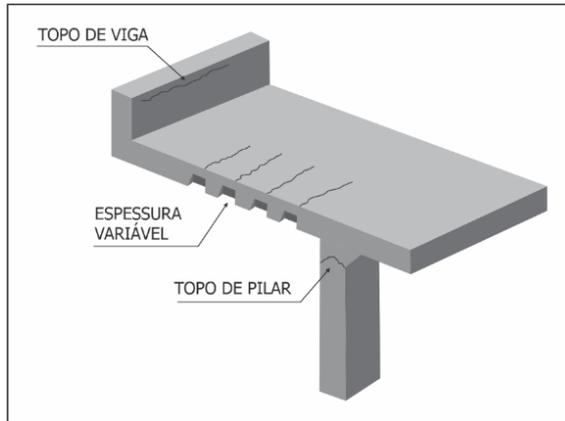
<sup>8</sup> COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. **Durability of concrete structures – design guide**. Copenhagen: Thomas Telford, 1989. 112p.

(continua)

<p>Causas prováveis</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesso de exsudação;</li> <li>- vibração excessiva;</li> <li>- intervalo de tempo demorado entre o lançamento e o início da pega;</li> <li>- baixa ou ausência de estanqueidade das fôrmas;</li> <li>- armaduras com diâmetros grandes, baixo cobrimento e malhas densas.</li> </ul>
<p>Prevenção</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir a dosagem de água na mistura;</li> <li>- priorizar o acréscimo de pozolanas, aumentando os finos, com o intuito de elevar a coesão e reduzir a exsudação;</li> <li>- utilizar aditivos plastificantes ou incorporadores de ar, que aumentam a trabalhabilidade e reduzem o consumo de água, diminuindo a exsudação.</li> </ul>
<p>Localização</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Topo de pilares;</li> <li>- topo de vigas;</li> <li>- regiões delgadas de peças com espessura variável.</li> </ul>
<p>Recuperação</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmatação superficial;</li> <li>- injeção, dependendo da espessura da fissura.</li> </ul>
<p>Configurações típicas</p>	<p>Figura 11 – Assentamento plástico do concreto impedido pela armadura.</p>  <p>Fonte: (JOHNSON, 1973), adaptado pela autora</p> <p>Figura 12 – Assentamento plástico do concreto impedido pela armadura</p>  <p>Fonte: (DJANIKIAN, citado por (ISAIA, 1984) apud DAL MOLIN, 1988), adaptado pela autora</p>

(conclusão)

Figura 13 – Configurações típicas de fissuras por assentamento plástico



Fonte: (CEB<sup>9</sup>, 1985 apud (DAL MOLIN, 1988), adaptado pela autora

Foto

Figura 14 – Fissuras por assentamento plástico na direção das armaduras



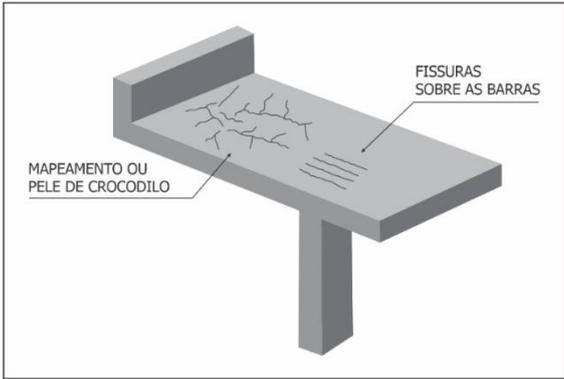
Fonte: (“HOW TO AVOID CONCRETE CRACKS”, 2020)<sup>10</sup>

<sup>9</sup> COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. Durable concrete structures. Paris, 1985. (Bulletin d'Information, 166)

<sup>10</sup> Disponível em: <<https://underconstruction.placemakers.co.nz/how-to-avoid-concrete-cracks/>>. Acesso em: 2 out. 2022.

Tabela 10 – Fissuras por dessecação superficial

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras por dessecação superficial
Definição	Ocorrem devido à perda excessiva da água de amassamento, seja por evaporação, absorção pelos agregados ou pelas fôrmas.
Aspectos gerais	O efeito de absorção pelos agregados pode ser eliminado pela saturação prévia dos agregados. O grau de evaporação depende da temperatura, velocidade e umidade relativa do ar, da qualidade da cura realizada e da temperatura superficial do concreto (DAL MOLIN, 1988). São fissuras previsíveis, em forma de mapa ou pele de crocodilo e que se apresentam estáveis após o endurecimento do concreto. O surgimento dessas fissuras ocorre de 30 minutos até 6 horas após o lançamento do concreto. A espessura varia de 2 a 3 mm, diminuindo conforme se afasta da superfície.
Causas prováveis	- Temperaturas elevadas; - velocidade do ar elevada; - baixa umidade relativa do ar; - falta de cuidados na cura do concreto, frente à temperatura superficial do concreto.
Prevenção	- Reduzir a temperatura do concreto em dias quentes (resfriando a água de amassamento, mantendo os agregados à sombra ou úmidos, protegendo as fôrmas na sombra e umedecendo-as antes do lançamento); - realizar o lançamento do concreto em turnos mais frescos do dia (tarde/noite); - reduzir o tempo entre o lançamento e início da cura; - manter a umidade do concreto.
Localização	- Ocorrem normalmente em superfícies horizontais cuja relação superfície livre/volume exposta é elevada; - em lajes cuja armadura está posicionada muito próxima à superfície, as fissuras tendem a acompanhar a direção das barras; - As fissuras se distribuem de forma aleatória, encontrando-se quase sempre com ângulos aproximadamente retos (DAL MOLIN, 1988).
Recuperação	- Colmatação superficial
Configurações típicas	<p>Figura 15 – Configurações típicas de fissuras por dessecação superficial</p>  <p>Fonte: (CEB, apud (DAL MOLIN, 1988), adaptado pela autora</p>

(conclusão)

Foto	<p data-bbox="614 327 1358 356">Figura 16 – Dessecação superficial de elementos de concreto armado</p>  <p data-bbox="842 869 1129 898">Fonte: (RUSCHEL, 2011)</p>
------	--

Tabela 11 – Ninhos de concretagem ou bicheiras

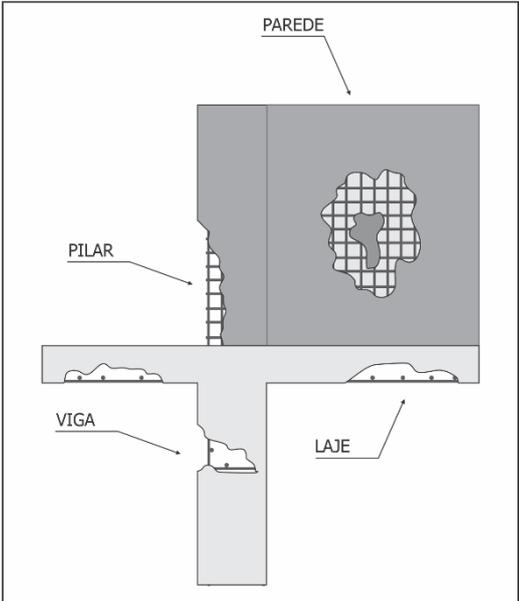
(continua)

Manifestação Patológica	Ninhos de concretagem ou bicheiras
Definição	Se apresentam como vazios na massa de concreto, devido ao preenchimento incorreto e/ou incompleto das fôrmas durante o lançamento do concreto.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presença de vazios no concreto;</li> <li>- agregados não envolvidos pela argamassa.</li> </ul>
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa trabalhabilidade do concreto devido ao baixo fator água/cimento (reduzido abatimento);</li> <li>- alta densidade de armaduras;</li> <li>- agregados com diâmetros grandes;</li> <li>- transporte, lançamento e/ou adensamento inadequados do concreto.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar um concreto mais fluido, com trabalhabilidade ótima;</li> <li>- em casos de armaduras densas, optar pelo concreto autoadensável;</li> <li>- executar a montagem cuidadosa das fôrmas, assegurando a estanqueidade para evitar vazamento de nata;</li> <li>- realizar o lançamento de concreto em paredes e pilares com cuidado para que os agregados graúdos não se depositem no fundo da fôrma;</li> <li>- utilizar o vibrador de forma adequada e sem excesso.</li> </ul>
Localização	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, particularmente nos cantos e nas ligações das peças.</li> <li>- regiões cuja armadura e malha são densas.</li> </ul>

Identificação das causas de manifestações patológicas na execução de concreto aparente a partir de estudo de caso

(conclusão)

<p>Recuperação</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização da limpeza do substrato, removendo as partes de concreto soltas e de baixa qualidade;</li> <li>- restauração do trecho com argamassa de reparo estrutural; ou</li> <li>- corte e reconstituição da seção com concreto, graute, argamassa para reparo estrutural, entre outros.</li> </ul>
--------------------	---

<p>Configurações típicas</p>	<p>Figura 17 – Manifestação típica de ninho de concretagem e segregação</p>  <p>Fonte: (HELENE, 2002), adaptado pela autora</p>
------------------------------	--

<p>Foto</p>	<p>Figura 18 – Ninhos de concretagem ou bicheira</p>  <p>Fonte: a autora</p>
-------------	--

Tabela 12 – Segregação do concreto

Manifestação Patológica	Segregação do concreto
Definição	Ocorre devido à falta de homogeneidade da mistura, quando há a manipulação excessiva do concreto, como vibração prolongada ou repetida no mesmo local ou quando a técnica de lançamento do concreto é inadequada (inclinações excessivas, queda livre do concreto nas fôrmas, entre outros).
Aspectos gerais	Distribuição heterogênea dos agregados na massa de concreto.
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixa relação água/cimento;</li> <li>- alta densidade de armaduras;</li> <li>- agregados com diâmetros grandes;</li> <li>- granulometria inadequada;</li> <li>- transporte, lançamento e/ou adensamento inadequados do concreto.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar um concreto mais fluido, com trabalhabilidade ótima;</li> <li>- em casos de armaduras densas, optar pelo concreto autoadensável;</li> <li>- executar a montagem cuidadosa das fôrmas, assegurando a estanqueidade para evitar vazamento de nata;</li> <li>- realizar o lançamento de concreto em paredes e pilares com cuidado para que os agregados graúdos não se depositem no fundo da fôrma;</li> <li>- utilizar o vibrador de forma adequada e sem excesso.</li> </ul>
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização da limpeza do substrato, removendo as partes de concreto soltas e de baixa qualidade;</li> <li>- restauração do trecho com argamassa de reparo estrutural; ou</li> <li>- corte e reconstituição da seção com concreto, graute, argamassa para reparo estrutural;</li> <li>- em situações de segregação profunda, realizar injeção para preenchimento dos vazios com material adequado (epóxi, poliuretano, cimento etc.) (UFOP, [s.d.])</li> </ul>
Foto	<p style="text-align: center;">Figura 19 – Segregação do concreto</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: a autora</p>

Tabela 13 – Alteração na geometria dos elementos estruturais

Manifestação Patológica	Alteração na geometria dos elementos estruturais
Definição	São alterações na geometria das peças estruturais em relação ao que consta no projeto: nível, superfície, planeza, esquadro, dimensões das seções, entre outras.
Aspectos gerais	Seções dos elementos estruturais e/ou deslocamentos dos eixos diferentes do estabelecido em projeto.
Causas prováveis	- Erros na interpretação dos projetos; - desconformidades na execução das fôrmas dos elementos estruturais.
Prevenção	- Elaboração de projetos claros e com detalhamentos; - mão de obra especializada e treinada.
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais.
Recuperação	- Corte dos excessos da seção; - recomposição da seção; - se o problema afetar a estrutura, reforçar para recompor as condições estabelecidas em projeto; - se o problema for apenas estético e não comprometer o todo, assumir o excesso.
Foto	<p>Figura 20 – Abaulamento de trecho de viga em fachada aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 14 – Fissuras por movimentação das fôrmas

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras por movimentação das formas
Definição	Ocorrem em razão da movimentação e/ou deformação das formas quando o concreto ainda encontra-se no estado fresco, onde não tem condições de resistir aos esforços aplicados.
Aspectos gerais	As fissuras causadas por essa deformação podem ser internas e/ou na superfície. As fissuras internas constituem um perigo potencial pois podem acumular água na massa do concreto, contribuindo no processo de corrosão de armaduras. Essas fissuras se estabilizam quando o concreto está no estado endurecido.

(conclusão)

Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiência na avaliação de todas as cargas atuantes nas fôrmas;</li> <li>- falhas de interpretação de projetos e detalhamentos;</li> <li>- ineficiência das amarrações, no escoramento, no contraventamento;</li> <li>- lançamento indevido do concreto, resultando no aumento das pressões;</li> <li>- desfôrma e retirada do escoramento antes do tempo previsto;</li> <li>- avaliação incorreta das cargas atuantes (peso próprio, circulação de pessoas e movimentação de equipamentos sobre as fôrmas, utilização incorreta de vibradores);</li> <li>- utilização de aditivo superfluidificante, que aumenta a trabalhabilidade, aumentando, conseqüentemente, a pressão sobre as fôrmas.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboração cuidadosa do projeto, considerando todos os esforços atuantes e levando em consideração as condições da obra;</li> <li>- supervisão sistemática durante a montagem das fôrmas e no lançamento do concreto;</li> <li>- utilizar mão-de-obra qualificada e com treinamento adequado;</li> <li>- manter as fôrmas e escoramentos pelo tempo suficiente para que o concreto desenvolva a resistência prevista.</li> </ul>
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmatação superficial;</li> <li>- dependendo do tipo de abertura e profundidade, realizar injeção para preenchimento dos vazios com material adequado (epóxi, poliuretano, cimento, entre outros).</li> </ul>
Configurações típicas	<p style="text-align: center;">Figura 21 – Fissuras devido à movimentação das fôrmas</p> <p style="text-align: center;">Fonte: (JOHNSON, 1973), adaptado pela autora</p>

Tabela 15 – Aspectos estéticos e visuais deficientes

Manifestação Patológica	Acabamento superficial e aspecto estético deficientes
Definição	É a alteração do acabamento superficial do concreto aparente, afetando sua aparência natural e homogeneidade.
Aspectos gerais	- Rugosidade aumentada, facilitando o depósito e penetração de agentes agressivos; - alteração da tonalidade da superfície; - exposição dos agregados.
Causas prováveis	- Ausência ou má utilização de desmoldantes; - adensamento inadequado ou em tempos diferentes; - juntas de concretagem mal executadas; - ninhos de concretagem e segregações.
Prevenção	Correção prévia dos agentes que estimulam as causas prováveis descritas acima.
Localização	Superfície dos elementos em concreto aparente;
Recuperação	Geralmente as imperfeições são amenizadas com o tratamento do concreto aparente.
Foto	<p>Figura 22 – Superfície de concreto aparente com imperfeições</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 16 – Fuga de nata de cimento entre as fôrmas

(continua)

Manifestação Patológica	Fuga de nata de cimento entre as fôrmas
Definição	Ocorrem devido à falta de estanqueidade na junção das fôrmas ou por movimentação das fôrmas durante a concretagem.
Aspectos gerais	Afloramento de pasta de cimento entre as fôrmas, com aspecto característico, apresentando com relevo e destaque a emenda entre as fôrmas.
Causas prováveis	- Falta de estanqueidade devido a juntas mal vedadas; - movimentação das fôrmas no momento da concretagem; - adensamento excessivo que ocasiona na migração da pasta de cimento para a superfície.

(conclusão)

Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover a perfeita estanqueidade entre as fôrmas, assegurando total vedação entre elas;</li> <li>- fixar adequadamente as fôrmas para que não haja movimentação durante a concretagem;</li> <li>- realizar o adensamento do concreto de forma cuidadosa.</li> </ul>
Localização	Ocorrem nas emendas entre as fôrmas de qualquer elemento estrutural de concreto aparente.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remoção dos excessos aflorados entre as fôrmas e posterior lixação;</li> <li>- para amenizar o aspecto de “quebrado” pós-remoção do relevo excessivo e da lixação, poderá ser feito um requadro simulando o encaixe entre as fôrmas, cuidando na tonalidade da mistura de cimento (cimento branco e cimento Portland comum) a fim de minimizar e disfarçar a imperfeição.</li> </ul>
Foto (fonte)	<p>Figura 23 – Fuga de nata entre fôrmas em laje de concreto aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 17 – Inconformidades nas fôrmas

(continua)

Manifestação Patológica	Inconformidades nas fôrmas
Definição	Presença de arranhões, furos, pontas, relevos acentuados, lascamentos, manchas, entre outros, nas fôrmas que são utilizadas para a moldagem dos elementos em concreto aparente.
Aspectos gerais	Todas as características das fôrmas são impressas na superfície de concreto aparente. Caso a fôrma possua inconformidades estéticas, essas serão também transferidas para a superfície do concreto aparente, prejudicando a aparência desejada.
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Má seleção das chapas;</li> <li>- mal acondicionamento das chapas;</li> <li>- utilização acima do número máximo de reutilizações.</li> </ul>

Identificação das causas de manifestações patológicas na execução de concreto aparente a partir de estudo de caso

(conclusão)

Prevenção	- Utilizar fôrmas adequadas ao projeto e acabamento desejado; - estabelecer o número máximo de reutilizações para as chapas.
Localização	Na superfície de qualquer elemento estrutural de concreto aparente.
Recuperação	A recuperação consiste em amenizar as imperfeições. Geralmente as imperfeições são amenizadas com o tratamento do concreto aparente (lavagem, lixação e estucamento, se necessário).
Foto (fonte)	<p>Figura 24 – Superfície de fundo de laje em concreto aparente com a estampa das manchas e aranhões que estavam presentes na fôrma.</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 18 – Insuficiência ou excesso de desmoldante

(continua)

Manifestação Patológica	Insuficiência ou excesso de desmoldante
Definição	A utilização insuficiente de desmoldante pode ocasionar lascamento do concreto, além de desprendimento das camadas das fôrmas de madeira que ficam aderidas ao concreto. E o excesso de desmoldante pode produzir manchas, bolhas e retardo na pega.
Aspectos gerais	Presença de bolhas de ar, madeira aderida, manchas, descamação, lascamentos e mudanças de tonalidade nas superfícies de concreto aparente.
Causas prováveis	Ausência de padrão na aplicação do desmoldante, podendo ocorrer em excesso ou em falta.
Prevenção	- Aplicar o desmoldante de forma adequada, respeitando as recomendações do fabricante; - verificar as condições das fôrmas antes da aplicação do desmoldante, que devem estar isentas de pó, óleos, arames ou qualquer objeto que venha danificar a superfície de concreto aparente; - respeitar o número máximo de reutilizações das chapas, mesmo que aplicando o desmoldante;
Localização	Na superfície de qualquer elemento estrutural de concreto aparente (lavagem, lixação e estucamento, se necessário).

(conclusão)

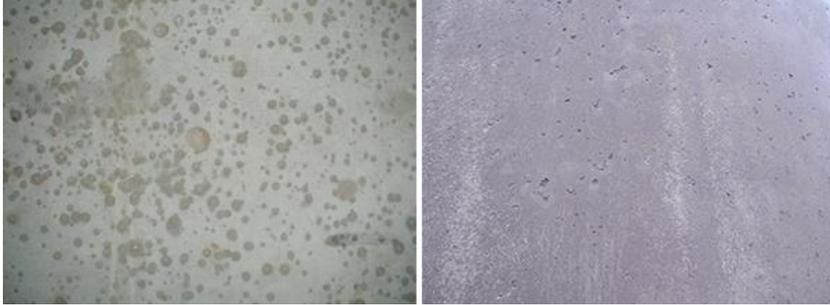
Recuperação	Geralmente as imperfeições são amenizadas com o tratamento do concreto aparente.
Foto (fonte)	<p>Figura 25 – Presença de manchas e bolhas devido ao uso incorreto de desmoldante</p>  <p>Fonte: (“Desmoldantes”, 2013)<sup>11</sup></p>

Tabela 19 – Presença de materiais de descarte no concreto

Manifestação Patológica	Presença de materiais de descarte no concreto
Definição	Ocorrem devido à falta de limpeza e remoção de sujeira das fôrmas antes da concretagem.
Aspectos gerais	Presença de materiais de descarte como: copos, embalagens, plásticos, pontas de cigarro, pontas de arame recozido utilizado na amarração das armaduras, serragem, resíduos da instalação elétrica e hidráulica.
Causas prováveis	Desleixo e falta de cuidados na limpeza das fôrmas antes da concretagem.
Localização	Visível na superfície de qualquer elemento estrutural de concreto aparente.
Recuperação	Se possível, remover o material e preencher o trecho com argamassa.
Foto (fonte)	<p>Figura 26 – Pedaco de plástico na superfície de parede em concreto aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

<sup>11</sup> Disponível em: <<https://nucleoparededeconcreto.com.br/desmoldantes/>>. Acesso em: 1 out. 2022

### 3.2 Concreto no estado endurecido

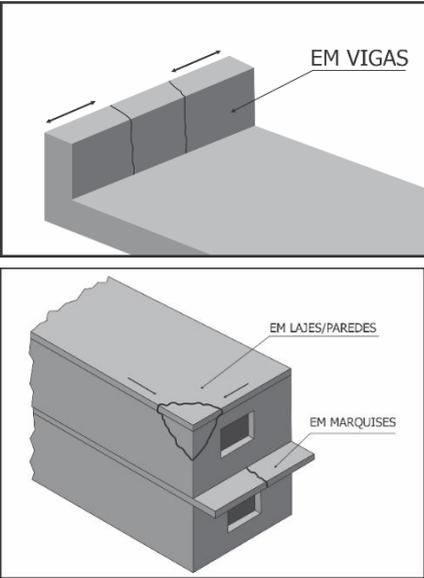
As tabelas numeradas de 20 a 32 apresentam as principais manifestações patológicas que podem ocorrer quando o concreto ainda se encontra no estado endurecido.

Tabela 20 – Fissuras por movimentação térmica interna

Manifestação Patológica	Fissuras por movimentação térmica interna
Definição	Ocorrem quando a resistência à tração do concreto é superada pelas tensões geradas por esforços de tração devido à retração do elemento estrutural. Essas tensões são geradas pelo alto calor de hidratação do cimento (devido a uma reação exotérmica), que aumenta a temperatura do concreto.
Aspectos gerais	- Surgem durante a hidratação da pasta de cimento; - são fissuras estáveis após a total hidratação da pasta de cimento.
Causas prováveis	- Elevação da temperatura do concreto devido ao alto calor de hidratação da pasta de cimento; - dosagem com elevado consumo de cimento; - grande volume de massa de concreto.
Prevenção	- Reduzir a temperatura de hidratação do cimento, empregando cimento de baixo calor de hidratação ou acrescentando pozolanas; - aplicar aditivos retardadores a fim de reduzir a velocidade das reações, permitindo a dissipação do calor; - reduzir a temperatura inicial do concreto, reduzindo a temperatura do cimento (inferior a 50°C), diminuindo a temperatura dos agregados e empregando água fria ou gelo na mistura; - realizar o lançamento do concreto em turnos mais frescos do dia (tarde/noite); - promover a cura com água abundante para melhor dissipação do calor e redução da retração.
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, porém com maior incidência nas estruturas que possuem grande volume de concreto, quando o procedimento de cura não é feito de forma adequada.
Recuperação	- Colmatação; - estucamento.
Foto	<p>Figura 27 – Fissuras térmicas em laje espessa</p>  <p>Fonte: (NRMCA, 2009)</p>

Tabela 21 – Fissuras por movimentação térmica externa

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras por movimentação térmica externa
Definição	Ocorrem quando a resistência à tração do concreto é superada pelas tensões geradas por esforços de tração devido à retração do elemento estrutural. Essas tensões são geradas por mudanças nas condições ambientais (fatores climáticos que incluem a temperatura ambiente, radiação solar e ação do vento).
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- São fissuras cuja abertura é da ordem de 1/2500 de sua profundidade;</li> <li>- a distância entre duas fissuras paralelas está entre 2 à 4 vezes sua profundidade;</li> <li>- manifestam-se algumas semanas após o lançamento do concreto e, dependendo das condições ambientais, podem levar meses ou anos;</li> <li>- não são fissuras estabilizadas;</li> <li>- são fissuras ativas cíclicas.</li> </ul>
Causas prováveis	- Mudanças nas condições ambientais.
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prever no projeto o movimento máximo de dilatação e contração térmica previsível associado à amplitude térmica do local da construção;</li> <li>- Segundo Johnson (1973) apud Dal Molin (1988) promover a utilização de armaduras que absorvam as tensões de tração geradas pelas movimentações térmicas, e adoção de isolamento térmico.</li> </ul>
Localização	Em qualquer peça estrutural. Ocorre com mais frequência em peças de grandes dimensões, sem juntas de dilatação.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmatação superficial com material elastomérico;</li> <li>- criação de uma junta de movimentação no local da fissura, preenchida com material elastomérico.</li> </ul>
Configurações típicas	<p>Figura 28 – Fissuras por contração térmica em vigas, lajes, paredes e marquises</p>  <p>Fonte: (DAL MOLIN, 1988), adaptado pela autora</p>

(conclusão)

Foto	<p style="text-align: center;">Figura 29 – Fissuras térmicas</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: (cortesia de DAL MOLIN)</p>
------	---

Tabela 22 – Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica
Definição	Ocorrem quando a resistência à tração do concreto é superada pelas tensões desenvolvidas devido à restrição à contração volumétrica da pasta de cimento ocasionada pela liberação de água livre no interior da massa de concreto, conservada em ar não saturado.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- São fissuras cuja abertura é da ordem de 1/2500 de sua profundidade;</li> <li>- a distância entre duas fissuras paralelas está entre 5000 à 10000 vezes sua abertura;</li> <li>- manifestam-se em períodos muito longos, ainda que sua velocidade decresça rapidamente;</li> <li>- são fissuras ativas e cíclicas.</li> </ul>
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo, classe e categoria do cimento podem favorecer a retração.</li> <li>- relação água/cimento elevado;</li> <li>- baixa umidade do ar;</li> <li>- utilização de agregados leves, que possuem menor módulo de deformação, tendo menor restrição à retração.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar cimentos cujo desenvolvimento das resistências seja mais lento para reduzir a ocorrência de fissuras;</li> <li>- reduzir a dosagem de água;</li> <li>- utilizar agregados graúdos, pois estes restringem a possibilidade de retração;</li> <li>- aplicar juntas de dilatação devidamente espaçadas;</li> <li>- preferir o emprego de armaduras em que haja a melhor distribuição com o maior número de barras com menor diâmetro que maiores diâmetros (DAL MOLIN, 1988).</li> </ul>
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, porém com maior incidência em lajes devido à grande superfície de contato com o ambiente.

(conclusão)

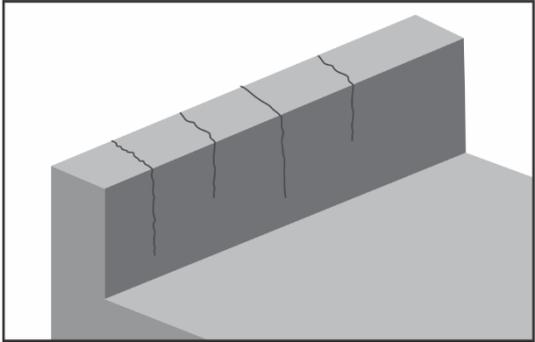
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmatação superficial com material elastomérico;</li> <li>- criação de uma junta de movimentação no local da fissura, preenchida com material elastomérico.</li> </ul>
Configurações típicas	<p style="text-align: center;">Figura 30 – Fissuras por retração hidráulica em viga.</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: (CARMONA; CARMONA FILHO, 2013), adaptado pela autora</p>
Foto	<p style="text-align: center;">Figura 31 – Fissuras por retração hidráulica em fundo de laje aparente</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: a autora</p>

Tabela 23 – Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos
Definição	Ocorrem devido às movimentações térmicas e/ou hidráulicas do concreto em razão da falta de cobrimento suficiente na direção dos eletrodutos.
Aspectos gerais	São fissuras que seguem a mesma direção dos eletrodutos e convergem aos pontos de luz e tomadas.
Causas prováveis	Movimentações térmicas e/ou hidráulicas em trechos fragilizados devido à presença de eletrodutos.
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Executar o posicionamento dos eletrodutos com cuidado, respeitando o espaço adequado para o cobrimento;</li> <li>- utilizar telas sobre os eletrodutos.</li> </ul>

(conclusão)

Localização	Costumam ocorrer em lajes e coberturas.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmatação;</li> <li>- grampeamento;</li> <li>- injeção de material elastomérico;</li> <li>- preenchimento com argamassa estrutural.</li> </ul> avaliar cada caso conforme a espessura e profundidade da fissura.
Foto	<p>Figura 32 – Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos.</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 24 – Fissuras devidas a reações expansivas com sulfatos

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras devidas a reações expansivas com sulfatos
Definição	Ocorrem devido à reação química entre sulfatos e o hidróxido de cálcio livre proveniente da hidratação do cimento – formando o sulfato de cálcio, ou com o aluminato tricálcico hidratado – formando o sulfoaluminato de cálcio. Essa reação resulta numa expansão do concreto, submetendo a massa do concreto a elevadas tensões que originam fissuras. O desenvolvimento dessas fissuras facilita o acesso de novos agentes agressivos, permitindo a desagregação total do elemento.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As fissuras são semelhantes às que ocorrem devido à dessecação superficial do concreto (Tabela 10), porém com aberturas mais acentuadas;</li> <li>- presença de eflorescências;</li> <li>- o processo de deterioração se inicia nos cantos e nas arestas, evoluindo para o aparecimento de fissuras e lascamento do concreto;</li> <li>- o aumento volumétrico pode alcançar até 2,5vezes o volume inicial;</li> <li>- geralmente esses efeitos de reações expansivas com sulfatos só se tornam visíveis a partir de seis meses do lançamento do concreto.</li> </ul>
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposição dos elementos de concreto à água ou solo com presença de sais e de sulfatos;</li> <li>- alta permeabilidade do concreto;</li> <li>- alta relação água/cimento;</li> <li>- tipo de cimento (devido à presença e quantidade de substâncias reativas);</li> <li>- águas residuais de indústrias.</li> </ul>

(conclusão)

Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantir uma baixa permeabilidade do concreto;</li> <li>- priorizar cimentos com baixo teor de aluminato tricálcico e cimentos resistente a sulfatos;</li> <li>- adotar o uso de pozolanas na mistura, pois a reação pozolânica deixa menos hidróxido de cálcio residual, além de reduzir a permeabilidade do concreto.</li> </ul>
Localização	Em qualquer elemento estrutural exposto à água e solo com teor de agressividade.
Recuperação	Não foi localizada na literatura existente alguma diretriz de recuperação. No geral, é feita a demolição e posterior reconstrução.
Foto	<p>Figura 33 – DEF<sup>12</sup> e RAA em bloco de fundação</p>  <p>Fonte: BATTAGIN (2020)<sup>13</sup></p>

Tabela 25 – Fissuras devidas à reação álcali-agregado (RAA)

(continua)

Manifestação Patológica	Fissuras devidas à reação expansiva álcali-agregado
Definição	Ocorrem devido à reação dos álcalis presentes no cimento com a sílica reativa eventualmente existente em alguns agregados.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expansão do tipo ilimitada do gel de sílica alcalina, devido ao ataque dos materiais silicosos presentes no agregado pelos hidróxidos originados dos álcalis do cimento;</li> <li>- as pressões internas ocasionadas pela expansão gel confinado provocam a expansão, fissuração e desagregação da pasta de cimento</li> </ul>

<sup>12</sup> DEF é uma reação química distinta da reação álcali-agregado, porém em condições do local e instalação no concreto é muito similar à RAA e podem ocorrer simultaneamente. (BATTAGIN, 2020)

<sup>13</sup> Disponível em: <[https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Reacoes\\_expansivas\\_no\\_concreto\\_DEF\\_ABCP\\_dez2020.pdf](https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Reacoes_expansivas_no_concreto_DEF_ABCP_dez2020.pdf)>. Acesso em: 9 out. 2022

(conclusão)

Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerável teor de álcalis no cimento, que também podem ser provenientes dos agregados por intercâmbio de reações, da água de amassamento (água do mar, industrial, alcalina), e de pozolanas;</li> <li>- quantidade de agregados reativos, tamanho de suas partículas e porosidade;</li> <li>- exposição em atmosfera com umidade elevada e alternâncias de molhagem e secagem da superfície;</li> <li>- alta relação água/cimento e cura deficiente que originam fissuras que predispõem ao surgimento dessas reações.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Priorizar o emprego de agregados não-reativos ou, se inviável essa substituição, realizar ensaios normativos para conhecer as características do agregado para avaliar a melhor opção preventiva;</li> <li>- segundo Silva (1995), quando não for possível utilizar agregados não-reativos, priorizar o uso de cimentos com menos de 0,6% de álcalis em sua composição;</li> <li>- utilizar aditivos químicos no concreto para inibir o desenvolvimento da RAA (reação álcali-agregado), com soluções de silano para promover a impermeabilização dos grãos que constituem os agregados, ou as soluções de sais de lítio para tentar diminuir a expansão do gel (NOGUEIRA, 2010);</li> <li>- utilizar adições minerais silicosas finas, oriundas da queima de carvão.</li> </ul>
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, desde que em contato com a água, responsável pela expansão do gel da RAA.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depois de iniciada a reação é difícil extinguir sua degradação na estrutura. Algumas medidas amenizam e ajudam a retardar os efeitos da RAA no concreto, mas na insuficiência dessas, é recomendada a demolição e reconstrução da estrutura;</li> <li>- tratamento superficial com pintura à base de silano, que evita a passagem de umidade, contribuindo com a secagem;</li> <li>- aplicação de produtos superficiais ou injetáveis à base de lítio, que favorecem na redução da expansão do gel;</li> <li>- avaliar a possibilidade de reforço ou protensão estrutural.</li> </ul>
Configurações típicas	<p style="text-align: center;">Figura 34 – Mecanismo do dano ocasionado por RAA no concreto</p> <div style="text-align: center;"> <p style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span>Cimento alcalino + agregado reativo</span> <span>Rompimento do agregado</span> <span>Gel de expansão e rompimento da pasta</span> </p> </div> <p style="text-align: center;">Fonte: ABDELRAHMAN et al. (2015)</p>

Foto

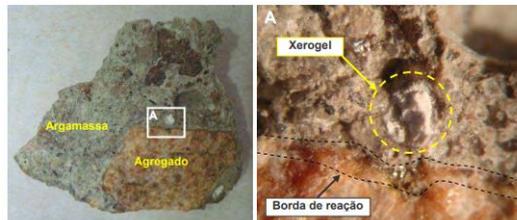
Figura 35 – Barragem/Hidrelétrica afetada pela RAA

Fonte: BATTAGIN (2020)<sup>13</sup>

Figura 36 – Exemplo da tipologia e quadro de fissuração

Fonte: BATTAGIN (2020)<sup>13</sup>

Figura 37 – Detalhe do gel em poro preenchido e bordas de reação nos agregados



Fonte: MIZUMOTO (2009)

Tabela 26 – Eflorescência e lixiviação

(continua)

Manifestação Patológica	Eflorescência e lixiviação
Definição	A lixiviação ocorre devido a um processo de dissolução e remoção de hidróxido de cálcio e de hidróxido de magnésio presentes na massa de concreto, que em contato com o CO <sub>2</sub> da atmosfera, produz sais de coloração branca (Eflorescência). A lixiviação remove os compostos alcalinos do concreto, reduzindo sua alcalinidade e facilitando a entrada de gases e líquidos que agredem e podem levar à corrosão das armaduras.
Aspectos gerais	A eflorescência se apresenta como depósitos salinos brancos na superfície do concreto (carbonato de cálcio), mas também podem se apresentar em tons mais escuros, amarelados ou esverdeados, quando a água infiltrada se mistura com materiais orgânicos ou outros materiais.
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contato da estrutura com a água;</li> <li>- presença de fissuras que carregam águas que podem ser puras, residuais, ácidas, ricas em materiais orgânicos em decomposição, com cloretos e sulfatos;</li> <li>- concreto muito permeável;</li> <li>- excesso de umidade no ambiente;</li> <li>- utilização de materiais com alto teor de hidróxido de cálcio e de hidróxido de magnésio;</li> <li>- impurezas no agregado miúdo.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar cimentos pozolânicos ou de alto-forno, que resultam em concretos com menor porosidade e menor quantidade de hidróxido de cálcio lixiviável;</li> <li>- utilizar adições que auxiliam na redução da perda de hidróxido de cálcio;</li> <li>- respeitar o tempo de cura adequado do concreto;</li> <li>- reduzir a relação água/cimento, reduzindo a permeabilidade do concreto;</li> <li>- utilizar aditivos superplastificantes, que reduzam a adição de água no concreto;</li> <li>- impermeabilizar a superfície suscetível à eflorescência.</li> </ul>
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, porém com maior frequência em lajes, vigas e cortinas.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preenchimento das fissuras por meio de colmatação, material elastomérico ou impermeabilização a fim de isolar e eliminar o fluxo de água e umidade;</li> <li>- injeção de materiais cristalizantes no interior dos poros;</li> <li>- aplicação de produtos à base de ácidos para remover manchas e neutralizar a ocorrência.</li> </ul>

Foto	<p data-bbox="651 327 1321 360">Figura 38 – Lixiviação no encontro do fundo de escada e viga</p>  <p data-bbox="906 801 1070 835">Fonte: a autora</p> <p data-bbox="756 896 1219 929">Figura 39 – Eflorescência em laje aparente</p>  <p data-bbox="906 1361 1070 1395">Fonte: a autora</p>
------	--

Tabela 27 – Infiltração

Manifestação Patológica	Infiltração
Definição	É o ingresso de água ou de umidade no concreto por meio de fissuras, ninhos de concretagem, juntas mal executadas. Além disso, o concreto com alta permeabilidade favorece esse tipo de ocorrência.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manchas superficiais;</li> <li>- percolação de água;</li> <li>- presença de umidade.</li> </ul>
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto muito permeável;</li> <li>- presença de fissuras que facilitam a passagem de águas residuais;</li> <li>- excesso de umidade no ambiente;</li> <li>- ausência de pingadeiras, inclinações e relevos para desvio de água, impedindo seu acúmulo;</li> <li>- presença de ninhos de concretagem e juntas de concretagem mal executadas.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir o teor água/cimento, diminuindo a permeabilidade do concreto;</li> <li>- priorizar o uso de cimentos CP III e CP IV, que possuem menor concentração de hidróxidos;</li> <li>- utilizar aditivos superplastificantes, que reduzam a adição de água no concreto</li> <li>- impermeabilizar;</li> <li>- viabilizar de pingadeiras, inclinações e relevos para o escoamento da água.</li> </ul>
Localização	Ocorrem com mais frequência em elementos expostos a intempéries.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impermeabilização;</li> <li>- instalação de pingadeiras e relevos, se possível;</li> <li>- neutralização dos poros permeáveis por meio de injeção de cristalizantes.</li> </ul>
Foto	<p>Figura 40 – Infiltração em fissuras em laje aparente.</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 28 – Manchas superficiais

Manifestação Patológica	Manchas superficiais
Definição	Manchas devido a diferenças bruscas de tonalidade, respingos e sujeira.
Aspectos gerais	Manchas na superfície do concreto aparente
Causas prováveis	- Manifestações patológicas que atacam a superfície do concreto aparente; - exposição a intempéries ou materiais que produzam manchas.
Prevenção	- Reduzir a relação água/cimento, reduzindo a permeabilidade do concreto; - utilizar aditivos superplastificantes, que reduzam a adição de água no concreto - impermeabilizar a superfície exposta e suscetível a manchas.
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais, quando o concreto é permeável e/ou na presença de fissuras
Recuperação	- Limpeza superficial; - aplicação de produtos de limpeza desengraxantes alcalinos (consultar sempre o fabricante antes de fazer a aplicação); - lixação superficial para remoção da camada afetada; - colmatação superficial; - estucamento; - “maquiagem” para amenizar e camuflar imperfeições.
Foto	<p>Figura 41 – Manchas superficiais em parede de concreto aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 29 – Lascamento do concreto

Manifestação Patológica	Lascamento do concreto
Definição	Destacamento de trechos superficiais do concreto, cuja massa encontra-se sã.
Aspectos gerais	Destacamento de pedaços do concreto.
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desforma inadequada e/ou falta de desmoldante;</li> <li>- emprego de fôrmas além do número máximo de reutilizações estabelecido;</li> <li>- traço pobre;</li> <li>- alta relação água/cimento;</li> <li>- impacto de objetos nas arestas e bordas do concreto.</li> </ul>
Prevenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir a relação água/cimento, aumentando a impermeabilidade do concreto;</li> <li>- utilizar aditivos superplastificantes, que reduzam a adição de água no concreto;</li> <li>- utilizar adequadamente desmoldantes;</li> <li>- estabelecer o número máximo de reutilizações das fôrmas;</li> <li>- promover uma desforma com cautela.</li> </ul>
Localização	- Arestas dos elementos de concreto.
Recuperação	Recomposição do trecho com argamassa de reparo estrutural.
Foto	<p style="text-align: center;">Figura 42 – Lascamento do concreto</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: Locke (2022)<sup>14</sup></p>

<sup>14</sup> Disponível em: <<https://lockesolutions.com/understanding-chips-and-cracked-precast/>>. Acesso em: 9 out. 2022

Tabela 30 – Mofo ou bolor

Manifestação Patológica	Mofo ou bolor
Definição	Desenvolvimento de fungos na superfície dos elementos de concreto.
Aspectos gerais	- Presença e proliferação de microorganismos; - manchas superficiais.
Causas prováveis	- Excesso de umidade no concreto ou no ambiente devido à alta umidade relativa do ar; - infiltração.
Prevenção	- Impermeabilizar; - aplicar hidrofugantes.
Localização	Superfícies de ambientes com pouca ventilação, excesso de umidade ou em contato com o meio exterior.
Recuperação	- Impermeabilização; - limpeza superficial; - aplicação de produtos de limpeza desengraxantes alcalinos (consultar sempre o fabricante antes de fazer a aplicação), biocidas ou produtos com dióxido de titânio TiO <sub>2</sub> ; - lixação superficial para remoção da camada afetada; - aplicação de hidrofugante.
Foto	<p>Figura 43 – Concreto aparente com presença superficial de mofo.</p>  <p>Fonte: (PRADO, 2021)<sup>15</sup></p>

<sup>15</sup> Disponível em: <<https://www.tetrisej.com.br/single-post/infiltracao-e-mofo-quais-as-causas-e-como-resolver>>. Acesso em: 30 set. 2022.

Tabela 31 – Corrosão de armadura

Manifestação Patológica	Corrosão de armadura
Definição	Armadura exposta ocorre quando não há cobertura suficiente ou quando o concreto sofreu algum tipo de dano que provocou sua exposição. A exposição contínua da armadura pode ocasionar um processo de corrosão.
Aspectos gerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armaduras expostas;</li> <li>- armaduras expostas e rompidas;</li> <li>- manchas superficiais em tons característicos na região da armadura exposta devido ao processo de corrosão;</li> <li>- em casos em que há o processo de corrosão, podem surgir fissuras paralelas e coincidentes à direção das armaduras.</li> </ul>
Causas prováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto com alta permeabilidade;</li> <li>- cobertura insuficiente;</li> <li>- mau posicionamento dos espaçadores;</li> <li>- remoção inadequada das fôrmas;</li> <li>- presença ou condições favoráveis à percolação de agentes agressivos que contribuem para a corrosão das armaduras.</li> </ul>
Prevenção	Correção prévia dos agentes que estimulam as causas prováveis descritas acima.
Localização	Ocorrem em todos os tipos de elementos estruturais.
Recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover o concreto afetado no entorno da armadura, limpar o substrato para remover partículas soltas, escovar a armadura com escova de aço para remover a camada de corrosão existente, aplicar uma camada de conversor de ferrugem e fazer o preenchimento com argamassa estrutural ou argamassa com aditivos;</li> <li>- nos casos em que houve o rompimento da barra de aço, verificar a melhor condição de reparo conforme análise do projetista estrutural;</li> <li>- nos casos em que já se iniciou o processo de corrosão da armadura devido à exposição, dependendo do nível de agressão, deverá ser feita a reposição do trecho ou adicionar um complemento à seção da armadura. A melhor solução deverá ser apresentada pelo projetista estrutural.</li> </ul>
Foto (fonte)	<p>Figura 44 – Armaduras expostas com sinais de corrosão em paredes de concreto aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

Tabela 32 – Pontos de corrosão

Manifestação Patológica	Pontos de corrosão
Definição	Pontos de corrosão na superfície do concreto aparente devido à presença de pontas de arames, pregos, entre outros.
Aspectos gerais	Presença de manchas pontuais características de corrosão.
Causas prováveis	- Presença de pontas de pregos e arames;
Prevenção	Correção prévia dos agentes que estimulam as causas prováveis descritas acima. Principalmente, promover o cobrimento adequado.
Localização	Na superfície de qualquer elemento estrutural de concreto aparente.
Recuperação	- Remover o elemento causador da oxidação (pregos, arames), limpar o substrato, e realizar o estucamento da superfície afetada; - quando não possível a remoção completa, cortar o elemento o mais rente possível à superfície, realizar uma lixação pontual para remover a camada oxidada e para que o elemento fique adentrado no concreto; posteriormente, aplicar uma camada de conversor de ferrugem e fazer o preenchimento com argamassa estrutural ou argamassa com aditivos.
Foto (fonte)	<p>Figura 45 – Pontos de oxidação em laje aparente</p>  <p>Fonte: a autora</p>

## **4. ESTUDO DE CASO**

O objetivo do estudo de caso foi registrar e identificar todas as manifestações patológicas presentes no concreto aparente de uma edificação, bem como classificá-las de acordo com as suas causas e origens.

### **4.1 Caracterização da obra**

O estudo de caso presente nesse trabalho é um edifício residencial de alto padrão, localizado em bairro nobre de Porto Alegre – RS, onde toda a estrutura foi idealizada e executada em concreto aparente. A identidade da edificação será preservada para fins de privacidade.

Para a execução da estrutura, foi especificado um concreto com resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de 40 MPa, com consistência classificada como S220 (abatimento superior a 220mm, com tolerância de mais ou menos 30mm, segundo as normas ABNT NBR 7212:2021 e NBR 8953:2015). O traço unitário utilizado, em massa, foi 1:0,18:2,5:2,83 (cimento CII F : cinza volante : areia : brita zero), com relação água/cimento = 0,53 e relação água/aglomerante = 0,45.

### **4.2 Identificação das manifestações patológicas**

A seguir, serão apresentadas as principais manifestações patológicas identificadas no estudo de caso, relacionadas à fase de planejamento/projeto, à escolha e utilização de materiais, à execução e ao uso pré-entrega da obra. No final, constam iniciativas mal sucedidas de reparo de algumas manifestações patológicas identificadas.

#### **4.2.1 Manifestações patológicas originadas na fase planejamento/projeto**

As manifestações patológicas identificadas no estudo de caso, originadas na fase de planejamento/projeto, ocorreram majoritariamente devido à falta de paginação e de detalhamento das fôrmas, à escolha da consistência do concreto (que deveria ser autoadensável para evitar a formação de juntas de concretagem com coloração diferenciada e permitir um completo preenchimento das fôrmas e envolvimento das barras de aço, mesmo em locais de maior densidade das armaduras e presença de eletrodutos, evitando o aparecimento de ninhos

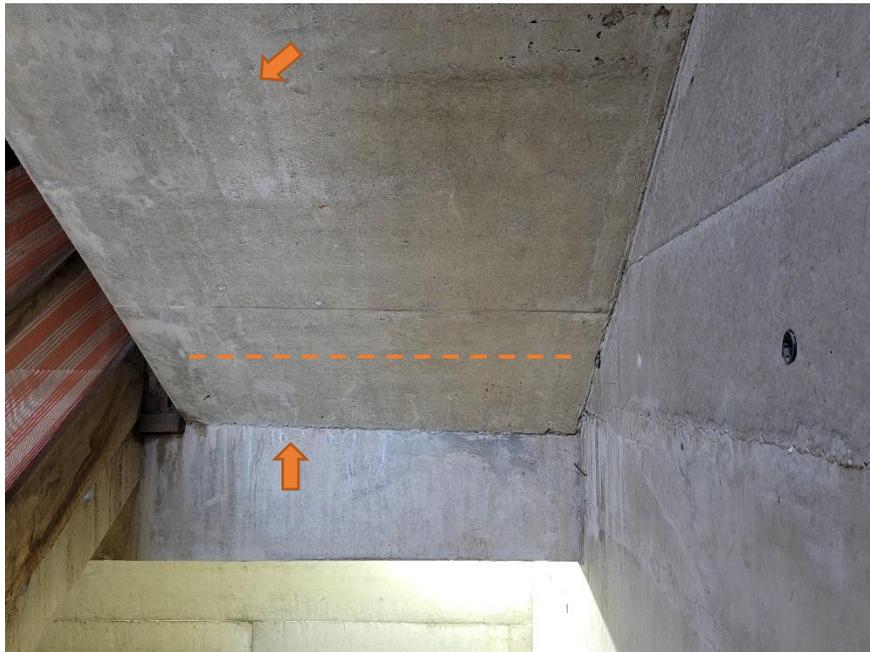
de concretagem), e à falta do estabelecimento de procedimentos para proteção das superfícies, com vistas a evitar a lixiviação do concreto e o aparecimento de fissuras de retração por movimentações térmicas e/ou hidráulicas.

Figura 46 – Pontos diversos de lixiviação/eflorescência devido à ausência de proteção das superfícies pós-concretagem (conforme Tabela 26);



Fonte: a autora

Figura 47 – Presença de eflorescências/lixiviação (conforme Tabela 26).



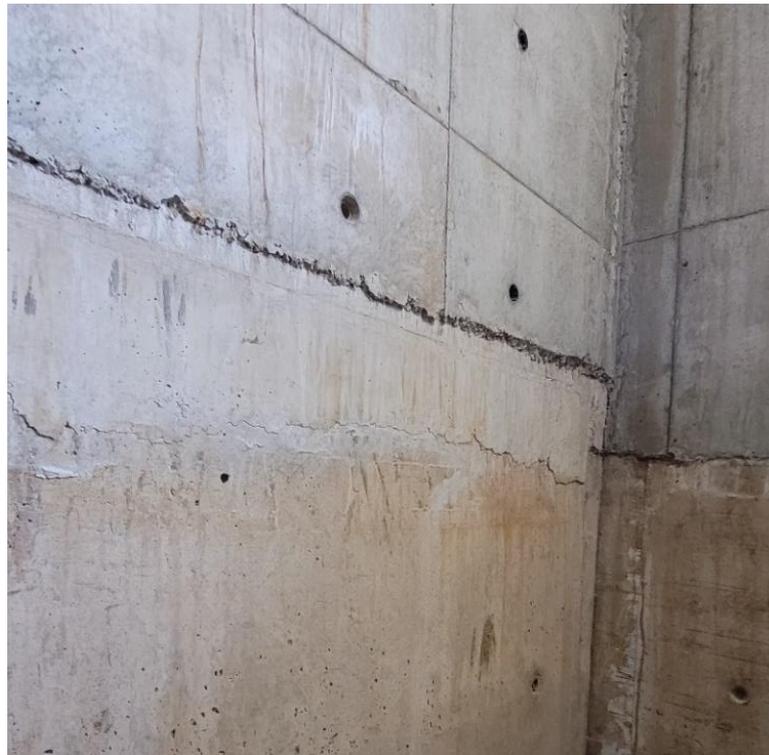
Fonte: a autora

Figura 48 - Remendos e improvisações devido à falta de paginação das fôrmas.



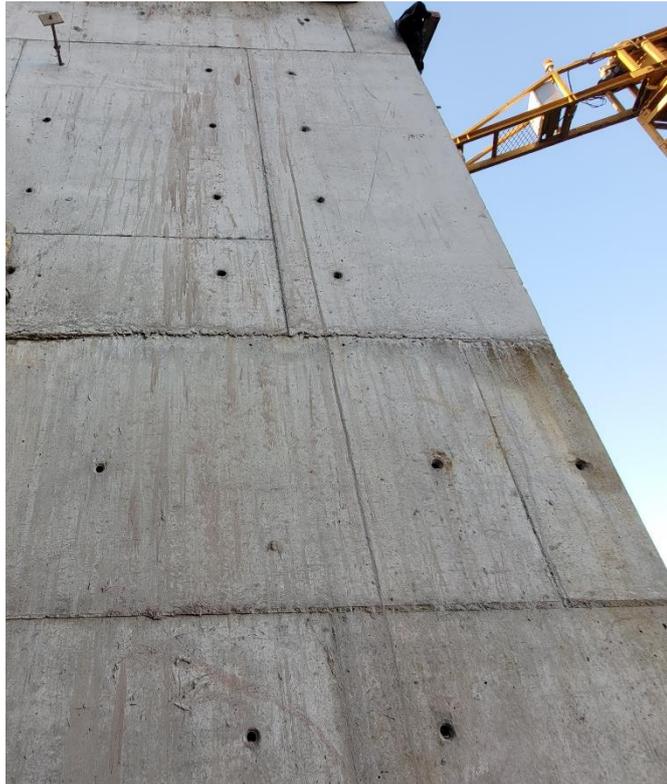
Fonte: a autora

Figura 49 – Paginação deficiente das fôrmas.



Fonte: a autora

Figura 50 – Paginação deficiente



Fonte: a autora

Figura 51 – Fissuras de retração termo-hidráulica devido à ausência de juntas ou de armaduras para absorver os esforços de tração (conforme Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22).



Fonte: a autora

Figura 52 – Fissuras devido à retração termo-hidráulica em fundo de laje (conforme Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22), com posterior infiltração de água (conforme Tabela 27), ocasionando lixiviação (conforme Tabela 26).



Fonte: a autora

Figura 53 – Fissuras de retração termo-hidráulica (conforme Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22).



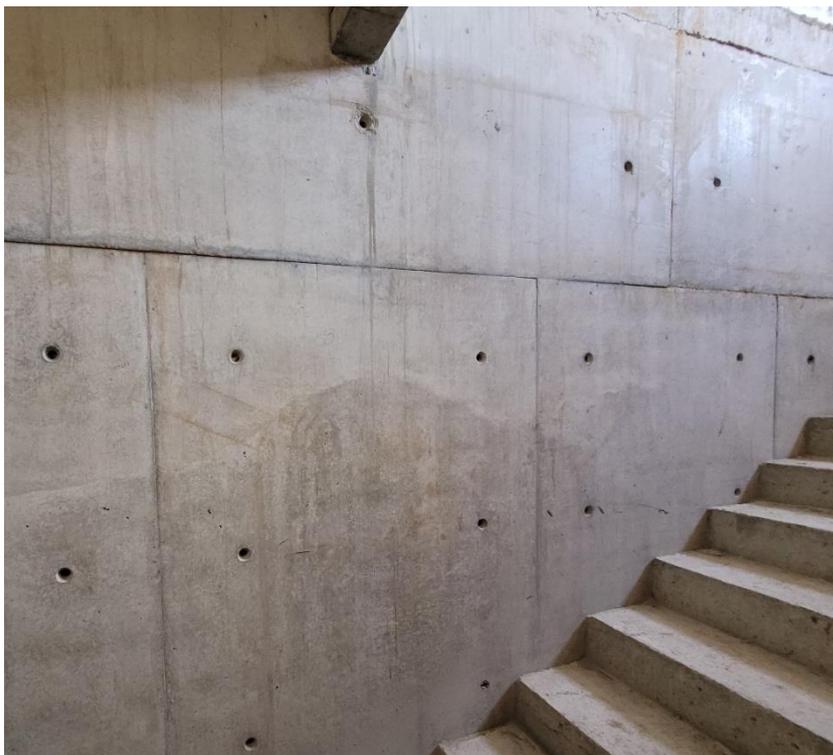
Fonte: a autora

Figura 54 – Fissuras de retração termo-hidráulica (conforme Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22).



Fonte: a autora

Figura 55 – Camadas de concretagem que, mesmo com vibração adequada, ficam estampadas na superfície devido às diferenças (resultantes da segregação/exsudação) entre o início e fim de cada camada lançada e vibrada de concreto.



Fonte: a autora

Figura 56 – Camadas de concretagem



Fonte: a autora

#### 4.2.2 Manifestações patológicas originadas da escolha e da utilização de materiais

As manifestações patológicas identificadas no estudo de caso, originadas na fase de escolha e utilização de materiais, ocorreram devido a alterações de coloração do concreto resultantes de variações no traço do concreto (como a troca de cimento, a mudança da relação água/cimento, entre outros), ao emprego de fôrmas com reutilização exagerada ou no fim de sua vida útil, assim como a utilização inadequada de desmoldantes.

Figura 57 – Efeito marmorizado resultante da nata de cimento endurecida e aderida às formas devido à reutilização inadequada de fôrmas desgastadas (conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

Figura 58 – Manchas de corrosão impressas na fôrma antes da concretagem (reutilização inadequada de fôrmas desgastadas e/ou fim da vida útil para emprego em concreto aparente – conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

Figura 59 – Manchas superficiais devido a impregnações de sujeira nas fôrmas (reutilização inadequada de fôrmas desgastadas e/ou fim da vida útil para emprego em concreto aparente – conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

Figura 60 – Emprego de fôrmas além do número máximo de reutilizações estabelecido (conforme Tabela 17).



Fonte: a autora

Figura 61 – Diferenças de tonalidade do concreto devido a mudanças nos materiais ou traço do concreto fornecido pela central (conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

Figura 62 – Seleção deficiente de fôrmas (conforme Tabela 17).



Fonte: a autora

Figura 63 – Mudança brusca de tonalidades devido a mudanças nos materiais ou traço do concreto fornecido pela central (conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

### 4.2.3 Manifestações patológicas originadas na fase de execução

As manifestações patológicas identificadas no estudo de caso, originadas na fase de execução, ocorreram devido à falta de treinamento dos profissionais e/ou de cuidados durante a produção da estrutura de concreto, tais como: erros relacionados ao nivelamento, travamento e vedação das juntas das fôrmas, arranhões na superfície das fôrmas, ausência de limpeza das fôrmas e/ou molhagem excessiva das mesmas (com conseqüente empoçamento de água) antes da concretagem, mal posicionamento de espaçadores, vibração do concreto insuficiente, entre outros.

Figura 64 – Fuga de nata entre as fôrmas de laje aparente por falta de estanqueidade das juntas entre os painéis (conforme Tabela 16).



Fonte: a autora

Figura 65 – Ninho de concretagem em fundo de laje devido à vibração insuficiente (conforme Tabela 11).



Fonte: a autora

Figura 66 – Ausência de limpeza nas fôrmas antes da concretagem (conforme Tabela 19); presença de ninhos de concretagem devido à vibração insuficiente (conforme Tabela 11); falta de cobrimento.



Fonte: a autora

Figura 67 – Vibração insuficiente em parede de concreto aparente (conforme Tabela 11).



Fonte: a autora

Figura 68 – Presença de bolhas devido à vibração insuficiente (conforme Tabela 15).



Fonte: a autora

Figura 69 – Manchas superficiais devido à ausência de limpeza ou limpeza insuficiente das fôrmas antes da concretagem (conforme Tabela 28).



Fonte: a autora

Figura 70 – Falta de limpeza das fôrmas antes da concretagem (conforme Tabela 19).



Fonte: a autora

Figura 71 – Manchas resultantes do empoçamento devido à molhagem excessiva das fôrmas antes da concretagem.



Fonte: a autora

Figura 72 – Manchas devido ao empoçamento de água da molhagem das fôrmas antes da concretagem. Manchas devido à corrosão de limalha de corte de armaduras sobre as fôrmas.



Fonte: a autora

Figura 73 – Resíduo de nata de cimento na fôrma durante a concretagem.



Fonte: a autora

Figura 74 – Manchas superficiais em fundo de laje devido ao empoçamento de água resultante da molhagem excessiva pré-concretagem.



Fonte: a autora

Figura 75 – Presença de bolhas devido à vibração insuficiente (conforme Tabela 15).



Fonte: a autora

Figura 76 – Remendos, desnível de fôrmas (conforme Tabela 17), escorrimento de nata (conforme Tabela 16), sujeira em ninho de concretagem no topo de pilar (conforme Tabela 11 e Tabela 19)



Fonte: a autora

Figura 77 – Falta ou uso insuficiente de desmoldante (conforme Tabela 18).



Fonte: a autora

Figura 78 – Desnível de fôrmas.



Fonte: a autora

Figura 79 – Falha na vedação e nivelamento das juntas entre as fôrmas (conforme Tabela 16).



Fonte: a autora

Figura 80 – Deficiência no nivelamento das fôrmas (conforme Tabela 13).



Fonte: a autora

Figura 81 – Problemas de geometria na montagem das fôrmas, ainda que existisse um projeto detalhado de fôrmas (conforme Tabela 13).



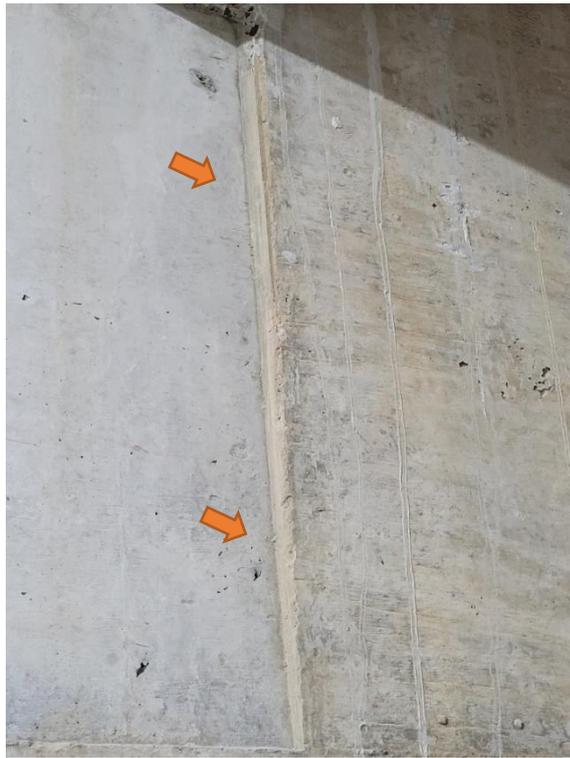
Fonte: a autora

Figura 82 – Emendas inadequadas em fôrmas mal executadas (conforme Tabela 13 e Tabela 17).



Fonte: a autora

Figura 83 – Dente devido ao desnível de fôrma por falta de travamento (conforme Tabela 13).



Fonte: a autora

Figura 84 – Fôrma desnivelada (conforme Tabela 13).



Fonte: a autora

Figura 85 – Dessecação superficial por falta de cura (conforme Tabela 10); posterior eflorescência/lixiviação (conforme Tabela 26)



Fonte: a autora

Figura 86 – Fantasma das armaduras do fundo da escada devido ao baixo cobrimento.



Fonte: a autora

Figura 87 – Fantasmas da armadura devido ao baixo cobrimento.



Fonte: a autora

Figura 88 – Armadura exposta por falta de cobrimento (conforme Tabela 31).



Fonte: a autora

Figura 89 – Junta fria de concretagem (mesmo com o emprego de concreto autoadensável, haveria a junta fria devido ao endurecimento da camada anterior, porém estampada com uma forma mais linear).



Fonte: a autora

Figura 90 – Junta fria de concretagem



Fonte: a autora

Figura 91 – Junta fria de concretagem; fuga de nata por desnível de fôrma (conforme Tabela 16).



Fonte: a autora

Figura 92 – Fuga de nata por falta de estanqueidade das fôrmas (conforme Tabela 16).



Fonte: a autora

Figura 93 – Uso inadequado de espaçador em parede de concreto; fuga de nata por desnível da fôrma (conforme Tabela 16); exposição da armadura (conforme Tabela 31).



Fonte: a autora

Figura 94 – Remoção inadequada do cone de encosto.



Fonte: a autora

Figura 95 – Uso inadequado de espaçadores no fundo de laje aparente.



Fonte: a autora

Figura 96 – Uso inadequado de espaçadores em fundo de viga e presença de materiais de descarte devido à ausência de limpeza das fôrmas (conforme Tabela 19).



Fonte: a autora

Figura 97 – Ausência de limpeza das fôrmas antes da concretagem (conforme Tabela 19).



Fonte: a autora

#### 4.2.4 Manifestações patológicas originadas na fase de uso pré-entrega da obra

A seguir, é apresentado um exemplo de degradação devido ao mau uso ou falta de proteção das estruturas de concreto aparente.

Figura 98 – Lascamento devido à falta de proteção da aresta do pilar.



Fonte: a autora

#### 4.2.5 Iniciativas mal-sucedidas de reparo de algumas manifestações patológicas identificadas

A seguir, serão apresentadas algumas tentativas de recuperação da aparência do concreto aparente, porém de forma inadequada.

Figura 99 – Tentativa de correção em que a armadura segue exposta.



Fonte: a autora

Figura 100 – Recuperação inadequada dos furos dos cones de encosto.



Fonte: a autora

Figura 101 – Tentativa frustrada de recuperação das falhas; uso inadequado de politriz angular.



Fonte: a autora

Figura 102 – Lixação inadequada e exposição dos agregados



Fonte: a autora

Figura 103 – Exposição dos agregados devido ao apicoamento realizado para a correção do nível.



Fonte: a autora

Figura 104 – Agregado exposto devido ao excesso de lixação (conforme Tabela 15).



Fonte: a autora

Figura 105 – Reparo mal executado em fundo de laje aparente



Fonte: a autora

## 5. CONCLUSÃO

Percebe-se que, periodicamente, existe uma retomada de construções cujo o valor arquitetônico do concreto aparente se destaca. E, por mais que se tenham registros de manifestações patológicas nesse tipo de construção, essas se repetem ao longo do tempo e se mantêm presentes.

Por isso, o êxito da construção em concreto aparente se deve a um acompanhamento sistemático que compreende desde a concepção de projeto até o detalhe do acabamento na execução. Assim, é fundamental que haja interação entre os projetistas e os construtores para que todos os detalhes sejam estudados a fim de minimizar falhas na construção.

Além disso, é indispensável ter o domínio dos materiais constituintes do concreto, empregando adequadamente o traço, os aditivos e as adições. Deve-se também ter atenção à qualidade das fôrmas empregadas e supervisionar cuidadosamente as etapas precedentes ao lançamento do concreto, para que não se tenha impregnações na superfície que ficará exposta, mal cobrimento devido ao posicionamento incorreto de espaçadores, entre outros.

O estudo de caso permitiu avaliar que, para que o resultado do concreto aparente seja satisfatório, é necessária uma execução controlada e com mão de obra qualificada. Assim como um planejamento bem elaborado e organizado permitirá que todos esses processos sejam realizados de forma correta, minimizando e eliminando manifestações patológicas que, na maioria dos casos estudados, se repetem devido à execução deficiente. Embora, no estudo de caso, mesmo com os projetos completos e detalhados, principalmente o projeto de paginações, esses não foram seguidos em sua totalidade. Além disso, ainda que constatados os problemas das primeiras concretagens, soluções não foram aplicadas e os erros se repetiram nas concretagens seguintes.

A abordagem desse trabalho tem como objetivo expor, de forma contributiva, as informações e técnicas para que se possa melhorar ainda mais a produção de edificações em concreto aparente, reduzindo falhas de execução, buscando minimizar as manifestações patológicas e auxiliando aos profissionais a produzirem elementos de concreto aparente com visual durável e satisfatório.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAHMAN, M. et al. **Classification of alkali-silica reaction damage using acoustic emission: A proof-of-concept study** | Elsevier Enhanced Reader. Construction and Building Materials, n. 95, p. 8, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2016. 9p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. 238p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2019. 9p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2021. 25p.

\_\_\_\_\_. **NBR 11768-1: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019. 27p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015. 10p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015. 29p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. 53p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15823-1: Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco**. Rio de Janeiro, 2017. 14p.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018. 12p.

AMORIM, A. A. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado Aparentes**. Orientador: José Eduardo de Aguiar. 2010. 74p. Trabalho de conclusão de curso (Especialista em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A4GDM/1/durabilidade\\_das\\_estruturas\\_de\\_concreto\\_armado\\_aparentes.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A4GDM/1/durabilidade_das_estruturas_de_concreto_armado_aparentes.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2022.

CRUZ, T. C. B. (org) **Arquitetura e Engenharia: ensaios multidisciplinares**. Ponta Grossa - PR: Aya Editora, 2022. Disponível em: <<https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/Livros/L135.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2022.

ARANHA, P. M. D. S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. Orientador: Hélio Adão Greven. 1994. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 1994. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189640>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM C 125 - 07: Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates**. West Conshohocken, PA: Annual Book of ASTM Standards, 2007. 5p.

BARRETO, M. F. F. M. **Avaliação de desempenho de espaçadores plásticos: proposição e avanço de métodos de avaliação**. Orientador: Denise Carpena Coitinho Dal Molin. 2014. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116603>>. Acesso em: 25 set. 2022.

BATTAGIN, A. F. **Prevenção de Fenômenos Expansivos no Concreto: Formação da Etringita Tardia (DEF)**. [s.l.]: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2020. Disponível em: <[https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Reacoes\\_expansivas\\_no\\_concreto\\_DEF\\_ABCP\\_dez2020.pdf](https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Reacoes_expansivas_no_concreto_DEF_ABCP_dez2020.pdf)>. Acesso em: 9 out. 2022

BSI - British Standards Institution. **BS 8500-1:2015+A2:2019 - Concrete – Complementary British Standard to BS EN 206**. BSI Standards Publication, 2020.

CALAVERA RUIZ, J. **Patología de estructuras de hormigon armado y pretensado**. Córdoba: INTEMAC, 1996. v. II

CARMONA, T.; CARMONA FILHO, A. **Fissuração nas estruturas de concreto**. **Boletín Técnico**. ALCONPAT Internacional (Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción), Mérida - México, 2013. Disponível em: <<http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B3-Fissura%C3%A7%C3%A3o-nas-estruturas-de-concreto.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2022

CATHER, B. et al. **Visual Concrete: Guidance on specification of formed concrete finishes**. Londres: MPA The Concrete Centre, 2015. 16 p. Disponível em: <<https://www.concretecentre.com/Resources/Publications/Visual-Concrete.aspx>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

CHAVES, M. J. R. **Procedimentos de Produção, Proteção e Manutenção de Estruturas de Concreto Aparente**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2016.

CHAVES, M. J. R. **Procedimentos de produção, proteção e manutenção de estruturas de concreto aparente**. Orientador: Ercio Thomaz. 2016. 113p. Dissertação (Mestrado em Habitação: planejamento e tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo - SP, 2016. Disponível em: <[http://cassiopea.ipt.br/teses/2016\\_HAB\\_Milton%20Jos%C3%A9%20Ribeiro.pdf](http://cassiopea.ipt.br/teses/2016_HAB_Milton%20Jos%C3%A9%20Ribeiro.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2022.

**Clássicos da Arquitetura: Edifício Copan / Oscar Niemeyer | ArchDaily Brasil**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/876920/classicos-da-arquitetura-edificio-copan-oscar-niemeyer>>. Acesso em: 5 out. 2022.

COSTA, L. F. **Estudo do bagaço da cana de açúcar como material para construção civil no estado de Pernambuco: sistema ternário com metacaulim e cal hidratada**. Orientador: Antônio Acacio de Melo Neto. 2017. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e

Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru - PE, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29896>>. Acesso em: 20 set. 2022.

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.** Orientador: Paulo Roberto do Lago Helene. 1988. 238p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 1988. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/15655>>. Acesso em: 27 ago. 2022.

DAL MOLIN, D. **Fissuras térmicas.** Acervo pessoal, [s.d.].

**Desmoldantes. Nucleo Parede de concreto,** 5 fev. 2013. Disponível em: <<https://nucleoparededeconcreto.com.br/desmoldantes/>>. Acesso em: 1 out. 2022

**Espaçadores.** Disponível em: <<https://solucoes.atex.com.br/espacadores/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2ª. ed. São Paulo - SP: PINI, 2002. 218p.

**HOW to avoid concrete cracks.** New Zealand, 16 jan. 2020. Disponível em: <<https://underconstruction.placemakers.co.nz/how-to-avoid-concrete-cracks/>>. Acesso em: 2 out. 2022.

ISAIA, G. C. Deformações do concreto em estruturas correntes. **Ciclo de palestras sobre tecnologia do concreto estrutural,** IBRACON. v. 2, jun. 1984.

ISAIA, G. C. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** São Paulo: IBRACON, 2011. v. II

JOHNSON, S. M. **Deterioro, conservación y reparación de estructuras.** Blume, Madrid: Editorial Labor, 1973.

KOK, P. **SESC Pompéia, São Paulo.,** 15 mar. 2009. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/kuk/2560608178/>>. Acesso em: 10 set. 2022

**Manual de utilização de aditivos químicos para concreto.** 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2021.

**MANUAL de utilização de aditivos para concreto dosado em central.** 2ª. ed. São Paulo - SP: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2021. 47p. Disponível em: <<https://ibibrasil.org.br/manual-aditivos-concreto/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

MARAN, A. P. **Análise da influência da distribuição de espaçadores na garantia da espessura de cobrimento especificada em lajes de concreto armado.** Orientador: Denise Carpena Coitinho Dal Molin. 2015. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2015. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127876>>. Acesso em: 8 out. 2022.

MIZUMOTO, C. **Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes**. Orientador: Antonio Segantini. 2009. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira - SP, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/91463>>. Acesso em: 25 set. 2022.

**MUSEU de Arte Contemporânea**. Niterói - RJ: Cultura Niterói, 23 abr. 2021. Disponível em: <<http://culturaniteroi.com.br/blog/depac/238>>. Acesso em: 7 set. 2022.

NAKAMURA, Juliana. **Preparo de armaduras para concretagem**. Equipe Obra, [S. l.], p. 1-3, 1 set. 2008. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5481159/mod\\_folder/content/0/A.%20Concreto%20Armado/04.%20Preparo%20de%20armaduras%20para%20concretagem%20%28EquipeObra%2C%202008%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5481159/mod_folder/content/0/A.%20Concreto%20Armado/04.%20Preparo%20de%20armaduras%20para%20concretagem%20%28EquipeObra%2C%202008%29.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2022.

NOGUEIRA, K. A. **Reação álcali-agregado: diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008**. Orientador: Abdias Magalhaes Gomes. 2010. 93 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9A5HJ4>>. Acesso em: 25 set. 2022.

NRMCA. CIP 42- **Thermal Cracking of Concrete**. *Concrete in Practice*, n. 42, p. 2, 2009.

PATRÍCIA, D.; ALVES, D.; CASTRO, E.; MOURA, F.; ARAÚJO MOURA, R. C. Concreto aparente: acabamento final. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 159-169, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/545>>. Acesso em: 7 set. 2022.

PRADO, L. **Infiltração e Mofo: Causas e Soluções**. Disponível em: <<https://www.tetrisej.com.br/single-post/infiltracao-e-mofo-quais-as-causas-e-como-resolver>>. Acesso em: 30 set. 2022.

REGINO, G. **Relatório de visita de consultoria de concreto aparente**. Porto Alegre/RS: GRCO, 13 out. 2021.

RUSCHEL, F. **Avaliação da utilização de ferramentas de simulação computacional para reconstituição de incêndios em edificações de concreto armado: aplicação ao caso Shopping Total em Porto Alegre-RS**. Orientador: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho. 2011. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/29047>>. Acesso em: 25 set. 2022.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. 1. ed. São Paulo - SP: PINI, 1995. 152 p.

**Sobre a Fundação Iberê Camargo**. [iberecamargo.org.br](http://iberecamargo.org.br), [s.d.]. Disponível em: <<http://iberecamargo.org.br/a-fundacao/>>. Acesso em: 11 set. 2022

STANKUNS, F. **FAU USP**, 19 ago. 2010. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/stankuns/4941477191/>>. Acesso em: 10 set. 2022

PATOLOGIA das Estruturas de Concreto. Escola de Minas – DECIV - Patologia das Construções, Ouro Preto - MG

UFOP. **Patologia das Estruturas de Concreto**. Escola de Minas – DECIV - Patologia das Construções, Ouro Preto - MG, [s.d.].

**Understanding precast damage and procedures | Locke | Houston Texas. Locke Solutions**, 11 jan. 2022. Disponível em: <<https://lockesolutions.com/understanding-chips-and-cracked-precast/>>. Acesso em: 9 out. 2022

VASCONCELOS, M. C. A. **Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de Cana-de-açúcar utilizando métodos físicos**. Orientador: Arnaldo Manoel Pereira Carneiro. 2013. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17103>>. Acesso em: 20 set. 2022.

VINCENT DESJARDINS. **France, Bouches-du-Rhône (13), Marseille, 8ème arr. : "Cité Radieuse" Le Corbusier 1945-52 , " l'Unité d'Habitation de Grandeur Conforme " facade est.**, 10 ago. 2008. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/endymion120/4866573615/>>. Acesso em: 10 set. 2022

ZEIN, R. V. **A arquitetura da escola paulista brutalista 1953-1973**. Orientador: Carlos Eduardo Dias Comas. 2005. 197 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, São Paulo e Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5452>. Acesso em: 10 set. 2022.