

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DJULLY LOPES BOENO

CONCRETO APARENTE RIPADO COMO ELEMENTO ARQUITETÔNICO EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE ALTO PADRÃO: ESTUDO DE CASO EM PORTO
ALEGRE

Porto Alegre
Setembro de 2023

DJULLY LOPES BOENO

CONCRETO APARENTE RIPADO COMO ELEMENTO ARQUITETÔNICO EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE ALTO PADRÃO: ESTUDO DE CASO EM PORTO
ALEGRE

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

Orientadoras: Dr^a Ana Paula Kirchheim
Dr^a Roberta Arleu Teixeira

Porto Alegre
Setembro de 2023

DJULLY LOPES BOENO

**CONCRETO APARENTE RIPADO COMO ELEMENTO ARQUITETÔNICO EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE ALTO PADRÃO: ESTUDO DE CASO EM
PORTO ALEGRE**

Este trabalho de conclusão de curso foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de engenheira civil e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, 01 setembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)

Dra. em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Roberta Arlêu Teixeira (UFRGS)

Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Lucas Goldenberg Py (UFRGS)

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Muriel Scopel Froener (UFRGS)

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, por me darem todo suporte e condições necessárias para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por proporcionar aos alunos um ensino superior gratuito e de qualidade.

Agradeço aos meus pais, Claudia e Amilton, que sempre apoiaram minhas escolhas e fizeram o possível para que eu chegasse até aqui, sem vocês eu não conseguiria.

Agradeço a minha irmã caçula, Maria Eduarda, por estar sempre do meu lado, literalmente, assistindo as aulas online e reescrevendo minhas anotações de aula. És minha ‘mini engenheira’. Obrigada por transparecer todo o orgulho que sente.

Agradeço ao meu amor e companheiro Cleisson Hempe, por estar comigo nessa etapa tão delicada do curso, por me motivar e fazer com que meus dias fiquem mais alegres e leves, apesar de toda pressão do dia a dia.

Agradeço a minha família, que juntamente com meus pais, foram o suporte para eu chegar até aqui.

Agradeço a minha melhor amiga Marciele, por estar comigo desde o início da minha jornada, me acompanhando e torcendo por mim.

Agradeço a minha colega e amiga Gabriela, por ter sido minha parceira durante toda a graduação, compartilhando comigo os melhores e piores momentos do curso.

Agradeço a profa. Ana Paula e a Roberta por terem aceitado me orientar neste trabalho, por todo empenho, paciência e tempo que dedicaram para me ajudar.

E por fim, agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de chegar até aqui e por ter colocado as pessoas certas na minha vida, fazendo com que esse momento seja comemorado com alegria por todos que me cercam.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos”

Provérbios 16:3

RESUMO

O concreto é o material de construção mais consumido em todo mundo. Isto se deve à suas características, como a elevada resistência à compressão e à água, o que contribui com a durabilidade das estruturas. O uso do concreto aparente tem se intensificado cada vez mais, ocasionando preocupações advindas da sua forma de execução, que podem contribuir para o surgimento de manifestações patológicas e dificuldades para a recuperação desta tecnologia construtiva. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar os métodos construtivos empregados em obras que utilizam o concreto aparente ripado, visando identificar fatores que contribuem para o surgimento de manifestações patológicas. Foram realizados estudos de caso por meio de visitas em cinco unidades residenciais de alto padrão em Porto Alegre/RS. O método de estudo foi dividido em: descrição das residências estudadas e dos elementos presentes em cada uma delas; análise dos relatórios de obras disponibilizados pela construtora responsável. A inspeção do sistema construtivo foi feita de acordo com os elementos em comum nas residências, sendo analisados elementos de fachada, escadas e cortina em concreto aparente ripado. Como resultados, obteve-se que as principais manifestações patológicas encontradas foram as juntas de concretagem, quebra dos vértices, nichos de concretagem e manchas devido ao escorrimento da pasta de cimento e ao óxido de ferro. Desta forma, verificou-se que a maior parte das manifestações patológicas observadas foram decorrentes de falhas executivas, principalmente em relação ao sistema de fôrmas, mão de obra e deficiência de projeto. Por fim, a análise apontou que a recuperação estética do concreto aparente ripado é difícil de ser executada, e que cuidados na execução deste sistema construtivo são essenciais para a durabilidade das edificações.

Palavras-chave: Concreto aparente ripado. Execução. Manifestações patológicas. Recuperação.

ABSTRACT

Concrete is the most consumed construction material in the world. This is due to its characteristics, such as high resistance to compression and water, which contributes to the durability of structures. The use of exposed concrete has intensified more and more, causing concerns arising from its execution, which may contribute to the emergence of pathological manifestations and difficulties for the recovery of this constructive technology. In this sense, this work aimed to evaluate the constructive methods used in works that use slatted exposed concrete, aiming to identify factors that contribute to the appearance of pathological manifestations. Case studies were carried out through visits to five high-end residential units in Porto Alegre/RS. The analysis method was divided into: description of the studied residences and the elements present in each one of them; analysis of work reports made available by the construction company responsible. The analysis of the constructive system was made according to the common elements in the residences, being analyzed elements of the facade, stairs and curtain in slatted exposed concrete. As a result, it was found that the main pathological manifestations found were concreting joints, breakage of vertices, worms and stains due to the flow of cement paste and iron oxide. Being verified that most of the observed pathological manifestations were due to executive failures, mainly in relation to the formwork system, labor and design deficiency. Finally, the analysis pointed out that the aesthetic recovery of the slatted exposed concrete is difficult to be performed, and that care in the execution of this constructive system is essential for the durability of the buildings.

Keywords: Slatted exposed concrete. Execution. Pathological manifestations. Recovery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fachada residencial em concreto aparente.....	14
Figura 2 – Ilustração do ensaio de abatimento de cone (Slump Test).....	19
Figura 3 – Referência em concreto aparente ripado no Brasil.....	22
Figura 4 – Detalhamento genérico do sistema de fôrmas de um pilar.....	23
Figura 5 – Aspecto de parede em concreto aparente com desencontro de juntas das fôrmas.....	24
Figura 6 – Detalhe de zona com fuga de pasta de cimento.....	24
Figura 7 – Lançamento do concreto nas fôrmas.....	27
Figura 8 – Processo de cura de paredes de concreto utilizado no Museu Iberê Camargo.....	28
Figura 9 – Fluxograma de estudo de caso.....	31
Figura 10 – Mapa da região.....	33
Figura 11 – Imagem renderizada da fachada da residência A.....	35
Figura 12 – Sistema de fôrmas e concretagem da segunda parte do pórtico.....	36
Figura 13 – Fôrmas do pórtico de fachada A.....	37
Figura 14 – Desforma pórtico de fachada A.....	38
Figura 15 – Imagem renderizada da fachada da residência D.....	39
Figura 16 – Fôrmas pórtico fachada D.....	40
Figura 17 – Formas e travamento do pórtico da fachada D.....	40
Figura 18 – Desforma pórtico casa D.....	41
Figura 19 – Fachada principal casa E.....	42
Figura 20 – Sistema de fôrmas pórtico casa E.....	43
Figura 21 – Concretagem pórtico casa E.....	43
Figura 22 – Fachada casa C.....	44
Figura 23 – Fôrmas da laje em concreto aparente com espaçadores plásticos.....	45
Figura 24 – Sistema de fôrmas - residência C.....	45
Figura 25 – Sistema de fôrmas -Escada B.....	47
Figura 26 – Projeto da escada C.....	47
Figura 27 – Sistema de forma de escada reta C.....	48
Figura 28 – Sistema de fôrmas - Escada E.....	49
Figura 29 – Sistema de fôrmas cortina A.....	50
Figura 30 – concretagem cortina A.....	51
Figura 31 – Mancha devido ao escorrimento da pasta de cimento - Fachada A.....	52
Figura 32a – Manchas devido ao escorrimento do óxido de ferro das esperas das barras de armaduras - Fachada A.....	53
Figura 32b – Mancha devido ao escorrimento do óxido de ferro dos pregos das fôrmas - Fachada A.....	53
Figura 33 – Mancha devido ao óxido de ferro - Escada B.....	54
Figura 34 – Recuperação parcial da escada B.....	55
Figura 35 – Desforma da escada C.....	55
Figura 36 – Manchas devido ao fechamento dos furos das barras de ancoragem - Fachada A.....	57
Figura 37 – Fechamento dos furos das barras de ancoragem - Fachada D.....	57
Figura 38 – Quebra dos vértices - Fachada D.....	58

Figura 39 – Quebra dos vértices - Fachada A.....	58
Figura 40 – Recuperação dos vértices da escada B.....	59
Figura 41 – Quebra dos vértices da escada E.....	59
Figura 42 – Junta de concretagem no pórtico A.....	60
Figura 43 – Detalhe na junta de concretagem.....	61
Figura 44 – Junta de concretagem cortina A.....	62
Figura 45 – Junta de concretagem cortina A.....	62
Figura 46 – Destruição do pilar-parede C.....	64
Figura 47 – Desforma do pilar-parede C.....	64
Figura 48 – Revestimento do pilar-parede C.....	65
Figura 49 – Eflorescência - fachada E.....	66
Figura 50 – Bolhas de ar - fachada A.....	67
Figura 51 – Segregação - fachada A.....	68
Figura 52 – Segregação - fachada D.....	68
Figura 53 – Segregação na cortina A.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland.....	16
Quadro 2 – Variação do custo do concreto.....	21
Quadro 3 – Informação de cada elemento por obra.....	34

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DOP – Departamento de Obras Públicas do Estado de São Paulo

FCK – Resistência Característica do Concreto

FIHP – Iberoamericana de Hormigón Premesclado

NBR – Norma Brasileira

UFRGS – Universidade federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 CONCRETO.....	16
2.1.1 Trabalhabilidade.....	18
2.1.2 Resistência.....	19
2.1.3 Durabilidade.....	19
2.2 CONCRETO APARENTE RIPADO.....	20
2.2.1 Sistema de fôrmas.....	23
2.2.2 Concretagem.....	26
2.2.3 Acabamento final.....	28
2.2.4 Vantagens e desvantagens.....	29
2.2.5 Manifestações Patológicas.....	30
3 METODOLOGIA.....	31
3.2 DESCRIÇÃO DAS RESIDÊNCIAS.....	33
3.3 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS ANALISADOS.....	35
3.3.1 Fachadas.....	35
3.3.1.1 Fachada – Pórtico A:.....	35
3.3.1.2 Fachada – Pórtico D:.....	38
3.3.1.3 Fachada – Pórtico E.....	41
3.3.1.4 Fachada C.....	44
3.3.2 Escadas.....	46
3.3.2.1 Escada casa B.....	46
3.3.2.2 Escada casa C.....	47
3.3.2.3 Escada E.....	48
3.3.3 Cortina.....	49
3.3.3.1 Cortina do subsolo casa A.....	49
4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	52
4.1. MANCHAMENTOS.....	52
4.1.1 Manchamento devido ao escorrimento da pasta de cimento.....	52
4.1.2 Manchamento devido ao óxido de ferro.....	53
4.1.3 Manchamento devido ao fechamento dos furos do travamento.....	56
4.2 QUEBRA DOS VÉRTICES.....	57
4.3 JUNTA DE CONCRETAGEM.....	60
4.4 MOVIMENTAÇÃO/DEFORMAÇÃO DA FÔRMA.....	63
4.5 EFLORESCÊNCIA.....	65
4.6 BOLHAS DE AR- INCORPORAÇÃO DE AR.....	66
4.7 SEGREGAÇÃO.....	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE A - Relatório de visita.....	74

1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material de construção mais consumido em todo mundo (GAGG, 2014). Segundo Mehta e Monteiro (2014), isso se deve pelas características apresentadas por este material, como a elevada resistência à compressão e à água, o que contribui com a durabilidade das estruturas. A fim de melhorar sua resistência à tração, pode ser utilizado em conjunto com uma armadura de aço, chamado então de concreto armado. Apresenta assim, a possibilidade de ser moldado em vários formatos e tamanhos, o que junto ao fato de ser um material relativamente barato, visto que sua composição é cimento Portland e agregados, o que contribui para o sucesso de sua utilização (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os estudos sobre as propriedades e potencialidades do concreto, começaram a se consolidar no início do século XX, junto ao surgimento do Brutalismo, movimento arquitetônico internacional que tinha como característica deixar expostos os elementos estruturais em concreto, para promover sua valorização estética, além de sua função estrutural. Assim, devido às evoluções nos estilos arquitetônicos, começou-se a explorar o uso do concreto sem acabamento ou revestimento (PATRÍCIA *et al.*, 2013). O concreto foi se popularizando principalmente por ser um material resistente, durável, que pode ser moldado em vários formatos e, por estas vantagens, seu uso como material de construção tende a continuar crescendo (GAGG, 2014).

O concreto é um material estrutural composto de agregado graúdo, agregado miúdo, cimento e água, podendo ter adições minerais e aditivos químicos. Em razão de sua versatilidade, ele tem sido utilizado com maior frequência na arquitetura, deixando aparente o desenho e textura das fôrmas, sendo este chamado de concreto aparente. Seu uso pode ser em ambientes internos e externos, e vem ganhando cada vez mais espaço em residências (PATRÍCIA *et al.*, 2013). É um material durável, versátil e resistente, reduzindo então a necessidade de manutenção. Estas vantagens fazem com que este tipo de construção cresça cada vez mais, tornando uma tendência atual na arquitetura residencial de alto padrão (DIMENSÃO, 2021).

Pode ser produzido com diversos tipos de fôrmas, cada uma delas traz um padrão de acabamento de acordo com a estética que se deseja alcançar. A Figura 1 apresenta algumas possibilidades criativas do uso do concreto aparente em residências.

Figura 1 – Fachada residencial em concreto aparente



Fonte: adaptada de Eduardo Souza (2021).

Sendo assim, neste trabalho, será abordado o uso de concreto aparente ripado, no qual são utilizadas tábuas de madeira serrada ou ripas, que reproduzem o seu formato e textura no concreto (CHAVES, 2016).

Apesar destas vantagens já mencionadas, o uso crescente do concreto aparente ripado em construções residenciais de alto padrão, têm evidenciado o surgimento de uma queda de qualidade em relação ao seu acabamento final. As manifestações patológicas em concreto aparente são difíceis de corrigir, pois uma vez que não é admissível o uso de revestimento, e por se tratar de um elemento estético, o cuidado em manter a forma, cor, textura e acabamento são indispensáveis. Para contornar este problema é possível visualizar o crescimento de variedades de revestimentos que tenham acabamento similar. A falta de uma normalização específica, resulta em um concreto aparente com problemas, principalmente o aparecimento de manifestações patológicas, que causam imperfeições no seu acabamento final, prejudicando o elemento esteticamente e diminuindo sua durabilidade. Sendo assim, a recuperação é a única alternativa para manter o seu uso sem precisar revesti-lo.

Tendo em vista este problema, propõe-se fazer um levantamento de construções com o uso de concreto aparente ripado, com a finalidade de verificar o resultado final dos elementos, avaliando as técnicas empregadas durante a construção e recuperação. O objetivo do trabalho é avaliar criticamente os métodos construtivos adotados relacionando-os com as manifestações patológicas observadas, a fim de propor as melhores práticas para execução do concreto aparente ripado e como recuperá-lo, mantendo as características estéticas preservadas. Devido às dificuldades de encontrar a bibliografia especializada neste tipo de acabamento do concreto aparente, o estudo contribui com o estudo e desenvolvimento do uso

deste material, agregando conhecimento a quem deseja executar e recuperar o concreto aparente ripado. O estudo está limitado a execução e recuperação do concreto aparente ripado como elemento estético, logo, não será abordado o seu uso e recuperação com fins estruturais.

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas e levantamento de dados em campo. A metodologia empregada foi o estudo de caso, feito através de visita em residências unifamiliares de alto padrão, onde foram feitas as análises dos elementos em concreto aparente ripado.

Estão descritos os materiais que constituem o concreto, e suas principais características no estado fresco e endurecido. Em seguida está apresentado as características do concreto aparente e as etapas construtivas, desde a execução de formas, travamento, concretagem e acabamento final. Por fim foi analisada as manifestações patológicas e eventuais correções.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONCRETO

O concreto é o material de construção civil mais utilizado no mundo. Seu consumo está relacionado com o consumo de cimento. Em 2019, mais da metade do cimento produzido foi designado para edificações residenciais. Estima-se que seu consumo anual é de 54,8 milhões de toneladas, isto é, 261 kg/hab/ano (SNIC, 2019). De acordo com a NBR 12655:2022 sua produção se dá por meio da mistura de agregados graúdos, agregados miúdos e água, podendo ou não ter aditivos ou adições (ABNT, 2015), esta composição faz dele um material com boa resistência à compressão, em contrapartida, possui baixa resistência à tração. A fim de melhorar seu desempenho em relação a tração, pode-se adicionar barras de aço em sua composição, produzindo então o concreto armado (PARIZOTTO, 2017).

O Cimento Portland comum é um dos principais componentes do concreto, sua produção é realizada pela moagem do clínquer e adição de gipsita e outros materiais cimentícios suplementares (adições minerais) (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Existem diferentes composições de cimento, a NBR 16697:2018 os classifica de acordo com suas adições e propriedades especiais (ABNT, 2018), conforme o Quadro 1. No Brasil o cimento composto é amplamente utilizado, sendo que, no ano de 2013, 58% do cimento produzido no Brasil foi do tipo CP II (SNIC, 2013). A disponibilidade de cada tipo de cimento varia de acordo com a localidade no Brasil, devido a quantidade de matéria prima disponível (Fabricio Cruz, 2023).

Quadro 1 – Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de resistência	Sufixo		
Cimento Portland comum	Sem adição	CP I	25,32 ou 40	RS ou BC		
	Com adição	CP I-S				
Cimento Portland comum	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			
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32, 40			
	Não estrutural	CPB	-	-		

Fonte: ABNT (2018).

As adições no cimento têm por objetivo melhorar as propriedades do material, neste caso, melhorar a qualidade do concreto. Além de reduzir o consumo de clínquer, diminuindo então a produção de CO₂ decorrente de sua produção. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SINDUSCON, 2020, p. 18):

A produção de cimentos com adições de materiais como escórias siderúrgicas, cinzas volantes, argilas calcinadas e filer calcário, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, contribui significativamente para a redução de emissões e do consumo de combustíveis, representando também uma solução ambientalmente correta para subprodutos de outros processos produtivos e para a preservação de recursos naturais não renováveis.

A água é o elemento responsável por ativar a reação química de hidratação do cimento que provocam o seu endurecimento (PARIZOTTO, 2017). A mistura de cimento e água é chamada de pasta. Inicialmente a pasta é fluida, o que permite que ela seja moldada em vários formatos, após as reações entre o cimento e a água, ela torna-se um material rígido e resistente. A fluidez da pasta no estado fresco, e a resistência no estado endurecido dependem do tipo de cimento e da quantidade de água acrescentada na mistura, esta relação é chamada de relação água/cimento (HELENE; ANDRADE, 2010).

A argamassa é a mistura de pasta e agregados miúdos; e o concreto é a mistura de argamassa com agregados graúdos (PARIZOTTO, 2017).

O concreto, pode ter também aditivos, que são usados com a finalidade de modificar as propriedades do concreto fresco ou endurecido (MEHTA; MONTEIRO, 2014). De acordo com a NBR 12655:2022, os aditivos são misturados ao concreto durante a sua preparação e não podem ser adicionados em quantidades maiores do que 5% da massa de cimento (ABNT, 2015). Cada um deles tem componentes específicos que trazem propriedades desejadas ao concreto.

De acordo com Neville e Brooks (2010) um bom concreto deve possuir características satisfatórias no estado fresco e no estado endurecido. Quando o concreto ainda pode ser moldado e adensado, ou seja, está no estado plástico, é denominado concreto fresco (ABNT, 2015). No estado fresco, o concreto deve ter uma boa consistência e coesão, a fim de garantir que possa ser transportado e lançado nas fôrmas sem que haja a segregação dos materiais constituintes (NEVILLE; BROOKS, 2010). Quando ele forma um material sólido e resistente é chamado de concreto endurecido, (ABNT, 2015), neste estado, o concreto deve ter

resistência à compressão que satisfaça as exigências especificadas (NEVILLE; BROOKS, 2010).

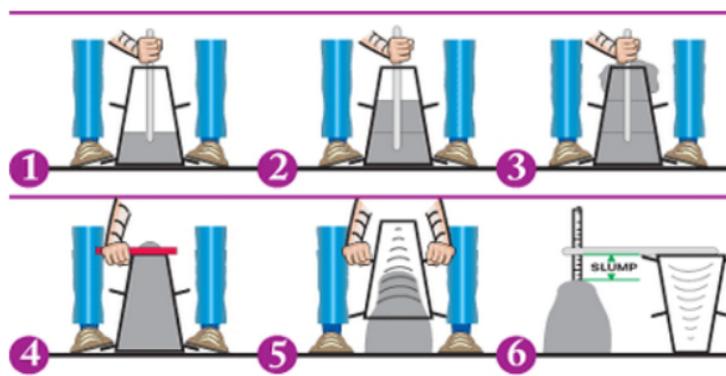
As características do concreto no estado fresco e endurecido podem ser definidas durante a mistura, colocando a quantidade de componentes de acordo com as características que se deseja alcançar. Para garantir as propriedades do concreto é necessário dosá-lo. A dosagem do concreto pode ser expressa pelo traço, que define as proporções de materiais a serem utilizados em relação ao cimento (HELENE; TERZIAN, 1993). De acordo com Mehta e Monteiro (2014), a dosagem do concreto tem como objetivo equilibrar a trabalhabilidade, resistência e durabilidade do concreto.

2.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade do concreto está relacionada com a facilidade do concreto ser totalmente adensado, isto é, com menor número de vazios. A trabalhabilidade está diretamente relacionada com a fluidez e coesão do concreto. Concretos com maior fluidez apresentam maior facilidade de mobilidade e o concreto mais coeso é mais resistente a segregação e exsudação (NEVILLE; BROOKS, 2010). A água é um dos agentes que proporciona ao concreto fresco maior fluidez e plasticidade, melhorando a trabalhabilidade da mistura (PARIZOTTO, 2017).

Para melhorar a trabalhabilidade do concreto, podem ser adicionados aditivos à mistura. A NBR 16889-2020 (ABNT, 2020) apresenta o método do ensaio de abatimento de cone, onde verifica-se a consistência do concreto. Neste ensaio, também conhecido como *Slump Test*, o concreto é inserido em três camadas, em um molde em formato de cone. Cada camada é compactada com auxílio de uma haste, após isso, deve-se levantar o molde e medir o abatimento do concreto. A medida é determinada pela diferença entre o concreto e a altura do corpo de prova. A Figura 2 ilustra o procedimento para realizar o ensaio de abatimento de cone.

Figura 2 – Ilustração do ensaio de abatimento de cone (*Slump Test*)



Fonte: GUERRA (2013).

2.1.2 Resistência

De acordo com Mehta e Monteiro (2014) a resistência do concreto está relacionada com a sua capacidade de resistir a tensões sem que ocorra fratura e é considerada a propriedade mais importante do concreto. O concreto é muito utilizado pela sua boa resistência à compressão (NEVILLE; BROOKS, 2010), sendo ela geralmente especificada nos projetos, através do F_{ck} , que é a resistência característica do concreto. A resistência do concreto está relacionada com processo de hidratação do cimento, ou seja, depende da relação água cimento e da porosidade (MEHTA; MONTEIRO, 2014). De acordo com Neville e Brooks (2010), o grau de hidratação do cimento aumenta com o passar do tempo, conseqüentemente a resistência aumenta de acordo com a idade do concreto. Alguns cimentos ricos em materiais pozzolânicos podem ter este aumento com a idade mais pronunciado.

Grande parte dos projetos, considera o concreto resistindo apenas aos esforços de compressão, visto que a relação entre a resistência à tração e compressão é geralmente em torno de 0,07 a 0,11 (MEHTA; MONTEIRO, 2014). A NBR 5739 (ABNT, 2018) normaliza o ensaio a resistência à compressão do concreto. Os resultados são obtidos através de ensaios em corpo de provas cilíndricos, que são testados em laboratório, verificando se o concreto está atingindo a resistência esperada.

2.1.3 Durabilidade

A durabilidade resulta da relação entre o concreto, o ambiente as condições de uso. O mesmo concreto, pode ter a durabilidade diferente em função do ambiente em que está exposto ou até mesmo da forma como é utilizado (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE,

2011). Pode ser definida como a capacidade do material a enfrentar aos processos de deterioração, preservando suas características quando o mesmo estiver situado no ambiente para o qual foi projetado, mantendo seu formato e qualidade (AMORIM, 2010).

A NBR 6118 (ABNT, 2023) diz que a durabilidade do concreto depende dos projetistas, dos construtores e de quem vai utilizar a edificação, sendo necessário que todos envolvidos cooperem. Indica também que para melhorar a durabilidade das estruturas, a inspeção e manutenção preventiva, qualidade de cobrimento e controle de fissuração, são alguns dos critérios citados, a fim de que a estrutura mantenha sua estabilidade, segurança e aptidão durante a sua vida útil.

A norma que contempla as ações e segurança das estruturas, NBR 8681 (ABNT, 2003) recomenda que a vida útil de uma estrutura seja de no mínimo 50 anos. Para garantir que a estrutura tenha a durabilidade e vida útil previstas, deve-se saber as condições a qual a estrutura estará exposta, definindo então os critérios de projeto de acordo com a classe de agressividade.

A durabilidade do concreto está diretamente relacionada com a resistência, já que em ambas as características são influenciadas pela permeabilidade do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

A durabilidade do concreto é afetada pela deterioração e envelhecimento da estrutura. A deterioração do concreto pode acontecer devido a lixiviação, expansão por sulfatos e reação álcali agregado. Já a deterioração da armadura pode ocorrer devido a despassivação por carbonatação e/ou por ação de cloretos (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

“[...] a durabilidade dos seus materiais também pode ser afetada pela ação de intempéries, de agentes físicos, químicos e biológicos naturais, por ações mecânicas imprevisíveis ou por sobrecargas. As causas da deterioração do concreto armado, na maior parte das circunstâncias, poderiam ser evitadas com a elaboração de um projeto consistente, a execução e escolha de materiais cuidadosa, e a realização de manutenções preventivas.”
(WEIMER *et al*, 2018, p.41).

2.2 CONCRETO APARENTE RIPADO

O concreto aparente está relacionado ao uso do concreto (convencional ou armado) na sua forma natural, sem o uso de revestimentos. Neste tipo de concreto, o acabamento final é feito durante a execução. Seu uso vai além da função estrutural e também é utilizado para fins estéticos. Já o concreto revestido é composto pelos mesmos materiais que o concreto

aparente, o que difere um do outro são os processos de execução e os aspectos técnicos empregados (PINTO, 2012).

O fato de ser um concreto sem revestimento, não é suficiente para ser considerado como concreto aparente (PINTO, 2012), de acordo com Botelho e Ferraz (2016), o concreto aparente é diferente do concreto não revestido, sendo que o primeiro deve possuir beleza, tornando-se importante as características estéticas, já o segundo é referente ao concreto usado em pontes e barragens, por exemplo, não sendo uma exigência a beleza visual.

Para o concreto aparente, é recomendado o uso de Cimento Portland composto com filer calcário (CP II-F), pois este tipo de cimento não apresenta escória de alto forno e pozolana em sua composição, das quais possam apresentar variabilidades em sua tonalidade, podendo causar interferência na superfície do concreto aparente (CHAVES,2016). Botelho e Ferraz (2016) recomendam o uso de concreto com maior trabalhabilidade, ou seja, com *slump* maior e com uso de brita 0 ou brita 1. No Quadro 2, é possível visualizar que concretos com *slump* maior, tem o custo mais elevado, considerando concreto com mesma resistência e agregados.

Quadro 2 – Variação do custo do concreto

Descrição do insumo	unid	Preço
Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, brita 0 e 1, <i>slump</i> = 100 +/- 20mm, exclui serviço de bombeamento	m ³	R\$ 498.67
Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, brita 0 e 1, <i>slump</i> = 130 +/- 20mm, exclui serviço de bombeamento	m ³	R\$ 517.86
Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, brita 0 e 1, <i>slump</i> = 190 +/- 20mm, exclui serviço de bombeamento	m ³	R\$ 573.22

Fonte: SINAPI (2023).

Para que o concreto possa ser utilizado como acabamento, ele deve apresentar características específicas durante o seu estado fresco e a principal delas é a trabalhabilidade e coesão. Essas características vão prevenir o aparecimento de manifestações patológicas posteriores no seu estado endurecido

No concreto aparente ripado sua aparência final deve conter os padrões de texturas das fôrmas, em formato de ripas. As fôrmas de madeiras, fazem com que o acabamento seja texturizado, onde é possível visualizar a impressão da madeira no concreto.

Uma das obras referência em concreto aparente ripado no Brasil é o SESC POMPEIA, que pode ser visualizado na Figura 3, um projeto da arquiteta Lina Bo Bardi, foi construído em nove anos, tendo início em 1977 e concluído em 1986.

Figura 3 – Referência em concreto aparente ripado no Brasil



Fonte: KATINSKY (2015).

As estruturas em concreto aparente possuem as etapas construtivas iguais a do concreto armado revestido, com a diferença de que em todas as etapas devem ser tomados cuidados especiais a fim de garantir a qualidade final (PATRÍCIA *et al.*, 2013). As etapas construtivas consistem na execução do sistema de fôrmas, concretagem dos elementos e acabamento final do concreto. Os elementos em concreto aparente também devem seguir as recomendações indicadas na NBR 6118 (ABNT 2022) que classifica as construções de acordo com a classe de agressividade, indicando então o cobrimento mínimo de cada elemento. Para garantir o cobrimento recomendado, é necessário o uso de espaçadores. Os espaçadores tem a função de garantir que as armaduras mantenham a distância necessária entre as fôrmas. Eles podem ser de metálicos, de argamassa ou de plástico, e são vendidos ou produzidos de acordo com o cobrimento que se deseja atingir. O uso destes dispositivos é importante para garantir a vida útil e durabilidade das estruturas. (HELENE, 2013).

As fôrmas devem ser estanques, garantindo que não haja fuga da pasta de cimento (ABNT, 2009). A qualidade na montagem das fôrmas é o um dos principais cuidados a ser tomado na execução de um elemento em concreto aparente, pois é através dos painéis que a textura da superfície do concreto é formada. As Figuras 5 e 6 apresentam situações em que não houve o cuidado adequado com juntas das fôrmas, gerando fuga de pasta de cimento.

Figura 5 – Aspecto de parede em concreto aparente com desencontro de juntas das fôrmas



Figura 6 – Detalhe de zona com fuga de pasta de cimento



Fonte: Kirchheim, Passuelo, Dal Molin, Pinto da Silva (2022).

Deve-se garantir que o sistema de fôrmas esteja bem construído, a fim de resistir às tensões devido ao lançamento do concreto. Esta é a fase mais crítica, visto que as fôrmas precisam resistir ao impacto de lançamento e ao peso do concreto (BOTELHO; FERRAZ, 2016).

Neste tipo de concreto é obrigatório o uso de desmoldantes (BOTELHO; FERRAZ, 2016). Os desmoldantes devem ser aplicados somente nas fôrmas, a fim de facilitar a desforma do concreto (ABNT, 2009) e estes devem ser aplicados antes da colocação da armadura. Muitas marcas têm produtos específicos para concreto aparente (BOTELHO; FERRAZ, 2016), já que os desmoldantes não podem causar alterações na cor e superfície do concreto (ABNT, 2009). Scheifer (2017) recomenda que antes da aplicação do desmoldante, deve ser feito um estudo, para verificar como o desmoldante interage com o concreto, evitando assim problemas na superfície do concreto aparente.

As armaduras devem ser montadas de acordo com o projeto estrutural, sendo fixadas nas fôrmas de forma que não haja o deslocamento durante a concretagem (ABNT, 2004). O recobrimento deve ser executado conforme as indicações do projeto, com o uso de espaçadores (DOP, 1981, apud BOTELHO; FERRAZ, 2016).

A NBR 15696 (ABNT, 2009) recomenda que as fôrmas de madeira sejam molhadas antes da concretagem, pois quando estão saturadas minimizam a perda de água do concreto, evitando que este fique aderido à fôrma. Botelho e Ferraz (2016) orientam que a umidade das fôrmas seja mantida por pelo menos uma hora antes da concretagem, para que as fôrmas não absorvam a água do concreto. Ao molhar as fôrmas, as mesmas devem ser posicionadas na horizontal, para que a água consiga penetrar abundantemente (BOTELHO, 2015).

O travamento das fôrmas garante que elas fiquem na posição correta, podendo ser feito de várias maneiras e está relacionado com o elemento que será concretado. Para as lajes, pode ser feito o escoramento com escoras de madeira ou escoras metálicas. As escoras são elementos resistentes, que transmitem as cargas até a base, enquanto o elemento não é autoportante, devendo ser projetado com todos os detalhes para que não haja dúvidas ao executar (ABNT, 2009). Não devem ser apoiadas diretamente no chão, devendo sempre ter um apoio com uma tábua de madeira em baixo, garantindo que haja a distribuição das cargas (BOTELHO, 2015).

Pilares, vigas e cortinas podem ser travados com madeira ou travamento metálico. O travamento metálico é composto pelas barras de ancoragem, que são hastes de aço roscaáveis, que são inseridas nas fôrmas. As barras de ancoragem devem garantir a fixação e posicionamento das fôrmas durante a concretagem, mantendo as características originais da estrutura. Não devem reagir com os componentes do concreto armado, nem causar manchas na superfície do concreto ou prejudicar o desempenho e durabilidade da estrutura (ABNT, 2009).

Ao utilizar barras de ancoragem e vigas metálicas, há uma garantia maior na fixação das formas, porém elas deixam marcas no concreto aparente. Já o travamento feito com madeira não resulta em marcas no acabamento final, porém não garante que a fôrma fique totalmente imóvel, podendo ocorrer pequenas movimentações durante a concretagem, causando deformações no concreto (SPADER, 2022).

2.2.2 Concretagem

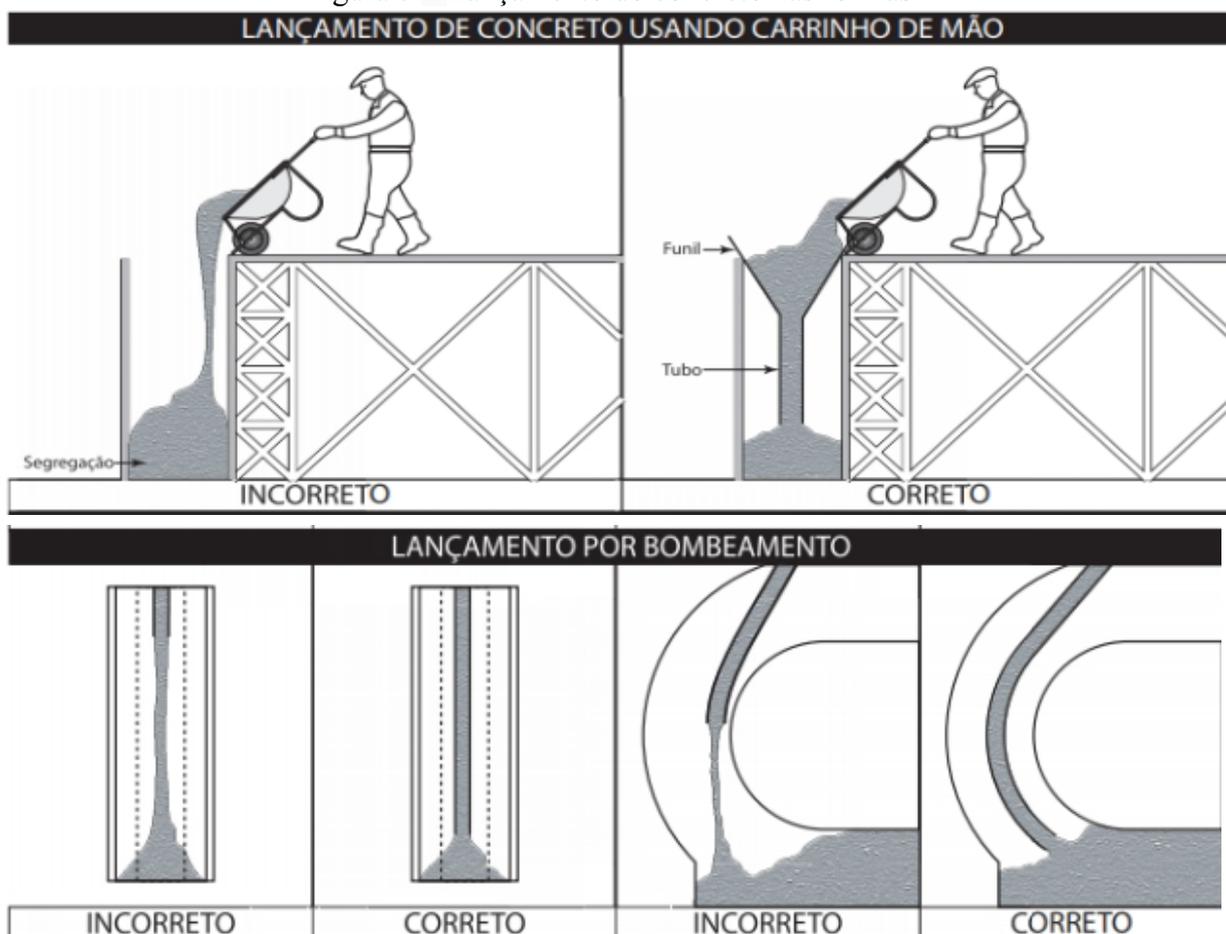
Para executar o concreto aparente, deve ser utilizado concreto dosado em central. Este concreto chega pronto para a aplicação, e possui um controle de qualidade maior do que os concretos moldados *in loco* (SALGADO, 2018).

O concreto deve ter maior trabalhabilidade, ou seja, slump maior, para que seja evitado o surgimento de manifestações patológicas, como as bicheiras, sendo o concreto autoadensável excelente, tratando-se de acabamento em concreto aparente (BOTELHO; FERRAZ, 2016). Este tipo de concreto possui ótima trabalhabilidade e consistência, prevenindo a segregação e surgimento de macro poros, melhorando a qualidade final do concreto (PATRÍCIA *et al.*, 2013). Um exemplo de uso deste concreto em obras monumentais é o Museu Iberê Camargo em Porto Alegre que foi finalizado em 2008, que possui sua estrutura em concreto aparente.

Durante a concretagem, além de um concreto de boa qualidade, é necessário o cuidado durante o transporte e o lançamento nas fôrmas, para isso, Salgado (2018) diz que o concreto deve ser lançado uniformemente, sendo adensado por camadas, com auxílio de vibrador, se este não for autoadensável. O vibrador tem a finalidade de adensar o concreto, eliminando os vazios, retirando o ar aprisionado. A vibração deve ser feita com cuidado, pois excesso de vibração pode segregar o concreto, separando a argamassa dos agregados graúdos (BOTELHO; FERRAZ, 2016).

Em elementos altos, durante o lançamento do concreto, deve ser prevenido o impacto com as fôrmas e armaduras, pois podem causar a segregação do material (NEVILLE, 2010), Botelho e Ferraz (2016) recomendam que para concretagem de pilares, seja utilizado funis e que altura máxima de lançamento não exceda os dois metros. A Figura 7 ilustra o lançamento do concreto nas fôrmas, indicando a maneira adequada para realizá-lo.

Figura 7 – Lançamento do concreto nas fôrmas



Fonte: NEVILLE (2010).

Após a concretagem, devem ser iniciados os procedimentos para a cura do concreto. A cura é necessária para garantir que a água do concreto não evapore, diminuindo a resistência e aumentando a retração, podendo causar fissuras no concreto. Durante a cura sua superfície deve ser protegida da exposição excessiva de sol e vento (PATRÍCIA *et al.*, 2013). As lajes são os elementos que mais necessitam de cura, pois apresentam uma maior área de superfície exposta, nelas, a cura pode ser feita com uma camada de 3cm de água, devendo ser mantida por três dias (BOTELHO e FERRAZ, 2016). Em paredes a cura pode ser realizada com aspersores de jardim, com mangueiras projetando a água de tempos em tempos ou mantas umedecidas (Figura 8).

Figura 8 – Processo de cura de paredes de concreto utilizado no Museu Iberê Camargo



Fonte: Kirchheim, Passuelo, Dal Molin, Pinto da Silva (2022).

Mesmo adotando todas as técnicas e métodos para a execução correta, ainda é passível o surgimento de defeitos na superfície do concreto aparente, sendo necessário uma avaliação da necessidade da recuperação, já que recuperá-lo pode evidenciar mais o problema e piorar esteticamente sua aparência (RODRIGUES, 1995).

2.2.3 Acabamento final

Embora seja possível prever a aparência final do concreto aparente, algumas variações de cores e texturas são comuns. Elas podem ser consideradas parte da aparência natural do concreto ou podem ser tratadas posteriormente para obter o acabamento desejado (TOLDO, 2022). O surgimento e defeitos na superfície do concreto é subjetivo, já que se pode desejar obter um acabamento uniforme e homogêneo ou um acabamento mais bruto, sendo aceitáveis pequenas imperfeições (DREON, 2014). O acabamento final deve ser livre de grandes imperfeições, devendo resistir aos agentes agressivos do qual o concreto estará exposto (PATRÍCIA *et al.*, 2013).

As imperfeições nas faces do concreto devem ser reparadas com argamassa com cor e textura similar ao do concreto, podendo ser adicionado cimento branco à mistura para conseguir atingir tonalidade semelhante ao que se deseja (BOTELHO; FERRAZ, 2016).

Após os reparos, a superfície do concreto deve ser limpa, removendo respingos ou saliências, esta limpeza pode ser feita com espátulas ou lixamento com lixa grossa. Depois pode ser feito o estucamento que consiste na aplicação de uma pasta feita de Cimento Portland, cimento branco, água e adesivo acrílico. A aplicação da pasta é feita com broxa, formando uma camada sobre a superfície e preenchendo pequenos furos e microfissuras, a superfície deve estar úmida durante o processo de estucamento. Após a secagem total da pasta

de estucamento, a superfície deve ser lixada novamente, com lixa fina, podendo ser lixamento manual ou mecânico, retirando o excesso de material da superfície e deixando-a uniforme. Por fim deve ser aplicado a camada de proteção com hidrofugante, impermeabilizante ou verniz. Antes da aplicação, a superfície deve ser devidamente limpa, retirando todo o pó proveniente do lixamento fino (DER/SP, 2006).

2.2.4 Vantagens e desvantagens

Uma das grandes vantagens de usar o concreto aparente está relacionada a sua versatilidade, já que o concreto torna viável a execução de elementos estruturais em vários formatos (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O concreto é um material extraordinário, não só porque ele pode ser moldado em uma variedade de formas complexas, como também pode fornecer efeitos especiais a superfície [...] detalhes arquitetônicos podem ser criados através da escolha adequada dos componentes do concreto, fôrmas e técnicas texturais” (MEHTA; MONTEIRO, 2014, p. 07)

As estruturas de concreto aparente, quando projetadas e executadas corretamente, apresentam boa durabilidade, reduzindo então o custo com manutenção (PARIZOTTO, 2017). Nestes casos o concreto aparente necessita apenas de uma análise regular para que seja feita a limpeza da superfície e reaplicação da camada de proteção (PATRÍCIA *et al.*, 2013). Por não ser revestido, tem uma economia de tempo e material de acabamento como reboco e revestimento com algum outro material. Além dessas qualidades, imóveis com elementos em concreto aparente agregam valor ao bem patrimonial (PINTO; MOREIRA, 2016).

Apesar de o custo com a manutenção do concreto aparente ser mais baixo, o custo da execução tende a ser mais elevado do que construir elementos em concreto revestido, isso pelo fato de ser necessário o uso de fôrmas especiais, aditivos no concreto, desmoldante, sendo esses alguns dos fatores que tornam o custo com a mão de obra mais elevado (BOTELHO; FERRAZ, 2016).

“A questão do concreto aparente é a dificuldade em se obter um resultado final bem acabado. Para tanto, se faz necessário um pedreiro experiente e um bom carpinteiro.[...] o método (concreto aparente) exige mão de obra extremamente qualificada na área de carpintaria, profissional cada vez mais raro em nossos canteiros de obra”. (PATRÍCIA *et al.*, 2013, p.167).

A dificuldade em recuperar ou remodelar os elementos em concreto aparente é uma das grandes desvantagens do seu uso (PARIZOTTO, 2017). A falta de técnica eficiente para as correções, prejudicam o desempenho estético do material, pois o reparo fica evidente (PATRÍCIA *et al.*, 2013).

2.2.5 Manifestações Patológicas

As manifestações patológicas são os resultados dos mecanismos de deterioração (FRANÇA, 2021). As manifestações patológicas no concreto podem ocorrer em decorrência de inúmeros fatores, podendo ser por problemas no projeto, no planejamento, ou na execução da obra (RESENDE, 2018).

Devido à grande dificuldade em recuperar as estruturas de concreto aparente, ele não permite que sejam feitas grandes correções, quando o acabamento apresenta imperfeições significativas, é mais fácil quebrar o elemento e refazê-lo (CASA E CONSTRUÇÃO, 2018).

Deixar o concreto exposto, sem revestimento, o deixa mais suscetível a ação das intempéries, e ao contato a umidade pode sofrer carbonatação e corrosão das armaduras, manchando a superfície e fazendo com que os usuários optem por revestir a estrutura (PINTO; MOREIRA, 2016).

3 METODOLOGIA

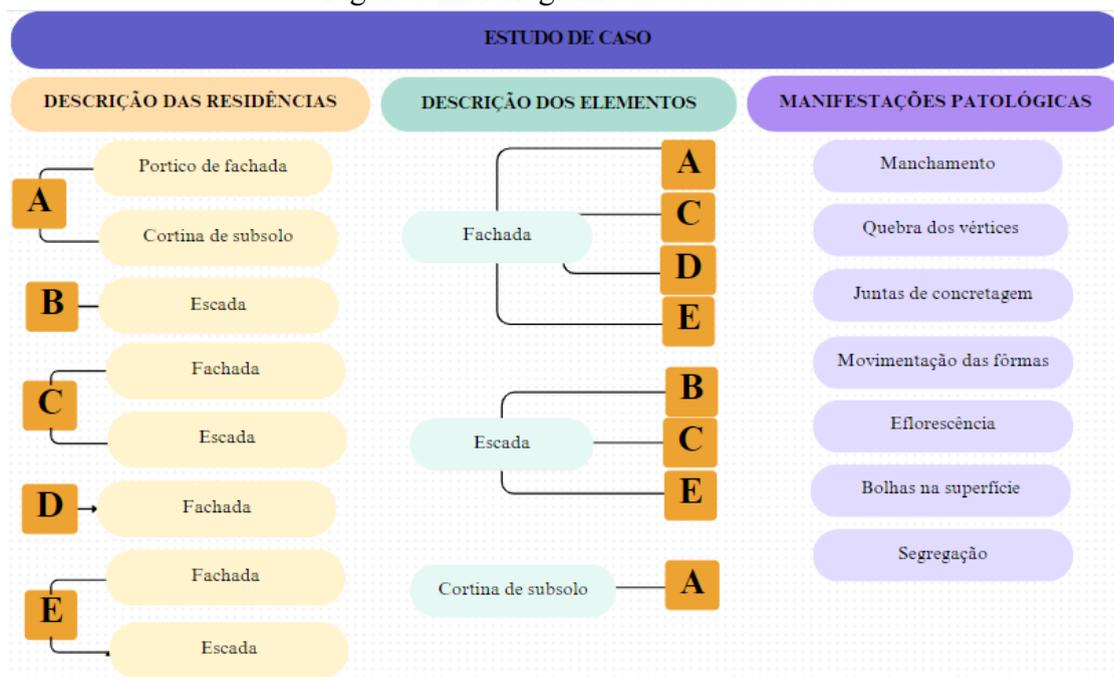
A fim de verificar a ocorrência do uso do concreto aparente ripado em residências de alto padrão, foi feito um levantamento de dados, quantificando as residências com este padrão de acabamento dentro do condomínio Alphaville Toscana. Este condomínio é composto por 257 lotes, sendo 79 lotes vazios (à venda) e 127 lotes com residências prontas, 51, lotes em obras. Considerando as residências prontas e as residências em obras, foi levantado a quantidade de residências com uso de concreto aparente ripado na fachada.

Ao analisar as residências prontas ou em obras, foi verificado que 62 possuem elementos em concreto aparente na fachada, o que equivale a 35% do número total de residências no condomínio.

Este número poderia ser maior, caso fossem considerados elementos internos. Dentre as casas com uso do concreto aparente, 73% são de concreto aparente ripado. Os demais 27% são concretos aparentes com outro padrão de acabamento, como por exemplo, acabamento liso ou com chapas compensadas.

Diante dos dados expostos, foi feito o estudo da construção de cinco residências unifamiliares de alto padrão contendo elementos em concreto aparente ripado. Para o estudo de caso, foram descritas as características das residências e depois os elementos, por fim foram descritas as manifestações patológicas verificadas, conforme indicado na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma de estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para o desenvolvimento deste trabalho foi feito o estudo de referenciais bibliográficos sobre o concreto. Para o estudo do concreto aparente ripado também foi utilizado como referência outras pesquisas sobre o assunto. Para complementar a pesquisa realizou-se o estudo de recomendações técnicas fornecidas por empresas e profissionais especializados neste tipo de construção, por meio de aulas online e visitas em obras de uma construtora especializada em concreto aparente, conforme as informações contidas no apêndice A.

Após o estudo das referências e técnicas recomendadas para a execução e manutenção do concreto aparente, foi elaborado o laudo técnico (estudo de caso), onde foram analisadas obras executadas em concreto aparente ripado e feita sua avaliação e conclusão fundamentada. O objeto da perícia são os elementos arquitetônicos em concreto aparente ripado de residências unifamiliares distintas, construídos por uma construtora em Porto Alegre. Os dados para elaborar o laudo foram obtidos por meio de visitas nas obras em estudo e da análise de relatórios de obras fornecidos pela construtora.

Cada residência é descrita separadamente, indicando os elementos a serem estudados. O relatório técnico foi desenvolvido através da descrição de cada elemento, comparando o método construtivo. Depois foram listadas as principais manifestações patológicas identificadas nas estruturas por meio de uma inspeção visual, indicando os motivos das falhas e qual método utilizado pela construtora para recuperá-los. A análise crítica realizada está com base no embasamento teórico, contendo recomendações de solução para os problemas.

3.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

As edificações vistoriadas estão localizadas no condomínio Alphaville, na zona sul de Porto Alegre/RS, no bairro Vila Nova. O bairro Vila Nova está em meio a uma crescente urbanização, mas ainda apresenta características rurais. Está localizado próximo a centros comerciais como o BarraShopping Sul e próximo a espaços de lazer como a beira do Rio Guaíba no Bairro Ipanema. Devido ao grande número de lotes vazios naquela área, aumentou-se o número de condomínios na região e consequentemente o número de construções de médio e alto padrão, principalmente dentro dos condomínios. A região é composta por morros, por conta disso possui terrenos com desníveis consideráveis.

Figura 10 – Mapa da região



Fonte: adaptado de Google Earth

3.2 DESCRIÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

As residências foram identificadas por meio de letras, sendo nomeadas de A-E. Das residências analisadas, duas encontram-se em obras, ou seja, estão sendo construídas; as demais residências estão prontas.

Cada residência possui ao menos um elemento em concreto aparente. A relação de situação da obra e elementos em concreto aparente estão descritos no Quadro 5.

Quadro 3 – Informação de cada elemento por obra

Residência	Situação	Elemento
A	Em obras	Cortina - Subsolo
		Fachada - Pórtico
B	Em obras	Escada
C	Pronta	Fachada - Laje, pilar e vigas
		Escada - reta
D	Pronta	Fachada - Pórtico
E	Pronta	Fachada - Laje, pilar e vigas
		Escada

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A residência A é uma casa em construção, localizada em um terreno em declive, possui três pavimentos, sendo um deles um subsolo. O projeto arquitetônico desta residência foi pensado a fim de aproveitar a topografia do lote, por conta disso, possui um subsolo em concreto semienterrado e um pórtico de entrada com elementos em formato trapezoidal, dando assim destaque à fachada.

A residência B, em construção, localizada em um terreno em aclive, possui dois pavimentos. Esta casa possui um projeto arquitetônico com estilo contemporâneo industrial, possuindo elementos de concreto na garagem e escada principal. Os acabamentos desta residência foram pensados a fim de deixá-la mais rústica.

A residência C, foi concluída em 2022, está localizada em um terreno plano. Trata-se de uma residência de dois pavimentos, onde a arquitetura é com estilo moderno, possuindo um grande elemento da fachada em concreto aparente. Possui uma escada interna, ligando os dois pavimentos, em concreto aparente.

A residência D, concluída em 2021, trata-se de uma casa com estilo arquitetônico contemporâneo, possui elementos de fachada com grande destaque, sendo os principais o pórtico de fachada e o pilar em formato de 'Y'. Esta casa foi construída em um terreno plano, de esquina, com formato irregular, composta por dois pavimentos.

E por fim, a residência E, concluída em 2023, é uma residência com estilo arquitetônico contemporâneo, possui elementos em concreto aparente em todas as fachadas. A fachada principal apresenta o maior número de componentes em concreto aparente, sendo o

destaque da residência, contando com elementos de pilares, vigas que formam o pórtico de entrada, além da laje da garagem, em concreto aparente ripado. A casa está localizada em um terreno em desnível, contendo três pavimentos (subsolo, térreo e superior). A escada que faz a ligação entre os pavimentos é em concreto aparente, com revestimento apenas na parte superior dos degraus.

3.3 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS ANALISADOS

3.3.1 Fachadas

Elementos de fachada com finalidade estética foram encontrados nas residências A, C, D e E. Cada fachada possui elementos distintos, que são especificados de acordo com o projeto arquitetônico. A maneira como cada elemento foi executado está descrito abaixo.

3.3.1.1 Fachada – Pórtico A:

O pórtico tem formato de ‘L’, possui um pilar de 8 metros de altura e uma viga de 6,75 metros de comprimento com 60 centímetros de altura. Pilar e viga possuem seção transversal em formato trapezoidal, com cantos vivos. Na Figura 11 está representada uma imagem do projeto 3D da residência.

Figura 11 – Imagem renderizada da fachada da residência A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Por se tratar de um elemento com altura significativa, o pilar foi executado em três partes. Primeiramente foi feita a fabricação dos painéis e montagem das armaduras para metade inferior. Foi feita a concretagem parcial do pilar. Optou-se por fazer a concretagem em

três etapas, para que não houvesse a segregação do concreto devido ao lançamento de grandes alturas e para reutilização das fôrmas. Após a primeira parte do concreto estar pronta e desformada, foi feita a montagem das fôrmas, montagem das armaduras e concretagem da metade posterior do pilar, conforme a Figura 12. Por fim, foi feita a concretagem da parte mais alta do pilar e da viga, finalizando assim a concretagem do pórtico.

Figura 12 – Sistema de fôrmas e concretagem da segunda parte do pórtico



Fonte: Imagem cedida pela construtora

Para as fôrmas, foi realizada inicialmente a montagem dos três painéis do pilar utilizando desmoldante na superfície que entraria em contato com concreto. Os painéis foram feitos com madeira de pinus 2,5x15 cm, aplainadas e bitoladas. Os montantes dos pilares foram executados com sarrafos de 2,5x7 cm colocados a cada 30 cm, a fim de garantir sua rigidez. Nesta etapa, as armaduras da primeira parte do pilar já estavam prontas. Foi utilizado espaçadores plásticos, a fim de garantir o cobrimento das armaduras. Antes de posicionar os painéis, foram colocadas as galgas. Nesta obra, as galgas foram feitas com cano PVC 25 mm e fixadas nas armaduras com o uso de arame galvanizado. As galgas são responsáveis por manter o espaçamento interno entre as fôrmas, garantindo que a forma não sofra um ‘estrangulamento’ durante o travamento. Após isso, é feito o posicionamento dos painéis e a execução dos furos para o travamento.

Para garantir que as fôrmas ficassem no prumo, foram utilizadas escoras metálicas, fazendo parte do seu travamento, para evitar o deslocamento em relação ao eixo Y e manter o alinhamento. O travamento das fôrmas do pilar foi feito com barras de ancoragem. Estas

barras atravessaram as fôrmas e foram travadas com auxílio de uma porca borboleta. Para que as barras de ancoragem pudessem ser removidas, foi colocado uma barra de cano 25 mm dentro das fôrmas em todos os pontos seriam inseridas. As barras de ancoragem foram colocadas a cada 50 cm. Os furos para inserção das barras de ancoragem e a colocação do cano PVC 25 mm foram feitos na etapa anterior, durante a montagem das fôrmas. Para fazer a fixação e travamento com uso das barras de ancoragem, foi utilizado caibro de 10x5cm previamente furados e fixados no painel. É nesse caibro que é feito o travamento com a porca rosqueável

Na Figura 11 é possível ver os elementos de travamento das fôrmas. As escoras metálicas são responsáveis por fazer o travamento das fôrmas em relação ao prumo, garantindo que estas não se desloquem em relação ao eixo Y. Também é possível ver os elementos de ancoragem em relação ao eixo X, sendo eles os caibros de 10x5 cm travados com as barras de ancoragem e porcas rosqueáveis.

Para a concretagem foi utilizado concreto convencional com resistência de 25 MPa, possuindo como agregado graúdo a brita 0, e *slump* 100 mm. O concreto foi lançado nas fôrmas com auxílio de bomba e magote. A primeira parte do pilar foi concretada juntamente com a primeira laje. O mesmo aconteceu com a segunda parte, que foi concretada junto da laje de cobertura. A concretagem da parte final do pilar e a viga foram concretados juntos. Antes de cada concretagem as fôrmas foram molhadas. Em todas as etapas, foi utilizado vibrador para fazer o adensamento do concreto. Na Figura 12 é possível visualizar a segunda parte do pilar concretada e o sistema de fôrmas pronto para a concretagem da terceira etapa.

Figura 13 – Fôrmas do pórtico de fachada A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Figura 14 – Desforma pórtico de fachada A



Fonte: O autor (2023).

3.3.1.2 Fachada – Pórtico D:

Este elemento de fachada tem finalidade estética. A execução deste pórtico foi feita juntamente com as alvenarias do primeiro pavimento. O pórtico tem formato de ‘U’ invertido possui dois pilares de 4,6 metros de altura e uma viga de 3 metros de comprimento com 30 centímetros de altura. Pilar e viga possuem seção transversal em formato trapezoidal, com chanfro nos cantos em toda área externa. A Figura 15 representa a fachada da residência, sendo possível visualizar os elementos em concreto aparente.

Figura 15 – Imagem renderizada da fachada da residência D



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para o pórtico mostrado na Figura 15, optou-se pela concretagem integral de todo elemento. Esta decisão por parte da construtora ocorreu a fim de evitar marcas devido a concretagem distintas.

Para as fôrmas, foi feita inicialmente a montagem dos painéis da parte interna do pórtico. Os painéis foram feitos com madeira de pinus bitolada com tamanhos distintos, utilizando viga metálica com alma de madeira. Os painéis da parte interna dos pilares foram posicionados e aprumados. Para garantir o prumo, foi realizado o travamento parcial utilizando guia de eucalipto de 2,5x15cm, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Fôrmas pórtico fachada D



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

A montagem do restante dos painéis foi realizada com o mesmo padrão de madeiras, bitoladas e com tamanhos distintos. O travamento das fôrmas foi executado com barras de ancoragem, fixadas nas vigas metálicas com alma de madeira. Foram utilizadas escoras metálicas e escoras de madeira, fazendo o travamento interno e externo das fôrmas.

Figura 17 – Formas e travamento do pórtico da fachada D



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

A concretagem foi feita com o uso de concreto usinado Fck 25, com brita 0 e *slump* 100 mm. O lançamento e transporte do concreto até as fôrmas foi feito através de

bombeamento e mangote. O concreto foi adensado com auxílio de um vibrador. Na Figura 18 é possível visualizar o pórtico após a desforma, ainda com os canos utilizados para passar as barras de ancoragem.

Figura 18 – Desforma pórtico casa D



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

3.3.1.3 Fachada – Pórtico E

A fachada da casa E, diferentemente das outras, possui detalhes em toda sua extensão em concreto aparente ripado. A fachada desta residência é composta por pilares, vigas e laje, todas contendo o mesmo padrão de acabamento. Nesta fachada, as duas vigas laterais sobressaem a estrutura, formando um trapézio, com as pontas excedendo os limites da edificação. Todos os elementos com seção transversal quadrados, como está mostrado na Figura 19. Nesta imagem também é possível visualizar o pórtico de entrada que é composto por dois pilares e uma viga. Sendo um dos pilares suspensos. A laje entre pisos sobressai a estrutura, sendo a parte interna revestida, e a parte externa aparente.

Figura 19 – Fachada principal casa E



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

A execução dos elementos em concreto aparente aconteceu juntamente com o restante da estrutura. A concretagem dos elementos foi realizada em três etapas. Primeiro foi concretando a laje entre piso, juntamente com a parte inicial do pórtico. Depois foi feita a concretagem dos pilares da fachada do segundo pavimento, e por fim foi realizada a concretagem das vigas.

Para executar o sistema de fôrmas, primeiramente foi feita a montagem dos painéis. Os painéis foram executados com tábuas de pinus, aplainadas e bitoladas com 15 cm de largura. Nesta obra, optou-se por realizar o travamento das fôrmas apenas com madeira, sendo inserido gravatas a cada 30 cm em todo o comprimento do pilar. Semelhante aos pilares, as vigas também foram travadas com mão francesa de madeira, inseridas a cada 30cm. Os fundos de viga e apuradores dos pilares foram feitos com escoras metálicas. Foi utilizado desmoldante na superfície de todas as fôrmas.

Figura 20 – Sistema de fôrmas pórtico casa E



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para a concretagem, foi utilizado concreto Fck 25, brita 0 e *slump* 100. O lançamento e transporte do concreto até as fôrmas foi feito com auxílio de bomba e mangote. Durante a concretagem, foi feito o adensamento do concreto com auxílio de um vibrador. A Figura 21 mostra o lançamento do concreto nas fôrmas do pilar, também é possível visualizar um dos operários com o vibrador.

Figura 21 – Concretagem pórtico casa E



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

3.3.1.4 Fachada C

A fachada desta residência possui elementos em concreto aparente em todo seu entorno. Foi analisado os elementos de pilar, laje e vigas. O projeto contempla a entrada principal com laje em concreto aparente, com fechamento em uma das laterais por um pilar-parede. A laje está apoiada em uma viga em balanço que passa por toda lateral da casa. O pilar-parede possui seção retangular de 5,20 m x 0,3 m. A laje e a viga também possuem seção transversal retangular, como mostra a Figura 22.

Figura 22 – Fachada casa C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para execução das fôrmas, inicialmente foi executado os painéis para o pilar, fundo da laje e viga, neles foram utilizadas madeira de pinus 2,5x15 cm, aplainadas e bitoladas, os montantes dos painéis são de sarrafos de 5x7 cm. Após a fabricação e montagem dos painéis, foram posicionadas as armaduras. Para as lajes foram utilizados espaçadores plásticos do tipo centopeia, conforme a Figura 23, e para o pilar e viga foram utilizados espaçadores plásticos circular. Durante esta etapa, foi executado também as esperas elétricas na laje, visto que a iluminação é embutida, e não pode ser executada em momento posterior. Foi aplicado desmoldante composto por óleos e aditivos emulsionados em água (Desforma Plus - Viapol).

Figura 23 – Fôrmas da laje em concreto aparente com espaçadores plásticos



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Na Figura 24, é possível visualizar que para o escoramento das lajes e fundo da viga, utilizou-se escoras metálicas. O travamento do pilar foi feito com barras de madeira transversais ao elemento, escoradas por apuradores de madeira de 8 x 8cm e escoras metálicas. Também é possível ver que a viga foi travada com uso de mão francesas.

Figura 24 – Sistema de fôrmas - residência C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

O plano de concretagem adotado na obra foi a execução de todos os elementos em uma única etapa, garantindo assim que todo o concreto tivesse a mesma tonalidade e não houvesse juntas de concretagem. Foi utilizado concreto usinado de 40 MPa, com brita 0 e *slump* 100 mm. Seu lançamento nas fôrmas aconteceu com auxílio de bomba e mangote.

3.3.2 Escadas

As escadas são elementos com a função de unir um pavimento ao outro. Nas residências em estudo identificou-se que a residência B, C e E possuem elementos de escada em concreto aparente ripado. Todas as escadas observadas são do tipo plissadas, isto é, com formato do degrau também na parte inferior na parte inferior dos degraus. Cada uma possui formato diferente em, sendo estudada escada reta, escada em ‘U’, apoiada na parede e sem apoio em paredes. O método executivo utilizado pela construtora em cada uma delas está descrito abaixo.

3.3.2.1 Escada casa B

Escada foi executada em formato de ‘u’ composta por dois lances. Esta escada está localizada encostada em duas paredes. É uma escada plissada em concreto aparente com os pisantes dos degraus revestidos em pedra.

As fôrmas utilizadas são de madeira de *pinus*, aplainadas. Os painéis para os pisantes e espelhos dos degraus foram feitos em obra, de acordo com as dimensões previstas no projeto arquitetônico. A primeira etapa foi fazer escoramento preliminar, posicionando e fixando as escoras de eucalipto a fim de apoiar as fôrmas das escadas sobre elas. Após isso foi iniciado a montagem do fundo da escada e inserido as armaduras, para finalmente colocar as fôrmas dos espelhos e fazer o travamento final. O travamento dos espelhos é feito fixando um sarrafo nos painéis laterais e uma ripa em todo o comprimento da escada, travando um degrau no outro, como mostra a Figura 25. A escada foi concretada com concreto usinado Fck 25, brita 0, *slump* 100 mm.

Figura 25 – Sistema de fôrmas -Escada B



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

3.3.2.2 Escada casa C

A escada desta residência, é composta por um lance reto. Ela liga o andar térreo ao superior. No projeto arquitetônico estava prevista uma escada em concreto aparente, com os pisanetes dos degraus revestidos em madeira. Na Figura 26 é possível visualizar o projeto em 3D, onde mostra a escada do tipo plissada, isso é, a parte de baixo tem o mesmo formato da escada, com uma das laterais encostada na parede.

Figura 26 – Projeto da escada C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para executar as fôrmas, foi utilizado madeira de *pinus*, aplainada e bitolada. Os painéis para os espelhos e pisantes são fabricados de acordo com o tamanho especificado no projeto. As madeiras foram devidamente cortadas e armazenadas. Depois de ter as peças prontas, iniciou-se a montagem do fundo da escada. As fôrmas foram limpas, e em seguida foi acrescentado as armaduras dos degraus, após isso foi colocado então o espelho. O travamento das fôrmas foi feito fixando um sarrafo na parede outro na forma lateral da escada de modo a impedir a movimentação da forma dos espelhos. Para concluir o travamento dos espelhos foi inserida uma ripa em todo comprimento da escada, de modo a garantir o posicionamento e travamento de todos os espelhos conjuntamente, conforme ilustrado na Figura 27. O escoramento do fundo da forma foi feito com escoras de eucalipto. A concretagem aconteceu em uma única etapa, com concreto usinado e bombeado.

Figura 27 – Sistema de forma de escada reta C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

3.3.2.3 Escada E

A escada liga o pavimento subsolo ao pavimento superior sendo composta por 4 lances com degraus plissados e um patamar reto em concreto aparente. A escada está localizada no centro do ambiente, com as duas laterais, fundo e espelho em concreto aparente. Os pisantes são revestidos em madeira. Diferentemente das outras escadas, esta não está

encostada em nenhuma parede, por isso o travamento dos painéis de espelhos teve que ser feito fixando sarrafos nas duas laterais. Também foi necessário produzir as fôrmas para todas as laterais do patamar e dos dois lados da escada. As fôrmas utilizadas foram tábuas de *pinus*, aplainadas e bitoladas. O escoramento do fundo da forma, foi feito com escoras de eucalipto. A concretagem total de todos os lances, foi feita no mesmo dia. Foi utilizado concreto usinado, Fck 25, brita 0, *slump* 100 mm.

Figura 28 – Sistema de fôrmas - Escada E



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

3.3.3 Cortina

3.3.3.1 Cortina do subsolo casa A

A residência A possui um subsolo com as paredes internas de concreto aparente. As paredes externas, foram cobertas pelo aterro, por esse motivo, foram revestidas com impermeabilizante. O subsolo tem duas paredes completamente enterradas, e duas parcialmente enterradas. As paredes semienterradas têm duas aberturas, uma em cada parede.

As fôrmas utilizadas foram tábuas de *pinus* 20 x 2,5cm bitoladas, com uma das faces aplainadas. Primeiramente foi feita a montagem dos painéis com as tábuas de *pinus*. Os montantes dos painéis foram feitos com caibros de *pinus* 5x7cm, espaçados a cada 30cm. Após a colocação dos painéis externos, foi feita a montagem das armaduras e inseridos os espaçadores plásticos. Nesta etapa foi feito a fôrma para o vão da porta e janela.

A fôrma para os vãos foi executada similarmente aos demais painéis, seguindo o mesmo sentido da madeira das demais paredes. Também foram deixadas as esperas elétricas e colocadas as galgas feitas em cano PVC, garantindo que a fôrma não sofresse estrangulamento durante o travamento. As galgas foram fixadas na armadura, com uso de arame recozido. Além das galgas, foram pregados sarrafos em cima da fôrma, auxiliando no travamento entre as fôrmas internas e externas. Após isso, foi inserido os painéis internos, com aplicação de desmoldante na superfície que ficaria em contato com concreto.

Figura 29 – Sistema de fôrmas cortina A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

As fôrmas foram apumadas com auxílio de sarrafos e caibros de madeira. Estes elementos também foram utilizados para fazer o travamento interno e externo das fôrmas. A concretagem foi feita com concreto usinado, com *slump* 100 mm, resistência característica à compressão de 30 MPa, brita 01. O concreto foi lançado as fôrmas com auxílio de bomba e mangote.

Figura 30 – concretagem cortina A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Neste tópico serão abordados os principais problemas avaliados durante a visita às obras descritas acima.

4.1. MANCHAMENTOS

4.1.1 Manchamento devido ao escoamento da pasta de cimento

Na Figura 31, é possível visualizar as manchas no pórtico de fachada da casa A. Estas manchas ocorreram devido à falta de estanqueidade entre o elemento já concretado e as fôrmas. Nas juntas de concretagem, pode ocorrer o surgimento de manchas, em virtude do vazamento da pasta de cimento (RODRIGUES, 1995). Apesar de não trazer danos estruturais ao elemento, o escoamento da pasta causa manchas que prejudicam a estética do mesmo.

Figura 31 – Mancha devido ao escoamento da pasta de cimento - Fachada A



Fonte: O autor (2023).

Recomenda-se que após a concretagem a superfície do concreto antigo seja lavada, evitando a aderência entre a pasta escoada e o concreto, conseqüentemente seu manchamento.

Para recuperar o dano estético, a construtora optou por fazer uma camada de argamassa em toda sua superfície dos elementos. Esta argamassa foi feita com uso de areia fina e cimento Portland. Para ficar em uma tonalidade mais próxima do original, foram testados traços e cimentos de marcas diferentes. Os testes foram feitos na própria estrutura, em partes menos visíveis. Antes da aplicação da argamassa, a superfície do concreto foi

lixada com lixa grossa. Este procedimento é indicado por Rodrigues (1995), que recomenda o lixamento da superfície, para posterior aplicação de argamassa através da estucagem. Antes de aplicar a argamassa, a mesma deve ser dosada, a fim obter-se uma cor próxima ao do concreto. Para correção da cor, pode ser feita a combinação entre o cimento comum e o cimento branco.

4.1.2 Manchamento devido ao óxido de ferro

A Figura 32a mostra uma parte do pórtico, entre as juntas de concretagem, onde é possível visualizar o manchamento devido ao escorrimento da pasta, citado anteriormente, e o manchamento devido a oxidação do aço das armaduras. O surgimento desta mancha se deu pelo fato de o elemento ter sido executado em etapas diferentes. Ao concretar a primeira parte do pórtico, as armaduras de costura ficaram expostas, fazendo com que o óxido de ferro escorresse pela superfície do concreto. O mesmo acontece com as fôrmas, onde em alguns pontos é possível ver as manchas devido ao uso de pregos.

Figura 32a – Manchas devido ao escorrimento do óxido de ferro das esperas das barras de armaduras - Fachada A



Figura 32b – Mancha devido ao escorrimento do óxido de ferro dos pregos das fôrmas - Fachada A



Fonte: o autor (2023).

Este tipo de manchamento também aconteceu nas escadas, como pode ser visto na Figura 33, onde mostra a parte de baixo da escada da residência B. Nesta residência, as armaduras ficaram expostas na fôrma por um mês, o que propiciou a sua oxidação, sendo transferidas as manchas de oxidação para as fôrmas, e conseqüentemente para o concreto. Durante a execução do elemento, não foram utilizados os espaçadores no fundo forma. Os espaçadores têm a função de garantir que haja o cobrimento mínimo da armadura. Devido ao

tempo de exposição das armaduras dentro das fôrmas, houve a circulação de pessoas sobre elas, deformando-as.

Figura 33 – Mancha devido ao óxido de ferro - Escada B



Fonte: o autor (2023).

Para fazer o tratamento e recuperação das manchas na escada devido ao óxido de ferro, a construtora optou por fazer o lixamento da superfície e aplicação de argamassa. A argamassa foi produzida a partir da mistura de cimento, areia fina e emulsão adesiva base PVA. A aplicação foi feita com auxílio de uma esponja, que era inserida na argamassa e passada na superfície da escada, retirando assim as manchas causadas pelo óxido, e mantendo a aparência e textura das fôrmas. Alguns minutos após a aplicação, foi realizado o lixamento com lixa fina, retirando todo excesso do produto.

Figura 34 – Recuperação parcial da escada B



Fonte: o autor (2023).

Na Figura 35 pode ser visto a desforma da escada C. Apesar de usar o mesmo método para fabricação do sistema de formas utilizado na escada B, não ocorreu a manifestação patológica, visto que na escada C o tempo de exposição da armadura nas fôrmas foi menor. Outro fator importante é o fato de a residência C estar com a laje de cobertura pronta, enquanto a residência B estava com a laje por fazer. Esse fato fez com que as armaduras da escada B ficassem sujeitas às intempéries, propiciando a oxidação das mesmas.

Figura 35 – Desforma da escada C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

O manchamento devido ao escoamento do óxido de ferro pode ser visualizado em residências que tiveram o aço exposto. Na residência A, as armaduras de costura ficaram expostas, causando o manchamento da superfície já concretada. Na escada B, o elemento de escada foi concretado junto com a laje de cobertura, fazendo com que a armadura ficasse exposta às intempéries, dentro das formas. Na residência C, a escada foi concretada após a concretagem da laje de cobertura, logo, a armadura não ficou exposta. Neste período antes da concretagem é fundamental, quanto mais rápido acontecer a concretagem, menos suscetíveis às manchas. A residência C foi concretada logo após a montagem das fôrmas e armaduras, o que favoreceu o posicionamento correto das armaduras nas formas e evitou a oxidação das mesmas, evitando assim o manchamento da superfície.

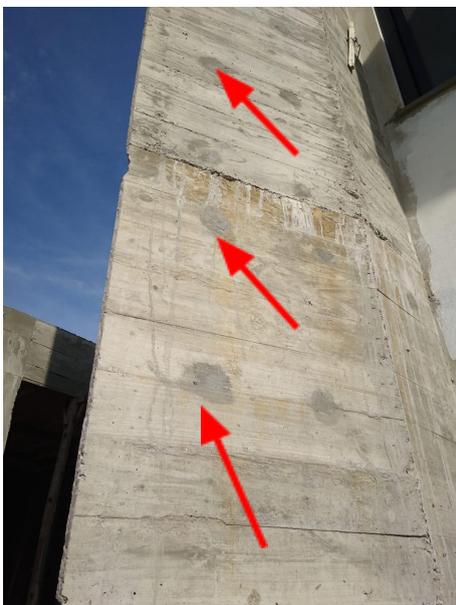
4.1.3 Manchamento devido ao fechamento dos furos do travamento

Nas posições onde são inseridas as barras de ancoragem, após a remoção das fôrmas, ficam expostos os furos. Os furos podem fazer parte do concreto aparente, ficando expostos ou podem ser cobertos. Este detalhe deve ser especificado no projeto. Nas obras analisadas, sempre que houve o travamento de fôrmas com barras de ancoragem, optou-se pelo fechamento dos furos. A execução incorreta deste fechamento ocasionou manchas na superfície, como pode ser visualizado na Figura 36.

Para diminuir as manchas devido ao fechamento dos furos por onde passavam as hastes utilizadas no travamento foi utilizada argamassa de reforço estrutural. A argamassa de recuperação tem tonalidade diferente do concreto, ficando evidente o local onde ela foi aplicada. Desta forma, a aplicação deve acontecer de maneira localizada, apenas no furo. Este processo exige o isolamento da superfície próxima ao furo do elemento, a fim de protegê-lo do contato com a argamassa, evitando um manchamento na estrutura.

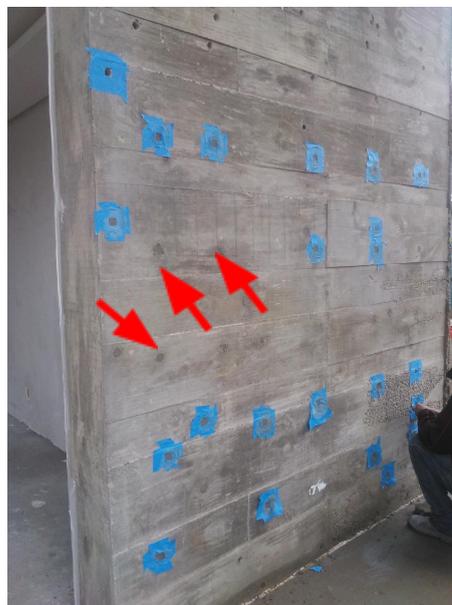
Na residência D, a construtora optou por fazer o isolamento com uso de fita, trazendo o resultado mostrado na Figura 37.

Figura 36 – Manchas devido ao fechamento dos furos das barras de ancoragem - Fachada A



Fonte: O autor (2023).

Figura 37 – Fechamento dos furos das barras de ancoragem - Fachada D



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Na residência A, o procedimento para o fechamento dos furos foi diferente, a argamassa de recuperação foi aplicada sem a proteção do concreto, manchando a superfície conforme citada anteriormente.

O manchamento em decorrência do fechamento dos furos de ancoragem pode ser evitado caso seja adotado outro sistema de travamento de formas, como por exemplo, o travamento feito com madeira. Pode-se optar também por manter as características do furo. Durante a análise, foi verificado a deficiência de projetos e detalhes relacionados ao concreto aparente, ficando a cargo da execução a forma de travamento das formas e a escolha do acabamento escolhida pelo proprietário depois de o elemento estar executado, não havendo um plano de fechamento ou execução adequado. .

4.2 QUEBRA DOS VÉRTICES

A fachada da casa A e casa D possui elemento com ângulos menores que 90°, sendo mais suscetíveis às quebras dos vértices. A quebra dos vértices pode acontecer durante o processo de desforma ou após ele. Todas obras analisadas tiveram andamento sem que os

elementos fossem protegidos, deixando-os expostos e mais suscetíveis às quebras. A quebra dos vértices, além de causar danos estéticos difíceis de corrigir, pode causar danos na estrutura do concreto.

Segundo Amorim (2010), os elementos com cantos vivos, ou seja, arestas com ângulo estão mais suscetíveis a sofrer corrosão das armaduras, comparados com elementos com cantos arredondados. Isso acontece, pois a quebra dos vértices facilita a entrada de água e agentes agressivos (CO_2 ou íons Cl^-), podendo desencadear a corrosão das armaduras.

Figura 38 – Quebra dos vértices - Fachada D Figura 39 – Quebra dos vértices - Fachada A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.



Fonte: O autor (2023).

Para fazer a recuperação dos vértices, a construtora utilizou argamassa de reforço estrutural, modelando as arestas, a fim de deixá-las com formato mais uniforme. Este processo recuperou apenas o formato do elemento, mas não foi possível imprimir a textura da madeira, para deixá-lo com aparência similar ao concreto aparente ripado. Esta solução foi uma alternativa para recuperar o formato da peça e diminuir o prejuízo estético causado. Por ser uma argamassa de recuperação, diferente do concreto, sua cor e textura destacam negativamente na aparência no concreto aparente, manchando a superfície. Para diminuir os danos, pode ser aplicado posteriormente uma camada de argamassa, conforme indicado anteriormente, no item 5.1 referente ao manchamento. Essa camada de argamassa uniformiza a superfície, melhorando o aspecto estético.

A quebra dos vértices também ocorreu em todos os elementos de escada analisados. Para correção do formato das escadas, a construtora fez o preenchimento (requadro) da escada

com argamassa de cimento, areia fina e emulsão adesiva, similar a aplicada para corrigir as manchas, porém esta deve ter consistência mais firme. A argamassa foi aplicada na superfície com auxílio de uma colher de pedreiro e desempenadeira de plástico, conforme a Figura 40. Posteriormente foi retirado o excesso e uniformizando a superfície com a esponja umedecida com a mesma argamassa e por fim foi feito o lixamento.

Figura 40 – Recuperação dos vértices da escada B



Fonte: O autor (2023).

Figura 41 – Quebra dos vértices da escada E



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Nos casos observados, a quebra dos vértices aconteceu devido a falta de cuidados específicos com os elementos. Em obras, o trânsito de pessoas, materiais e equipamentos faz

com que os vértices dos elementos fiquem mais suscetíveis às quebras, por conta disso é fundamental que seja executada a proteção. A proteção pode ser feita mantendo o elemento nas fôrmas por um tempo maior, ou fazendo uma proteção superficial com outro material (papelão, plástico bolha).

4.3 JUNTA DE CONCRETAGEM

As juntas de concretagem acontecem quando o elemento é concretado por partes ou não tem um lançamento contínuo, ocorrendo devido às interrupções ao fazer o lançamento do concreto (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2021). Na Figura 42 pode ser visualizada a junta de concretagem no pórtico A.

Figura 42 – Junta de concretagem no pórtico A



Fonte: O autor (2023).

No concreto aparente, é necessário ter um plano de concretagem, para prever onde serão as juntas, essa previsão deve ser feita pelo projetista estrutural (BOTELHO; FERRAZ, 2016).

Em casos, onde houver uma parada imprevista na concretagem, Botelho e Ferraz (2016) recomendam que seja feita a lixação, raspagem e cuidados necessários a fim de diminuir os danos estéticos causados. A superfície de concreto velho deve ser devidamente preparada para o recebimento da nova concretagem. Esta preparação é feita com a limpeza da junta, retirando toda pasta o da superfície, pois esta pasta se torna mais fraca por conta do excesso de água da exsudação do concreto.

Botelho (2015) recomenda ainda que onde houver juntas de concretagem, deve ser previsto uma solução estética, a fim de não prejudicar a aparência do concreto aparente. Na Figura 43, é possível ver a solução empregada por outra construtora, onde utilizou-se um negativo no encontro entre pilar e viga, visto que seriam elementos concretados separadamente, criando assim um detalhe arquitetônico na junta de concretagem.

Figura 43 – Detalhe na junta de concretagem



Fonte: O autor (2023).

Na Figura 44, é possível visualizar a junta de concretagem na cortina A. Esta junta ocorreu durante a troca dos caminhões betoneira. Devido ao tempo de espera entre as concretagens. É possível analisar que a junta não é retilínea, como aconteceu na fachada A. O lançamento do concreto nas fôrmas ocorreu de maneira irregular, não sendo lançado em camadas, como recomendado.

Figura 44 – Junta de concretagem cortina A



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

A recuperação da junta de concretagem na cortina A aconteceu por meio da aplicação de argamassa de estuque, feita com uma mistura de cimento, areia fina e água. Posteriormente foi feito o lixamento da superfície. Na Figura 45 visualiza-se que parte da junta de concretagem foi coberta pelas escadas, que foram executadas posteriormente, e a parte que ficou visível teve sua tonalidade uniformizada pela argamassa, destaca-se a mudança na tonalidade do concreto, devido a utilização de argamassa de revestimento.

Figura 45 – Junta de concretagem cortina A



Fonte: O autor (2023).

A junta de concretagem no pórtico de fachada da residência A ocorreu devido a escolha da construtora em concretar o elemento em etapas diferentes. Esta escolha foi julgada adequada pela equipe de execução, que tinha como objetivo prevenir o surgimento de segregação do pórtico devido ao lançamento do concreto de grandes alturas. O sistema de execução deste elemento foi escolhido *in loco*, e causou o surgimento de outras manifestações patológicas, como o manchamento, citado anteriormente.

4.4 MOVIMENTAÇÃO/DEFORMAÇÃO DA FÔRMA

Este problema ocorre devido a falhas no travamento das fôrmas. Na fachada da residência C ocorreu a deformação de uma das faces do pilar-parede da fachada. Os painéis das fôrmas foram executados corretamente, porém o travamento da estrutura não foi suficiente para suportar as tensões devido ao lançamento do concreto. O sistema adotado para travar as fôrmas foi usar caibros de madeira. Este sistema de travamento foi utilizado para evitar os furos no concreto devido as barras de ancoragem. O problema ocorreu por diversos fatores, o principal foi a deficiência no projeto. O projeto não previa o detalhamento do sistema de fôrmas e escoramento, conseqüentemente a escolha do sistema de travamento ficou a cargo da equipe de execução, sendo feito de maneira inadequada, o que em uma deformação na hora da concretagem.

Devido à gravidade do problema, não foi possível recuperá-lo. A alternativa adotada pela construtora foi refazer o elemento. Este procedimento resultou na demolição do elemento deformado, trazendo prejuízos financeiros e de prazo. Refazer a estrutura foi uma alternativa para tentar manter o acabamento conforme previsto no projeto. A Figura 46 registra a demolição do pilar que sofreu deformação, assim como o novo escoramento da laje ligada a ele.

Figura 46 – Destruição do pilar-parede C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para refazer o pilar, a construtora adotou outro método para o travamento das fôrmas, recorrendo ao uso de barras de ancoragem. Nesta etapa da obra, surgiu a necessidade de criar uma junta de concretagem entre a estrutura existente e a nova concretagem do pilar. Após o elemento concretado e desformado, a sua aparência final não teve um desempenho satisfatório, visto que no encontro entre o elemento refeito e o existente, foi formada uma junta de concretagem com acabamento desfavorável, como pode ser visto na Figura 47.

Figura 47 – Desforma do pilar-parede C



Fonte: Imagem cedida pela construtora.

Para corrigir esta imperfeição, a solução adotada foi revestir esta lateral do elemento. O revestimento foi com argamassa colante AC III, aplicando sobre a superfície e fazendo de forma manual a textura similar a madeira para que ficasse com aparência semelhante ao concreto aparente ripado, como mostra a Figura 48.

A falta de um projeto específico para o sistema de formas, fez que a decisão de como executar o travamento fosse tomada pela equipe de execução, resultando em falhas construtivas, o que ocasionou a movimentação das formas durante a concretagem. Este problema poderia ter sido evitado caso houvesse o projeto detalhado, como especifica a NBR 15696 (ABNT, 2009). O refazimento do elemento se fez necessário para atender a necessidade estética do elemento.

Figura 48 – Revestimento do pilar-parede C.



Fonte: Imagem cedida pela construtora

4.5 EFLORESCÊNCIA

Na laje da fachada da residência E, foi possível identificar uma fissura. A fissura pode acontecer devido a retração do concreto em função da perda de umidade (PARIZOTTO, 2017). O surgimento das fissuras ocorre mesmo quando não existem falhas estruturais, pois o concreto é um material frágil em relação a tração, estando sujeito a este tipo de manifestação patológica (WEIMER *et al.*, 2018).

Devido a esta fissura, houve a infiltração da água na estrutura, que ao entrar em contato com o hidróxido de cálcio (portlandita) originado pela hidratação dos silicatos do

cimento (C_3S e C_2S), faz a sua diluição. A portlandita dissolvida lixiviada entra em contato com o CO_2 do ambiente, e forma na superfície depósitos salinos esbranquiçados (carbonato de cálcio ($CaCO_3$), chamados de eflorescências. As eflorescências deixam o elemento suscetível a entrada de outros agentes agressivos, podendo causar danos na resistência, além dos danos estéticos.

Figura 49 – Eflorescência - fachada E



Fonte: O autor (2023).

A correção desta manifestação patológica foi realizada com a limpeza da fissura, removendo os sais, e o tratamento do concreto aparente, através da argamassa de estucamento. Esta argamassa foi responsável pelo fechamento da fissura.

4.6 BOLHAS DE AR- INCORPORAÇÃO DE AR

De acordo com Mehta e Monteiro (2014) geralmente as bolhas de ar esféricas são resultado do ar incorporado na pasta e podem causar danos a resistência e impermeabilidade da estrutura. As bolhas podem ocorrer devido a relação água/cimento utilizada no concreto, ao adensamento inapropriado ou pela adição de aditivos químicos que podem incorporar ar. Para diminuir a porosidade, cobrir as fissuras e bolhas de ar, deve-se realizar o estucamento com uma pasta adesivada. Este processo deixa a superfície uniforme (CHAVES, 2016)

Figura 50 – Bolhas de ar - fachada A



Fonte: O autor (2023)

Para correção da fachada A, foi aplicado argamassa de estuque em toda a superfície. A argamassa foi feita com cimento, areia fina e água.

4.7 SEGREGAÇÃO

A segregação consiste na separação dos elementos que constituem o concreto, fazendo com que mesmo não tenha uma superfície uniforme. A segregação pode acontecer quando há a separação entre os grãos maiores e menores ou a separação da pasta do demais componentes (SOBRAL, 2000). Pode ocorrer devido: a dosagem inadequada do concreto; a densidade de armaduras, que impede a passagem dos agregados graúdos; pelo lançamento inadequado (alturas de lançamento inapropriadas); ou também pela falta de adensamento e problemas na trabalhabilidade do concreto (SALGADO, 2018)

Nas Figuras 51, 52 e 53 foi identificado a segregação do concreto lançado, formando ninhos de concretagem. Em todos os casos a segregação ocorreu devido a problemas na concretagem. O lançamento do concreto nas fôrmas foi realizado de grandes alturas, o que causou a separação dos componentes do concreto, deixando áreas com os agregados graúdos expostos.

Figura 51 – Segregação - fachada A



Fonte: O autor (2023).

Figura 52 – Segregação - fachada D



Fonte: Imagens cedidas pela construtora.

Figura 53 – Segregação na cortina A



Fonte: O autor (2023).

Nas áreas onde formam os ninhos de concretagem, a construtora aplicou uma camada de reforço estrutural, e posteriormente foi feita a lixação e aplicação da argamassa de estuque.

Os nichos de concretagem afetam também a durabilidade das estruturas em concreto aparente ripado. É necessário fazer a correta avaliação da manifestação patológica, atentando não somente para os danos estéticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de concreto aparente tem se consolidado como uma tendência na construção civil, desta forma, cuidados devem ser tomados para garantir a durabilidade das edificações que utilizam esta técnica de construção. O concreto aparente segue as mesmas normativas técnicas do concreto convencional, no entanto, apesar de não possuir uma normatização específica, este tipo de material requer cuidados para que seja executado de maneira correta, uma vez que a sua aparência final representa um requisito importante de desempenho. Neste caso, algumas imperfeições são aceitas, por se tratar de um material que possui acabamento rústico. Sendo assim, é necessário a correta avaliação da correção das manifestações patológicas, pois em alguns casos, recuperá-lo pode proporcionar prejuízos estéticos maiores do que deixar a falha evidente.

Para uma correta execução do concreto aparente ripado, o tipo de concreto e a execução adequada do sistema de fôrmas é fundamental. Recuperar elementos em concreto aparente é uma tarefa difícil, por esse motivo, executá-los corretamente é fundamental para garantir a aparência. Neste trabalho, foi possível verificar, por meio de exemplos reais, que fazer o travamento inadequado das fôrmas pode trazer danos graves às obras, podendo inviabilizar o uso do concreto aparente.

Apesar de NBR 15696 (ABNT, 2009) recomendar que haja um projeto indicando o posicionamento dos elementos e os detalhes construtivos, em nenhuma das obras analisadas foi identificado um projeto completo com todas as especificações. A indicação de que a estrutura é em concreto aparente é indicada como uma legenda de projeto e o padrão de acabamento é visualizado em imagens 3D das residências. A escolha da paginação e dimensão das ripas e escolha do sistema de fôrmas a ser utilizado é feita *in loco*, pela equipe de execução, tornando a execução mais suscetíveis a erros. A maioria das manifestações patológicas observadas são decorrentes de problemas de fôrmas e concretagem, ou seja, problemas relacionados com a execução.

A recomendação é que haja uma normalização específica para este tipo de concreto, assim como o treinamento de mão de obra, técnicos da área, e projetistas, de modo a diminuir problemas decorrentes de falhas de projeto ou execução, pois mesmo utilizando os materiais adequados, é necessário adotar corretamente os procedimentos para obter-se um resultado satisfatório. Por fim, a análise apontou que a recuperação estética do concreto aparente ripado é difícil de ser executada, e que cuidados na execução deste sistema construtivo são essenciais para a durabilidade das edificações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Patologia em concreto armado e seus métodos de recuperação estrutural. **Revista Científica Novas Configurações-Diálogos Plurais**, v. 2 n. 1, 2021.
- AMORIM, A. A. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. Monografia (Especialista em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- ASSAHI P.N. **Sistema de Fôrma para estrutura de concreto**, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- _____. **NBR 14931: Execução de estrutura de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- _____. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- _____. **NBR 16697: Cimento Portland — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- _____. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- _____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- _____. **NBR 8681: Ações de segurança nas estruturas - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- _____. **NBR 16889: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020
- BOTELHO, M. H. C.; FERRAZ, N. N. **Concreto armado eu te amo: vai para a obra** São Paulo: Editora Blucher, 2016. *E-book*. ISBN 9788521209966. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521209966/>.
- BOTELHO, Manoel Henrique C. **Concreto Armado - Eu te Amo - Vol. 2** . São Paulo: Editora Blucher, 2015. *E-book*. ISBN 9788521208952. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521208952/>.
- CHAVES, M. J. R. **Procedimentos de produção, proteção e manutenção de concreto aparente**. Dissertação (Mestrado em habitação: planejamento e tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo. 2016.
- CONCRETO aparente como destaque de fachada de residência. **DIMENSÃO**. 13 Abr. 2021. Disponível em: <<https://dimensaoeng.com.br/blog/concreto-aparente/>>. Acesso em: 26 Jul. 2023.
- CONCRETO aparente: vantagens, manutenção. **Doce Obra**. Disponível em: <https://casaconstrucao.org/materiais/concreto-aparente/#Vantagens_e_Desvantagens>. Acesso em: 26 jul. 2023

CRUZ, F.R. Cimentos: quais são os tipos, onde usar, preços e mais. **AECWeb**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/11959> acesso em: 11 set. 2023

DER- Departamento de Estradas e Rodagem-SP. **Pinturas de estruturas de concreto**. São Paulo, 2006.

DREON, V .C .C. **Concreto aparente: Gargalos e oportunidades**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

FRANÇA, A. A. V. et al. **Patologia das construções: Uma especialidade na engenharia civil**. Edição 174. Set. 2011.

GAGG, C. R. **Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis**. Engineering Failure Analysis, v. 40, p. 114-140, 2014.

GUERRA, R.S.T. Afinal slump *test* pra que?. **Clube do concreto**. 2013. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/afinal-slump-test-para-que.html>. Acesso em: 13 jul. 2023.

HELENE, P. ; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G.C. (org), **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010.

HELENE, P .R .L. Guia da construção, **espaçadores para armadura**, mar, 2013 disponível em <https://www.coplas.com.br/wp-content/uploads/2020/11/Espacadores-para-Armaduras-Por-Paulo-Helene.pdf> Acesso em: 14 ago. 2023.

HELENE, Paulo R. L. e TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini. Acesso em: 26 jul. 2023, 1993.

KATINSKY, J. R. Clássicos da Arquitetura: SESC Pompéia/ Lina Bo Bardi. **Archdaily**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-153205/classicos-da-arquitetura-sesc-pompeia-slash-lina-bo-bardi> >. Acesso em: 27 jul. 2023.

KIRCHHEIM, ANA P.; PASSUELO, Alexandra ; DAL MOLIN, D. C. C. ; SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da . **Concreto Branco. Concreto: Ciência e Tecnologia**. 3ed.São Paulo: IBRACON, 2022, v. II, p. 1809-1866.

MEDEIROS, M.H.F., ANDRADE, J.J.O., HELENE, P., **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**, In: ISAIA, G.C. (org), *Concreto: Ciência e Tecnologia* 1 ed. v. 2. São Paulo: IBRACON, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2ª Edição. Ed.: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, M.M. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. *E-book*. ISBN 9788582600726. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600726/> Acesso em: 10 jun. 2023.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto** . Grupo A: Grupo A, 2016. *E-book*. ISBN 9788582603666. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603666/>Acesso em: 10 jun. 2023.

PARIZOTTO, L. **Concreto armado**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. *E-book*. ISBN 9788595020917. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020917/>>. Acesso em: 26 jul. 2023.

PATRICIA, D. *et al.* **Concreto aparente: acabamento final**. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n.16, p. 159-169, 2013.

PINTO, F. L. H **O concreto aparente como atributo na conservação da arquitetura moderna**. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento Urbano)- Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2015.

PINTO, F. L. H; MOREIRA, F.D, **Intervenções em superfícies de concreto aparente e os valores da arquitetura moderna: o caso do edifício sede da CELPE – Companhia Energetiva de Pernambuco**, 2016.

RESENDE, G. A. **Recuperação de estruturas de concreto armado - técnicas e materiais para prolongar a vida útil**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2018

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. 2. ed. São Paulo: ABCP, 1995.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. Editora Saraiva, 2018. E-book. ISBN 9788536528502. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536528502/>. Acesso em: 16 jul. 2023.

SCHEIFER, L. Cuidados na execução de concreto aparente. **Mapa da Obra**. 12 Abr. 2017. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/cuidados-para-execucao-de-concreto-aparente/>> Acesso em: 27 Jul. 2023

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC . Relatório anual. 2013. Disponível em: < [p.http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf](http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC . Relatório anual. 2019. Disponível em: < http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

SOBRAL, H.S. **Propriedades do Concreto Fresco**. Associação Brasileira de Cimento Portland. ET-15. Edição 5. São Paulo. 2000.

SOUZA, E. As possibilidades das formas para moldar concreto aparente. **ArchDaily**. Disponível em:

https://www.archdaily.com.br/br/939995/as-possibilidade-das-formas-para-moldar-concreto-a-parente?ad_campaign=normal-tag . Acesso em: 15 ago. 2023

SPADER, J. Concreto aparente: Cuidados necessários durante o planejamento e a execução. **Mayresse**. Disponível em:

<https://mayresse.com.br/concreto-aparente-cuidados-necessarios-durante-o-planejamento-e-a-execucao/> acesso em: 26 jul. 2023

TOLDO, D. S. R. **Identificação das causas de manifestações patológicas na execução de concreto aparente a partir de estudo de caso**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022

WEIMER, B. F.; THOMAS, M. ; DRESCH, F. **Patologia das estruturas** . Porto Alegre : Grupo A, 2018. *E-book*. ISBN 9788595023970. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023970/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

APÊNDICE A - Relatório de visita

A fim de complementar a pesquisa sobre a execução e recuperação do concreto aparente ripado em residências de alto padrão, realizou-se uma visita técnica ao condomínio Península Ponta das Figueiras, em Eldorado do Sul. A visita aconteceu no dia 28/04/2023, com acompanhamento do engenheiro responsável pela execução. Este relatório tem como objetivo descrever as etapas construtivas observadas e as fôrmas de recuperação adotadas.

A visita foi em uma residência de alto padrão, com a fachada executada integralmente em concreto aparente ripado. Esta residência possui também elementos internos em concreto aparente, sendo um deles a lareira. A construtora responsável pela execução é especializada em concreto aparente, com experiência em outras obras.

Figura 1 - Fachada frontal e lateral da residência



Fonte: Própria, 2023

Figura 2 - Elemento interno - Lareira



Fonte: Própria, 2023

A construtora possui um plano de concretagem para obra, para garantir que não houvesse emendas entre uma parede e outra. No plano de concretagem também está a análise da quantidade de concreto para fazer a concretagem total do elemento, dando preferência para concretagem de todo o volume desejado em uma única vez, utilizando concreto do mesmo caminhão, pois caso falte e seja necessário utilizar mais de um caminhão na concretagem, eles podem vir com tonalidades diferentes, causando manchas no encontro dos concretos.

Durante a visita, o engenheiro responsável pela execução, informou alguns procedimentos importantes. Por se tratar de uma residência com a fachada inteiramente em concreto aparente, foi necessário fazer alguns ajustes no projeto arquitetônico. Um destes ajustes é a inclusão de um negativo entre a laje da platibanda e a parede. Isso se deve ao fato de os dois elementos construtivos serem concretados em ocasiões diferentes, foi conveniente criar um desnível no alinhamento da parede, formando um degrau de aproximadamente 1cm na fachada, a fim de garantir que não houvesse marca de concretagem, o que traria um aspecto desagradável para o elemento arquitetônico. Este desnível faz com que a concretagem das duas etapas fique separada, não causando danos estéticos na fachada, já que os elementos ficam separados pelo desnível. Este procedimento foi uma técnica utilizada na obra, com autorização dos projetistas, a fim de adaptar o projeto às práticas de execução.

Figura 3 - Detalhe arquitetônico para junta de concretagem



Fonte: Própria, 2023

Para a execução do concreto aparente, foi utilizado concreto Fck 30, com brita 0 e slump de 16+-2. Não foi utilizado concreto autoadensável. As fôrmas utilizadas são ripas de tamanhos variados. As fôrmas foram devidamente montadas e travadas. Para o sistema de fôrmas foram utilizados perfis metálicos e travamento com agulhas a cada 50cm, a fim de garantir que as fôrmas não se desloquem, causando a abertura ou entortamento dos elementos. Em todas as fôrmas, foi utilizado desmoldante. Um cuidado em específico é quanto a madeira, que idealmente deve ser uma madeira seca (não verde). Como padrão para este empreendimento, as madeiras são encharcadas antes da concretagem. As fôrmas são utilizadas apenas uma vez, para fazer o concreto aparente, podendo ser reaproveitadas para execução fôrmas de elementos em concreto que serão revestidos. A concretagem dos elementos é feita em ‘camadas’. Concreta toda a linha de baixo, vibra, e depois faz a parte de cima. Não se deve concretar toda a altura de um lado da parede para depois fazer a outra parte.

Após concretado e desformado, os furos das agulhas foram cobertos. Esse fechamento é feito com o cimento fornecido pela própria concreteira. Pois assim é mais fácil garantir um concreto com tonalidade parecida com concreto existente. O fechamento dos furos é feito com argamassa composta por areia fina, cimento e água. Para que não haja manchamento no restante da superfície, é feito a proteção do concreto com fita. A fita é colocada em todos os

furos, a fim de que a argamassa fique apenas dentro dos furos onde estavam as agulhas e não entre em contato com a superfície lateral.

Figura 4: Uso de fitas para o fechamento dos furos



Fonte: Própria, 2023

Figura 5 - Resultado do uso de fitas para o fechamento dos furos



Fonte: Própria, 2023

Figura 6 - Resultado do não usar fitas para o fechamento dos furos



Fonte: Própria, 2023

O concreto é tratado, lixado e impermeabilizado. Em alguns casos não é feita lixação e impermeabilização, mas trata-se de uma escolha do cliente, que pode optar por manter o concreto em sua forma natural, sem tratamento.

Os defeitos visualizados são cantos quebrados, bicheiras pequenas, manchas de ferrugem, calcinação, fissuração e furos das agulhas. A ferrugem visualizada é um problema causado devido ao tempo em que o aço ficou exposto em cima da forma. Então mesmo utilizando os espaçadores e fazendo o concreto de forma adequada, a forma já estava manchada, transferindo essa mancha para a superfície do concreto.

Figura 7 - Manchas no concreto devido ao óxido de ferro



Fonte: Própria, 2023

Em alguns pontos da obra a proteção dos vértices foi feita com fita. Em outra situação distinta ocorreu o uma fissura na laje, por onde infiltrou água, causando uma lixiviação. De acordo com o eng. esse problema é resolvido após fazer a lixidação do concreto. Este fato ocorreu na parte inferior de uma laje, onde sob ela está uma sacada. Esta sacada é laje impermeabilizada, mas a demora em realizar o serviço de impermeabilização, fez com que a água infiltrasse sob a laje. A infiltração aconteceu localizadamente onde estavam as vigas invertidas.

Figura 8 - Fissura e lixiviação



Fonte: Própria, 2023