

FAMIG – FACULDADE MINAS GERAIS

**CAMILA VIEIRA PINTO
GUILHERME JOSÉ DA COSTA MARTINS
MARCOS AFRÂNIO LUÃ VIEIRA TEIXEIRA**

**PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN
LOCO EM FÔRMAS DE ALUMÍNIO E SUAS PATOLOGIAS**

BELO HORIZONTE – MG

2022

**CAMILA VIEIRA PINTO
GUILHERME JOSÉ DA COSTA MARTINS
MARCOS AFRÂNIO LUÃ VIEIRA TEIXEIRA**

**PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN
LOCO EM FÔRMAS DE ALUMÍNIO E SUAS PATOLOGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a FAMIG – Faculdade Minas Gerais como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ms. Diego de Jesus Queiroz Rosa

**BELO HORIZONTE – MG
2022**

FOLHA DE APROVAÇÃO

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

A empresa **MRV ENGENHARIA E PARTICIPAÇÕES**, registrado no CNPJ 08.343.492/0001-20, autoriza os estudantes **CAMILA VIEIRA PINTO**, **GUILHERME JOSÉ DA COSTA MARTINS** e **MARCOS AFRÂNIO LUÃ VIEIRA TEIXEIRA** a visitar, fotografar **Residencial Plaza Norte**, localizado a Rua Alva, 200 – Juliana, Belo Horizonte/MG – CEP: 31744-560, registrado como incorporação no R.4-78459 do 5º Ofício de Belo Horizonte, para o uso exclusivo da realização e apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de título **Processo construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio e suas patologias** na Faculdade Minas Gerais (FAMIG).

Belo Horizonte, 28 de março de 2022

Firmam o presente termo,



Nome e assinatura do responsável



Thales Lima M. Carvalho
Engenheiro Civil
CREA 197 037/D MG

RESUMO

Com o aumento da demanda das construções, tem crescido o uso das paredes de concreto moldado *in loco*, conhecida por sua praticidade e racionalidade. Devido a esta industrialização e a discrepância da velocidade da construção referente ao sistema construtivo convencional, denotam-se diversos tipos de patologias, inclusive quando produzidas com fôrmas de alumínio. Essas enfermidades podem causar diversos problemas a construção e, também, atrasos e prejuízos financeiros nas fases de obras devido ao retrabalho, fator que contraria as vantagens do uso da forma metálica. Visto isso, observa-se a necessidade do estudo das patologias identificadas nesse sistema construtivo, assim como, a proposta de soluções mitigadoras para essas enfermidades. Para suprir esta demanda, foi realizado um estudo de caso em uma obra em Belo Horizonte/MG, onde se utiliza o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio, comparando os dados coletados por meio de observação sistemática com informações obtidas em pesquisas bibliográfica e documental, principalmente em normas relacionadas ao tema. A partir do estudado, foi observado que neste tipo de construção, poucas patologias são encontradas, principalmente quando seguido as orientações de execução das paredes. Em relação as medidas mitigadoras, é apresentado que a especialização da mão-de-obra e o controle de qualidade da execução da obra são as principais formas de evitar enfermidades. Já para as suas correções, demonstra-se que, majoritariamente, é utilizado a aplicação de argamassa.

Palavras-Chaves: Parede de Concreto moldadas *in loco*. Fôrmas de alumínio. Patologias.

ABSTRACT

With the increase in demand for construction, the use of cast-in-situ concrete wall has grown, being known for its practicality and rationality. Due this industrialization and the discrepancy in the construction speed referring to the conventional construction system, different types of pathologies are denoted, even when produced with aluminum formwork. These pathologies can cause several problems in construction, delays, and financial losses due to rework, a factor that contradicts the advantages of using the metallic formwork. Given this, there is a need to study the pathologies identified in this construction system, as well as the proposal of mitigating solutions for these manifestations. To meet this demand, a case study was carried out in a construction site in Belo Horizonte/MG, where the system of cast-in-place concrete walls in aluminum forms is used, comparing the data collected through systematic observation with information obtained in bibliographical and documental research, mainly in norms related to the theme. Based on the study, it was observed that in this type of construction, few pathologies are found, especially when following the guidelines for the execution of the walls. Regarding the mitigating measures, it is presented that the specialization of the workforce and the quality control of the execution of the construction are the main ways to avoid pathological manifestations. As for its corrections, it is shown that, mostly, plaster application is used.

Keywords: Cast-in-situ concrete wall. Aluminum formworks. Pathologies.

LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BC	Baixo calor de hidratação
CAR	Concreto de alta resistência
CP	Cimento Portland
CP I	Cimento Portland comum
CP I-S	Cimento Portland comum com adição
CP II	Cimento Portland composto
CP II-E	Cimento Portland composto com escória granulada de alto forno
CP II-F	Cimento Portland composto com material carbonático
CP II-S	Cimento Portland composto com material pozolânico
CP III	Cimento Portland com escória de alto forno
CP IV	Cimento Portland com pozolana
CP V-ARI	Cimento Portland de alta resistência inicial
CPB	Cimento Portland branco
m ²	Metros quadrados
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
NBR	Norma brasileira
RS	Resistente a sulfatos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos do concreto.....	15
Figura 2 – Elementos estruturais.....	21
Figura 3 – Edifício sendo construído com paredes de concreto.....	23
Figura 4 – Comparação entre etapas construtivas das paredes tradicionais e de concreto.....	24
Figura 5 – Fôrmas de madeira serrada.....	27
Figura 6 – Fôrmas de madeira revestida pronta.....	27
Figura 7 – Fôrmas de aço em um reservatório.....	28
Figura 8 – Fôrmas de aço em um reservatório.....	29
Figura 9 – Fôrmas de alumínio.....	30
Figura 10 – Cunha.....	31
Figura 11 – Pino.....	31
Figura 12 – Corbata.....	31
Figura 13 – Grapa.....	31
Figura 14 – Cantoneira.....	32
Figura 15 – União parede-laje.....	32
Figura 16 – Tapa.....	32
Figura 17 – Esquadro.....	32
Figura 18 – Escoras.....	33
Figura 19 – Alinhador vertical.....	33
Figura 20 – Alinhador horizontal.....	33
Figura 21 – Tensão de vãos.....	33
Figura 22 – Aprumador.....	33
Figura 23 – <i>Slump test</i> e <i>slump flow</i>	37
Figura 24 – Corpo de prova antes do teste de compressão.....	38
Figura 25 – Corpo de prova após o teste de compressão.....	38
Figura 26 – Fissura.....	41
Figura 27 – Fissura.....	41
Figura 28 – Disgregação.....	42
Figura 29 – Desagregação.....	42
Figura 30 – Bicheira.....	43

Figura 31 – Platô, primeira fiada e arranque da armação.	59
Figura 32 – <i>Shaft</i> do banheiro.	61
Figura 33 – Montagem das fôrmas.	62
Figura 34 – Montagem das fôrmas.	62
Figura 35 – Escoras da laje.	63
Figura 36 – Molde da janela.	63
Figura 37 – Espera da instalação elétrica.	64
Figura 38 – Alinhadores horizontais e aprumadores.	64
Figura 39 – Fases pós-concretagem.	65
Figura 40 – Fluxograma do processo construtivo de paredes de concreto armado moldado in loco em fôrmas de alumínio.	66
Figura 41 – Disgregação no concreto.	67
Figura 42 – Disgregação no concreto.	67
Figura 43 – Disgregação no concreto.	68
Figura 44 – Disgregação no concreto.	68
Figura 45 – Disgregação no concreto.	68
Figura 46 – Disgregação no concreto.	68
Figura 47 – Disgregação no concreto.	69
Figura 48 – Disgregação no concreto.	69
Figura 49 – Disgregação no concreto.	69
Figura 50 – Disgregação no concreto.	69
Figura 51 – Segregação no concreto.	70
Figura 52 – Segregação no concreto.	71
Figura 53 – Segregação no concreto.	71
Figura 54 – Segregação no concreto.	71
Figura 55 – Segregação no concreto.	71
Figura 56 – Alocação errônea da corbata.	72
Figura 57 – Alocação errônea da corbata.	72
Figura 58 – Juntas de concreto.	73
Figura 59 – Juntas de concreto.	73
Figura 60 – Patologia no encontro laje-parede.	74
Figura 61 – Patologia no encontro laje-parede.	74
Figura 62 – Desencontro de elementos estruturais.	75
Figura 63 – Desencontro de elementos estruturais.	75

Figura 64 – Desencontro de elementos estruturais.....	75
Figura 65 – Falta de concreto na parede divisória entre sala e cozinha.	76
Figura 66 – Falta de concreto na parede divisória entre sala e cozinha.	76
Figura 67 – Saliência na aresta da parede.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland.....	16
----------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema de pesquisa	13
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	Justificativa	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Concreto	15
2.2	Elementos estruturais de Concreto	21
2.2.1	Paredes de concreto	23
2.3	Sistemas de fôrmas em parede de concreto	25
2.3.1	Fôrmas de Madeira	26
2.3.2	Fôrmas de Aço	28
2.3.3	Fôrmas de Alumínio	29
2.4	Concretagem <i>in loco</i> de paredes de concreto	34
2.4.1	Características do concreto utilizado e seu desempenho em paredes moldadas <i>in loco</i>	35
2.5	Patologias	39
3	METODOLOGIA	45
3.1	Tipos de pesquisa	45
3.2	Natureza de pesquisa	46
3.3	Pesquisa quanto aos fins	47
3.4	Pesquisa quanto aos meios	48
3.5	Universo e amostra	50
3.6	Caso em estudo	51

3.7 Coleta e análise de dados.....	52
3.8 Limitações da pesquisa.....	56
4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	57
4.1 Processo construtivo do sistema de paredes de concreto armado moldado <i>in loco</i> em fôrmas de alumínio.....	57
4.2 Manifestações patológicas do sistema de paredes de concreto armado moldado <i>in loco</i> em fôrmas de alumínio no Residencial Plaza Norte	67
4.3 Medidas mitigadoras para as manifestações patológicas do sistema de paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	78
5 CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil dispõe de diversos materiais e métodos construtivos para compor os seus elementos estruturais. Dentre os insumos existentes, o concreto é o mais utilizado devido a sua praticidade, resistência e versatilidade.

Como produto deste material, pode-se citar as fundações – radier, bloco, sapata, tubulão e estaca –, os pilares, as vigas e as lajes. Além desses, considerados os principais elementos de construção, ainda se tem as paredes de concreto.

Neste sistema construtivo, a estrutura e a vedação são formadas por um único elemento, que é moldado *in loco*, ou seja, na própria obra. Por este motivo, é considerado uma solução racionalizada, e pode ser utilizada em construções de todos os tipos – casas, sobrados e edifícios de até trinta pavimentos. Com o uso iniciado no Brasil nas décadas de 1970, a técnica ainda é incipiente, porém está crescente com o aumento das construções populares no país, que tem alta demanda e, dessa forma, precisa ser feito rapidamente.

Para a sua produção, é necessário utilizar um sistema de fôrmas, que servem para moldar o elemento estrutural conforme o necessário e projetado. Estes moldes podem ser de vários materiais, sendo eles: papelão, plástico, fibras de vidro, madeira, aço e alumínio. As fôrmas deste tipo de metal têm como característica a leveza e fácil manuseio, sendo produzidos sob medida conforme projeto.

Assim como todos os tipos de sistemas de construção, o processo construtivo das paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio está submetido as patologias. Estas enfermidades, por sua vez, se apresentam de formas variadas e podem ser causadas por inúmeros motivos. Dentre eles, têm-se a velocidade de construção que, se não realizado de forma cuidadosa, pode causar inúmeros problemas as construções.

A partir disso, este trabalho tem a proposta de observar o processo construtivo do sistema de parede de concreto armado moldados no local com fôrmas de alumínio, identificando, classificando e quantificando as manifestações patológicas e suas possíveis causas. Propõe-se, após isto, novos procedimentos a serem adotados para a mitigação destas enfermidades.

1.1 Problema de pesquisa

Quais são as patologias provenientes do processo construtivo de paredes de concreto moldada *in loco* com fôrmas de alumínio?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar as patologias provenientes do processo construtivo de paredes de concreto moldada *in loco* com fôrmas de alumínio e propor soluções visando a sua redução.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Observar o processo construtivo do sistema de paredes em concreto armado moldadas *in loco*;
- b) Identificar e classificar as manifestações patológicas do sistema de paredes em concreto armado moldadas *in loco*;
- c) Propor medidas mitigadoras para as manifestações patológicas do sistema de paredes em concreto armado moldadas *in loco*.

1.3 Justificativa

Mesmo existente no Brasil desde a década de 1970, o processo construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* ainda é incipiente no país. Entretanto, devido ao aumento da demanda nacional de construção e, principalmente, de edificações populares, o uso do sistema construtivo está em crescente exponencial.

Porém, assim como todos os tipos de sistemas de construção, esta metodologia está submetida as patologias. O trabalho, por sua vez, busca identificar estas enfermidades neste método de construção, assim como propor soluções mitigadoras a elas.

Isto posto, o estudo apresenta uma base de conhecimento importante para o setor da Engenharia Civil, de forma a possibilitar aos graduandos e profissionais da área a entender o processo construtivo e evitar ocorrência das patologias que podem ser mitigadas e, até mesmo, eliminá-las.

Relativo à comunidade, este trabalho os beneficia direta e indiretamente, principalmente pelo fato de este sistema de construção estar sendo amplamente utilizado em novas edificações, as quais serão utilizadas por eles.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

Concreto é um dos elementos mais utilizados na construção civil, sendo o principal no Brasil. Segundo Couto *et al.* (2013) o concreto é um material constituído de cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita ou pedra), água e eventualmente aditivos químicos e adições.

De acordo com Bastos (2019, p.11), “o concreto também pode conter outros materiais, como pigmentos coloridos, fibras, agregados especiais, etc”. Couto *et al.* (2013) adiciona que os aditivos, que podem ser cinza volante, pozolanas, sílica ativa, metacaulim, entre outros, são utilizados a finalidade de melhorar, modificar, evidenciar ou inibir determinadas reações, propriedades e características do concreto, no estado fresco e no estado endurecido.

Lima *et al.* (2014) complementa citando a diferença do concreto em relação aos outros materiais – como aço e madeira: a resistência a água.

o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, tornando viável sua utilização em diversos tipos de obras, e o outro fator bastante diferencial do concreto em relação aos outros materiais é a grande disponibilização de seus elementos constituintes por um preço acessível. (LIMA *et al.*, 2014, p.33)

Os três primeiros insumos supracitados – cimento (a), areia (b) e brita (c) são representados na Figura 1 e definidos em seguida.

Figura 1 – Elementos do concreto.



Fonte: BASTOS (2019)

O cimento Portland (CP), apresentado na Figura 1a, é o principal aglomerante que compõe o concreto. O insumo possui diversos tipos, conforme mostra o Quadro 1.

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

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de resistência	Sufixo
CP Comum	Sem adição	CP I	25,32 ou 40 ^c	RS ^a ou BC ^b
	Com adição	CP I-S		
CP Composto	Com escória granulada de alto forno	CP II-E		
	Com material carbonático	CP II-F		
	Com material pozolânico	CP II-Z		
CP com escória de alto-forno		CP III		
CP pozolânico		CP IV		
CP de alta resistência inicial		CP V	ARI	
CP branco	Estrutural	CPB	25,32 ou 40	
	Não estrutural	CPB	-	-
^a O sufixo RS significa resistente a sulfatos e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland; ^b O sufixo BC significa baixo calor de hidratação e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland; ^c As classes 25, 32 e 40 representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em megapascals (MPa); ^d CP V apresenta a 1 dia de idade resistência igual ou maior que 14 MPa.				

Fonte: ABCP (2018), adaptado.

A partir do apresentado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2018) no Quadro 1, existem 6 tipos de cimento, que ainda são subdivididos conforme o seu uso. Destaca-se entre eles, com base nas definições apresentadas pela ABCP os que são utilizados para concreto armado com função estrutural – CP II, III, IV, V-ARI e branco estrutural – e para desforma rápida – CP V-ARI.

Ainda se tratando da composição do concreto, tem-se os agregados que são materiais granulosos e inertes apresentados na Figura 1b e 1c (BASTOS, 2019). De acordo com o autor (p.14), “são muito importantes no concreto porque constituem cerca de 70 a 80 % da sua composição, e porque influenciam várias de suas propriedades”. Este tipo de insumo divide-se conforme a sua granulometria, ou seja, sua dimensão: miúdo – menores que 4,75 milímetros (mm) – e grãos – maiores que esta medida. Os mais utilizados em cada categoria são a brita (Figura 1c) e areia (Figura 1b).

A partir das misturas dos insumos supracitados com a água, constitui-se três materiais: pasta, argamassa e concreto. De acordo com Bastos (2019)

pode-se indicar esquematicamente que a pasta é o cimento misturado com a água, a argamassa é a pasta misturada com a areia, e o concreto é a argamassa misturada com a brita. A pasta preenche os espaços vazios entre as partículas de agregados, e com as reações químicas de hidratação do cimento, a pasta endurece, formando, em conjunto com os agregados, um material sólido. (BASTOS, 2019, p.12)

O concreto, conforme Lima *et al.* (2014), ainda se subdivide em diversos tipos, destacando-se:

- Convencional/simples: concreto que possui apenas os elementos básicos;
- Bombeável: concreto desenvolvido para o lançamento por meio de equipamentos como bombas, no qual possui mais teor de argamassa e trabalhabilidade;
- Armado: concreto simples com a adição de aço na estrutura;
- Usinado ou dosado em central;
- Protendido: concreto armado onde são aplicadas tensões prévias de compressão nas regiões da peça que são tracionadas pela ação do carregamento externo;
- Autoadensável: concreto fluido, com alta trabalhabilidade, fácil aplicação, elevado abatimento (*slump*) e com aditivos superplastificantes a base de éter policarboxilatos;
- De alta resistência (CAR): concreto de alto desempenho, maior durabilidade, coesão, impermeabilidade e trabalhabilidade, menor porosidade e que contém aditivos minerais como sílica ativa ou metacaulim.
- Leve: concreto que tem uma redução do peso por meio do uso de agregados especiais como a argila expandida;
- Celular: concreto com a introdução de microbolhas de ar, por meio de espuma líquida, com alto desempenho como isolante térmico e acústico.

No Brasil, existem diversas normas reguladoras da produção, projetos e utilização do concreto, tendo como intuito a obtenção de elementos de qualidade. A principal diretriz é a Norma Brasileira (NBR) 6118 de 2014, que trata de estrutura de concreto armado e os procedimentos para sua produção. da Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT). Com base no catálogo da ABNT (2022), destacam-se as seguintes normas, seguidos do objetivo de sua criação:

- NBR 5739 de 2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: objetiva especificar o método de ensaio para a determinação da resistência à compressão de corpos de provas cilíndricos de concreto moldados;
- NBR 6120 de 2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações: apresenta as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações, sendo para qualquer classe e destino;
- NBR 7211 de 2009 – Agregados para concreto – Especificação: estabelece a especificação de requisitos exigíveis para tratamento e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à formação de concretos de cimento Portland.
- NBR 7212 de 2021 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle: determina os requisitos para o preparo do concreto dosado em empresas, contendo os controles da qualidade dos materiais constituintes, dosagem, mistura, transporte e fornecimento do concreto, incluindo também os procedimentos de controle e análise do seu preparo;
- NBR 7680 de 2015 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto: possui 2 partes, sendo a primeira focada na resistência à compressão axial e a segunda parte sobre a resistência à tração na flexão. Ambas têm como objetivo de ajustar os preceitos exigíveis para os processos de extração, preparo, ensaios e análises de testemunhos de estrutura de concreto dos corpos de provas cilíndricos de concreto;
- NBR 8800 de 2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios: em como fundamento o método dos estados-limites, estabelecendo as exigências que o projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto da edificação deverão obedecer;
- NBR 8953 de 2015 – Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica por grupos de resistência e consistência: classifica o

concreto por classe, levando em consideração a massa específica, resistência à compressão axial e consistência, abrangendo os concretos leves, normais ou pesados, misturados in loco ou dosados em central, utilizados em elementos de concreto simples, armado ou protendido, sendo eles armados com perfis rígidos de aço;

- NBR 9062 de 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado: apresenta requisitos para o projeto, a execução e o controle de estruturas de concreto pré-moldado, armado ou protendido;
- NBR 9607 de 2019 – Prova de carga estática em estruturas de concreto – Requisitos e procedimentos: estabelece requisitos e os procedimentos a serem levados em conta no planejamento e na execução de provas de carga estáticas em estruturas de concreto;
- NBR 9778 de 2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica: prescreve o ensaio para regulamento da absorção de água, do índice de vazios por imersão e fervura, e das massas específicas de argamassas e concretos endurecidos;
- NBR 10786 de 2013 – Concreto endurecido – Determinação do coeficiente de permeabilidade à água: determina método para a obtenção do coeficiente de permeabilidade do concreto endurecido, através de percolação de água sob pressão;
- NBR 11768 de 2019 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland: possui 3 partes, sendo a primeira os requisitos, a segunda referente aos ensaios de desempenho e terceira parte sobre ensaios de caracterização dos aditivos de cimento Portland;
- NBR 12646 de 1992 – Paredes de concreto celular espumoso moldadas no local – Especificação: fixa condições para execução, controle de qualidade e recebimento de paredes de concreto celular espumoso moldadas in loco;
- NBR 12654 de 1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento (substituída pela NBR 12655): apresentava as condições exigíveis para realização do controle tecnológico dos materiais componentes do concreto;

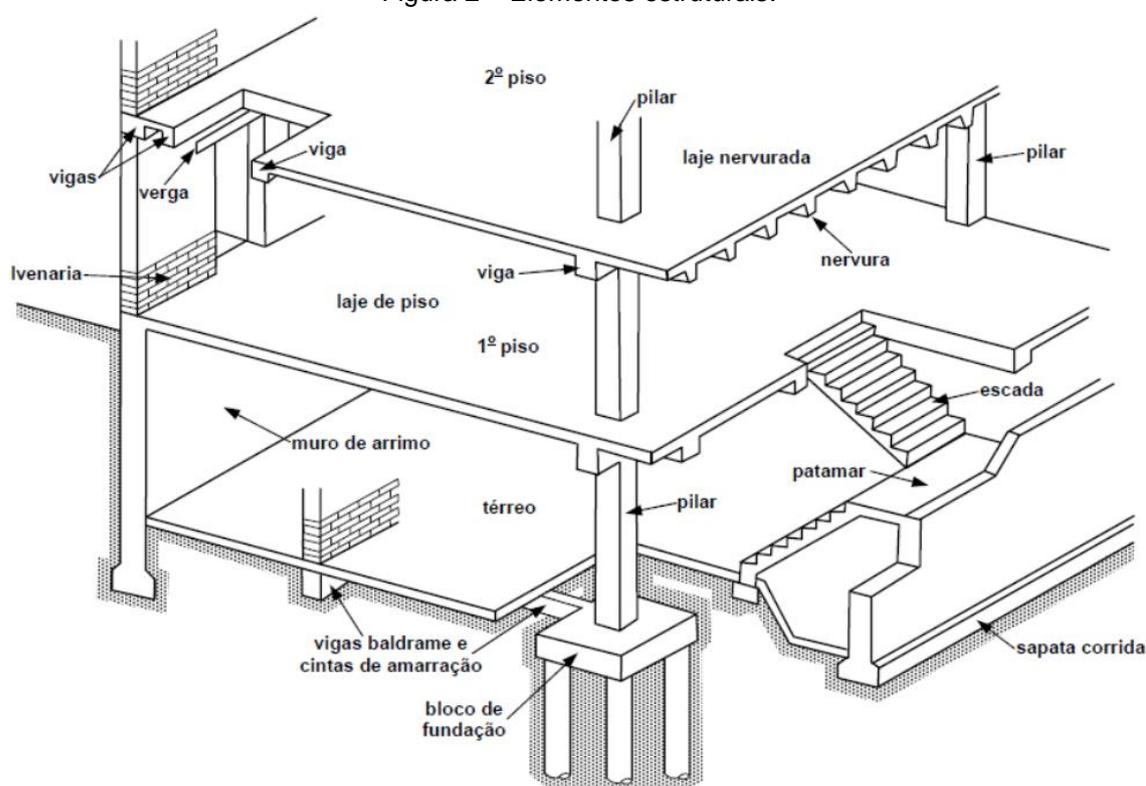
- NBR 12655 de 2015 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento: determina os parâmetros das fases supracitadas do concreto de cimento Portland para estruturas moldadas *in loco*, estruturas pré-moldadas e componentes estruturais pré-fabricados para edificações e estruturas de engenharia;
- NBR 14931 de 2004 – Execução de Estrutura de Concreto – Procedimento: detalha a execução de estruturas de concreto;
- NBR 15146 de 2012 – Controle tecnológico de concreto – Qualificação de pessoas: se divide em 3 partes, sendo elas: requisitos gerais, pavimentos de concreto e pré-moldados de concreto. Além disso, qualifica o inspetor envolvido na produção das atividades controlando a qualidade, relativas ao concreto e seus materiais constituintes;
- NBR 15823 de 2017 – Concreto autoadensável: se divide em 6 partes, tratando da classificação, controle e recebimentos no estado fresco, determinação do espelhamento, do tempo de escoamento, do índice de estabilidade visual, da habilidade passante e da viscosidade;
- NBR 16055 de 2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos: apresenta as condições básicas para as paredes de concreto moldadas no local e utilizando fôrmas removíveis;
- NBR 16475 de 2017 – Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos: determina as exigências para o projeto, produção e montagem de painéis pré-moldados;
- NBR 16584 de 2017 – Galeria técnica de pré-moldado em concreto para compartilhamento de infraestrutura e ordenamento do subsolo – Requisitos e métodos de ensaios;
- NBR 16889 de 2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone: determina os limites de consistência do concreto fresco pela medida de seu assentamento, em laboratório e obra.

Por fim, a partir do concreto é possível produzir diversos produtos, chamados de elementos estruturas, que são apresentados no tópico a seguir.

2.2 Elementos estruturais de Concreto

Os elementos estruturais são as peças que compõem uma estrutura. De acordo com Bastos (2019), os elementos se classificam com base na sua geometria e dimensões – comprimento, altura e espessura. O autor divide as peças em: elementos lineares, bidimensionais e tridimensionais, laje, viga, pilar e elementos de fundações. Já Nascimento (2014) apresenta em sua bibliografia, que estes 4 últimos são os elementos estruturais básicos, assim como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Elementos estruturais.



Fonte: NASCIMENTO (2014)

Por meio do esquema apresentado na Figura 2 é possível ver os elementos estruturais supracitados – laje, viga e pilar, alguns dos elementos de fundações – vigas baldrame, cintas de amarração, bloco de fundação e sapata corrida, além de outros elementos estruturais, que também podem ser de concreto, como muro de arrimo, vergas e contravergas e escada. De forma a complementar, Nascimento (2014) e Bastos (2019) definem e explicam cada elemento estrutural:

- Fundações: elementos que tem a função de transmitir as cargas da estrutura para o solo, sendo dividido em dois tipos:

- Superficiais, direta ou rasa (sapata, radier e bloco): são utilizadas em ambientes que o solo possui uma resistência elevada e baixa compressibilidade de forma a transmitir as ações de cargas pela base;
- Indiretas ou profundas (tubulão e estaca): são utilizadas em solos com menores resistências e ou que se encontra água, transmitindo as ações recebidas por meio da base, atrito lateral ou ambas;
- Pilar: elemento linear que fornece apoio as vigas transferindo as cargas para as fundações;
- Viga: elemento linear que se apoia nos pilares e transmite a ele os pesos da laje e das paredes apoiadas sobre ela;
- Laje: elemento bidimensional que recebe cargas gravitacionais e fica apoiada em seu contorno por vigas, sendo os pisos dos compartimentos. Se divide em 4 tipos:
 - Laje maciça: aquelas com espessura totalmente preenchida com concreto, sem vazios, contendo armaduras embutidas;
 - Laje cogumelo: apoiada nos pilares por meio de capiteis – elemento resultante do aumento da espessura da laje na região adjacente ao pilar de apoio;
 - Laje nervurada: laje constituídas por um conjunto de vigas no formato de “T” em uma ou duas direções com vazios entre essas peças, formando nervuras;
 - Laje treliçada: laje similar a nervurada, porém que contém uma armadura em forma de treliça nas vigas.

Além desses elementos apresentados, tem-se as paredes. Estas podem ser de diversos tipos: alvenaria estrutural ou vedação, *drywall*, *wood frame*, de placas cimentícias, de vidros, naval e de concreto. Por paredes de concreto ser o objeto de estudo deste trabalho, abordar-se-á apenas este tipo.

2.2.1 Paredes de concreto

A norma ABNT NBR 16055 de 2012 (p.3), que normatiza o uso de parede de concreto moldada *in loco* na construção de edificações, define parede de concreto como “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

De acordo com Wendler e Monge (2018, p.38), o sistema parede de concreto é um sistema construtivo industrializado, que tem como característica básica “permitir uma obra de grande velocidade e repetitividade, com uso intenso de fôrmas manoportáveis, que permitem a execução de duas a quatro unidades habitacionais por dia”. A Figura 3 apresenta um edifício sendo construído com este tipo de parede.

Figura 3 – Edifício sendo construído com paredes de concreto.



Fonte: OLIVEIRA (2019)

Por sua vez, Ferreira (2014), apresenta que o método demonstrado na Figura 3 utiliza fôrmas montadas no local da obra, que são preenchidas com concreto já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas. De acordo com o autor (p.23), citando Misurelli e Massuda (2009), a “principal característica desse sistema é que a vedação e a estrutura constituem um único elemento”.

Complementando, Oliveira (2019) apresenta que este tipo de sistema pode ser utilizado em edificações de casas térreas, edifícios de até 30 pavimentos – com reforços – e sobrados. Comparando com os sistemas tradicionais – como, por exemplo, as paredes de alvenaria – Oliveira (2019) apresenta a seguinte imagem, que mostra a estrutura de ambos os tipos de parede.

Figura 4 – Comparação entre etapas construtivas das paredes tradicionais e de concreto.



Fonte: OLIVEIRA (2019)

De acordo com o autor, as paredes convencionais – demonstradas no lado esquerdo da Figura 4, tem tempo de execução lento, com alto índice de mão de obra, predominando, também, o desperdício. Por outro lado,

o sistema construtivo parede de concreto é totalmente sistematizado, pois é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico e multifuncionalidade. Dessa forma é possível conseguir um produto homogêneo, independentemente da região do país e da mão de obra a ser empregada, sendo um diferencial para empresas que constroem em vários estados. (OLIVEIRA, 2019, p.14-15)

Contudo, para se obter benefícios em relação aos outros sistemas, Wendler e Monge (2018) descreve que a utilização de paredes de concreto deve seguir 11 mandamentos:

- Seguir fielmente todas as diretrizes do projeto estrutural: posição das armaduras, reforços, juntas de indução, entre outros;
- Utilizar sistemas de fôrmas específicos para o sistema e não fazer adaptações;
- Seguir as diretrizes do projeto de montagem/desmontagem das fôrmas – certificar-se de montar todas as peças do sistema de fôrmas;
- Colocar espaçadores plásticos de armadura em número suficiente: 6 unidades por metro quadrado (m²) nas paredes e 4 unidades por m² nas lajes;

- Colocar espaçadores plásticos nos eletrodutos em número suficiente: 2 unidades por metro de eletroduto;
- Nunca posicionar duas caixas elétricas contrapostas;
- Nunca encostar dois ou mais eletrodutos dentro da parede;
- Tomar providências para que não ocorram interrupções durante a concretagem;
- Não provocar impactos nas paredes durante a desforma;
- Não permitir vibrações próximas às paredes de concreto, como, por exemplo, compactação de ruas, cravação de estacas, entre outros;
- Fazer cura adequada por pelo menos 3 dias.

Wendler e Monge (2018) ainda demonstra as medidas necessárias para obter um controle de qualidade, mostrando a importância de se preocupar com os detalhes como a armaduras, escoramento, tolerâncias, cura e manuseio das fôrmas que são essenciais para o sucesso do sistema construtivo de parede de concreto. Ainda segundo os autores

A concretagem requer controle tecnológico rigoroso. No estado fresco, os ensaios necessários são:

- Abatimento (Slump), conforme a ABNT NBR NM 67;
- Espalhamento (slump flow), de acordo com a ABNT NBR 15823-2;
- Massa específica do concreto, conforme a ABNT NBR 9833;
- Moldagem de corpos de prova, conforme a norma ABNT NBR 5738.

Ensaio também devem ser realizados no concreto endurecido, como a análise de corpos de prova moldados durante a concretagem, atendendo ao que estabelece a ABNT NBR 12655. (WENDLER E MONGE, 2018, p.41)

Complementando, Góes (2013) apresenta que como a paredes de concreto representam a sua própria estrutura, a quebra delas deve ser evitada. Para isso, é imprescindível o posicionamento dos passantes nas armações, visto que, erros resultam em quebras e retrabalhos.

2.3 Sistemas de fôrmas em parede de concreto

Para a construção de estruturas de concreto, são necessários a colocação de fôrmas para suportar as ações impostas sobre elas. De acordo com Hanna (1998, p.13), “fôrmas é definido como uma estrutura temporária cujo finalidade é fornecer suporte e contenção para o concreto fresco até que ele possa se sustentar”. O autor

cita que a peça molda o concreto no formato e tamanho desejado, controlando sua posição e alinhamento, devendo suportar cargas sem entrar em colapso ou deflexão.

Ferreira (2014) adiciona que a resistência dos moldes deve ser suficiente para resistir às pressões causadas pelo lançamento do concreto. Além destas ações, Hanna (1998) acrescenta as cargas dos materiais de construção, equipamentos, operários, impactos e ventos.

Complementando, a norma ABNT NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento – de 2004 diz que

A fôrma deve ser suficientemente estanque, de modo a impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite a surgência do agregado miúdo da superfície do concreto.

Os elementos estruturantes das fôrmas devem ser dispostos de modo a manter o formato e a posição da fôrma durante toda sua utilização.

Durante a concretagem de elementos estruturais de grande vão deve haver monitoramento e correção de deslocamentos do sistema de fôrmas não previstos nos projetos. (ABNT, 2004, p.7)

Corroborando com as definições, Carmo (2007) aborda que os moldes devem ser escolhidos com cuidado, visando o máximo desempenho. Conforme o autor (p.3) “as fôrmas são de grande importância, apesar de quase nunca agregar valor estético ao produto final. Um escritório, um hospital ou uma residência. Pois a estrutura na sua grande maioria receberá acabamentos e revestimento”.

Hanna (1998) ainda apresenta em sua bibliografia os tipos de fôrmas utilizados para elementos de concreto: madeira, aço, alumínio e fibras de vidro. Carmo (2007), por sua vez, ainda adiciona a existência das formas de plástico e papelão. Nesta pesquisa, portanto, serão abordados apenas as três primeiras: madeira, aço e alumínio – objeto de estudo deste trabalho.

2.3.1 Fôrmas de Madeira

De acordo com Hanna (1998) e Rodrigues (2019), as fôrmas de madeira são as mais utilizadas na construção sendo, também, as mais antigas. Carmo (2007) divide as fôrmas de madeira em duas: serrada (Figura 5) e revestida (Figura 6).

Figura 5 – Fôrmas de madeira serrada.



Fonte: CARMO (2007)

Figura 6 – Fôrmas de madeira revestida pronta.



Fonte: CARMO (2007)

Conforme Rodrigues (2009) e Carmo (2007), os moldes de madeira serrada, exemplificados na Figura 5, são comumente encontrados em obras de empresas de pequeno e médio porte, sendo executadas pelo mestre obras, o que faz não possuir padrão, podendo onerar até mesmo os custos da construção. Carmo (2007) adiciona

ainda que este tipo de fôrma tem as desvantagens de ter baixa durabilidade, dificuldade de acabamento nas pontas das chapas, necessitando sempre de reforços, e grande mão-de-obra. Já as chapas de madeira revestida contam com uma proteção de resina ou com material plástico, podendo ser reutilizada com maior facilidade (CARMO, 2007). O autor acrescenta que existe, também, o sistema de forma pronta, que é apresentado na Figura 6.

2.3.2 Fôrmas de Aço

Carmo (2007) apresenta que as fôrmas de aço são pouco utilizadas em edifícios devido ao seu alto custo, estando, portanto, altamente ligadas a construções de muros de concreto armado, fundações e reservatório – como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Fôrmas de aço em um reservatório.



Fonte: CARMO (2007)

Apesar do alto custo, Carmo (2007) descreve que as fôrmas de aço, exemplificadas na Figura 7, tem como vantagem o alto número de reaproveitamento e alta produtividade, sendo, geralmente, fornecido por empresas especializadas, que trabalham com locação de equipamentos. Macêdo (2016) acrescenta, ainda, as fôrmas metálicas com compensados, chamadas de fôrmas mistas – mostrada na Figura 8.

Figura 8 – Fôrmas de aço em um reservatório.



Fonte: MACÊDO (2016)

As fôrmas mistas, exemplificada na Figura 8, são “compostas por peças em aço ou alumínio em forma de quadros e utilizam chapas de compensado de madeira ou material sintético para dar o acabamento e o fechamento da estrutura concretada” (MACÊDO, 2016, p.30). De acordo com o autor, esses moldes são menos duráveis que as formas metálicas, mais pesadas que as formas em alumínio e mais leves das feitas com aço.

2.3.3 Fôrmas de Alumínio

Por fim, se tem as fôrmas de alumínio que, de acordo com Carmo (2007), possui as mesmas características das de aço, tendo como adição a vantagem da leveza, o que proporciona o fácil manuseio. Sarmiento (2019) define que as fôrmas têm a constituição em perfis estruturais de alumínio, podendo ser fabricados conforme projeto. Dessa forma, o autor apresenta que este tipo de molde, mostrado na Figura 9, não pode ser alugado, apenas vendido, por ser feito sob medida.

Figura 9 – Fôrmas de alumínio.



Fonte: SARMENTO (2019)

Hanna (1998) acrescenta que o material – exemplificado na Figura 9 – tem sido muito utilizado devido ao seu custo de manuseio, compensando seu custo mais alto de material. O autor (p.33) complementa dizendo que “o maior problema com as fôrmas de alumínio é a corrosão: o alumínio puro é atacado quimicamente pelo concreto úmido”. Contudo, ainda de acordo com Hanna (1998), as ligas de alumínio são muito eficazes na resistência a corrosão.

Integrando as definições, Arêas (2013) e Cambraia (2017) apresentam as peças que integram o sistema de fôrmas de alumínio: cunha, pino, corbata, grapa, cantoneira, união parede-laje, tapa, esquadro, escora, alinhador, tensão de vãos e apumador. Os componentes são mostrados nas Figuras 10 a 22.

Figura 10 – Cunha.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 11 – Pino.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 12 – Corbata.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 13 – Grapa.



Fonte: ARÊAS (2013)

Conforme Arêas (2013) e Cambraia (2017), as peças apresentadas nas Figuras 10 a 13, tem as seguintes definições e funções:

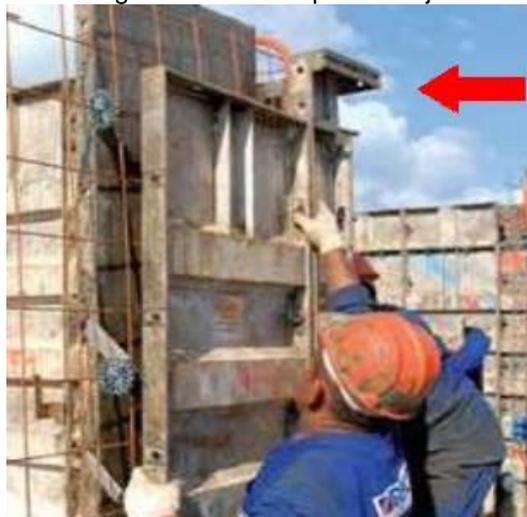
- Cunha (Figura 10) e pino (Figura 11): têm a função de fixar os painéis de alumínio entre si, trabalhando juntos.
 - A cunha tem um formato curvo para facilitar o encaixe, diminuindo os riscos de danos;
 - O pino também serve como acessório complementar para situações em que são utilizados espaçadores ou perfis de ajustes;
- Corbata (Figura 12): acessório em aço que serve para separar e fixar as fôrmas, assim como determinar a espessura das paredes. São produzidas conforme projeto e instaladas nas uniões da parede por toda sua altura;
- Grapa (Figura 13): acessório utilizado para a fixação de painéis sem perfuração. Como exemplos de uso tem: laje com radier e painéis de parede com radier.

Figura 14 – Cantoneira.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 15 – União parede-laje.



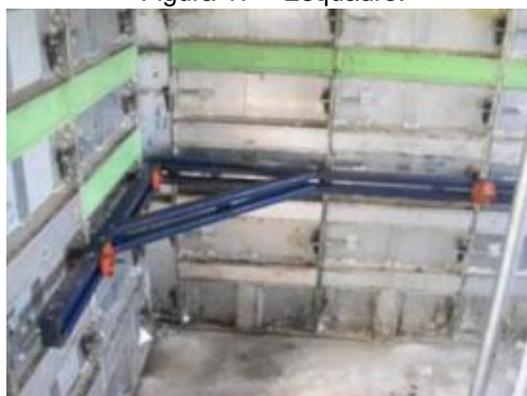
Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 16 – Tapa.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 17 – Esquadro.



Fonte: CAMBRAIA (2017)

Já os componentes apresentados nas Figuras 14 a 17, de acordo com Arêas (2013) e Cambraia (2017), tem as seguintes definições e funções:

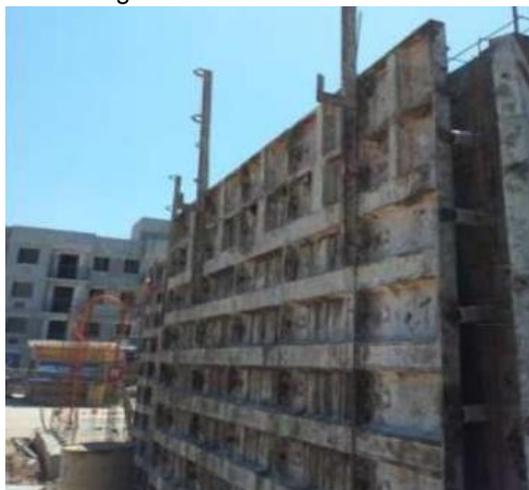
- Cantoneira (Figura 14): perfil de alumínio utilizado para conformar cantos internos à 90°;
- União parede-laje (Figura 15): perfil de alumínio que conecta a fôrma da parede com a da laje no intuito de formar um sistema monolítico;
- Tapa (Figura 16): perfil de alumínio utilizado para fechar paredes e vãos de janelas e portas. Para seu travamento, utilizam-se pinos, cunhas e, as vezes, grapas;
- Esquadro de travamento (Figura 17): peça pré-fabricada de metal que garante a interceptação das paredes com ângulos de 90°.

Figura 18 – Escoras.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 19 – Alinhador vertical.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 20 – Alinhador horizontal.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 21 – Tensão de vãos.



Fonte: ARÊAS (2013)

Figura 22 – Aprumador.



Fonte: ARÊAS (2013)

Por último, tem-se os dispositivos mostrados nas Figuras 18 a 22, que tem as seguintes definições e funções, conforme Arêas (2013) e Cambraia (2017):

- Escora (Figura 18): peça responsável por suportar as cargas da laje durante o tempo de cura;
- Alinhador: acessório vertical (Figura 19) ou horizontal (Figura 20) que tem como função alinhar os painéis de parede em relação a outra peça ou complemento;
- Tensão de vãos (Figura 21): elemento expansível que garante o espaçamento nos vãos de janelas e portas;
- Aprumador/Tensor de parede (Figura 22): peça que auxilia a montagem dos painéis, mantendo-os na posição necessária, permitindo o ajuste milimétrico do prumo das paredes.

Complementando o apresentado, Arêas (2013) e Cambraia (2017) acrescentam que os itens citados trabalham juntos para o travamento das fôrmas.

Todos os itens de travamento, com exceção das escoras, são colocados próximo ao fim da operação de montagem do sistema de fôrmas. A instalação destas peças é uma tarefa realizada com certo grau de dificuldade, pois ao colocá-las a estrutura é forçada a alcançar o perfeito alinhamento. (ARÊAS, 2013, p.28)

Ainda, Arêas (2013) adiciona que para pavimentos superiores ao primeiro, é necessário a obtenção de um sistema de plataforma para que os montadores executem a montagem das fôrmas externas da edificação.

Por fim, a ABNT NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações –, de 2012, enfatiza que é imprescindível a conferência das peças, painéis e condições de escoramento antes do início da concretagem, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo estejam conforme estabelecidos.

2.4 Concretagem *in loco* de paredes de concreto

A ABNT NBR 14931 de 2004 – Execução de estruturas de concreto – descreve que existem duas modalidades diferentes de preparo do concreto: preparado por empresa de serviços de concretagem e preparado pelo executante da obra, ou seja, *in loco*.

Conforme a norma supracitada e a ABNT NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos – de 2012, ambas as preparações devem ser realizadas com base na ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento – que atualmente está em sua terceira edição, lançada em 2015. O tipo preparado por empresa, deve dispor também de acordo com a ANBT NBR 7212 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle – atualizada em 2021.

Misurelli e Massuda (2009) descrevem que o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* iniciou-se no Brasil entre as décadas de 70 e 80. Cambraia (2017), no que lhe concerne, afirma que quando chegou essa nova tecnologia no país, como possuía poucas informações, as construções eram baseadas nas normas da ABNT NBR 6118, que normatizava as estruturas de concreto armado em geral. Conforme o avanço desse sistema no mercado, criou-se uma norma exclusiva para o sistema construtivo – a supracitada ABNT NBR 16055.

2.4.1 Características do concreto utilizado e seu desempenho em paredes moldadas in loco

Relativo as características do concreto utilizado para moldagem *in loco*, a NBR 12655 cita que

O concreto para fins estruturais deve ter definidas todas as características e propriedades de maneira explícita, antes do início das operações de concretagem. O proprietário da obra e o responsável técnico por ele designado devem garantir o cumprimento desta Norma e manter documentação que comprove a qualidade do concreto (ABNT, 2015, p.7)

Por sua vez, a ABNT NBR 16055 de 2012 demanda que, em paredes de concreto moldado *in loco*, o concreto utilizado deve seguir as especificações das seguintes normas nas consequentes situações:

- ABNT NBR 6118: análise das tensões devidas à retração;
- ABNT NBR 8953: consistência do concreto;
- ABNT NBR 12655: modo de preparação e requisitos e uso de aditivos químicos;
- ABNT NBR 7212: modo de preparação e requisitos;

- ABNT NBR 12654: controle da qualidade dos materiais componentes do concreto;
- ABNT NBR 5739: caracterização do concreto, ensaio de resistência à compressão nas idades de controle;
- ABNT NBR 9778: ensaios de massa específica, absorção de água e índice de vazios;
- ABNT NBR 11768: uso de aditivos químicos.

Arêas (2013), baseando na NBR 16055, apresenta que o plano de concretagem deve conter todos os procedimentos referentes ao recebimento, liberação, lançamento e amostragem para controle tecnológico do concreto.

O plano de concretagem estabelece a quantidade exata de pessoas e equipamentos capazes de realizar o processo de concretagem de modo eficiente e sem atrasos, tem por finalidade manter o concreto plástico, não segregado e livre de juntas de concretagem não planejadas. Além das informações acima, o plano contém a frequência de limpeza dos equipamentos relacionados à concretagem, para que não haja comprometimento da mesma. Os resultados esperados no fim de uma concretagem também estarão especificados neste plano. Com efeito, ao fim de uma concretagem, o correto é comparar o serviço realizado com o que está preconizado no plano, se o serviço é realizado conforme os parâmetros consolidados no plano, a operação foi realizada com sucesso. (ARÊAS, 2013, p.32)

Portanto, para se obter o resultado esperado, o concreto utilizado, seja ele fabricado por empresa ou *in loco*, deve seguir alguns parâmetros. A ABNT NBR 16055 estabelece que a especificação do concreto para a construção de paredes moldadas *in loco* deve ter:

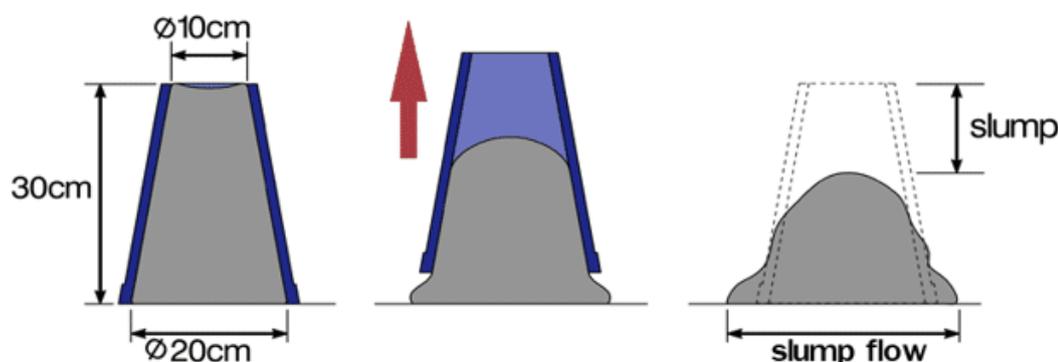
- a) resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem;
- b) resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
- c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a ABNT NBR 12655;
- d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco do cone (ABNT NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (ABNT NBR 15823-2). (ABNT, 2012, p.6)

Arêas (2013) apresenta que para ter um bom concreto, a massa deve ser homogênea, com boa coesão, de habilidade passante e resistência a segregação. De acordo com o autor, o agregado deve ser menor ou igual a 12,5 milímetros (mm), ou seja, brita 1 ou menor. Dessa forma, o concreto recebe a característica de autoadensável, propiciando um fino acabamento.

Citando a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2009), Arêas (2013, p.32) recomenda utilizar o Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI) “em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida”. Dessa forma, aconselha-se utilizar este tipo de cimento para as paredes de concreto moldadas no local (ARÊAS, 2013). O autor ainda acrescenta que o concreto utilizado em obras de baixo padrão tem a característica de não ter resistência superior à 25 MPa¹.

Para medir tais propriedades, são realizados dois testes – *slump test* e *slump flow*. Ambos são apresentados na Figura 23.

Figura 23 – *Slump test* e *slump flow*.



Fonte: FURLANETTO (2020)

Os testes, apresentados na Figura 23, são normatizados respectivamente pela ABNT NBR 16889 de 2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, e ABNT NBR 15823-1 – Concreto autoadensável – Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Ambos, em conjunto, se trata de ensaios realizados para calcular se a consistência do concreto está conforme projeto (CAMBRAIA, 2017). Conforme o autor, a altura e a largura, que é medida com uma trena ou régua, representa o quanto o material se abateu.

Caso o resultado do slump test for abaixo do especificado na nota fiscal é permitido que haja adição de água complementar nos limites especificados na NBR 7212, desde que: o slump seja igual ou superior a 10 cm, o slump seja corrigido em até 25 mm, o slump, após a adição de água, não ultrapasse o limite máximo especificado e o tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior 15 minutos. Ressalta-se que adição de água se aplica em obras onde o concreto utilizado é processado em concreteiras e transportado para obra por meio de caminhões betoneiras. (ARÊAS, 2013, p.33)

¹ Unidade de medida de resistência característica do concreto. 1 MPa (Mega Pascal) = 10,1972 quilogramas forças por centímetros quadrado (kgf/cm²).

Além dos *slumps*, realiza-se também testes de compressão com corpos de provas, mostrados nas Figuras 24 e 25.

Figura 24 – Corpo de prova antes do teste de compressão.



Fonte: REVISTA ADNORMAS (2019)

Figura 25 – Corpo de prova após o teste de compressão.



Fonte: REVISTA ADNORMAS (2019)

Neste teste, representado nas Figuras 24 e 25, é realizado o cálculo da compressão simples por meio de corpos de provas preenchidos em obra logo após os testes supracitados.

Parte destes corpos de prova está destinada ao rompimento no teste de compressão simples na própria obra no dia seguinte, para a comprovação da resistência de desforma na idade especificada em projeto. A outra parte é enviada para laboratório para a comprovação da resistência característica do concreto, com 28 dias. (ARÊAS, 2013, p.33)

Além dessas propriedades, Arêas (2013) destaca que as normas citadas não determinam uso de materiais com propriedades termoacústicas no concreto para as paredes de concreto. De acordo com o autor, os concretos comumente utilizados em paredes – convencional e o autoadensável – não apresentam um bom desempenho térmico e acústico, necessitando de algum tratamento extra.

2.5 Patologias

Assim como todo sistema construtivo, o processo de construção de parede de concreto moldado *in loco* está submetido as patologias. No dicionário Michaelis (2021) é definido patologia no campo da medicina como “ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências”.

Por sua vez, Nazário e Zancan (2011) apresenta a etimologia da palavra: phatos – sofrimento e doença; logia – ciência e estudo. Ou seja, de acordo com os autores, patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças.

Já fazendo relação à Engenharia Civil, mais especificamente ao sistema de paredes de concreto, Bolina *et al.* (2019) apresentam que o estudo das patologias busca, de forma regulada, averiguar as casualidades das irregularidades dos componentes na edificação de forma generalizada. Couto *et al.* (2013), citando Neville (1997), aborda que as enfermidades podem ser causadas por fatores externos ou por causas internas no interior do próprio concreto. De acordo com os autores, as ações podem ser físicas, químicas ou mecânicas.

As causas físicas compreendem os efeitos de altas temperaturas ou de diferenças de coeficiente de dilatação térmica do agregado e da pasta de cimento hidratado. As causas químicas de deterioração podem incluir as reações álcali-sílica e álcali-carbonato. O ataque químico externo ocorre principalmente pela ação de íons agressivos, como cloretos, sulfatos ou dióxido de carbono e muitos líquidos e gases naturais ou industriais. Já as causas da deterioração mecânica podem ser impacto, abrasão, erosão ou cavitação. (COUTO *et al.*, 2013, p.54 *apud* NEVILLE, 1997)

Ainda de acordo com Couto *et al.* (2013), agora citando Bauer (2009), as deteriorações nas estruturas de concreto podem ser causadas por:

- Erros de projetos estrutural: falta de detalhamento ou má especificação; cálculo estrutural com falha nas cargas e tensões; variação bruscas de seção em elementos estruturais; falta ou deficiência do projeto de drenagem; efeitos da fluência do concreto;
- Emprego de materiais inadequados: conhecimento do material; ensaio prévios para caracterizá-los de acordo com as normas e procedimentos conforme as características utilizadas nos projetos; controle tecnológico durante a execução, utilização e condições ambientais que será sujeito;
- Erros de execução;
- Agressividades do meio ambiente.

Complementando, Mesomo (2018) enfatiza em sua literatura que quando ocorre a interrupção do lançamento de concreto, causam-se as juntas frias. Estas, de acordo com o autor, quando não previstas em projeto, podem acarretar problemas estruturais.

Couto *et al.* (2013) *apud* Bauer (2009) apresentam que existem três sintomas de deterioração de uma obra em concreto armado: fissuras (Figuras 26 e 27), disgregação (Figura 28) e desagregação (Figura 29).

Figura 26 – Fissura.



Fonte: SOUSA E BADARÓ (2019)

Figura 27 – Fissura.



Fonte: OLIVEIRA (2019)

As fissuras, exemplificadas nas Figuras 26 e 27, são manifestações patológicas comuns, estando presentes nas maiorias das edificações e estruturas (COUTO *et al.*, 2013). De acordo com os autores, existem dois tipos de fissuras: vivas e mortas.

Há dois tipos fissuras, quanto a movimentação; as fissuras “vivas”, com movimentação; e as estabilizadas ou sem movimentação, denominadas “mortas”. Além do aspecto antiestético e a sensação de pouca estabilidade que apresenta uma peça fissurada, os principais perigos decorrem da corrosão da armadura, e penetração de agentes agressivos externos, no concreto. (COUTO *et al.*, 2013, p.55 *apud* BAUER, 2009).

Por sua vez, Mesomo (2018) ressalta a importância de se realizar construções com sistemas embutidos nas paredes e de se posicionar separadores de forma correta nas estruturas para, dessa forma, evitar o cobrimento de concreto em locais indevidos e, assim, fissuras paralelas a estes sistemas.

Já as disgregações e desagregação são patologias semelhantes, conforme podem ser vistas nas Figuras 28 e 29.

Figura 28 – Disgregação.



Fonte: OLIVEIRA (2019)

Figura 29 – Desagregação.



Fonte: SOUZA E BADARÓ (2019)

As disgregações, exemplificada na Figura 28, são caracterizadas pela ruptura do concreto, principalmente em regiões salientes dos elementos estruturais (COUTO *et al.*, 2013 *apud* BAUER, 2009). Semelhantes a estas patologias, tem a desagregação, mostrada na Figura 29. Couto *et al.* (2013) *apud* Bauer (2009) apresentam que esta se trata da separação do concreto devido a fatores químicos.

Como a corrosão do concreto é de natureza química, as causas fundamentais reduzem-se a duas principais: reações com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação dos componentes do cimento; reações do íon sulfato, com o alumínio tricálcio hidratado do cimento ou com a alumina do inerte numa solução saturada de hidróxido de cálcio, dando origem a expansões. (COUTO *et al.*, 2013, p.55 *apud* BAUER, 2009).

Mesomo (2018) ainda apresenta uma quarta patologia: a bicheira. Esta, conforme pode ser visto na Figura 30, é parecida com as duas últimas, tendo a diferença de ocorrer em locais próximos as armaduras das estruturas.

Figura 30 – Bicheira.



Fonte: OLIVEIRA (2019)

Conforme Mesomo (2018), os vazios e nichos de concretagem, também conhecidos como bicheiras, mostrada na Figura 30, podem afetar a durabilidade e resistência do concreto. De acordo com o autor, citando Takata (2009), essas manifestações podem ocorrer pela má limpeza das formas e a não utilização de desmoldantes, bem como mau escoramento, ocasionando, assim, o desalinhamento e falta de prumo das paredes de concreto, deformação da forma pela carga do concreto fresco ou a abertura do molde durante a concretagem. Outra causa desta manifestação patológica é a deficiência na armadura e a má interpretação do projeto com o posicionamento incorreto do aço, que assim, comprometem a resistência da peça (MESOMO, 2009 *apud* TAKATA, 2009).

De acordo com Mesomo (2009), para se evitar essas enfermidades, é usual o lixamento ou escovação do aço, garantindo a aderência entre o concreto e a armadura. Outro ponto observado pelo autor, é em relação ao adensamento do concreto. Conforme ele cita, é de suma importância fazer a vibração correta do material para que sejam expulsas as bolhas de ar presentes na mistura, fazendo com que o concreto se acomode de maneira uniforme na fôrma.

Se tratando das patologias em paredes de concreto, Wendler e Monge (2018) cita que devido à alta restrição à variação volumétrica que o sistema tem, gera-se altas tensões quando submetidas à imposição de deformações, como por exemplo, as

retrações. De acordo com os autores (p.38), “a retração é um fenômeno intrínseco ao material concreto” tendo diferentes tipos:

- Retração plástica inicial, por perda de água com o concreto ainda não endurecido;
- Retração química, pelo menor volume dos cristais formados na reação do cimento;
- Retração hidráulica (ou secagem), pela perda de água quando já endurecido.

Wendler e Monge (2018), ainda citam as causas dessas retrações, que podem ser pelos seguintes fatores: concreto autoadensável mal dimensionado; falta de cura; desforma com muito impacto; vibrações no terreno nos primeiros dias; paredes muito longas; cantos de portas e janelas; posicionamento de eletrodutos; juntas frias; restrição de movimentação; dilatação térmica da laje de cobertura.

3 METODOLOGIA

Gerhardt e Silveira (2009, p.33) citam que a “pesquisa é a atividade nuclear da Ciência. Ela possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar”. Portanto, para se desenvolver um trabalho, é necessário saber os tipos de pesquisa existentes e os que serão utilizados no estudo. Assim, este capítulo apresenta os tipos de pesquisa, sua natureza, finalidade e quais locais podem ser utilizados como base de dados, assim como a forma de coletar e analisar os dados, o universo e amostra da pesquisa, além das limitações.

3.1 Tipos de pesquisa

De acordo com Gil (2008), as pesquisas podem ser divididas em dois tipos: pura e aplicada. O autor (p.26) apresenta que estas tipologias se decorrem das “razões de ordem intelectual, quando baseadas no desejo de conhecer pela simples satisfação para agir”.

A pesquisa pura ou básica, conforme Gil (2008), tem o foco no progresso da ciência, buscando desenvolver os conhecimentos científicos sem a preocupação direta com suas aplicações e consequências práticas. Gerhardt e Silveira (2009) completam dizendo que este tipo de pesquisa envolve verdades e interesses universais.

Já a pesquisa aplicada objetiva desenvolver conhecimentos para aplicação prática, tendo o foco na solução de problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Os autores abordam, ainda, que este tipo de pesquisa envolve verdades e interesses locais.

A pesquisa aplicada, por sua vez, apresenta muitos pontos de contato com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas

A pesquisa aplicada, por sua vez, apresenta muitos pontos de contato com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas e se enriquece com o seu desenvolvimento; todavia, tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos. Sua preocupação está menos voltada para o desenvolvimento de teorias de valor universal que para a aplicação imediata numa realidade circunstancial. De modo geral é este o tipo de pesquisa a que mais se dedicam os psicólogos,

sociólogos, economistas, assistentes sociais e outros pesquisadores sociais (GIL, 2008, p.27).

Desta forma, destaca-se para uso neste trabalho a pesquisa aplicada, pois, após a sua conclusão, buscar-se-á a aplicação na prática das soluções para as patologias encontradas na construção estudada.

3.2 Natureza de pesquisa

Relativo à natureza da pesquisa, ou seja, quanto à abordagem dos dados, o estudo pode ser qualitativo e quantitativo.

Gerhardt e Silveira (2009, p.33) citam que a “pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento da compressão de um grupo social, de uma organização etc.”. De acordo com os autores, este método busca explicar o porquê das coisas, porém sem quantificar os dados e informações coletadas, além de ter o objetivo de produzir informações aprofundadas e ilustrativas. Appolinário (2011, p.61), por sua vez, aborda que neste tipo de pesquisa, a “realidade é constituída de fenômenos socialmente construídos”.

Contrário à pesquisa qualitativa, tem-se a quantitativa que, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009), são abordadas informações quantificáveis. Para os autores, este tipo de pesquisa dirige-se à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, dentre outros dados. Neste método de pesquisa, assim como Appolinário (2011, p.61) completa, a “realidade é constituída de fatos objetivamente mensuráveis”.

Ainda em sua literatura, Appolinário (2011) aborda a dificuldade de existir uma pesquisa apenas qualitativa ou apenas quantitativa.

é muito difícil que haja alguma pesquisa totalmente *qualitativa*, da mesma forma que é altamente improvável existir alguma pesquisa completamente *quantitativa*. Isso ocorre porque qualquer pesquisa provavelmente possui elementos tanto qualitativos quanto quantitativos, ou seja, em vez de duas categorias dicotômicas isoladas, temos antes uma dimensão contínua com duas polaridades extremas, e as pesquisas se encontrarão em algum ponto desse contínuo tendendo mais para um lado ou para o outro (APPOLINÁRIO, 2011, p.59).

Corroborando esta afirmação, Gerhardt e Silveira (2009) tratam que a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e da pesquisa quantitativa permite coletar um maior número de dados e informações do que se poderia se fossem separadas.

Assim, define-se que este trabalho se aborda os dados da forma qualitativa, visto que será realizado o levantamento das informações na pesquisa em campo e na apresentação dos resultados.

3.3 Pesquisa quanto aos fins

Considerando os objetivos do trabalho (GERHARDT; SILVEIRA, 2009) ou os níveis de pesquisa (GIL, 2008), a pesquisa pode ser tipificada em três categorias: exploratória, descritiva e explicativa.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa exploratória objetiva tornar um assunto mais explícito, de forma que ele fique entendível. Para Gil (2008, p.27), este método de pesquisa “têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”. Conforme o autor, a pesquisa exploratória apresenta menor rigidez em seu planejamento, podendo ser construída de forma a proporcionar apenas uma visão geral de um tema. Gil (2008) ainda cita que este tipo de estudo é utilizado quando a exploração do tema não é comum, tornando difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

A pesquisa descritiva, por sua vez, exige do investigador uma série de dados sobre o assunto (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). De acordo com os autores, tem-se como objetivo a descrição dos fatos e fenômenos de uma determinada realidade.

As pesquisas deste tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados (GIL, 2008, p.28).

Já a pesquisa explicativa, como aborda Gil (2008, p.28), “são aquelas pesquisas que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos”. O autor cita que este tipo de

estudo é o mais próximo a realidade, pois explica a razão e o porquê das coisas, aumentando consideravelmente o risco de cometer erros.

Gil ainda aborda em sua obra de 2008, que a pesquisa descritiva junto com a exploratória, são utilizadas quando os pesquisadores preocupam com a atuação prática. De acordo com o autor, são as mais solicitadas por instituições de ensino, empresas comerciais e partidos políticos como pesquisas organizacionais.

Complementando, Gerhardt e Silveira (2009, p.37) *apud* Gil (2008) citam que a “pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado”.

A partir do apresentado, pode-se definir este trabalho como descritivo e exploratório. Nele é abordado informações relativas ao processo construtivo do sistema de paredes em concreto armado moldado *in loco*, assim como identificado e classificado as manifestações patológicas existentes neste sistema, em um estudo de caso. Em ambas as partes, são detalhadas as características relativas a tais assuntos, elucidando de forma clara e objetiva as informações coletadas no estudo e na visita técnica.

3.4 Pesquisa quanto aos meios

Relativo aos meios, ou seja, o delineamento da pesquisa, existem diversas tipologias de estudos. Dentre as existentes, pode-se citar: experimental, bibliográfica, documental, *ex-post-facto*, de levantamento, de campo e de caso. As definições destes tipos são apresentadas a seguir, conforme apresentado por Gerhardt e Silveira (2009) e Gil (2008).

- Pesquisa experimental: é o principal tipo de pesquisa científica, consistindo em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Nessa pesquisa, agrupa-se objetos de estudo coincidentes e os submete a tratamentos diferentes, analisando as reações e respostas significativas;

- Pesquisa bibliográfica: é realizada por meio do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas de forma escrita ou digital, como livros, artigos científicos e páginas eletrônicas. Toda pesquisa é desenvolvida com base bibliográfica, porém algumas são exclusivamente deste tipo, permitindo ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos mais ampla do que a pesquisa direta;
- Pesquisa documental: semelhante a bibliográfica, esta baseia-se em documentos de primeira mão – que não receberam tratamento analítico – ou em documentos de segunda mão – que já foram analisados. Do primeiro tipo, cita-se documentos oficiais, reportagens de jornal, cartas, contratos, diários, filmes, fotografias, gravações, dentre outros. Já do segundo, pode-se abordar os relatórios de pesquisa e de empresas, tabelas estatísticas, entre outros;
- Pesquisa *ex-post-facto*: é uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes. Tem a finalidade de investigar possíveis relações de causa e efeito entre determinado fato e um fenômeno que ocorre posteriormente;
- Pesquisa de levantamento (*survey*): é o tipo utilizado em estudos exploratórios e descritivos, na qual se realiza levantamento de uma amostra ou de uma população, ou seja, um censo. Se caracteriza pela interrogação direta das pessoas de forma a conhecê-las em relação a um problema estudado. Tem como vantagens o conhecimento direto da realidade, economia, rapidez e a quantificação, porém tem a limitação da perspectiva do entrevistado, a pouca profundidade no estudo e a limitada apreensão do processo de mudança;
- Estudo de campo: assemelha-se aos levantamentos, distinguindo em relação a dois aspectos – o aprofundamento das questões propostas e a seleção de um único grupo ou comunidade para se estudar, ressaltando a interação de seus componentes. Esse tipo apresenta maior flexibilidade no planejamento, assim como utiliza mais técnicas de observação do que de interrogação.

Assim como anteriormente citado, existe mais uma forma de delineamento de pesquisa, que será um dos principais tipos utilizado neste trabalho: o estudo de caso.

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados (GIL, 2008, p.57-58).

Gil (2008), citando Yin (2005), aborda que o estudo de caso é uma pesquisa empírica na qual investiga-se um assunto dentro de seu contexto real, quando sua fronteira com o fenômeno não é claramente definida, utilizando-se várias fontes de evidência.

O uso deste tipo de pesquisa justifica-se devido a forma em que o tema deste trabalho é abordado: por meio da descrição do processo construtivo de um empreendimento que possui sistema de paredes em concreto armado moldadas *in loco* localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais. A partir de dados levantados na mesma obra, é apresentada manifestações patológicas do sistema, assim como identificado, classificado e proposto medidas mitigadoras para essas enfermidades. Para isto, é utilizado as pesquisas bibliográfica e documental, baseando-se em referências teóricas, que têm como temas concreto armado, parede de concreto, sistema de formas de alumínio e as patologias encontradas nestes três assuntos supracitados.

3.5 Universo e amostra

Para realizar uma pesquisa, é necessário definir um universo e uma amostra. Gerhardt e Silveira (2009) definem tais termos como:

Amostra: Parcela significativa da população ou do universo pesquisado, geralmente aceita como representativa.

Universo: Totalidade de indivíduos (pessoas, animais, coisas, entidades, etc.) que possuem as mesmas características, definidas para um determinado problema a ser pesquisado. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.97;102).

Gil (2008), por sua vez, apresenta que universo também leva o nome de população, e define como o conjunto de elementos que possuem determinadas características. Já amostra, de acordo com o autor, é o subconjunto do universo, por meio do qual se estabelecem ou se estimam as características dessa população.

Na pesquisa social são utilizados diversos tipos de amostragem, que podem ser classificados em dois grandes grupos: amostragem probabilística e não-probabilística. Os tipos do primeiro grupo são rigorosamente científicos [...] Os do segundo grupo não apresentam fundamentação matemática ou estatística, dependendo unicamente de critérios do pesquisador. Claro que os procedimentos deste último tipo são muito mais críticos em relação à validade de seus resultados, todavia apresentam algumas vantagens, sobretudo no que se refere ao custo e ao tempo despendido (GIL, 2008, p.90-91).

Complementando, Appolinário (2011) apresenta que, dependendo do tamanho da população, a tarefa de estudá-la por completo é extremamente dispendiosa. Assim, é necessário trabalhar com técnicas de amostragem, definindo um limite de integrantes da amostra que será estudado. Para isso, é necessário o seguimento de um dos três caminhos apresentados a seguir:

- Critério do senso comum: quanto maior o tamanho da amostra, melhor;
- Critério empírico: embasado na experiência de outros estudos similares ou em recomendações consensuais de outros autores;
- Critério estatístico: utilização de fórmulas estatísticas que levam em consideração o grau de confiabilidade estimada, o grau de variabilidade da população/amostra e a precisão desejada para o estudo.

Partindo das definições apresentadas, define-se como universo deste trabalho a Construção Civil, por este ser o setor o qual é utilizado os materiais citados neste estudo. Já como amostra, este trabalho utiliza-se as construções realizadas por meio do sistema de parede de concreto moldada *in loco* em fôrmas de alumínio, apresentando o processo construtivo deste sistema e identificando, classificando e propondo medidas mitigadoras para as possíveis manifestações patológicas existente nele.

3.6 Caso em estudo

Como abordado anteriormente, para a produção deste trabalho, foi realizado um estudo de caso em uma obra que utiliza o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio. A obra estudada foi a do Residencial Plaza Norte, da construtora MRV Engenharia. O condomínio está localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, e conta com 13 blocos prediais de 20

apartamentos construídos com paredes de concreto armado moldado no local com fôrmas de alumínio.

No local, fora observado as estruturas utilizadas para a fundação, a metodologia de construção e os dados técnicos das paredes de concreto moldadas *in loco*, as tipologias de instalações prediais (hidráulicas e elétricas) utilizadas, assim como realizado uma análise das patologias encontradas, buscando as causas dessas enfermidades e quais as soluções aplicadas quando são encontradas.

3.7 Coleta e análise de dados

Toda pesquisa realiza-se a coleta e a análise de dados. Contudo, este tratamento das informações deve seguir padrões pré-estabelecidos para se construir um trabalho de qualidade e confiança.

Appolinário (2011) aborda que existem inúmeras maneiras de se obter dados para um estudo, e define o termo “instrumento de pesquisa” como procedimento, método ou dispositivo (aparelho) que tem o intuito de coletar dados de uma determinada realidade, fenômeno ou sujeito de pesquisa.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009, p.70), “a coleta de dados é a busca por informações para elucidação do fenômeno ou fato que o pesquisador deve desvendar”. Os autores abordam que o resultado desta seleção de informações deve preencher requisitos como validade, confiabilidade e precisão. Para isto, conforme Gerhardt e Silveira (2009), pode-se utilizar 7 técnicas de coleta de dados, que são:

- Pesquisa bibliográfica: fundamenta-se em fontes bibliográficas como obras escritas, impressas em editoras, comercializadas em livrarias e classificadas em bibliotecas;
- Pesquisa documental: semelhante a bibliográfica, porém realizada a partir de documentos contemporâneos ou retrospectivos, cientificamente autênticos podendo ser:
 - Primeira mão: documentos oficiais, reportagens de jornal, contratos, diários, filmes, fotografias, gravações, gravuras, pinturas a óleo, desenhos técnicos, entre outros;

- Segunda mão: relatórios de pesquisas e de empresas, tabelas estatísticas, manuais internos de procedimentos, pareceres de perito, decisões de juízes, entre outros.
- Pesquisa eletrônica: constituída de dados retirados de endereços eletrônicos, ou seja, sites, livros, folhetos, guias, artigos de revista e de jornais disponibilizados na internet. Ressalta-se que, para o uso desses documentos, é necessário observar a procedência do site buscado;
- Questionário e formulários: instrumentos constituídos por uma série ordenada de perguntas que devem ser respondidas por escrito pelo informante. Pode-se ter perguntas abertas – na qual o informante responde livremente –, fechadas – na qual se tem opções de escolha predeterminadas – ou mistas – aquelas com um ou mais itens em aberto, por exemplo, “outros”. A diferença entre os dois é a forma de aplicação: os questionários são preenchidos pelo entrevistado, enquanto os formulários são marcados indiretamente pelo entrevistador com a resposta do informante.
- Entrevista: técnica alternativa de coleta de dados não documentados na forma de diálogo assimétrico, na qual uma das partes busca obter dados e a outra se apresenta como fonte de informação. Pode ser:
 - Estruturada: na qual segue-se um roteiro previamente estabelecido, não apresentando liberdade ao entrevistador;
 - Semiestruturada: na qual se tem um conjunto de questões organizado, mas que permite o entrevistador fazer perguntas não programadas;
 - Não-estruturada/não-diretiva: o entrevistado é solicitado a falar livremente a respeito do tema pesquisado na busca de uma visão geral do assunto;
 - Orientada: entrevista na qual o entrevistador tem uma direção que ele deseja seguir devido a uma experiência dada e seus efeitos;
 - Em grupo: colóquio na qual um grupo de entrevistados respondem simultaneamente às questões de maneira informal. as respostas são organizadas posteriormente pelo pesquisador conforme achar necessário;

- Informal: conversa o pesquisador tem o intuito de aprofundar na temática que está sendo investigada, podendo fornecer direções para pesquisa, seleção de outros informantes o revisam de hipóteses inicialmente levantadas.
- Observação: técnica que faz uso dos sentidos para o recolhimento de informações. As observações podem ser:
 - Simples/assistemática: aquela na qual o pesquisador permanece abstraído da situação estudada, apenas observa como os fatos ocorrem e controla os dados obtidos;
 - Sistemática/não-participante/passiva: aquela na qual o pesquisador não se integra ao grupo observado, porém presencia o fato sem participar dele;
 - Participante: aquela na qual o pesquisador participa até certo ponto como membro da população estudada.
- Diário de campo/notas de campo: técnica na qual se usa um diário de campo, ou seja, aquela que utiliza a observação e a consequente escrita como forma de levantamento de dados. Nessas anotações, podem ser descritas informações, comentários, reflexões e outros detalhes na qual será utilizada posteriormente pelo pesquisador para elaborar um estudo/relatório.

Após a coleta, tem-se a análise de dados. Contudo, Appolinário (2011) apresenta um meio termo entre as duas fases: a tabulação das informações.

Suponha que já tenhamos desenvolvido e testado o instrumento de pesquisa – por exemplo, um questionário – e que ele já tenha sido devolvido devidamente preenchido pelos sujeitos. A questão que se coloca agora é: como transformamos esse material todo em uma única planilha que servirá de base para as análises estatísticas? (APPOLINÁRIO, 2011, p.145).

Partindo deste pressuposto, Appolinário (2011) apresenta que é necessário fazer a junção das informações conforme categorias e ou codificações, tendo como intuito facilitar a análise desses dados. O autor ressalta que se deve evitar a criação de muitas divisões, abordando, ainda, que 7 é um número de categorias suficiente para a maioria dos estudos.

Por sua vez, Gerhardt e Silveira (2009) apresenta que o estabelecimento de categorias, a codificação e a tabulação são fases da análise de dados quantitativos.

Após esta organização, parte-se para a análise das informações, na qual os autores apresentam que implica no

processamento de dados, através da geração (normalmente mediante o emprego de técnicas de cálculo matemático), da apresentação (os dados podem ser organizados em gráficos ou tabelas) e da interpretação. A descrição das variáveis é imprescindível como um passo para a adequada interpretação dos resultados de uma investigação (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.83-84).

Já a análise dos dados qualitativos se divide em duas, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009): análise de conteúdo e análise do discurso. A primeira é uma técnica de estudo na qual se tem determinadas características metodológicas: objetividade, sistematização e inferência (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). De acordo com os autores, este método inicia-se pela leitura das informações coletadas e só assim passando para análise. Já o segundo tipo “objetiva realizar uma reflexão sobre as condições de produção e apreensão do significado de textos produzidos em diferentes campos” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.87).

Portanto, considerando o apresentado, define-se como forma de coleta de dados para a produção deste trabalho as pesquisas bibliográfica e documental, bem como a observação. As primeiras, assim como já apresentado, está relacionado ao uso de referências teóricas dos temas trabalhados neste estudo: concreto armado, parede de concreto, sistema de formas de alumínio e as patologias encontradas nestes três assuntos. Já a observação se deve ao trabalho ser um estudo de caso. Na obra a ser abordada, será realizada o tipo sistemático de observação, pois será presenciado a construção de uma edificação com sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio sem, de fato, participar desta ação.

Os dados obtidos na coleta *in loco* foram agrupados em concordância com a estruturação do processo de construção do tipo de edificação a ser abordada – informação na qual foi estudada e apresentada conforme pesquisa bibliográfica e documental. Por fim, após a junção e o cruzamento das informações coletadas, é apresentado o processo construtivo do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio, as manifestações patológicas encontradas no estudo de caso e as medidas mitigadoras para estas enfermidades.

3.8 Limitações da pesquisa

Para a produção deste estudo, encontrou-se como dificuldade a obtenção das tipologias de manifestações patológicas específicas do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* em fôrmas de alumínio, deparando apenas com as patologias no concreto armado ou no sistema de fôrmas de madeira.

É válido abordar que, devido a recomendação pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de isolamento social devido à pandemia do Coronavírus (COVID-19), o grupo deparou-se com a dificuldade de encontrar local para se realizar um estudo de caso com visitas *in loco* nas obras que se utilizam do sistema abordado neste trabalho, sendo possível apenas uma visita na obra do Residencial Plaza Norte.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, ou seja, a caracterização das possíveis patologias provenientes do processo construtivo de paredes de concreto moldados *in loco* com fôrmas de alumínio, foi realizado uma visita técnica na obra do Residencial Plaza Norte, da construtora MRV Engenharia. O condomínio, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, conta 13 blocos prediais de 20 apartamentos construídos com paredes de concreto armado moldado no local com fôrmas de alumínio.

A partir do levantamento, será apresentado neste tópico as etapas do processo construtivo do sistema de paredes de concreto armado moldado no local em moldes de alumínio, as manifestações patológicas encontradas neste sistema de construção e as possíveis medidas mitigadoras e soluções para estas enfermidades.

4.1 Processo construtivo do sistema de paredes de concreto armado moldado *in loco* em fôrmas de alumínio

Assim como observado na obra objeto de estudo deste trabalho, o processo construtivo do sistema de paredes de concreto armado moldado *in loco* em fôrmas de alumínio inicia-se na fundação, após o procedimento de estudo de solo (sondagem) para saber qual o melhor tipo de estrutura utilizar. Macêdo (2018, p.36) afirma que “para fazer a escolha do tipo de fundação a ser utilizado, fatores tais quais a resistência mecânica do terreno, estabilidade, durabilidade e segurança devem ser estudados”. De acordo com o levantamento feito no local da obra, a fundação utilizada foi tubulão, sendo a perfuração realizada com trado. O elemento estrutural teve a média de 8 metros de profundidade, chegando a 19 metros em alguns locais.

Juntamente com esta fase, tem-se a realização do platô, ou seja, a terraplenagem e concretagem do local que será realizado a unidade predial, sendo esta o piso de base da construção.

Independentemente da tipologia da fundação, esta deve ser executada com nivelamento rigoroso, permitindo a correta montagem do sistema de fôrmas. É recomendado que se execute uma laje/piso na cota do terreno, para que

constitua um apoio ao sistema de fôrmas e elimine a possibilidade de se trabalhar no terreno bruto. É interessante que essa laje/piso seja construída excedendo a dimensão igual à espessura dos painéis externos das fôrmas, desta maneira a laje/piso possuirá alguns centímetros a mais que o previsto em projeto, porém as formas externas das paredes ficaram apoiadas na laje/piso com maior facilidade. Se a opção for pela fundação com laje tipo radier, recomenda-se construir a calçada externa na mesma concretagem. (ARÊAS, 2013, p.13).

Construído a laje, é realizado a demarcação na estrutura das faces internas e externas da parede, de forma a orientar o posicionamento dos painéis da fôrma (MACÊDO, 2016). Porém, antes da sua colocação, ainda é realizado a instalação dos espaçadores no chão que, de acordo com Macêdo (2016), são necessários para garantir o distanciamento entre as fôrmas. Ainda de acordo com o autor,

A marcação é feita a partir do eixo central da parede, considerando 5 cm para cada lado, totalizando a distância de 10 cm da espessura da parede, e para a colocação das formas, ainda são necessários mais 8 cm de cada lado da marcação (interno e externo) (MACÊDO, 2016, p.38).

No caso da obra em estudo, é realizado uma fiada de alvenaria, sendo esta estrutura responsável pela passagem da tubulação das instalações hidrossanitárias, visto que em uma parede de concreto não se permite este tipo de elemento.

A Figura 31 mostra esta primeira parte realizada.

Figura 31 – Platô, primeira fiada e arranque da armação.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Na fotografia apresentada na Figura 31, é possível ver a base da construção com uma calçada externa ao local onde será a unidade e a primeira fiada da estrutura do prédio. Ainda é possível visualizar a posição dos arranques da armação, segunda parte do processo construtivo. De acordo com Macêdo (2016), estas peças estruturais são colocadas com uma distância padrão definida em projeto estrutural. Nelas, são fixadas as telas de armação da parede de concreto.

A armação adotada na prática no sistema parede de concreto é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. Bordas, vãos de portas e janelas recebem reforços de telas ou barras de armadura convencional. Em edifícios mais altos, as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes. As armaduras devem atender a três requisitos básicos: resistir a esforços nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás (ARÊAS, 2013, p.15).

Na estrutura de aço ainda são instalados os espaçadores, responsáveis pelo posicionamento das telas no centro das paredes (ARÊAS, 2013). Ainda de acordo

com o autor, as telas são amarradas no encontro das paredes; já no encontro com o chão, a armação apenas é apoiada na laje.

Após a fase de armação, são realizadas o posicionamento das instalações hidráulicas e elétricas, caso estas sejam embutidas nas paredes de concreto. A ABNT NBR 16055 de 2022 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos – apresenta algumas condições para a instalação hidráulica:

- A diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não devem ultrapassar 15 °C;
- A pressão interna na tubulação deve ser menor que 0,3 MPa;
- O diâmetro das tubulações máximo deve ser de 50% da espessura da parede;
- Se utilizado tubos metálicos, estes não devem encostar nas armaduras para evitar corrosão.

Já as peças de instalações elétricas – caixas de interruptores, tomadas, de passagem, entre outros, são fixados nos painéis por meio de gabaritos, conforme cita Arêas (2013). O autor (p.17) ainda ressalta que “os eletrodutos devem ser fixados às armaduras, evitando-se que sejam deslocados durante o lançamento do concreto”, podendo ser instalados espaçadores entre a rede de dutos e os moldes.

Vale ressaltar que, conforme abordado por Macêdo (2016), as instalações hidrossanitárias são realizadas por fora da estrutura de parede de concreto, dentro de shafts, como mostra a Figura 32.

Figura 32 – *Shaft* do banheiro.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Na Figura 32 é possível ver o shaft – estrutura externa ao sistema de parede de concreto moldado – presente no banheiro das unidades habitacionais do objeto de estudo. Ainda é possível observar que, no caso desta obra, são utilizados para as instalações hidráulicas tubos do tipo PEX, ou seja, tubulações flexíveis com conexões metálicas.

Sequente a fase de instalações, tem-se a montagem das fôrmas, na qual é possível verificar nas Figuras 33 e 34.

Figura 33 – Montagem das fôrmas.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 34 – Montagem das fôrmas.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

A montagem das fôrmas, exemplificado nas Figuras 33 e 34, é realizada, conforme Macêdo (2016), das bordas para as partes internas. Na obra objeto de estudo, esta fase é realizada por 18 funcionários. A montagem das fôrmas de duas unidades habitacionais (1 bloco) decorre por 1 dia, enquanto a do hall entre dois blocos é realizada em dois dias.

Macêdo (2016) ainda destaca a importância da identificação das fôrmas e sua indicação no projeto, para que se evite erros na montagem e, respectivamente, problemas na construção. Nesta fase, também são colocadas as peças que integram o sistema de fôrmas, exemplificados nas Figuras 35 a 38.

Figura 35 – Escoras da laje.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 36 – Molde da janela.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 37 – Espera da instalação elétrica.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 38 – Alinhadores horizontais e aprumadores.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Nas fotografias apresentadas é possível observar algumas das peças utilizadas durante a construção das paredes de concreto. Na Figura 35, é possível ver as escoras da laje, assim como a locação das caixas de passagem elétrica citados anteriormente. Na Figura 36 tem-se o molde da janela presente no hall do empreendimento. Já a Figura 37 apresenta duas esperas do sistema de instalações elétricas. Por fim, na Figura 38 é possível ver alinhadores horizontais e aprumadores, assim como as fôrmas de alumínio ainda não desenformados.

Após a montagem das fôrmas, tem-se a concretagem e adensamento. O concreto, conforme descrito por Sarmiento (2019), deve estar dentro das normas aplicáveis, assim como o projeto. No caso da obra em estudo, foi utilizado concreto autoadensável com cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) com resistência de 20 Mega Pascal (MPa) e *flow* de 70 centímetros.

Em seguida, inicia-se a desforma. Na obra estudada, o tempo de cura do concreto antes da fase de desforma é de 12 horas, exceto aos finais de semana, que é de 60 horas. De acordo com Cambraia (2017), neste tempo, o concreto autoadensável adquire resistência de 3 MPa, o suficiente para ser desformado. É

importante enfatizar que, após a desforma, os moldes utilizados são lavados pelo desmontador para haver uma melhor aderência na próxima concretagem.

Por fim, após a cura completa do concreto – em torno de 7 dias para o concreto autoadensável com CP V-ARI – tem-se a colocação das esquadrias – portas e janelas – e sequente acabamento das construções. Durante esta última etapa, é realizado também o controle de qualidade, identificação de eventuais defeitos de execução e consequente correção. Na Figura 39, por fim, é possível visualizar as últimas etapas pós-concretagem do processo construtivo.

Figura 39 – Fases pós-concretagem.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Na Figura 39, é possível verificar, da esquerda para a direita, o momento pós-concretagem do último pavimento – a cobertura –, ainda sem a sua desforma; as esquadrias colocadas; e, a direita, um bloco com todo o acabamento realizado. Sarmiento (2019, p.48) destaca ainda que, com o uso do método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio, “ocorre a eliminação de etapas necessárias de acabamento de paredes de alvenaria como reboco e chapisco, logo, a parede de concreto apresenta-se mais espessa e a obra bem mais limpa”.

Em síntese, na Figura 40, é apresentado um fluxograma com o processo construtivo de paredes de concreto armado moldado *in loco* em fôrmas de alumínio.

Figura 40 – Fluxograma do processo construtivo de paredes de concreto armado moldado *in loco* em fôrmas de alumínio.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

A partir do fluxograma apresentado na Figura 40, ainda é possível dividir o processo construtivo em três etapas: pré-construção – sondagem até execução do platô; montagem das fôrmas e concretagem – marcação do piso até concretagem da laje – e pós-concretagem – cura do concreto até acabamento. É importante destacar que foi adicionado ao fluxograma as etapas de execução da laje, semelhante as das paredes.

Após a desforma, pode-se observar algumas irregularidades na construção. Estas, são chamadas patologias, e serão abordadas no próximo tópico.

4.2 Manifestações patológicas do sistema de paredes de concreto armado moldado *in loco* em fôrmas de alumínio no Residencial Plaza Norte

Todo sistema construtivo está submetido as patologias, ou seja, as enfermidades que podem ser causadas por erros de projeto estrutural, emprego de materiais inadequados, de execução ou por agressividades do meio ambiente. Aprofundando mais, as patologias podem ser físicas – como as causadas por altas temperaturas ou diferentes coeficientes de dilatação térmica dos componentes –, químicas – reações entre álcalis (óxido de sódio ou de potássio) e dióxido de silício (sílica) ou carbonato, sendo comum entre cloretos, sulfatos e dióxido de carbono, líquidos e gases – e mecânica – causados por impactos, abrasão, erosão ou cavitação.

A partir da visita realizada na obra de construção do Residencial Plaza Norte, foi possível verificar que são poucas as tipologias de patologias encontradas em paredes de concreto. A principal delas é a disgregação do concreto, conforme pode ser visto nas Figuras 41 a 50.

Figura 41 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 42 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 43 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 44 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 45 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 46 – Disgregação no concreto.



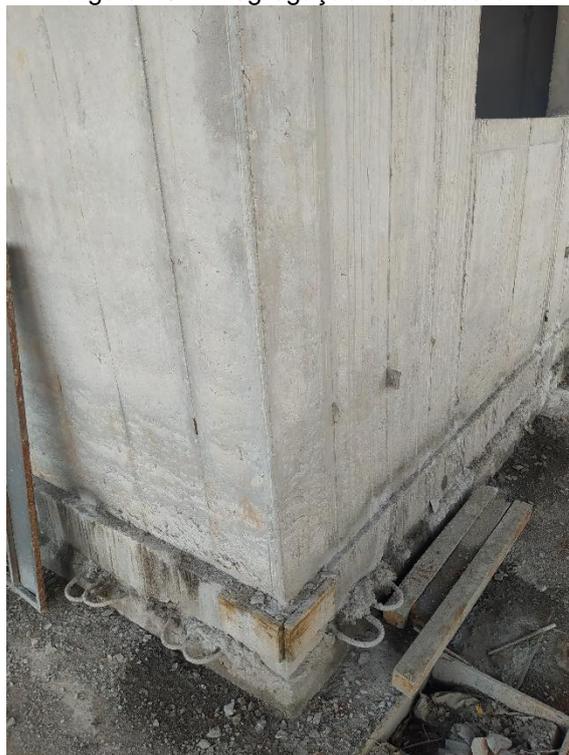
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 47 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 48 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 49 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 50 – Disgregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

A partir das 10 fotografias apresentadas anteriormente, é possível verificar as disgregações encontradas na obra do Residencial Norte Plaza. De acordo com Piancastelli (1999, p.11), este tipo de patologia, também chamada de deslocamento ou esfoliação, caracteriza-se “pela ruptura e destacamento do concreto superficial, principalmente das partes salientes”. Ainda de acordo com o autor, a disgregação pode ser provocada por:

- Expansões do agregado, resultantes da reação álcali-agregado;
- Expansões devido a corrosão das armaduras;

- Deformações causadas por cargas excessivas - normalmente pontuais;
- Congelamento de águas retidas;
- Impactos;
- Cavitação.

Ainda pode ser visualizado nas Figuras 41 a 50, que a disgregação pode acontecer em qualquer parte da construção, tanto na laje (Figuras 41 a 46), quanto nas paredes, podendo estas serem próximos ao topo (Figuras 44 a 46), a base (Figura 48), nas arestas (Figura 47) ou superfícies (Figuras 49 e 50).

Outra patologia encontrada no Residencial Norte Plaza, são as bicheiras, como pode ser visto nas Figuras a seguir.

Figura 51 – Segregação no concreto.



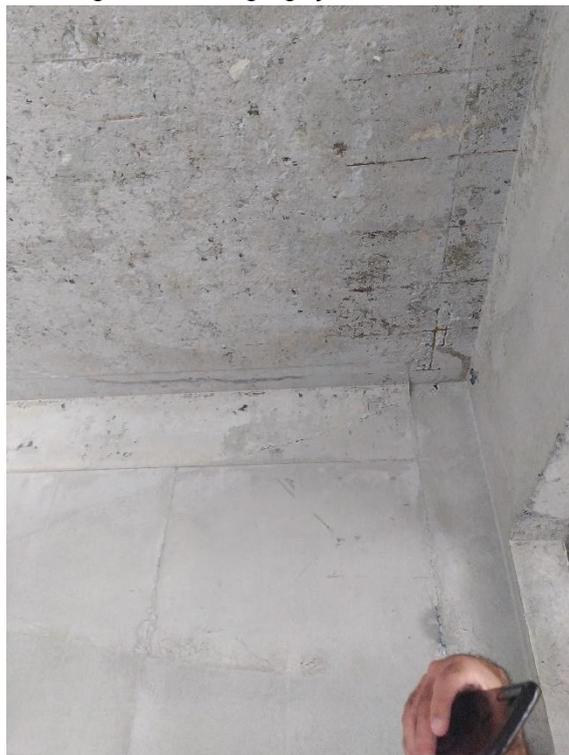
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 52 – Segregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 53 – Segregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 54 – Segregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 55 – Segregação no concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Nas Figuras 51 a 55 são mostrados os nichos de concretagem encontrados durante a visita no Residencial Plaza Norte. Estas patologias, também chamadas de

vazios de concretagem, segregação, bicheira ou, popularmente, brocas, de acordo com Piancastelli (1999), são resultados da separação entre argamassa e brita, podendo ser causadas por:

- Lançamento de concreto em grandes alturas;
- Concentração de armaduras que impedem a passagem de brita;
- Vazamento de concreto pela forma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado dos vibradores: vibração excessiva ou vibradores de baixa frequência que provocam ressonância, isolando as pedras grandes da argamassa.

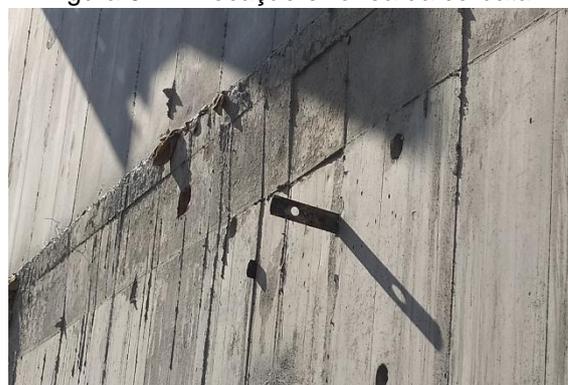
Além destas enfermidades apresentadas, outras anormalidades podem ser encontradas em uma obra com paredes de concreto. Dentre elas, pode-se citar a alocação errônea das peças que compõem o sistema de fôrmas, as possíveis diferenças entre concretos em juntas de concretagem e irregularidades no encontro laje-parede. A primeira citada pode ser visualizada nas Figuras 56 e 57.

Figura 56 – Alocação errônea da corbata.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 57 – Alocação errônea da corbata.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Nas Figuras 56 e 57 é possível verificar dois exemplos de alocação errada das peças que compõem o sistema de fôrmas metálicas. No caso exibido, as corbatas – peças que fazem a separação e fixação dos moldes – foram colocadas fora do eixo quando montadas as fôrmas de alumínio. Esta situação não é considerada uma patologia, por se tratar de erro na execução, porém podem acarretar enfermidades.

Outra situação encontrada em obras com parede de concreto, são as juntas de concreto. Estas juntas podem ser encontradas em duas situações:

- Quando é necessário pausar a concretagem devido ao fim do turno dos funcionários ou término de concreto na betoneira – no caso, ocorre a troca de betoneiras (exemplificadas nas Figuras 58 e 59);
- No encontro laje-parede (exemplificada nas Figuras 60 e 61).

Figura 58 – Juntas de concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 59 – Juntas de concreto.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 60 – Patologia no encontro laje-parede.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 61 – Patologia no encontro laje-parede.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

O caso das juntas de concretagem, apresentado nas Figuras 58 a 61, não é considerado uma patologia, porém pode acarretar enfermidades, assim como apresenta Piancastelli (1999). De acordo com o autor, pode ocorrer perda de aderência entre os concretos, caracterizando no surgimento de fissuras nas juntas de concretagem e disgregações (como pode ser visto na Figura 60). Conforme Piancastelli (1999) ainda explica o motivo desta perda de aderência:

É normalmente provocada pela falta de tratamento do concreto endurecido antes do lançamento do novo concreto, associada a fenômenos de retração. Pode ocorrer, também, quando a diferença de idade entre os dois concretos é muito grande, como nos casos de reforços, da mesma forma, por falta de tratamento adequado ou, ainda, não adoção de medidas específicas relativas a reforços (PIANCASTELLI, 1999, p.14).

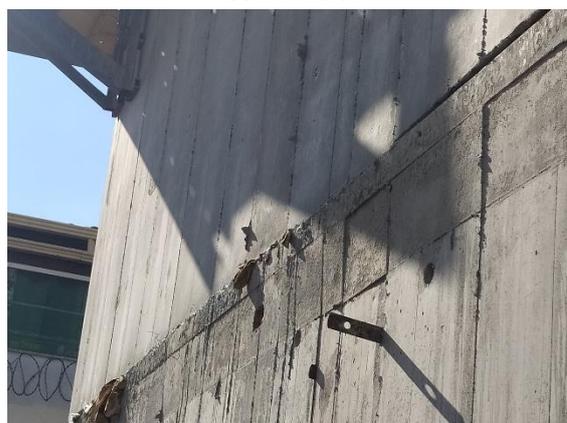
Outra situação possível é o deslocamento das duas estruturas, como mostrado nas Figuras 62 a 64.

Figura 62 – Desencontro de elementos estruturais.



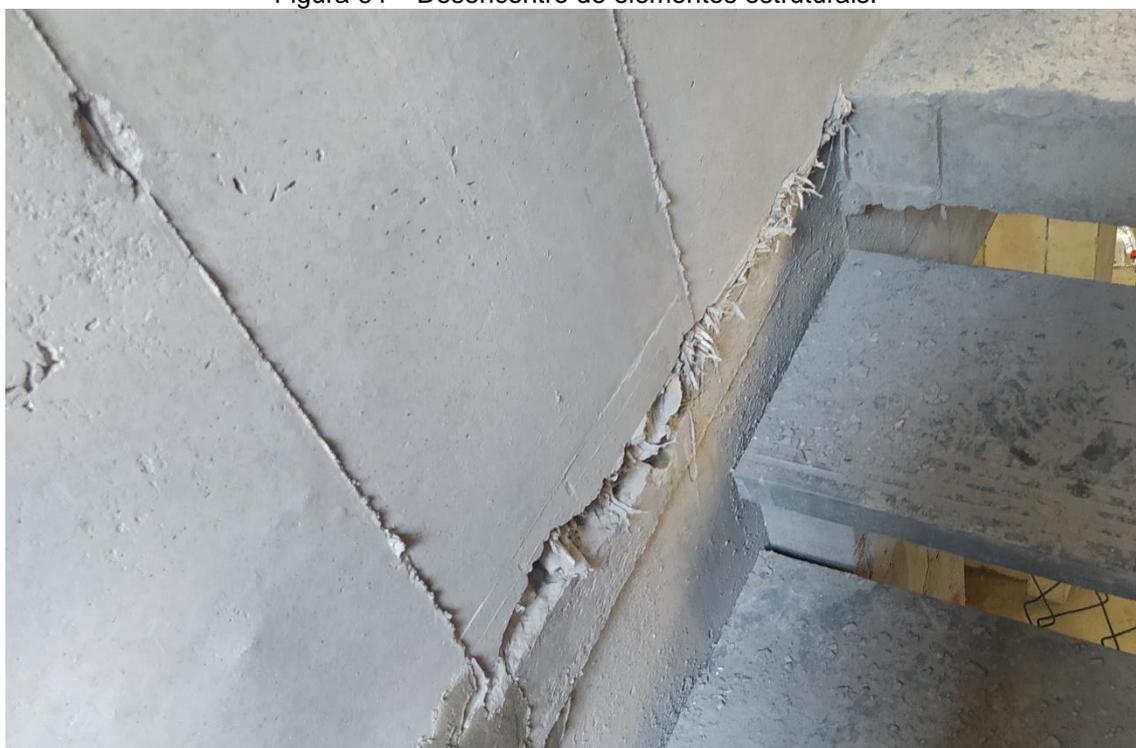
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 63 – Desencontro de elementos estruturais.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 64 – Desencontro de elementos estruturais.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Como é possível ver nas Figuras 62 e 63, no encontro laje-parede é possível de acontecer o desencontro dos elementos estruturas. Conforme observado em visita técnica, tal situação provém do posicionamento errado das fôrmas ou, também, da diferença entre as dimensões destes moldes. Esta diferença entre tamanhos, também acarreta vãos, como pode ser vista na Figura 64.

Outra situação encontrada na obra do Residencial Plaza Norte foi a falta de concreto nas paredes divisórias entre sala e cozinha, como possível visualizar nas Figuras 65 e 66.

Figura 65 – Falta de concreto na parede divisória entre sala e cozinha.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 66 – Falta de concreto na parede divisória entre sala e cozinha.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Conforme levantado em visita, a situação mostrada na Figura 65 ocorre devido à dificuldade de chegada do concreto ao local, já que este é lançado conforme fluxo demonstrado na Figura 66 por meio da seta em vermelho.

Ainda no sistema de construção de paredes moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio são possíveis encontrar saliências nas arestas dos elementos construtivos, como exemplificado na Figura 67.

Figura 67 – Saliência na aresta da parede.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Estas saliências, que podem ser vistas na Figura 67, são chamadas popularmente de rebarbas e são consideradas comuns em todo sistema construtivo que possui concreto. Estas rebarbas são causadas devido ao pequeno espaçamento entre as peças que compõem o sistema de fôrmas.

Por fim, a partir do apresentado – com dados levantados na obra do Residencial Plaza Norte em Belo Horizonte –, foi possível verificar que no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local com fôrmas de alumínio encontra-se diversos tipos de manifestações patológicas, destacando a disgregação e a segregação do concreto. Além disso, também é possível encontrar diversas situações que podem acarretar patologias, como o posicionamento incorreto das peças do sistema de

fôrmas e a falta de dosagem e lançamento correto do concreto. Para evitar ou corrigir as situações apresentadas, são necessárias medidas mitigadoras, que serão apresentadas no tópico a seguir.

4.3 Medidas mitigadoras para as manifestações patológicas do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*

Existem diversos procedimentos para se mitigar ou solucionar manifestações patológicas na construção. No que tange ao sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio, majoritariamente estas ações estão relacionadas ao lançamento cuidadoso do concreto nos moldes preparados. Contudo, outras medidas podem ser tomadas para a minimização das patologias neste sistema.

A primeira medida mitigadora é a contratação de mão-de-obra qualificada para o projeto e execução de todo o processo do sistema construtivo. Assim como os outros tipos de construções – alvenaria, madeira, metálica, entre outros – as paredes de concreto moldadas no local necessitam de qualificação profissional para a sua execução, principalmente por ser um processo detalhado contendo muitas peças que garantem sua eficiência. Desta forma, é importante a realização de treinamento com a equipe que realizará o projeto, tendo o intuito de aprimorar o controle de qualidade da construção.

Incluso nesta lista, tem-se o planejamento de obras. Todas as tipologias de construções, seja ela de pequeno ou grande porte, é necessária uma planificação da execução do projeto, o que previne riscos, reparos e possíveis problemas durante e após a execução.

Sendo uma das principais formas de precaução das patologias, tem-se o controle de qualidade da execução, ou seja, o rigor no controle da construção. Desde o início das obras do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio, deve-se observar se a sua execução está seguindo os parâmetros apresentados nos projetos, seja ele elétrico, hidrossanitário, arquitetônico e, principalmente, estrutural. Dentre estes detalhes a ser observado, pode-se destacar: a preparação do local que será realizado a construção; a umidade da base da parede de concreto; o posicionamento correto das tubulações e conexões prediais (elétrico,

hidráulico, sanitário, entre outros); a escolha dos materiais necessários para a execução dos serviços; a montagem e posicionamento das fôrmas de alumínio, assim como suas peças secundárias, e a desforma destes moldes após a concretagem.

Ainda como parte da execução, tem-se o controle de qualidade do concreto, principal medida mitigadora contra manifestações patológicas. Se tratando deste material, deve-se realizar ensaios no canteiro de obras para garantir a sua autoadensibilidade conforme especificado em projeto, assim como afirma a norma da ABNT NBR 16055 de 2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos:

Para obter uma superfície durável e uniforme de concreto, processos adequados devem ser cuidadosamente seguidos. Inicialmente, a escolha do traço e, conseqüentemente, da consistência do concreto deve atender aos requisitos de projeto da estrutura da parede de concreto e às condições de trabalhabilidade necessárias. Os processos de lançamento e adensamento devem ser realizados de forma a obter um material homogêneo e compacto, ou seja, sem apresentar vazios na massa de concreto, com o mínimo manuseio possível, para se obterem os resultados desejados no acabamento das peças concretadas (ABNT, 2012, p.34).

Também se deve observar se o lançamento do concreto está sendo realizado de forma correta, dando ênfase na vibração do material, já que, se excessivo, “pode provocar a segregação do material e a migração de finos e água para a superfície (exsudação), de forma a não prejudicar a qualidade e o desempenho do acabamento” (ABNT, 2012, p.34).

Outro ponto importante, é o tempo de cura do concreto, etapa que se inicia logo após a desforma.

A cura do concreto deve sempre ser executada, e seu início deve ocorrer logo após a desforma das paredes e, no caso de lajes, logo após o acabamento do concreto, evitando-se assim a sua secagem prematura e possibilitando que este desenvolva a resistência e a durabilidade adequadas. Quanto mais cedo for feita a cura, menor a possibilidade de surgirem fissuras superficiais devido à grande área exposta (ABNT, 2012, p.35).

Como as patologias no sistema construtivo de paredes de concreto moldados no local se trata majoritariamente de imperfeições, irregularidades e fissuras, a solução é a aplicação de argamassa (pasta de cimento, água e areia) nestes locais. Dependendo da gravidade, é necessário a aplicação de graute (argamassa com aditivos especiais). De acordo com Cambria (2017), estes processos são majoritariamente realizados logo após a desforma.

É importante enfatizar que, para uma solução mais assertiva das manifestações patológicas encontradas no sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio, é necessário a análise do projeto estrutural da construção por um engenheiro especializado, assim como mão-de-obra qualificada.

5 CONCLUSÃO

Como apresentado neste trabalho, as paredes de concreto armado moldado *in loco* com fôrmas de alumínio possuem muitas possibilidades de patologias, assim como qualquer outro método construtivo, mesmo sendo um processo industrializado. Entretanto, neste tipo de construção, poucas são encontradas, principalmente quando seguido as orientações de execução das paredes.

Isto foi provado por meio da visita realizada no campo de obras do Residencial Plaza Norte, situado em Belo Horizonte, Minas Gerais, assim como apresentado neste estudo. No local foi encontrado apenas dois tipos de patologias: disgregação e segregação. Outras situações foram encontradas no local também, como o posicionamento incorreto das peças que compõem o sistema de fôrmas de alumínio e pequenas incompatibilidades entre laje e parede, dois problemas considerados comuns na construção e que não causam problemas.

Dentre as principais medidas mitigadoras, tem-se a especialização da mão-de-obra e controle de qualidade da execução da obra, principalmente no que se trata da concretagem. Como solução, tem-se a aplicação de argamassa ou graute, principal metodologia para correção das irregularidades apresentadas no sistema construtivo de paredes de concreto moldado no local.

Por fim, a partir deste trabalho, foi possível verificar quais são as poucas patologias provenientes do processo construtivo de paredes de concreto moldados *in loco* com fôrmas de alumínio. Ainda, foi possível analisar sua eficiência quando se trata destas enfermidades, já que o seu tratamento é simples e rápido e não há muito retrabalho. Sugere-se, portanto, o estudo dos outros sistemas construtivos, comparando, também, o custo financeiro destas tipologias.

REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. 2. Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2011.

ARÊAS, Daniel Moraes. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Cimento**: diferentes tipos e aplicações. 2018. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 16 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto** – Coletânea de ativos 2009/2010. São Paulo, 2009. 89 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12655. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14931. **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16055. **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Resultados de pesquisa**: Concreto. 2022. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2022.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2019.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**: Novos Materiais para Construção Civil. V.1. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BOLINA, Fabrício Longhi. TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CAMBRAIA, Matheus Neves. **Processo construtivo de paredes moldadas in loco em fôrmas de alumínio**. Monografia – Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

CARMO, Eduardo João Zanotto do. **Fôrmas e Escoramentos**. Monografia – Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco. Itaboraí, 2007.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruas Carlos A. O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas, v.1, v.17, p.49-58**. Sergipe, 2013.

FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados**: parede de concreto, steel frame e wood frame. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

FURLANETTO, Pedro. **O que é e para que serve o slump test**. 2020. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/slump-teste/>. Acesso em: 12 out. 2021.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

GÓES, Bruno Pereira. **Paredes de concreto moldadas “in loco”, estudo do sistema adotado em habitações populares**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

HANNA, Awad S. Concrete formwork systems. **Civil and environmental engineering series**, v.2. Madison, 1998.

LIMA, Caio Ivson Vasconcelos; COUTINHO, Carlos Otávio Dantas; AZEVEDO, Gabriel Gama Carnaúba; BARROS, Tarsys Yuri Gomes; TAUBER, Thiago Campos; LIMA, Sandovânio Ferreira de. **Concreto e suas inovações**. Ciências exatas e tecnológicas, v.1, n.1, p.31-40. Maceió, 2014.

MACÊDO, Julianne Simões de. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

MESOMO, Marcos Feronatto. **Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldadas *in loco* com formas metálicas**: análise das falhas observadas na etapa de execução. Monografia – Curso de Engenharia Civil no Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

MICHAELIS. **Patologia**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/patologia/>. Acesso em: 17 out. 2021.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Como Construir Paredes de Concreto, **Revista Técnica**, v.147. 2009.

NASCIMENTO, Clever Roberto. **Lançamento estrutural e pré-dimensionamento**. Divinópolis: FUNEDI, 2014.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma**: Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, 2011.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: PINI, 1997, p. 220.

OLIVEIRA, Victor Rafael Melo de. **Avaliação de patologias após execução do sistema construtivo de paredes em concreto em edifícios destinados às habitações populares na cidade de Uberlândia**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologia e terapia das estruturas: Sintomas e causas das enfermidades**. Belo Horizonte, 1999.

REVISTA ADNORMAS. **O ensaio à compressão em concreto**. 2019. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2019/03/05/o-ensaio-a-compressao-em-concreto>. Acesso em: 12 out. 2021.

RODRIGUES, Robson Campos. **Análise comparativa da viabilidade econômica entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrma de alumínio: Estudo de caso**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 2019.

SARMENTO, Vitor Trovão. **Construção enxuta - A utilização do método construtivo de paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrmas de alumínio em unidades habitacionais**. Monografia – Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2019.

SOUSA, Ateilson Fernando de; BADARÓ, Wendell Alves. **Estudo das manifestações patológicas causadas por falhas operacionais em parede de concreto moldada *in loco***. Monografia – Curso de Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Aparecida de Goiânia, 2019.

TAKATA, Leandro Teixeira. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso**. Dissertação (Pós-graduação em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

WENDLER, Arnaldo; MONGE, Rubens. Paredes de concreto – como ter uma obra sem manifestações patológicas. **Concreto & Construções**, 90 ed, p. 38-41.

IBRACON, 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.