



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DOUGLAS DA SILVA WOLFART

UM COMPARATIVO LITERATURA/PRÁTICA DA EXECUÇÃO DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM
OBRAS NA CIDADE DE BARREIRAS-BA

BARREIRAS-BA
DEZEMBRO-2022

DOUGLAS DA SILVA WOLFART

**UM COMPARATIVO LITERATURA/PRÁTICA DA EXECUÇÃO DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM
OBRAS NA CIDADE DE BARREIRAS-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
do Oeste da Bahia como requisito à obtenção do grau
de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Esp. Felipe Ferreira Sousa Junior

**BARREIRAS-BA
DEZEMBRO-2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

S586 Wolfart, Douglas da Silva.

Um comparativo literatura/prática da execução de estruturas de concreto armado: estudo de caso em obras na cidade de Barreiras-Ba. / Douglas da Silva Wolfart. – 2022.

93f.: il.

Orientador: Prof. Esp. Felipe Ferreira Sousa Junior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2022.

1. Concreto armado. 2. Construção civil. 3. Normas técnicas. I. Sousa Junior, Felipe Ferreira. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 693.54

Biblioteca Universitária de Barreiras - UFOB

DOUGLAS DA SILVA WOLFART

**UM COMPARATIVO LITERATURA/PRÁTICA DA EXECUÇÃO DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM
OBRAS NA CIDADE DE BARREIRAS-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em 08 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora

Orientador: _____

Esp. Felipe Ferreira Sousa Junior
Universidade Federal do Oeste da Bahia



M.Sc Cláudio Alex de Oliveira Pires
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Dr. Dennis Coelho Cruz
Universidade Federal do Oeste da Bahia

*Dedico este estudo à minha família e companheira,
João Wolfart, Maria Clainir Wolfart, Bruno da Silva Wolfart e Arianny Souza Corado*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pela minha vida, por me ajudar nos momentos mais difíceis, me trazendo discernimento, calma, sabedoria e força para superar todos os obstáculos encontrados, me proporcionando atingir o objetivo da graduação.

Aos meus pais, João Wolfart e Maria Clainir Wolfart que sempre me deram amor, sempre me incentivaram, investiram nos meus estudos e me proporcionam uma vida estável e calma.

Ao meu irmão, Bruno da Silva Wolfart, por sempre estar ao meu lado, com muita parceria, assistência e carinho comigo.

À minha namorada, Arianny Corado, pelo amor, carinho, companheirismo, lealdade, parceria de todos os momentos e sempre me dar forças nos momentos mais difíceis do caminho.

Ao meu primeiro chefe, Engenheiro Douglas Manoel Pereira de Freitas, por me dar minha primeira oportunidade de estágio, pelos ensinamentos diários e pela ajuda que me deu por toda trajetória.

Ao meu segundo chefe, Engenheiro Maurício Pereira Cavalcante Sampaio, por me proporcionar a vaga de estágio que me encontro até hoje, pelos ensinamentos diários e toda ajuda dada durante toda trajetória.

A todos os meus amigos e colegas de curso pelo companheirismo e parceria de sempre, principalmente ao João Paulo Galvão de Almeida, Jean Lucas Montalvão Ramos e Hieder Patrick Moço, onde foram compartilhados a maioria dos trabalhos de grupo no curso e muito aprendizado foi obtido.

Ao meu orientador, Especialista Felipe Ferreira Sousa Junior, por aceitar o desafio de ser meu orientador para este trabalho e estar sempre solícito quando procurado, me ajudando na realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelo tempo, experiência e atenção dados à leitura deste trabalho e por terem aceitado participar da banca examinadora.

A todos os docentes, técnicos e colaboradores da Universidade Federal do Oeste da Bahia que proporcionaram todas as etapas durante a graduação e me trouxeram bastante aprendizado no decorrer da jornada.

Ao Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias (CCET) da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), por ter proporcionado condições de desenvolver este trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos e meu muito obrigado por tudo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de execução do piso.....	31
Figura 2 - Fluxograma de execução de fundação (sapata/bloco).	32
Figura 3 - Fluxograma de execução de pilares.	33
Figura 4 - Fluxograma de execução de vigas baldrame.	34
Figura 5 - Fluxograma de execução de vigas de cobertura.	35
Figura 6 - Fluxograma de execução de laje pré-moldada.....	36
Figura 7 - Serviço preliminar para piso de concreto armado	42
Figura 8 - Bloquetes utilizados como fôrma lateral para piso.....	42
Figura 9 - Camada separadora de lona plástica	43
Figura 10 - Espaçadores artesanais feitas a partir de argamassa	44
Figura 11 - Colaborador molhando o piso previamente à concretagem.....	44
Figura 12 - Caminhão betoneira utilizado para concretagem do piso	45
Figura 13 - Colaborador da concreteira realizando o ensaio de abatimento do concreto....	45
Figura 14 - Colaborador da concreteira retirando os CP's para verificação da resistência. 46	
Figura 15 - Lançamento do concreto a partir de carrinhos de mão	47
Figura 16 - Colaborador espalhando o concreto com "rodo"	48
Figura 17 - Colaborador utilizando mangueira para realização da cura do concreto	49
Figura 18 - Colaborador realizando corte.....	49
Figura 19 - Junta de dilatação após corte	49
Figura 20 - Colaborador realizando escavação para fundação	51
Figura 21 - Colaborador assentando o lastro de concreto magro	51
Figura 22 - Armadura posicionada para fundação.....	52
Figura 23 - Espaçamento utilizado entre lastro de concreto e armadura.....	52
Figura 24 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado em carrinho de mão	53
Figura 25 - Armadura de pilar posicionada	57
Figura 26 - Colaborador montando a fôrma parcial do pilar.....	57
Figura 27 - Pilar travado com estacas de madeira externas.....	58
Figura 28 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado em carrinho de mão	58
Figura 29 - Lançamento de concreto com balde.....	60
Figura 30 - Colaborador utilizando o martelo para "adensar" o concreto	61
Figura 31 - Colaborador utilizando a mangueira para cura do concreto	62
Figura 32 - Pilar após retirada da sua fôrma.....	63

Figura 33 - Fundo de viga baldrame com alvenaria	64
Figura 34 - Posicionamento de armadura da viga baldrame	65
Figura 35 - Colaborador executando a fôrma da viga baldrame	65
Figura 36 - Colaborador colocando a fôrma lateral da baldrame	65
Figura 37 – Fôrmas de viga baldrame travadas lateralmente	66
Figura 38 - Colaborador molhando as fôrmas internamente antes da concretagem.....	66
Figura 39 - Concreto confeccionado em betoneira.....	67
Figura 40 - Concreto lançado com auxílio de pá e colher de pedreiro	69
Figura 41 - Utilização do martelo na tentativa de adensamento do concreto.....	69
Figura 42 - Pontos de segregação e vazios observados após retirada da fôrma	71
Figura 43 - Aplicação de impermeabilizante asfáltico	72
Figura 44 - Armadura da viga posicionada de acordo projeto estrutural	73
Figura 45 - Posicionamento das fôrmas laterais da viga	73
Figura 46 - Face de baixo de fôrma de viga e seu escoramento	74
Figura 47 - Fôrmas de viga travadas lateralmente.....	74
Figura 48 - Colaborador molhando a fôrma internamente antes da concretagem.....	75
Figura 49 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado por carrinho de mão.....	75
Figura 50 - Concreto lançado com auxílio de balde.....	77
Figura 51 - Colaborador utilizando estaca de madeira para adensar concreto	78
Figura 52 - Colaborador utilizando mangueira para cura do concreto	79
Figura 53 - Vigotas e EPS colocados de acordo projeto estrutural	81
Figura 54 - Escoramento de laje com andaime tubo roll.....	81
Figura 55 - Detalhe do escoramento com andaime tubo roll (respeitando o espaçamento)	82
Figura 56 - Telas de aço instaladas de acordo projeto estrutural.....	82
Figura 57 - Colaboradores transitando na laje em cima de tábuas de madeira	83
Figura 58 - Colaborador molhando a laje anteriormente à concretagem	84
Figura 59 - Transporte do concreto a partir do caminhão betoneira e caminhão bomba	84
Figura 60 - Mangote na inclinação correta para lançamento de concreto.....	85
Figura 61 - Concreto lançado em laje.....	86
Figura 62 – Espalhamento e adensamento do concreto com auxílio de "rodo"	86
Figura 63 - Colaborador utilizando mangueira para a cura do concreto	87
Figura 64 - Parte da laje com presença de cobertura e a outra impermeabilizada	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução do piso.....	50
Tabela 2 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução da fundação.	56
Tabela 3 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução dos pilares.	64
Tabela 4 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução das vigas baldrame.	72
Tabela 5 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução das vigas de cobertura.	80
Tabela 6 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução da laje.	88

LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CA – Concreto Armado

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CP – Corpos de Prova

EPS – Poliestireno Expandido

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO – Organização Internacional de Normalização

NBR – Normas Brasileiras

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

SPT – Sondagem a percussão

RESUMO

A construção civil é um ramo de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social de uma sociedade. Para a execução das etapas de uma obra, é importante dispor de um padrão adequado de qualidade, assegurando um desempenho satisfatório para a edificação. As Normas Técnicas detêm a orientação da execução correta para as estruturas de concreto armado, onde este trabalho visa observar e relatar se as execuções encontradas em obras da construtora “x” na cidade de Barreiras-BA estão em conformidade com a Normativa. O trabalho a seguir representa um levantamento de informações, com fotos próprias, contendo a sistematização das diferenças entre o que é encontrado e o que é preconizado em norma, analisando se essas divergências podem ocasionar em futuras patologias e entendendo qual melhor forma de resolver o problema durante a execução da etapa a fim de garantir com que a edificação atenda aos requisitos básicos para o seu pleno funcionamento. Após realizado o levantamento das informações, foi constatado que os principais problemas enfrentados na Execução de Estruturas de Concreto Armado por parte da Construtora “X” são: o adensamento inadequado do concreto, a falta de controle tecnológico para o concreto feito in loco, a cura inadequada do concreto e o tempo mínimo de retirada das fôrmas não respeitado.

Palavras-chave: Construção civil; Normas Técnicas; Concreto Armado; Patologia; Qualidade.

ABSTRACT

Civil construction is a branch of fundamental importance for the economic and social development of a society. For the execution of the stages of a work, it is important to have an adequate standard of quality, ensuring a satisfactory performance for the building. The Technical Norms hold the orientation of the correct execution for the structures of reinforced concrete, where this work aims to observe and report if the executions found in works of the construction company “x” in the city of Barreiras-BA are in conformity with the Normative. The following work represents a survey of information, with its own photos, containing the systematization of the differences between what is found and what is recommended in the norm, analyzing whether these divergences can lead to future pathologies and understanding the best way to solve the problem during the execution of the stage in order to guarantee that the building meets the basic requirements for its full operation. After carrying out the survey of information, it was verified that the main problems faced in the Execution of Reinforced Concrete Structures by Construction Company “X” are: the inadequate consolidation of the concrete, the lack of technological control for the concrete made in loco, the curing inadequate concrete mix and the minimum time taken to remove the formwork is not respected.

Keywords: Civil construction; Technical Standards; Reinforced Concret; Pathology; Quality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE ...	17
3.2 QUALIDADE NAS CONSTRUÇÕES DO MUNDO ANTIGO.....	17
3.3 QUALIDADE NAS CONSTRUÇÕES ATUAIS E FATORES INTERFERENTES NO PROCESSO... 18	18
3.4 NORMAS BRASILEIRAS (NBR)	20
3.5 IMPORTÂNCIA DAS NBRs PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
3.6 NORMAS PARA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	21
3.7 INFRAESTRUTURA	22
3.7.1 ESTUDO DO SOLO	22
3.7.2 FUNDAÇÃO.....	22
3.7.1.1 SAPATA ISOLADA E BLOCOS ARMADOS.....	23
3.8 SUPERESTRUTURA.....	23
3.8.1 PILAR	24
3.8.2 VIGA	24
3.8.3 LAJE.....	24
3.9.1 FÔRMAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	24
3.9.1.1 ESCORAMENTO PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	26
3.10 ARMADURA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	26
3.10.1 MONTAGEM E POSICIONAMENTO DA ARMADURA	26
3.11 CONCRETO ARMADO	27
3.11.1 MISTURA DO CONCRETO	27
3.11.2 RECEBIMENTO E CONTROLE DO CONCRETO	28
3.11.3 APLICAÇÃO DO CONCRETO.....	28
3.11.4 ADENSAMENTO DO CONCRETO.....	29
3.11.5 CURA DO CONCRETO	30
3.12 EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	31

3.12.1 EXECUÇÃO DE PISO SEGUNDO NORMATIVA/LITERATURA	31
3.12.2 EXECUÇÃO DE FUNDAÇÃO (SAPATA/BLOCO ARMADO) SEGUNDO NORMATIVA/LITERATURA	32
3.12.3 EXECUÇÃO DE PILARES SEGUNDO NORMATIVA	33
3.12.4 EXECUÇÃO DE VIGAS BALDRAMES SEGUNDO NORMATIVA	34
3.12.5 EXECUÇÃO DE VIGAS DE COBERTURA SEGUNDO NORMATIVA	35
3.12.6 EXECUÇÃO DE LAJE PRÉ-MOLDADA SEGUNDO NORMATIVA.....	36
3.13 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES	37
3.13.1 PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO	37
3.13.1.1 ERROS DE EXECUÇÃO QUE PODEM GERAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	38
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 LOCAL DE ESTUDO	40
4.1.1 CONSTRUTORA “X”	40
4.2 TIPO DE ESTUDO	40
4.3 ITENS DE ESTUDO	40
4.4 COLETA DE DADOS	41
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1 EXECUÇÃO DE PISO RELATADA IN LOCO	42
5.2 EXECUÇÃO DE FUNDAÇÃO (SAPATA/BLOCO ARMADO) RELATADA IN LOCO.....	50
5.3 EXECUÇÃO DE PILARES RELATADO IN LOCO	56
5.4 EXECUÇÃO DE VIGAS BALDRAMES RELATADOS IN LOCO	64
5.5 EXECUÇÃO DE VIGAS DE COBERTURA RELATADO IN LOCO	72
5.6 EXECUÇÃO DE LAJE PRÉ-MOLDADA RELATADO IN LOCO	80
6. CONCLUSÃO.....	89
7. REFERÊNCIAS	91

1. INTRODUÇÃO

A construção civil representa um dos maiores setores industriais do Brasil e do mundo, sendo responsável por desenvolver toda infraestrutura acessível à população; que utiliza diariamente estradas, escolas, pontes, edifícios, dentre outras edificações presentes no cotidiano que promovem desenvolvimento e o bem-estar da sociedade (NEUMANN, 2016). Esse ramo está em constante evolução ao decorrer dos anos, dados atualizados em 2022 trazem que o Produto Interno Bruto da construção teve um crescimento de 9,7% em relação ao ano anterior (IBGE, 2022).

A construção civil apresenta relevância para o desenvolvimento da sociedade, sendo indispensável que as construções sejam realizadas com um padrão de qualidade; garantindo uma boa vida útil, um desempenho apropriado ao objetivo pelo qual foi projetado e uma satisfação das pessoas que serão beneficiadas. Engana-se quem pensa que a qualidade está inclusa na construção civil há pouco tempo, civilizações antigas como a egípcia, chinesa e romana empregavam métodos próprios para construir monumentos robustos (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; RIBEIRO, 2021). As pirâmides do Egito e a muralha da China são exemplo de construções com êxito satisfatório, apresentando desempenho e durabilidade, e um dos motivos para isso ocorrer é a qualidade empregada durante o processo de execução, lembrando ainda que naquele período a tecnologia era escassa, fazendo com que as conquistas intelectuais desses povos causem maior impacto (CHING et al., 2019; CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; RIBEIRO, 2021).

No ano de 1946, 25 países se reuniram a fim de criar uma organização internacional com o objetivo de unificar as normativas e padronizar as atividades industriais correlacionadas e no dia 23 de fevereiro foi criada a ISO (Organização Internacional de Normalização) (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014). Essa organização é bastante relevante, visto que representa cerca de 160 países e que responde por 95% do Produto Interno Bruto mundial. No Brasil, a ISO é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que por sua vez, é responsável por desenvolver as Normas Brasileiras. As NBRs possuem caráter técnico, onde seu conjunto de normativas padronizam os processos para produção de serviços e produtos no país em consonância com as Normas Técnicas Internacionais.

As Normas Brasileiras atuam em diversos setores da economia, inclusive na área da construção civil. Segundo a NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013), executar uma construção seguindo os parâmetros contidos nas normas

umentam a sua qualidade e segurança, tanto para o executante, como para o cliente. A regulamentação fornece os métodos de trabalho a serem seguidos, como também possui tópicos exclusivos a respeito dos materiais, fazendo com que os parâmetros de qualidade, desempenho e durabilidade sejam atingidos, minimizando as chances de erros.

Para iniciar-se uma obra, é necessário entender que ela passará por fases distintas e cada uma deve ser executada conforme o que está vigente nas normativas da NBR para que atinja os padrões de qualidade esperados (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014). A norma brasileira NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2004) traz o procedimento correto para a execução das estruturas de concreto armado; incluindo os sistemas de fôrmas, escoramento, armaduras, concretagem e cura do concreto, onde torna-se fundamental que a execução desta etapa seja acompanhada segundo as diretrizes pertencentes à norma, a fim de evitar problemas e falhas no processo.

Toda edificação deteriora-se com o tempo, as estruturas precisam ser bem planejadas e executadas por profissionais especializados a fim de cumprir com a vida útil estabelecida para a construção, quanto maior o número de falhas na execução, maior será a ocorrência de defeitos. Estudar sobre a patologia das construções torna-se uma ferramenta essencial para descobrir as causas da deterioração vigente, além de trazer soluções para a reparação das mesmas (WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018).

Existem normativas técnicas específicas para a execução de estruturas de concreto armado, onde se torna necessário analisar se a execução usual encontrada em obra da construtora “x” na cidade de Barreiras-BA está em conformidade com o que é preconizado nas Normas Brasileiras, entendendo se essa prática pode atribuir-se a futuras patologias ou é categorizado somente como um facilitador na realização da atividade.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um levantamento de informações, trazendo os métodos normatizados de execução para as estruturas de concreto armado e realizando o comparativo com os métodos executivos comumente aplicados em obra da construtora “x” na cidade de Barreiras-BA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento das corretas práticas construtivas em detalhes, segundo normativa e literatura;
- Verificação e documentação por fotos do que é executado em obra da construtora “x” na cidade de Barreiras-BA;
- Apresentar problemas que podem ocorrer, caso a execução das práticas construtivas seja divergente do que está indicado nas Normas Brasileiras (NBR);
- Sistematizar as diferenças encontradas;
- Discutir a melhor forma para a adequação das práticas construtivas durante a execução.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância da construção civil para o desenvolvimento da sociedade

Infraestrutura pode ser definida como instalações físicas que possuem a função de sustentação e apoio à comunidade. Engenheiros civis tem a responsabilidade de projetar e executar a infraestrutura presente nos centros urbanos, onde podem ser citados: sistemas de fornecimento de água potável, de tratamento e eliminação de resíduos, toda a parte de transportes com a função de transitar pessoas e bens materiais, sistemas que nos protegem de riscos causados por inundações, toda parte estrutural onde são criados espaços que permitem o convívio em sociedade (NEUMANN, 2017). Torna-se ainda mais importante a preocupação com infraestrutura quando observamos o crescimento populacional. Estudos recentes trazem que a população mundial chegará a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, o que representaria um aumento de 26% em relação a população atual de 7,7 bilhões de habitantes (ONU, 2019). Outro dado relevante, existe uma previsão de que a população urbana mundial chegue a 70% até o ano de 2050, onde atualmente esse número é de 55% (ONU, 2019). Os números decorrentes do aumento da população mundial e do aumento da população urbana no mundo simbolizam a importância de uma infraestrutura que esteja compatível com esse aumento e que também ofereça qualidade de vida a todos os habitantes.

O setor da economia beneficia-se com a construção civil, visto que há um aumento na geração de empregos e renda no país (CBIC, 2021). A geração de empregos ajuda tanto quem possui qualificação (engenheiros, arquitetos), quanto também pessoas que não possuem, gerando oportunidades que seriam de difícil acesso em outras áreas de emprego. Dados atualizados trazem que o Produto Interno Bruto (PIB) da construção cresceu 9,7% no ano de 2021, sendo que no ano anterior o PIB tinha caído um total percentual de 6,3% (IBGE, 2022). Os números só demonstram a importância desse ramo para a economia do país e que a queda dele afeta a todos.

3.2 Qualidade nas construções do mundo antigo

A infraestrutura concebida através da construção civil está intimamente ligada com o desenvolvimento da sociedade. Para que esse desenvolvimento ocorra da melhor forma, as construções necessitam de um padrão de qualidade elevado a fim de estar presente na vida da população por várias gerações. O fator qualidade nas construções está presente a

muito tempo, onde civilizações antigas já empregavam métodos particulares para construir monumentos históricos, com alto grau de complexidade no sentido construtivo e que permanecem em bom estado de conservação até os tempos atuais (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014).

Uma das civilizações antigas mais notáveis nesse aspecto era a egípcia. A parte construtiva mais marcante desse povo eram as famosas pirâmides, destinada em abrigar os corpos dos faraós. Esses monumentos chegaram a possuir 147 metros de altura e eram construídas com pedras que possuíam entre 15 e 25 toneladas (CHING et al., 2019; CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; RIBEIRO, 2021). Primeiramente que as pedras possuíam controle de qualidade na sua medição e extração, com utilização de serras de metal para extração das pedras e a adoção de uma unidade de medida chamada “cúbico real egípcio”, havendo uma padronização em todo o sistema, outro aspecto importante era a gestão durante a obra, visto que cerca de 100 mil pessoas estavam envolvidas na construção de uma pirâmide e necessitavam de controle adequado das etapas, as pirâmides passavam em um controle de qualidade rígido, onde a impressão é que o monumento era feito somente em uma pedra única talhada. Outros aspectos relevantes eram a utilização de rampas e alavancas para a movimentação dos blocos e o transporte das grandes pedras através de um sistema que utilizava água e areia para diminuir a força necessária para o deslocamento (CHING et al., 2019; CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; RIBEIRO, 2021).

Outra civilização antiga notória por empregar qualidade em suas construções antigas é a romana. Suas edificações possuíam uma arquitetura notável para época e para sua execução correta, a qualidade presente nas técnicas empregadas era de fundamental importância para o resultado final satisfatório. Primeiro aspecto era o aumento no número de supervisores com conhecimento provado no processo para auxiliar os operários. A sociedade romana foi responsável por desenvolver sua própria argamassa, derivada de terra vulcânica e cal, e também possuíam um estudo de dosagem para esse material, algo que resultava em construções com alta qualidade. Outro material utilizado na época era a madeira, onde era bastante utilizada em fôrmas que possibilitavam sistemas estruturais como os arcos e cúpulas, que além de trazer uma arquitetura vistosa, possibilitava o vencimento de maiores vãos (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; FAZIO; MOFFETT; WODEHOUSE, 2011; RIBEIRO, 2021).

3.3 Qualidade nas construções atuais e fatores interferentes no processo

A NBR ISO 9000 – Sistema de gestão da qualidade (ABNT, 2015) traz que a qualidade dos produtos e serviços de uma organização é estabelecida pela capacidade de satisfazer os clientes e pelo impacto programado e não programado para as partes interessadas. Demonstrando a importância da qualidade não só estabelecida nos produtos e serviços realizados, mas principalmente, beneficiando o usuário final.

O ramo da construção civil é bastante peculiar às demais áreas e ao longo dos anos o requisito qualidade vem sendo empregados (YAZIGI, 2009).

A ISO (Organização Internacional de Normalização) possui um campo de ação sobre normativas em diversas áreas do conhecimento, porém a construção civil possui algumas características que diferem das outras áreas, onde são necessárias algumas mudanças específicas devido à complexidade do processo. (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014; YAZIGI, 2009).

Segundo Yazigi (2009), o setor da construção civil apresenta características especiais, tais quais:

- A construção civil é demasiadamente conservadora, onde há bastante dificuldade para alterações;
- Utiliza, em grande parte, mão de obra com baixa qualificação profissional e sem perspectiva de almejar cargos com altos salários;
- O grau de precisão desse ramo se apresenta muito menor do que nas demais áreas da indústria (orçamentos, prazo, medidas, dentre outros aspectos.);
- O Produto final é único para o usuário.

De acordo com Yazigi (2009), a cadeia produtiva do setor apresenta bastante heterogeneidade, onde os agentes envolvidos que o incorporam possui diferentes características e que vão interferir na qualidade do produto final em todas as etapas de construção. São eles:

- Clientes: Há variação em relação a região onde vivem, o poder aquisitivo existente e também o tipo de construção a ser desenvolvida (habitacional, edifícios, escolas, dentre outras edificações);
- Agentes envolvidos no planejamento: Clientes privados, órgãos públicos, agentes financeiros, dentre outros;
- Agentes envolvidos na parte de projeto: Empresas responsáveis pela sondagem, projetos arquitetônicos, projetos complementares;

- Agentes responsáveis pela execução: Construtoras composta por diversos trabalhadores: engenheiro civil, encarregados, pedreiros, ajudantes, dentre outros. Também são realizados por profissionais autônomos, empreiteiros.
- Fabricantes de materiais de construção: Possuem a responsabilidade de produzir materiais de qualidade, onde para isso precisar seguir normas técnicas para essa produção em todas as etapas.

A execução pode ser definida como a parte principal do processo, onde todos os processos serão executados e para que tudo ocorra da melhor forma possível, a fim de gerar segurança aos clientes e executantes, e também qualidade para os usuários, é recomendado que sejam utilizados e seguidos as Normas Brasileiras (NBR) de responsabilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que serão peça chave para a boa execução dos serviços realizados em uma obra (ABNT, 2022).

3.4 Normas Brasileiras (NBR)

Após a ocorrência da segunda guerra mundial, 25 países se reuniram a fim de criar uma organização internacional com o propósito de padronizar as atividades industriais e unificar as normativas; facilitando a troca econômica, científica e tecnológica entre os países participantes. Assim no dia 23 de fevereiro de 1946 foi criada a Organização Internacional de Normalização (ISO) (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014). No Brasil, por sua vez, a ISO é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), uma instituição privada fundada no ano de 1940. A associação possui reconhecimento do governo federal e trabalha junto à sociedade, contribuindo para o desenvolvimento do mercado, defesa dos consumidores e segurança de todos (ABNT, 2022).

As NBRs formam um conjunto de normativas, regras e diretrizes que possuem caráter técnico a fim de promover a padronização nos serviços realizados no Brasil. (ABNT, 2022).

3.5 Importância das NBRs para a construção civil

As Normas Brasileiras (NBR) atuam em diversos setores, e a área da construção civil também está integrada. A normalização padroniza os serviços e materiais utilizados, garantindo um produto final com qualidade e segurança, tanto para o trabalhador executante

da obra, como para o consumidor na obtenção do resultado final (ABNT, 2013; CRIVELARO; PINHEIRO, 2014).

Com normas estabelecidas em diversos campos da construção civil, quem não segue os parâmetros contidos na Normativa possui qualidade e segurança com caráter incerto, isso influencia a competitividade no mercado onde as empresas vão almejar sempre se profissionalizar e aperfeiçoar o conhecimento, gerando um aumento no nível dos serviços prestados e um alto grau de confiabilidade no produto final (ABNT, 2022).

A utilização das normas reduz os riscos de falhas ocorrentes no processo, além disso, utilizar as NBR de execução para os serviços dentro da obra ajudam a combater problemas eventuais que prejudicam o progresso da construção, deixando o local mais seguro e certificando de uma boa execução e resultado. (ABNT, 2022; CRIVELARO; PINHEIRO 2014).

3.6 Normas para Execução de Estruturas de Concreto Armado

A principal norma utilizada para o trabalho é a **NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento**, onde ela traz o procedimento correto para a execução das estruturas de concreto armado; incluindo os sistemas de fôrmas, armaduras, concretagem e cura do concreto (ABNT, 2004).

A **NBR 6122 – Projeto e execução de fundações** (ABNT, 1996) e a **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento** (ABNT, 2004) também tiveram um grau de importância significativo, onde etapas importantes do processo estão presentes nas mesmas.

Outras normas que também tiveram sua relevância para a execução do trabalho:

- NBR NM 67 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998);
- NBR 5739 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1994);
- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento (ABNT, 2004);
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 1996);
- NBR 9061 – Segurança de escavação a céu aberto (ABNT, 1985);
- NBR 12655 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação (ABNT, 2015);

- NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos (ABNT, 2009).

3.7 Infraestrutura

Na etapa de infraestrutura, serão executadas as estruturas com a função de sustentar a edificar e transmitir os esforços submetidos para o solo. Para execução dessa etapa, é necessário fazer um estudo preliminar de sondagem para entender as características deste solo e observar se há a presença de água subterrânea, onde é algo que pode ocasionar em alterações no cronograma de execução da obra. Outro cuidado deve ser feito nas escavações a fim de se evitar desmoronamentos e qualquer fenômeno relacionado ao deslocamento do solo. (AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

3.7.1 Estudo do solo

A norma NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 1996) indica a importância da investigação do terreno para entendimento da sua constituição. Os estudos visam a identificação das características do solo, tais como: caracterização, resistência, deformabilidade, permeabilidade, colapsividade, expansibilidade. A norma ainda traz que a quantidade dos parâmetros de investigação vai depender da finalidade da obra, assim como os carregamentos atuantes. Outro aspecto relevante descrito na norma diz que as sondagens de reconhecimento à percussão são **indispensáveis**, onde tal estudo traz as informações básicas do terreno que são os valores de resistência à penetração por camada e a posição dos níveis d'água.

Segundo Salgado (2018), o estudo do solo é item indispensável para a decisão sobre o tipo de fundação a ser utilizada na edificação, já que é necessário conhecer as características do solo que vão suportar os esforços provenientes da construção.

3.7.2 Fundação

As fundações são elementos estruturais que possuem a função de suportar a carga proveniente dos esforços originados do peso próprio de toda a estrutura da edificação e também das sobrecargas devido ao uso. Toda essa carga é transmitida ao solo através das fundações. (AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

Segundo Azeredo (1997), as fundações podem ser divididas em dois grandes grupos:

a) fundações diretas ou rasas: Onde a carga é transmitida ao solo predominantemente pela base da fundação. A profundidade de assentamento em relação ao terreno é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Se encaixam nessa categoria os seguintes tipos de fundação:

- Sapata isolada;
- Sapata corrida;
- Tipo bloco;
- Radier;
- Viga de fundação.

b) fundações indiretas ou profundas: Onde a carga é transmitida ao terreno por sua base, por sua superfície lateral ou pela combinação de ambos. A profundidade de assentamento em relação ao terreno é superior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Se encaixam nessa categoria os seguintes tipos de fundação:

- Estacas (de madeira, aço ou concreto);
- Tubulões;
- Caixão.

3.7.1.1 Sapata isolada e blocos armados

As sapatas/blocos são elementos constituídos por concreto e quando se faz necessário o suporte dos esforços de tração é adicionado a armadura formando uma estrutura de concreto armado. Quando a carga a ser suportada pelo terreno é baixa, a área superficial do terreno for resistente e o lençol freático for baixo, a solução por sapatas isoladas é a ideal para a edificação. Nesse tipo de fundação, é realizado uma sapata/bloco por pilar, eles são interligados entre si por vigas baldrame e as sapatas são apoiadas no solo ou sobre estacas de concreto (ABNT, 1996; AZEREDO, 1997; BOTELHO, 2014; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

3.8 Superestrutura

A superestrutura é formada pelos elementos estruturais: pilares, vigas e lajes. Tais elementos, de concreto armado, suportarão todos os esforços construtivos provenientes da edificação e vão transferir os esforços para a fundação (infraestrutura) (SALGADO, 2018).

3.8.1 Pilar

Os pilares são elementos estruturais lineares de eixo reto, dispostos com sua maior dimensão na posição vertical, onde sua função é de promover a estabilidade vertical de uma edificação e também, receber as ações atuantes da construção e descarregá-las para as fundações. Os pilares são submetidos à um esforço de compressão simples ou compressão junto da flexão, onde tais fatores dependem do posicionamento da carga (CORREA, 2018; NETO, 2017; TEATINI, 2016).

3.8.2 Viga

As vigas são peças estruturais lineares que estão dispostos sobre apoios na posição horizontal, e são submetidos à uma atuação em conjunto de esforços cortantes, momentos fletores e cisalhamento (NETO, 2017; TEATINI, 2016).

3.8.3 Laje

A laje é um elemento estrutural laminar, onde sua espessura é considerada pequena em relação as outras duas dimensões. As lajes se apoiam em vigas e são responsáveis pelo recebimento da carga de utilização da estrutura, como a circulação de pessoas, peso dos móveis, revestimentos, alvenarias, dentre outros. As ações atuantes sobre esses elementos são normais ao seu plano e são distribuídas para as vigas nas quais estão apoiadas (NETO, 2017; PARIZOTTO, 2018; TEATINI, 2016).

3.9.1 Fôrmas para estruturas de concreto armado

A execução de estruturas de concreto armado depende da confecção de fôrmas, que irão conceder o formato definitivo da estrutura após o período de cura, ainda no período que o concreto se encontra plástico. Assim alguns critérios devem ser atendidos a fim de se obter êxito no resultado final. As fôrmas devem ser feitas prevendo a estabilidade dimensional da peça, a movimentação decorrente da montagem das estruturas, armação e concretagem, além de prever escoramento adequado a depender da peça a ser executada. (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

O material mais utilizado para a execução das fôrmas é a madeira, porém elas podem ser de aço, PVC, alumínio. Um aspecto relevante em relação às formas é o seu reaproveitamento dentro da obra, já que após a cura do concreto, essas peças serão desmontadas. A reutilização irá impactar na questão ambiental (quanto menos madeira utilizar, melhor), na questão econômica (o custo de fôrmas de madeira dentro de um orçamento é relativamente alto, podendo chegar à 10% do total gasto em uma obra, então quanto mais se reutilizar madeira, menor é o custo) e também no andamento da construção (muitas fôrmas já montadas ou pré-montadas facilitam a execução de peças de concreto armado similares) (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; CUNHA et al., 2017; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

A execução de fôrmas para concreto armado precisa cumprir alguns requisitos a fim de garantir um produto final com qualidade e segurança a todos, onde temos:

- Resistência: Suportando as cargas que serão submetidas, incluso também o efeito dinâmico causado pelo lançamento e adensamento do concreto;
- Dureza moderada: Essa característica auxilia no corte para execução das peças e também para as passagens relacionadas a instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, dentre outras;
- Estanqueidade: Para que não haja perda de concreto;
- Material apropriado: Existem tipos diferentes de madeira e isso pode variar a depender da peça estrutural que está sendo executada;
- Escoramento: Essencial para a segurança de todos e o produto final com qualidade;
- Nivelamento e prumagem: De extrema importância para que as peças finais estejam nas dimensões e alinhamentos corretos;
- Contra flecha: Recomenda-se que a cada metro de vão, haja 0,5cm de contra flecha, isso é feito a fim de garantir a horizontalidade de peças estruturais como vigas e lajes, após a cura do concreto.

(ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; CUNHA et al., 2017; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

De acordo com a norma brasileira NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2004), é imprescindível que o formato, função, aparência e durabilidade não devem ser afetados devido a qualquer fator ocorrente na execução com as fôrmas, escoramento e sua remoção.

3.9.1.1 Escoramento para as estruturas de concreto armado

O escoramento necessita ser projetado para suportar a ação do seu próprio peso, do peso da estrutura e de cargas acidentais ocorrentes no processo de execução da estrutura de concreto, assegurando que a estrutura não tenha deformações prejudiciais ao formato final da estrutura (ABNT, 2004; YAZIGI, 2009).

Na etapa de construção, é necessário que o escoramento possua apoio firme ao solo, onde deve haver um dispositivo que facilite a remoção da forma para que a estrutura não sofra nenhum impacto não previsto, normalmente sendo empregados cunhas ou caixas de areia. Outra precaução necessária é sobre possíveis recalques prejudiciais que podem ocorrer no solo, onde esse problema pode ser solucionado através do uso de lastro, piso de concreto ou pranchões de correção das irregularidades. Todos esses cuidados auxiliam para que aconteça a melhor distribuição de cargas do sistema (ABNT, 2004; CUNHA et al., 2017; YAZIGI, 2009).

Após passado o período de cura do concreto, é necessário realizar a retirada do escoramento, onde deve ser respeitado o sequenciamento correto das escoras a serem retiradas de acordo com o que está previsto em projeto, a fim de conceder a integridade da estrutura. É recomendado que vigas de até 10 metros e lajes com espessura superior a 10 centímetros sejam retiradas suas escoras e desmoldados no período de 21 dias após a concretagem (ABNT, 2004; CUNHA et al., 2017; YAZIGI, 2009).

3.10 Armadura para estruturas de concreto armado

O aço é um elemento utilizado nas estruturas para conceder resistência na fase de sua execução, especialmente aos esforços de tração e flexão a que são submetidos (SALGADO, 2018). As armaduras para estrutura de concreto armado devem possuir a qualidade determinada em projeto. O aço precisa estar estocado, montado e protegido durante a concretagem, sendo de suma importância que os processos de ancoragem de armadura sigam o que está especificado no projeto da estrutura (ABNT, 2004; PARIZOTTO, 2017; YAZIGI, 2009).

3.10.1 Montagem e posicionamento da armadura

A armadura deve ser posicionada e fixada no interior da forma de acordo com o que foi estabelecido no projeto estrutural, onde seu posicionamento não poderá ser alterado durante o processo da concretagem. A montagem da armadura deve ser feita por amarração através de arames. Outro aspecto importante é sobre o cobrimento, também conhecido como camada de concreto que cobre a armadura externa e tem a função de evitar que agentes agressivos possam penetrar e provocar a corrosão da armadura. É importante que sejam utilizados espaçadores a fim de garantir a espessura mínima de cobrimento, tais espaçadores podem ser de plástico ou de argamassa, desde que as mesmas apresentem relação água/cimento menor ou igual a 0,5 (ABNT, 2004; PARIZOTTO, 2017; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

3.11 Concreto armado

O concreto é uma mistura realizada com cimento, água e materiais inertes (comumente areia e brita) sobre a qual precisa ter plasticidade para garantir o manuseio, transporte e lançamento, onde após a sua cura, garante uma peça com propriedades estruturais, tais como: pilares, vigas, lajes, pavimentos, dentre outras. O concreto após atingir seu estado de endurecimento apresenta altas resistências a compressão e junto ao aço carbono, forma uma peça estrutural com alta capacidade de resistência a compressão e tração, sendo assim, bastante utilizada nas construções ao redor do mundo (AZEREDO, 1997; CUNHA et al., 2017; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

3.11.1 Mistura do concreto

O amassamento do concreto tem por objetivo homogeneizar os materiais componentes, onde a pasta de cimento recobrirá as partículas de agregado. Um concreto mal misturado irá gerar um material com menor resistência mecânica e menor durabilidade (AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018).

Segundo Salgado (2018), essa etapa pode ser realizada de três formas mais comuns, são elas:

- **Mistura manual:** Utilizada em obras de pequeno porte, e que necessitam de baixo volume de concreto e concreto com menor exigência de qualidade. Realizado a partir de força manual dos operários;

- **Mistura com betoneira estacionária:** Utiliza-se uma betoneira para mistura dos materiais componentes. A utilização da betoneira gera uma melhor homogeneidade do concreto e uma maior produtividade;
- **Misturas com caminhões betoneira (concreto usinado):** Comparando à betoneira estacionária, essa solução gera um maior volume de concreto para a obra, além de possuir todas as qualidades listadas anteriormente.

3.11.2 Recebimento e controle do concreto

Segundo a NBR 12655 Concreto de Cimento Portland (ABNT, 2015), onde os procedimentos referentes ao preparo, controle e recebimento do concreto são padronizados, o concreto só pode ser recebido caso as condições contidas na norma estejam atendidas. Para cada tipo e classe de concreto, devem ser realizados os ensaios de consistência (abatimento do tronco de cone), conforme descrito na NBR NM 67 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998) e resistência à compressão, conforme NBR 5739 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1994). No caso dos concretos feitos na própria obra, também se torna necessário a verificação da resistência à compressão dos corpos de prova (ABNT, 2015; SALGADO, 2018; ZALAF; MAGALHÃES FILHO; BRAZ, 2014).

Ainda de acordo com a NBR 12655 Concreto de Cimento Portland (ABNT, 2015), no caso do concreto preparado pelo construtor da obra, o ensaio de consistência deve ser realizado nas seguintes condições:

- Na primeira amassada do dia;
- ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
- Na troca de operadores;
- Cada vez que forem moldados Corpos de Prova.

Já para os concretos usinados, tal ensaio necessita ser feito a cada betonada.

3.11.3 Aplicação do concreto

Após mistura do concreto, esse componente precisa ser transportado para o local de aplicação o mesmo. Durante o transporte do material, pode ocorrer a segregação dos

componentes, prejudicando o produto final, vale ressaltar que um tempo adequado entre a mistura e aplicação do concreto é de cerca de 30 minutos (pode ser utilizado aditivos retardadores de pega para prolongar esse período). Para que esse concreto seja aplicado, tudo precisa já estar preparado para essa etapa, com verificações realizadas, fôrmas e aço conferidos corretamente (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018).

Para o correto lançamento do concreto, deve ser verificado:

- **Fôrmas de madeira:** Se estão limpas e molhadas (para não retirar a água proveniente do concreto), niveladas e prumadas, estanques, verificar também se há mestras (para pisos) e espaçadores para os demais tipos de estrutura;
- **Acessos:** Executar a logística para que o percurso do concreto seja o menor possível, verificar se as rampas de acesso possuem baixa declividade e se o trajeto está sem obstrução e havendo concretagem por caminhão betoneira, verificar se o acesso e o caminho estão livres;
- **Local de lançamento:** Se está devidamente escorado (principalmente em caso de lajes) e se há tábuas de madeira, em caso de concretagem de lajes, para a movimentação dos trabalhadores e equipamentos;
- **Condições do equipamento e equipe:** Verificar se os equipamentos estão em perfeito estado de uso e se a equipe a disposição é o suficiente para realização da atividade;
- **Juntas de deslocamento:** Prever juntas de deslocamento a depender da estrutura feita, permitindo o deslocamento do concreto provindo de retrações e contrações.

Na aplicação, alguns aspectos necessitam cuidado, como: o lançamento do concreto, que deve ser o mais próximo da posição final, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras, não ultrapassando a altura de 2 metros. Se isso ocorrer, utilizar janelas para o lançamento na altura adequada (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018).

3.11.4 Adensamento do concreto

O adensamento do concreto tem o objetivo de acomodar os elementos em toda a forma, fazendo com que os vazios sejam ocupados com concreto e que aconteça a expulsão do ar dos seus componentes deixando o concreto com maior coesão. Para que o aconteça o

adensamento, é recomendado o uso de vibradores com essa destinação. Esse serviço deve ser devidamente acompanhado para que não aconteça excesso de vibração, fenômeno sobre o qual gera a segregação dos materiais comprometendo a sua qualidade (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; SALGADO, 2018).

Segundo a NBR 14931 Execução de Estruturas de Concreto Armado (2004), alguns cuidados devem ser observados durante a execução desse serviço, onde temos:

- Em caso de vibradores de imersão (mais comuns na obra), utiliza-los em posição vertical ou levemente inclinados;
- O adensamento deve ser feito de forma contínua e com movimentação frequente;
- Não utilizar a armadura da estrutura como vibração, já que essa prática cria bolhas de ar que dificulta a aderência final. Outra questão é na posição final da armadura que pode ser comprometida;
- Evitar que o vibrador encoste nas partes internas das formas de madeira e da armadura. Essa prática também pode gerar bolhas de ar;
- A espessura das camadas de vibração não ultrapasse 20 cm.
- A batida de marretas e martelos nas fôrmas de madeira não são eficientes para o adensamento do concreto;
- Não deitar o vibrador de imersão (prática que é realizada em concretagem de lajes);
- Em lajes e pisos de baixa espessura, utilizar régua vibratória.

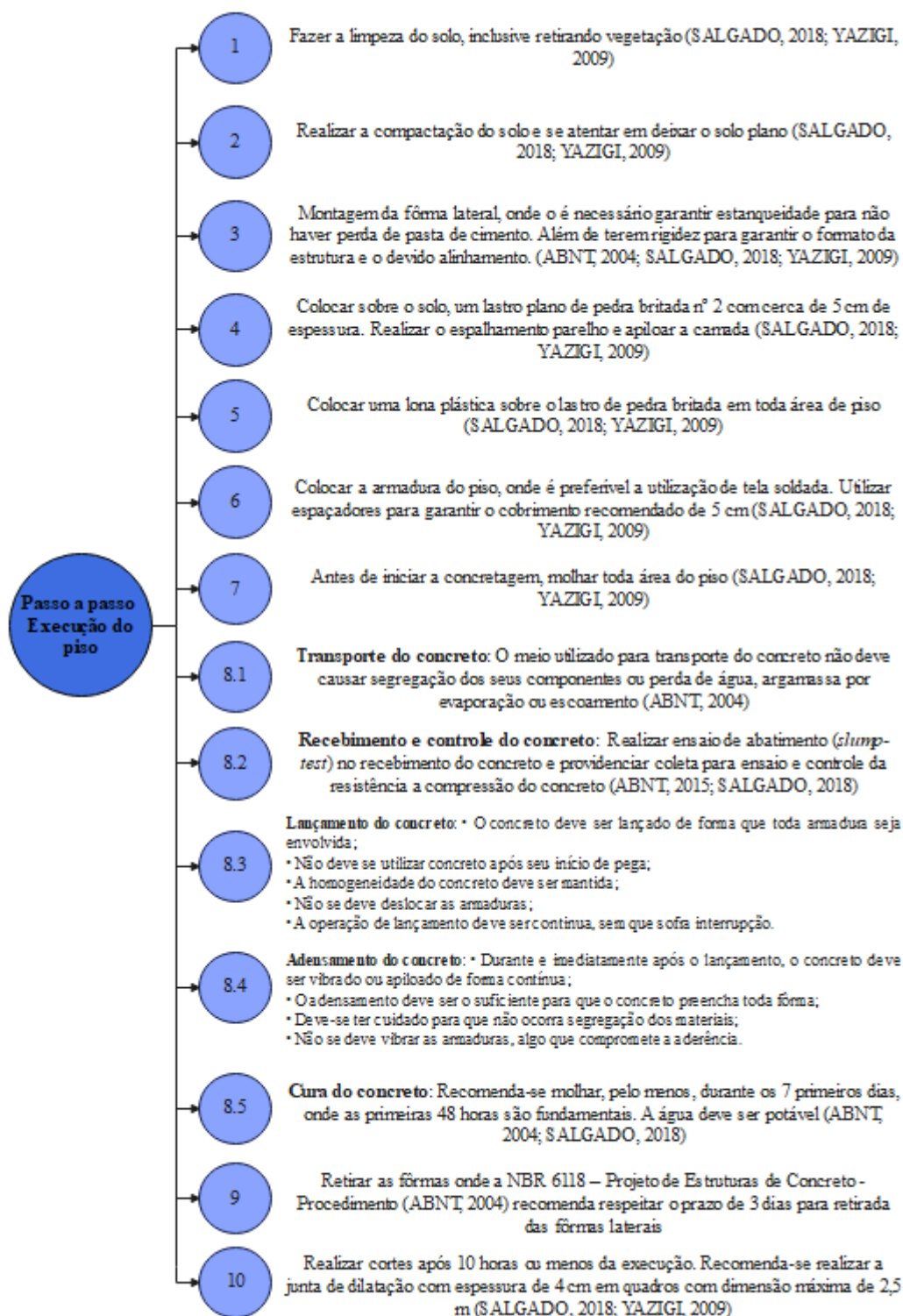
3.11.5 Cura do concreto

Após a concretagem ocorre o período de cura úmida do concreto, visto que a água é extremamente necessária para a ocorrência das reações químicas durante o endurecimento do concreto, principalmente aos primeiros dias. Assim, a cura eficiente tornará o concreto com maior resistência e durabilidade. Se a cura for ineficiente ou até mesmo não realizada, a liberação de calor de hidratação do cimento irá formar fissuras de retração na estrutura, prejudicando sua resistência e durabilidade, além de promover pontos de vulnerabilidade no concreto e são esses pontos que irão expor o sistema aos agentes agressivos do meio ambiente (ABNT, 2004; AZEREDO, 1997; CUNHA et al., 2017; SALGADO, 2018; YAZIGI, 2009).

3.12 Execução de Estruturas de Concreto Armado

3.12.1 Execução de piso segundo Normativa/Literatura

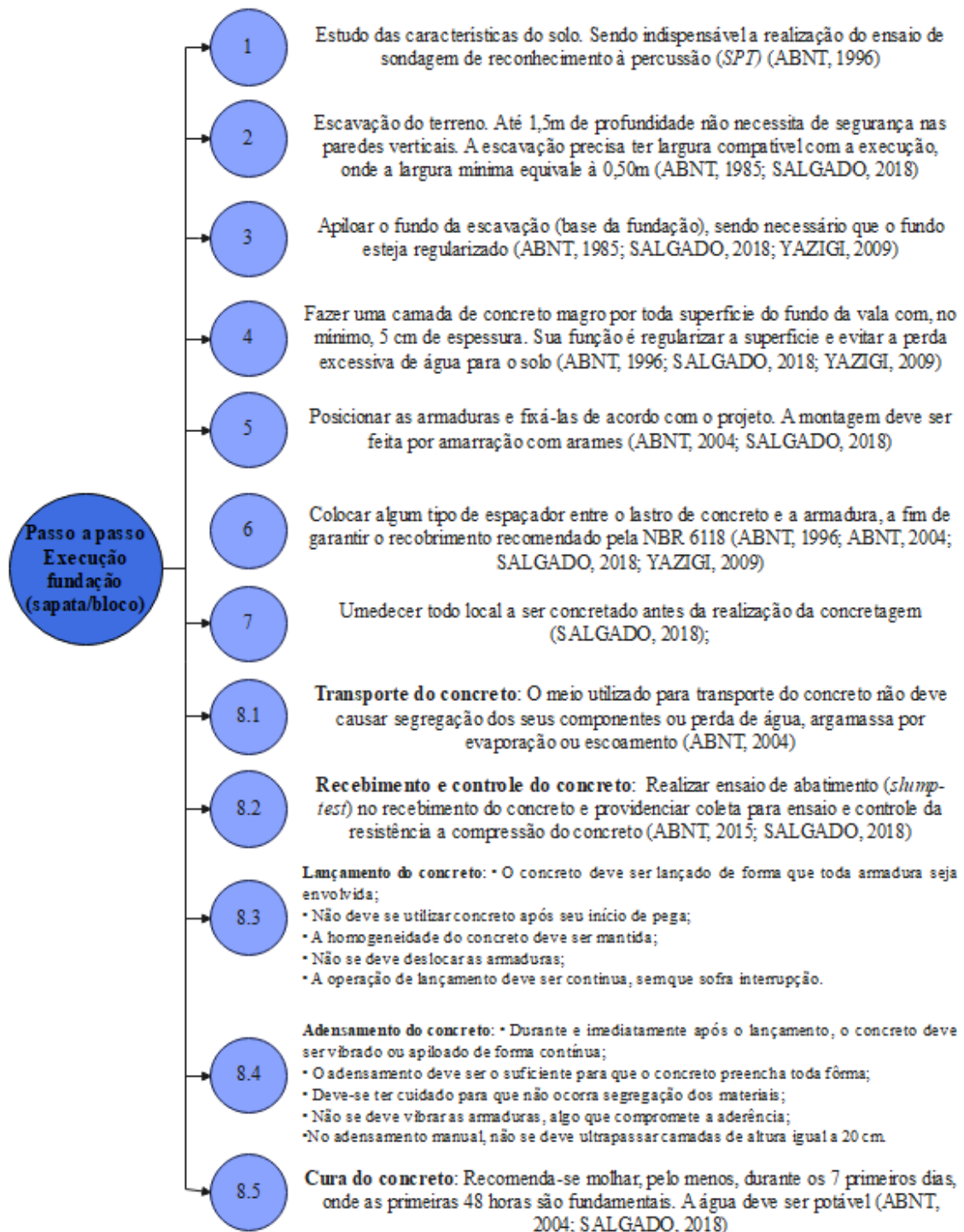
Figura 1 - Fluxograma de execução do piso.



Fonte: Autor, 2022.

3.12.2 Execução de fundação (sapata/bloco armado) segundo Normativa/Literatura

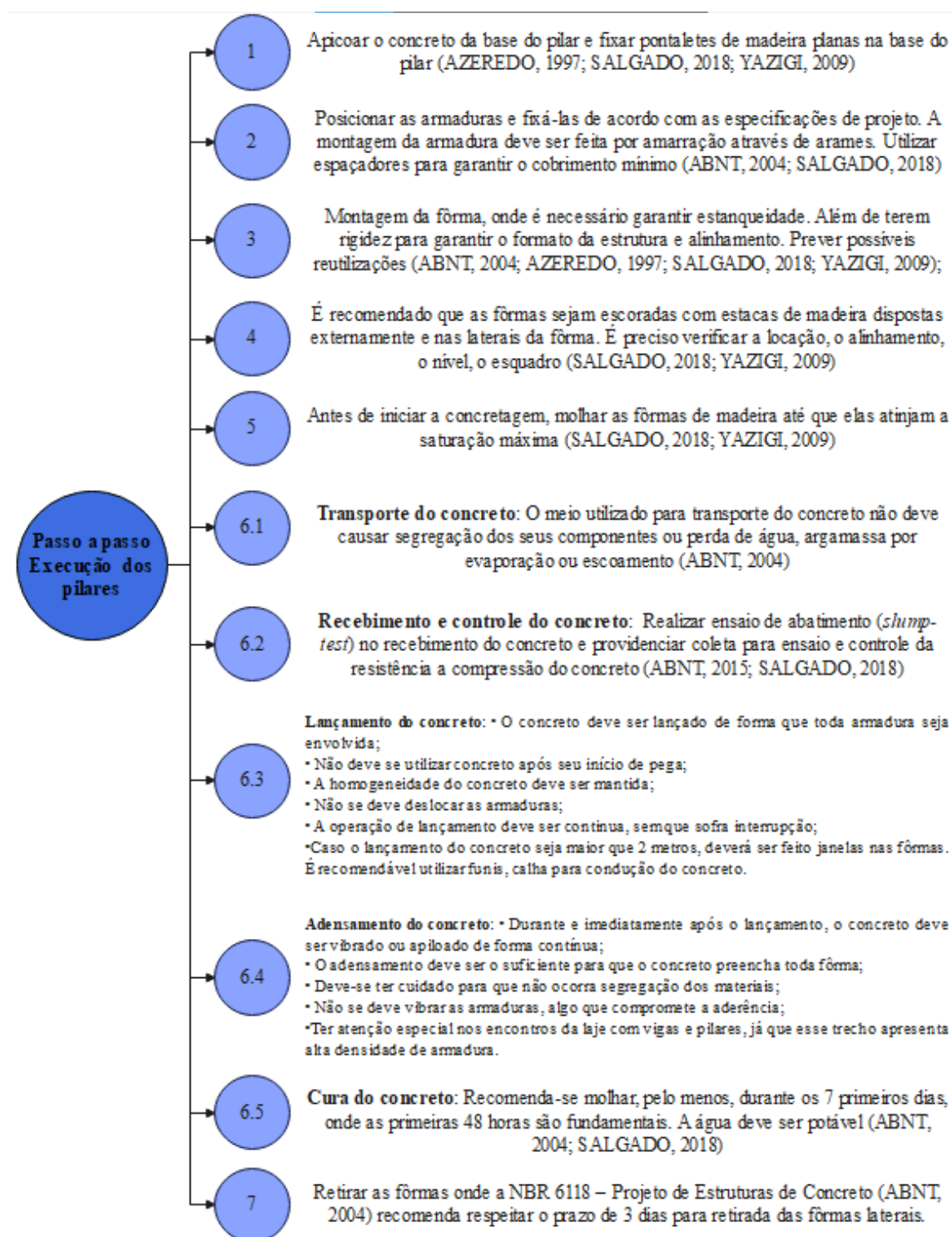
Figura 2 - Fluxograma de execução de fundação (sapata/bloco).



Fonte: Autor, 2022.

3.12.3 Execução de pilares segundo normativa

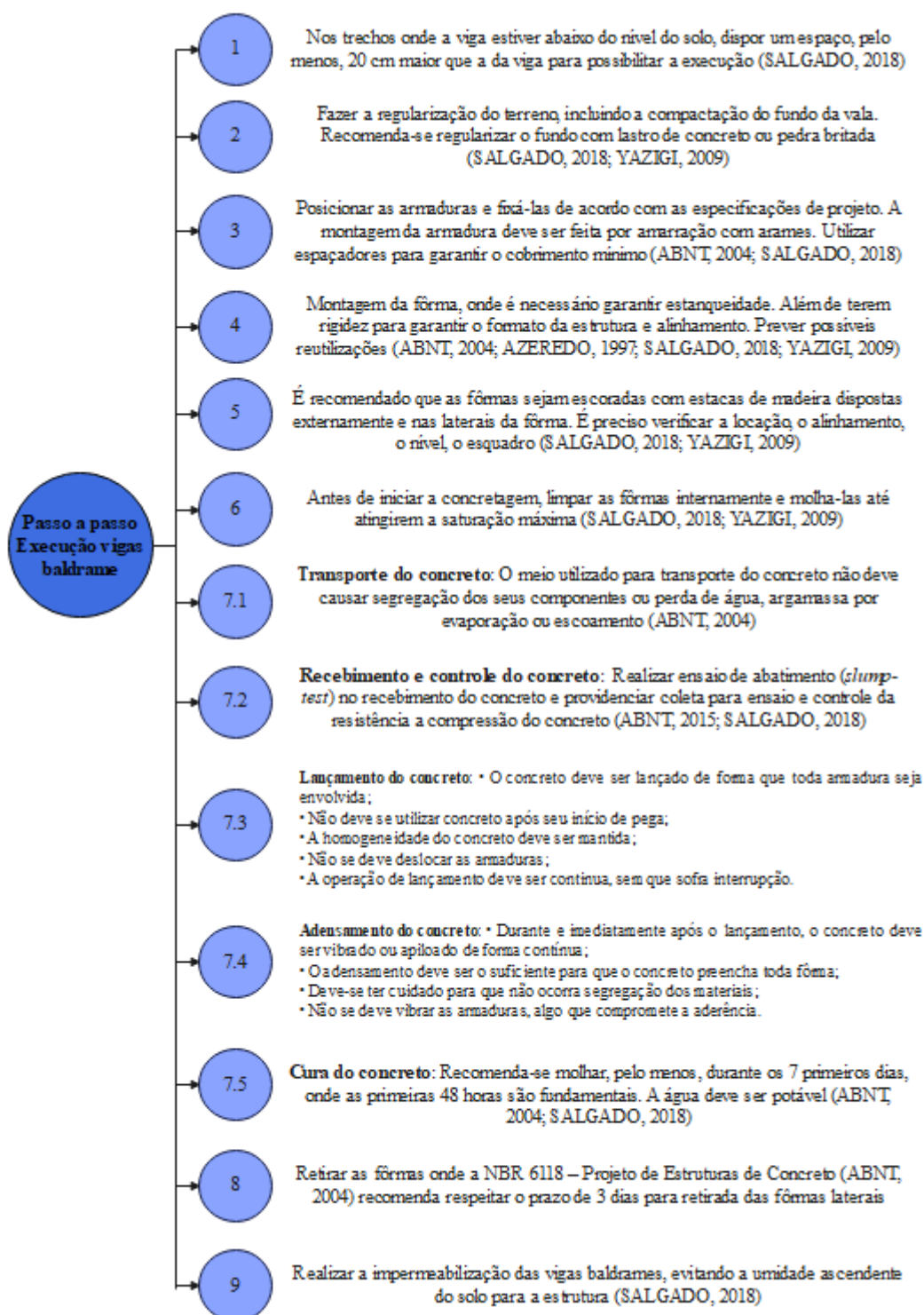
Figura 3 - Fluxograma de execução de pilares.



Fonte: Autor, 2022.

3.12.4 Execução de vigas baldrame segundo normativa

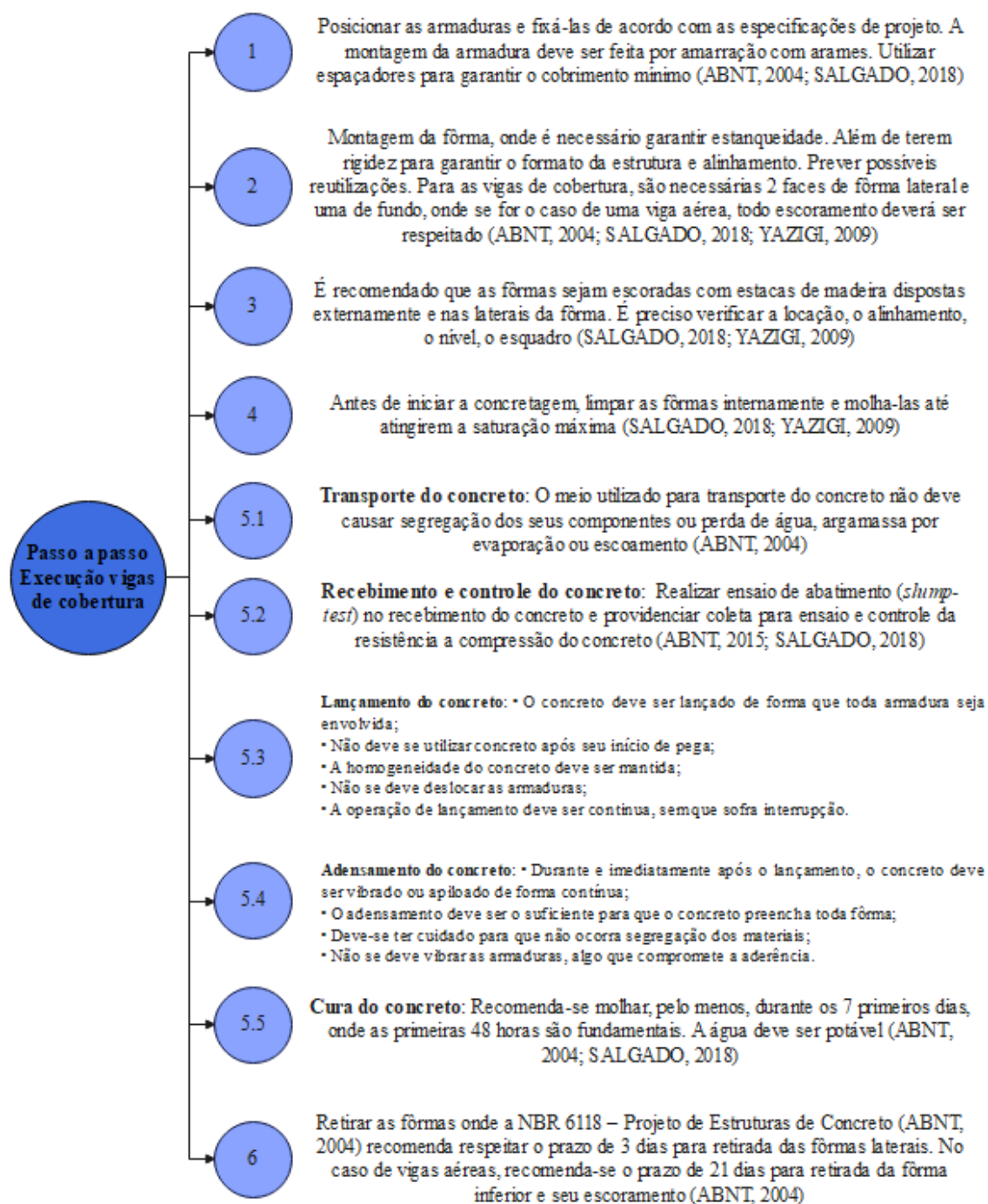
Figura 4 - Fluxograma de execução de vigas baldrame.



Fonte: Autor, 2022.

3.12.5 Execução de vigas de cobertura segundo normativa

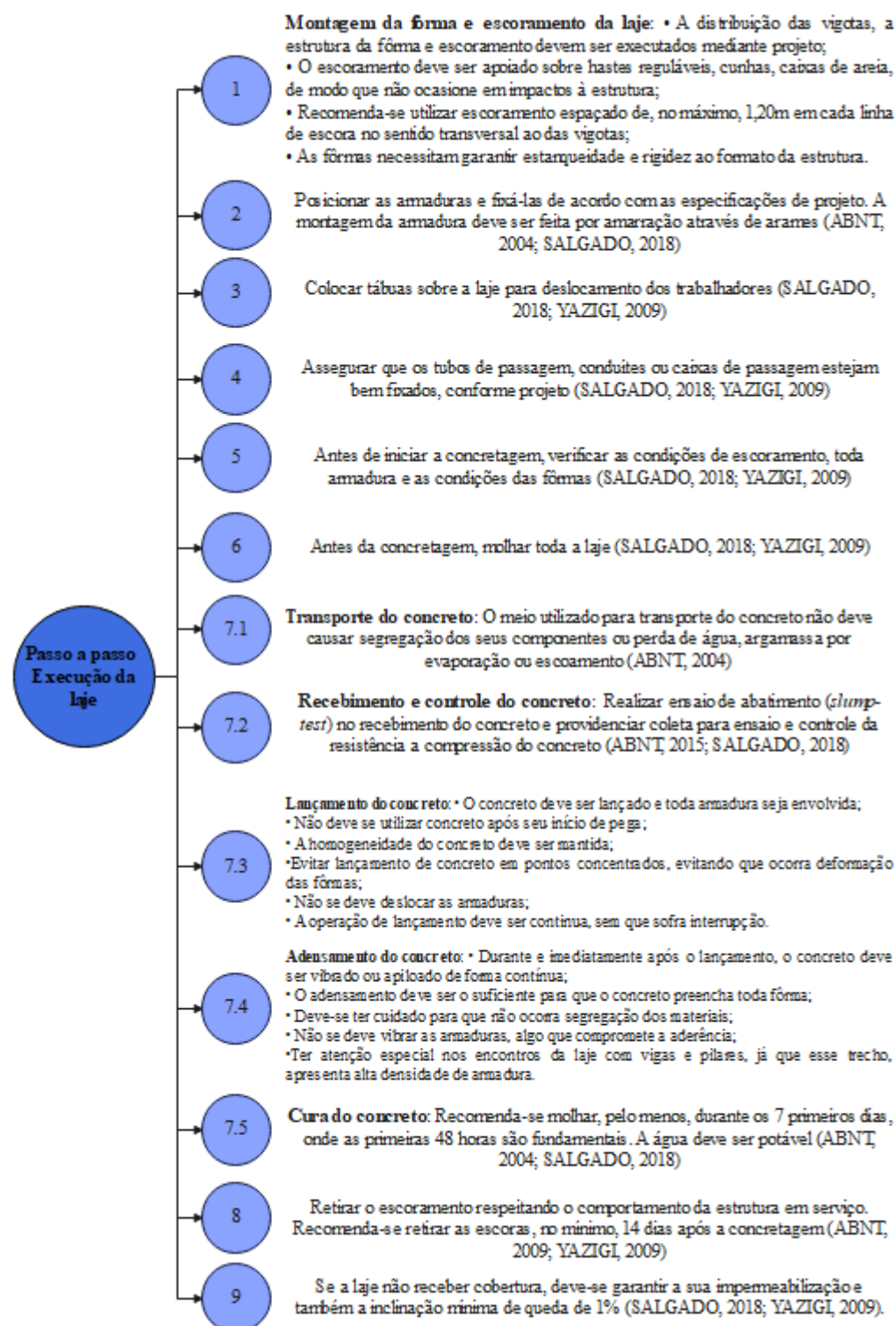
Figura 5 - Fluxograma de execução de vigas de cobertura.



Fonte: Autor, 2022.

3.12.6 Execução de laje pré-moldada segundo normativa

Figura 6 - Fluxograma de execução de laje pré-moldada.



Fonte: Autor, 2022.

3.13 Patologia das Construções

Ao longo dos anos, ocorreu um grande desenvolvimento tecnológico no ramo da construção civil, tanto nos materiais empregados, como nas técnicas construtivas, concepção dos projetos, cálculos, análises. Esse desenvolvimento gerou um crescimento rápido em diversas construções, e esse crescimento vem acompanhado com maiores riscos e maiores chances de falhas, junto a isso, vem a deterioração prematura das edificações, o desgaste natural das estruturas e materiais, acidentes, negligências, dentre outros aspectos que ocasionam no deterioramento das estruturas (WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018).

A NBR 15575-1 – Edificações habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013) diz que manifestação patológica é uma alteração que se manifesta no produto por diversos motivos, como falhas na fabricação, no projeto, na execução, na montagem, no uso ou falta de manutenção e também por envelhecimento natural do produto. Nesse contexto, surge a necessidade de estudos científicos aprofundados acerca das edificações, identificando as falhas ocorrentes, o diagnóstico (causa, origem, mecanismo) e a partir daí encontrar a melhor solução para o caso (LICHTENSTEIN, 1986; WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018).

3.13.1 Patologia das estruturas em Concreto Armado

Existem diversos fatores que danificam ou destroem as estruturas de concreto armado, alguns agentes atuam no concreto, outros no aço e alguns deterioram os dois.

Segundo Souza e Ripper (1998), a classificação dos agentes patológicos das estruturas de concreto armado pode ser dividida em:

- **Agentes mecânicos:** O mais comum é a sobrecarga, onde a causa pode ser erro de projeto, execução mal realizada, sobrecarga superior à que foi prevista. Algo comum que ocorre é a sobrecarga em locais sem função estrutural;
- **Agentes físicos:** Variação da temperatura é um exemplo, onde a atuação dos agentes da natureza (calor, frio, vento, umidade) afetam, demasiadamente, a cura;
- **Agentes químicos:** Reações internas do concreto. O mais comum encontrado é o fenômeno da retração, onde a causa mais ocorrente é devido a cura

inadequada do concreto. Podem ser citados também a reação álcali-agregado; presença de cloreto, sais e ácidos no concreto;

- **Agentes biológicos:** Resultam de ataques químicos de ácidos gerados pelo crescimento de raízes de planta entre as fissuras ou poros do concreto.
- **Agentes extrínsecos:** Independem da estrutura em si. São fatores que invadem a estrutura durante a concepção ou vida útil da mesma

Segundo Weimer; Thomas; Dresch (2018, p.42), o surgimento de manifestações patológicas nas estruturas ocorre devido aos agentes de deterioração do concreto armado e poderia ser evitado com uma execução que segue as recomendações segundo norma, a utilização de materiais adequados, um planejamento em relação a manutenção e a realização de um bom projeto.

Segundo Souza e Ripper (1998), as principais manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto armado:

- Fissuração do concreto;
- Desagregação do concreto;
- Carbonatação do concreto;
- Perda de aderência;
- Desgaste do concreto;
- Corrosão das armaduras.

3.13.1.1 Erros de execução que podem gerar manifestações patológicas

Dentro da sequência correta no procedimento de um empreendimento na construção civil, a etapa de concepção e projeto deve estar concluída para que a etapa de execução seja realizada, porém muitas vezes isso não ocorre, onde são efetuadas adaptações ou modificações no projeto durante a fase de execução com a justificativa que se trata de uma facilitação construtiva, o que muitas vezes, geram em erros construtivos (SOUZA; RIPPER, 1998).

Algumas questões indiretas à execução também atrapalham a qualidade final da edificação. Essas falhas podem ocorrer devido à falta de condição adequada de trabalho, gerando falta de motivação para os trabalhadores da construção civil; falta de capacitação da mão de obra, controle de qualidade inadequado, má qualidade nos materiais, fiscalização

deficiente, fraco comando de equipe pode gerar erros graves no empreendimento (SOUZA; RIPPER, 1998).

A NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto armado - Procedimento (ABNT, 2004) estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto. Tal norma, define os requisitos detalhados para a execução de obras de concreto armado, onde a parte de projeto deve estar de acordo com a NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2004). Mas a eficiência do processo não pode ficar somente na elaboração de Normas Técnicas, esta deve passar por um rigoroso processo de fiscalização, não somente à norma técnica referente a execução de estruturas de concreto armado, mas também as normativas referentes a todos os materiais empregados, alcançando níveis de qualidade consideráveis (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Weimer, Thomas e Dresch (2018), durante a execução das estruturas de concreto armado, as ocorrências mais comuns que ocasionam em manifestações patológicas são:

- Cobrimento insuficiente;
- Mal posicionamento das armaduras;
- Escoramentos inadequados;
- Fôrmas mal executadas;
- Interpretação errada do projeto;
- Concreto mal executado (dosagem equivocada, cimento de menor resistência);
- Juntas de concretagem inadequadas.

Segundo Helene (2003), a durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores, denominados regra dos 4C:

- Composição ou traço do concreto;
- Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura;
- Cura efetiva do concreto na estrutura;
- Cobrimento ou espessura do concreto de cobrimento das armaduras.

Onde a autora traz que a maioria das obras já construídas e em operação no Brasil não utilizaram concreto recomendável segundo norma, onde do ponto de vista econômico, todas as medidas visando durabilidade feitas durante a etapa de projeto são mais seguras e baratas comparadas as medidas tomadas posteriormente a concretagem. Esse custo se eleva ainda mais quanto mais tarde for realizada a intervenção.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

O local de estudo consistiu em uma grande indústria da cidade de Barreiras-BA, onde a construtora “x” representa uma empresa terceirizada e presta serviços relacionados à construção civil.

4.1.1 Construtora “X”

A Construtora “X” é uma empresa de pequeno porte fundada no ano de 2020, a qual adentrou no mercado da engenharia civil por meio da elaboração de projetos de combate a incêndio e SPDA, bem como projetos complementares (estruturais, hidráulicos, sanitários e elétricos). Além dos serviços citados, a empresa também executa obras, onde destaca-se a execução de residências na cidade de Barreiras-BA.

4.2 Tipo de estudo

A análise acerca das práticas construtivas comumente observadas nas obras da Construtora “X”, apresentou um enfoque descritivo, onde as técnicas construtivas foram o objeto de estudo, sendo analisado se as mesmas apresentaram coerentes com as normativas.

A pesquisa realizada teve abordagem qualitativa analítica, onde as práticas foram analisadas e interpretadas, a fim de se identificar se o que está sendo realizado apresenta os requisitos para o desempenho satisfatório da edificação, sem aparição de patologias. Segundo Creswell (2021), os procedimentos qualitativos se baseiam em dados de texto e imagem, seguindo o que foi realizado no presente trabalho.

O procedimento técnico para realização da pesquisa consistiu em uma combinação de pesquisa bibliográfica, utilizando as Normas Brasileiras e vários autores de livros consagrados da construção civil como parâmetro, e um estudo de caso, levantando imagens e informações colhidas durante a execução das atividades dentro das obras em questão.

4.3 Itens de estudo

Os itens de estudo foram o acompanhamento das seguintes estruturas de Concreto Armado:

- Piso;
- Fundação (bloco armado);
- Pilares;
- Vigas baldrame;
- Vigas de cobertura;
- Laje pré-moldada.

4.4 Coleta de dados

A coleta de dados consistiu ocorreu durante o período de 28/02/2022 até 01/11/2022. O intuito foi coletar fotos e acompanhar as execuções de estruturas de concreto armado dentro das obras acompanhadas. As fotos foram retiradas pelo próprio autor e os rostos dos colaboradores foram descaracterizados a fim de preservar a imagem e identidade dos mesmos.

4.5 Análise dos dados

Com os dados coletados, relatou-se as práticas construtivas segundo as Normas Brasileiras e comparou-se com as práticas acompanhadas nas obras da construtora “x”. Entendendo se as práticas podem ocasionar em patologias e qual melhor forma de se resolver o problema durante a execução para mudar esse quadro ou se essas mudanças são somente um facilitador da atividade e podem ser mantidos sem causar problemas para o usuário final.

Realizou-se a sistematização das diferenças, identificando tais distinções entre a literatura e sobre o que é praticado, e foi elaborada uma análise pertinente de acordo com o levantamento bibliográfico. As divergências encontradas foram corrigidas quando possíveis, onde o que não pode ser corrigido, serve de aprendizado para as obras futuras da Construtora “X”, sendo assim, novas estratégias e estudos devem ser tomados pelos profissionais responsáveis a fim de evitar os problemas relatados no presente trabalho.

Os itens foram enumerados sequencialmente à execução da atividade, a fim de facilitar a identificação e análise de cada um, e foram comparados ao item 3.12 *Execução de Estruturas de Concreto Armado*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Execução de piso relatada in loco

1) O solo foi limpo e toda matéria orgânica presente foi retirada;

Figura 7 - Serviço preliminar para piso de concreto armado



Fonte: Autor, 2022.

2) O solo foi compactado com o compactador de solo tipo “sapinho”, a gasolina. Todo terreno foi deixado o mais plano possível de forma intuitiva;

3) No caso relatado, o piso antigo era composto por paralelepípedos de pedra e estes quando retirados, formavam a fôrma lateral para o piso novo;

Figura 8 - Bloquetes utilizados como fôrma lateral para piso



Fonte: Autor, 2022.

Comentários: O pré-requisito que as fôrmas necessitam ter para execução de estruturas de concreto armado relaciona-se à rigidez do sistema, a fim de garantir o formato final da estrutura e também ser suficientemente estanque para que não ocorra perda de pasta de cimento. O fato de utilizar os paralelepípedos de pedra como fôrma lateral, conforme Figura 8, não trazia prejuízo para o andamento do serviço, garantia o alinhamento necessário, atendia todos os pré-requisitos descritos em norma, além de trazer economia para a obra.

Discussão: A diferença encontrada não traz prejuízo para o produto final.

- 4) Foi utilizada um lastro de pedra britada nº2, com cerca de 5 centímetros de espessura e essa brita foi espalhada manualmente e compactada com uso de um soquete;
- 5) Foi utilizada uma lona plástica preta em toda área do piso, separando a camada de brita com as telas de aço;

Figura 9 - Camada separadora de lona plástica



Fonte: Autor, 2022.

- 6) Foram utilizadas telas soldadas de aço 4,2 mm com espaçamento de 10 cm. Os espaçadores utilizados foram feitos in loco através de argamassa, popularmente conhecidos como “cocada”, garantindo assim, o recobrimento adequado;

Figura 10 - Espaçadores artesanais feitos a partir de argamassa



Fonte: Autor, 2022

7) Antes da concretagem, toda área de piso foi molhada com utilização de mangueira;

Figura 11 - Colaborador molhando o piso previamente à concretagem



Fonte: Autor, 2022.

8) Concretagem do piso

8.1) Transporte do concreto: Para o transporte do concreto foi contratada uma concreteira da cidade. Onde foi utilizado um caminhão betoneira para realização do transporte e que garantia assim, a qualidade do concreto utilizado no piso.

Figura 12 - Caminhão betoneira utilizado para concretagem do piso



Fonte: Autor, 2022.

8.2) Recebimento e controle do concreto:

Foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), onde a medida do slump solicitado para concreteira foi atendido. Foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

Figura 13 - Colaborador da concreteira realizando o ensaio de abatimento do concreto



Fonte: Autor, 2022.

Figura 14 - Colaborador da concreteira retirando os CP's para verificação da resistência



Fonte: Autor, 2022.

8.3) Lançamento do concreto:

- Toda área da tela de aço soldada foi envolvida adequadamente pelo concreto;
- O concreto passou somente 30 minutos no processo de transporte entre a usina e o local da obra;
- Não foi utilizado mangote do caminhão bomba. O concreto foi transportado através de carrinhos de mão;
- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- Foram necessários 3 caminhões de concreto para finalizar o serviço. O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 3 horas.

Figura 15 - Lançamento do concreto a partir de carrinhos de mão



Fonte: Autor, 2022.

Item divergente: “Foram necessários 3 caminhões de concreto para finalizar o serviço. O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 3 horas”.

Comentários: O tempo máximo recomendado entre o contato da água com o cimento para confecção do concreto até o final da concretagem é de 2h30 segundo NBR 14931. Como o tempo relatado em obra apresenta pouca divergência do máximo, conclui-se que tal atraso não trouxe prejuízos para o concreto do piso, porém, se esse tempo se estendesse muito além do que é recomendado, poderia ocorrer prejuízos ao produto final, visto que não se deve utilizar concreto que já se iniciou o período de “pega”, além de haver alteração na água presente no concreto, interferindo sua consistência e sua resistência à compressão.

Discussão: A ideia é criar uma logística que favoreça com que a concretagem finalize o mais rápido possível, sendo assim é necessário pensar em todos os detalhes para que não ocorra nenhum imprevisto durante o processo. Uma possível solução caso a concretagem seja demorada, seria a utilização de aditivo retardador de pega para o concreto, fazendo com que esse início de pega demore mais tempo e possibilitando um espaço maior de tempo para a etapa.

8.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi somente espalhado com auxílio de um “rodo”, manualmente, e posteriormente despolado para trazer o aspecto adequado para o acabamento.

- Toda fôrma foi preenchida com concreto, sem presença de vazios;
- Não houve vibração da armadura.

Figura 16 - Colaborador espalhando o concreto com "rodo"



Fonte: Autor, 2022.

Item divergente: “O concreto foi somente espalhado com auxílio de um “rodo”, manualmente, e posteriormente desempolado para trazer o aspecto adequado para o acabamento”.

Comentários: O concreto não foi adensado, foi somente espalhado com auxílio do rodo, conforme Figura 16. Como a área de superfície da estrutura em questão é grande e que o espalhamento do concreto foi bem-sucedido, tal ação não trouxe interferências para o piso. Foi observado que todos os vazios foram, visivelmente, preenchidos e que o ato de sarrafear o concreto para obtenção do acabamento final, auxilia para não haver vazios e assim, toda armadura estar envolvida pelo concreto.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

8.5) Cura do concreto:

O processo de cura foi totalmente respeitado com o que diz na normativa. O piso passou pelo processo de cura úmida, pelo menos, nos primeiros 7 dias, com maior intensidade presente nas 48 horas iniciais.

Figura 17 - Colaborador utilizando mangueira para realização da cura do concreto



Fonte: Autor, 2022.

9) Como não foi utilizado fôrma de madeira, esse processo não precisou ser realizado.

10) O corte foi realizado com um período de 48 horas após a concretagem do piso. Foi utilizado uma máquina de cortar piso a gasolina. A espessura da junta alcançou 4 centímetros em quadros de cerca de 3 metros de distância entre si.

Figura 18 - Colaborador realizando corte



Fonte: Autor, 2022.

Figura 19 - Junta de dilatação após corte



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 1 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução do piso.

PISO		
Item	Descrição	Situação
1	Limpeza do solo	Atende
2	Compactação do solo	Atende
3	Montagem da fôrma	Não atende
4	Lastro de pedra britada N°2	Atende
5	Camada de lona plástica	Atende
6	Posicionamento das armaduras	Atende
7	Molhar toda área do piso	Atende
8.1	Transporte do Concreto	Atende
8.2	Recebimento e controle do Concreto	Atende
8.3	Lançamento do Concreto	Não atende
8.4	Adensamento do Concreto	Não atende
8.5	Cura do Concreto	Atende
9	Retirada das fôrmas (tempo mínimo)	Atende
10	Junta de dilatação (corte do piso)	Atende

Fonte: Autor, 2022.

5.2 Execução de fundação (sapata/bloco armado) relatada in loco

1) Não foi realizado nenhum tipo de estudo das características do solo;

Comentários: É fundamental que sejam realizados os estudos das características do solo, a fim de identificar seu tipo, suas características, se há a presença de água e qual seria essa profundidade. Para a escolha do tipo de fundação a ser utilizada, é imprescindível que as características do solo sejam conhecidas, se o estudo não for realizado, a escolha do tipo de fundação pode ser equivocada e prejudicar a estrutura em questão. Um problema comum que pode ocorrer por tal falha é o recalque do solo, onde o mesmo não suporta as cargas provenientes da edificação e sofrem rebaixamento. Há também uma influência na questão econômica, visto que nesses casos é comum acontecer superdimensionamentos da fundação, aumentando o valor gasto em aço e concreto.

Discussão: Contratar uma empresa especializada para realização do ensaio de reconhecimento à percussão (*SPT*). Tal ensaio é popular e comparados aos demais, também se demonstra econômico, sendo assim, é a principal alternativa para a correta análise do solo em questão, alcançando assim as características do solo e chegando na melhor alternativa de escolha da fundação, propiciando o correto dimensionamento desta etapa.

2) A escavação ocorreu até a profundidade de 1,5m e não apresentou riscos aos executantes. A escavação possuía largura compatível com a atividade;

Figura 20 - Colaborador realizando escavação para fundação



Fonte: Autor, 2022.

3) O fundo da escavação foi apiloado com um soquete de concreto e toda sua base foi regularizada;

4) Foi executada uma camada de concreto magro por toda superfície do fundo da vala, tendo aproximadamente 5 centímetros de espessura;

Figura 21 - Colaborador assentando o lastro de concreto magro



Fonte: Autor, 2022.

5) As armaduras foram posicionadas e fixadas de acordo com as especificações de projeto.

Figura 22 - Armadura posicionada para fundação



Fonte: Autor, 2022.

6) Foram utilizados espaçadores do tipo “cocada”, feitas in loco com argamassa, garantindo assim, o cobrimento necessário para a armadura;

Figura 23 - Espaçamento utilizado entre lastro de concreto e armadura



Fonte: Autor, 2022.

7) Antes do início da concretagem, toda área foi molhada com auxílio de uma mangueira;

8) Concretagem da fundação

8.1) Transporte do concreto:

O meio de transporte do concreto foi o carrinho de mão. Como a distância da betoneira até o local final de disposição do concreto era pequeno e o caminho era plano e sem obstáculos, não foi observado nenhum desvio em relação a segregação dos componentes;

Figura 24 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado em carrinho de mão



Fonte: Autor, 2022.

8.2) Recebimento e controle do concreto:

Não foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), em nenhum momento durante o processo. Não foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

Comentários: Os ensaios de verificação do concreto são de extrema importância para comprovar a compatibilidade do material com as especificações necessárias. Caso o controle da qualidade do concreto feito em obra não seja realizado, a estrutura da edificação não pode ser assegurada no aspecto de desempenho sobre a qual foi projetada. O *slump-test* avalia a consistência do concreto no estado fresco, tal fator interfere na sua trabalhabilidade e este fator deve estar compatível com a atividade realizada, atendendo as especificações de projeto. A trabalhabilidade do concreto está ligada diretamente ao adensamento do concreto, onde, se este estiver divergente do que é necessário, o adensamento pode não ser efetivo, deixando vazios na estrutura e podendo deixar o aço exposto aos agentes externos que contribuirão com a sua corrosão prematura.

O ensaio de resistência à compressão é fundamental para comparar se a resistência do concreto está de acordo com a prevista em projeto, onde se a resistência do concreto for menor do que o pedido em projeto, a vida útil da estrutura pode estar comprometida, além dos fatores de segurança aos usuários da edificação.

Discussão: Esse problema foi identificado somente para o concreto executado em obra. Primeiramente, é importante que seja feito o estudo de dosagem para a correta quantidade de materiais utilizados para se chegar na resistência desejada para o serviço. O ensaio de consistência do concreto controla a trabalhabilidade do concreto e sabemos que esse fator está ligado com o adensamento, logo essa etapa necessita ser cumprida pela equipe de obra. Para isso, é necessário um estudo e treinamento específico para a execução da etapa. É necessário também estudo e treinamento para a verificação da resistência à compressão para os corpos de prova, a fim de identificar se o concreto utilizado na etapa está alcançando a resistência pedida em projeto. Os 2 ensaios possuem obrigatoriedade por norma e devem ser seguidos, para isso, necessita que o responsável da obra dê a atenção devida para a etapa.

8.3) Lançamento do concreto:

- Toda armadura da fundação foi envolvida adequadamente pelo concreto;
- O concreto foi confeccionado na betoneira, ao lado da edificação e foi utilizado imediatamente após sua mistura;
- O concreto foi lançado do carrinho de mão para a fundação, não foi utilizado caminhão bomba;
- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 3 horas;

8.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi adensado através de um cabo de madeira, onde a mesma era utilizada como ferramenta para “socar” o concreto e ocorrer a distribuição do mesmo em toda fundação;
- Não ocorreu segregação dos materiais;
- Não ocorreu vibração da armadura;
- Durante o processo de adensamento, não se ultrapassou camadas de concreto com altura igual a 20 cm;

Item divergente: “O concreto foi adensado através de um cabo de madeira, onde a mesma era utilizada como ferramenta para “socar” o concreto e ocorrer a distribuição do mesmo em toda fundação”.

Comentários: O cabo de madeira utilizado para o adensamento não é a forma ideal de execução da atividade, porém foi observado que ele foi utilizado em diversos pontos da área da fundação, respeitando o adensamento por camadas de 20 cm. Também foi observado que após o lançamento do concreto e seu adensamento, a altura de concreto ia diminuindo, demonstrando que os vazios estavam sendo preenchidos e que toda área da fundação estava envolvida por concreto, logo a utilização do cabo de madeira atingiu com êxito o adensamento necessário para a etapa.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

8.5) Cura do concreto:

O concreto foi molhado somente nas 48 horas iniciais.

Comentários: A cura do concreto é essencial para proporcionar a resistência para a estrutura. Durante o processo de cura do concreto, há um processo químico de liberação de calor de hidratação do cimento, onde isso deve ser controlado com a cura adequado da estrutura em questão e se isso não for feito, há o risco do surgimento de fissuras, comprometendo a integridade da estrutura e possibilitando o surgimento de pontos de fragilidade, facilitando a entrada de agentes agressivos presentes no ambiente e que pode causar a corrosão das armaduras.

Discussão: Respeitar o tempo correto de cura úmida para o concreto. Para facilitar o respeito à esta etapa, é necessário um treinamento e explicação para a equipe de trabalho, visto que a importância desta etapa é alta e muitos trabalhadores não entendem a sua relevância. Outro fator preponderante, é o responsável técnico da obra cobrar da sua equipe que isso seja feito, para que de fato, esta etapa seja cumprida.

Tabela 2 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução da fundação.

FUNDAÇÃO		
Item	Descrição	Situação
1	Estudo do solo	Não atende
2	Escavação do terreno	Atende
3	Apiloar o fundo da escavação	Atende
4	Camada de Concreto magro	Atende
5	Posicionamento das armaduras	Atende
6	Colocar espaçador para cobrimento	Atende
7	Molhar toda área da fundação	Atende
8.1	Transporte do Concreto	Atende
8.2	Recebimento e controle do Concreto	Não atende
8.3	Lançamento do Concreto	Atende
8.4	Adensamento do Concreto	Não atende
8.5	Cura do Concreto	Não atende

Fonte: Autor, 2022.

5.3 Execução de pilares relatado in loco

1) O concreto base do pilar não foi “desgastado” e não foram fixados pontaletes de madeira na base;

Comentários: O desgaste da base do pilar é necessário para a remoção da nata endurecida de cimento depositada na superfície. Quando isso não é feito, há um prejuízo na aderência do concreto utilizado para o pilar, do concreto existente na base (devido à etapa anterior), provocando uma descontinuidade estrutural.

Não foram fixados pontaletes de madeira na base, visto que a alvenaria de bloco cerâmico deitado foi utilizada como auxílio para forma do pilar, algo que não traz prejuízo para o produto final, visto que a alvenaria garante a rigidez e estanqueidade necessária para atuar como forma. Logo a forma executiva sofreu uma alteração e os pontaletes de madeira na base não se fazem necessários.

Discussão: Para esse item, a única solução é cumpri-lo. É importante que o responsável pela obra cobre a execução dessa etapa para a equipe de trabalho.

2) As armaduras foram posicionadas e fixadas de acordo com as especificações de projeto. Foram utilizados espaçadores do tipo “cocada”, feitas in loco com argamassa;

Figura 25 - Armadura de pilar posicionada



Fonte: Autor, 2022.

3) Parte da fôrma é obtida com alvenaria de blocos cerâmicos na horizontal, a outra parte é utilizado tábuas de madeira. O sistema possui rigidez e garante o formato da estrutura, não trazendo problemas para a edificação;

Figura 26 - Colaborador montando a fôrma parcial do pilar



Fonte: Autor, 2022.

4) As fôrmas foram escoradas com estacas de madeira dispostas externamente na lateral. Foram verificados o alinhamento, locação, nível e esquadro;

Figura 27 - Pilar travado com estacas de madeira externas



Fonte: Autor, 2022.

5) Antes do início da concretagem, as fôrmas de madeira e os blocos cerâmicos foram molhados até sua saturação;

6) Concretagem dos pilares

6.1) Transporte do concreto: O meio de transporte do concreto foi o carrinho de mão. Como a distância da betoneira até o local final de disposição do concreto era pequeno e o caminho era plano e sem obstáculos, não foi observado nenhum desvio em relação a segregação dos componentes;

Figura 28 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado em carrinho de mão



Fonte: Autor, 2022.

6.2) Recebimento e controle do concreto:

Não foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), em nenhum momento durante o processo. Não foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

Comentários: Os ensaios de verificação do concreto são de extrema importância para comprovar a compatibilidade do material com as especificações necessárias. Caso o controle da qualidade do concreto feito em obra não seja realizado, a estrutura da edificação não pode ser assegurada no aspecto de desempenho sobre a qual foi projetada. O *slump-test* avalia a consistência do concreto no estado fresco, tal fator interfere na sua trabalhabilidade e este fator deve estar compatível com a atividade realizada, atendendo as especificações de projeto. A trabalhabilidade do concreto está ligada diretamente ao adensamento do concreto, onde, se este estiver divergente do que é necessário, o adensamento pode não ser efetivo, deixando vazios na estrutura e podendo deixar o aço exposto aos agentes externos que contribuirão com a sua corrosão prematura.

O ensaio de resistência à compressão é fundamental para comparar se a resistência do concreto está de acordo com a prevista em projeto, onde se a resistência do concreto for menor do que o pedido em projeto, a vida útil da estrutura pode estar comprometida, além dos fatores de segurança aos usuários da edificação.

Discussão: Esse problema foi identificado somente para o concreto executado em obra. Primeiramente, é importante que seja feito o estudo de dosagem para a correta quantidade de materiais utilizados para se chegar na resistência desejada para o serviço. O ensaio de consistência do concreto controla a trabalhabilidade do concreto e sabemos que esse fator está ligado com o adensamento, logo essa etapa necessita ser cumprida pela equipe de obra. Para isso, é necessário um estudo e treinamento específico para a execução da etapa. É necessário também estudo e treinamento para a verificação da resistência à compressão para os corpos de prova, a fim de identificar se o concreto utilizado na etapa está alcançando a resistência pedida em projeto. Os 2 ensaios possuem obrigatoriedade por norma e devem ser seguidos, para isso, necessita que o responsável da obra dê a atenção devida para a etapa.

6.3) Lançamento do concreto:

- Toda armadura dos pilares foi envolvida adequadamente pelo concreto;
- O concreto foi confeccionado na betoneira, ao lado da edificação e foi utilizado imediatamente após sua mistura;
- Foi utilizado baldes para dispor o concreto dentro dos pilares;

- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- Como a concretagem dos pilares é feita em etapas, a operação é curta. O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 1 hora;
- Como a concretagem dos pilares é feita em etapas, de acordo com o levante da alvenaria, a altura de lançamento nunca passou de 2 metros, não sendo assim necessário a utilização de janelas nas fôrmas.

Figura 29 - Lançamento de concreto com balde



Fonte: Autor, 2022.

6.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento;
- Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto;
- As armaduras não foram vibradas;

Figura 30 - Colaborador utilizando o martelo para "adensar" o concreto



Fonte: Autor, 2022.

Itens divergentes:

- “O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento”;
- “Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto”.

Comentários: A utilização de martelo a fim de bater em pontos da fôrma para adensar o concreto, conforme Figura 30, não é uma forma eficiente de realização do trabalho, onde além de não preencher por completo os vazios da estrutura, pode prejudicar na locação final da peça em questão. O adensamento inadequado também contribui para a segregação dos materiais constituintes do concreto, junto aos vazios do concreto após as fôrmas serem retiradas, são considerados pontos de entrada para os agentes agressivos da natureza,

favorecendo à corrosão das armaduras. Sendo assim, a durabilidade e vida útil da edificação, assim como a integridade estrutural, estará comprometida.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

6.5) Cura do concreto:

O concreto foi molhado somente nas 48 horas iniciais.

Figura 31 - Colaborador utilizando a mangueira para cura do concreto



Fonte: Autor, 2022.

Comentários: A cura do concreto é essencial para proporcionar a resistência para a estrutura. Durante o processo de cura do concreto, conforme Figura 31, há um processo químico de liberação de calor de hidratação do cimento, onde isso deve ser controlado com a cura adequado da estrutura em questão e se isso não for feito, há o risco do surgimento de fissuras, comprometendo a integridade da estrutura e possibilitando o surgimento de pontos de fragilidade, facilitando a entrada de agentes agressivos presentes no ambiente e que pode causar a corrosão das armaduras.

Discussão: Respeitar o tempo correto de cura úmida para o concreto. Para facilitar o respeito à esta etapa, é necessário um treinamento e explicação para a equipe de trabalho, visto que a importância desta etapa é alta e muitos trabalhadores não entendem a sua relevância. Outro fator preponderante, é o responsável técnico da obra cobrar da sua equipe que isso seja feito, para que de fato, esta etapa seja cumprida.

7) As fôrmas foram retiradas no dia posterior a concretagem.

Figura 32 - Pilar após retirada da sua fôrma



Fonte: Autor, 2022.

Comentários: A retirada das fôrmas só pode ser realizada quando o concreto estiver endurecido o suficiente para resistir às ações sobre a qual serão submetidas. Outro fator importante é que o valor do módulo de elasticidade do concreto é baixo e a probabilidade para a ocorrência de deformações é maior quando o concreto é solicitado com pouca idade. Logo a retirada das fôrmas deve respeitar o tempo mínimo solicitado, podendo causar danos irreparáveis para a integridade da estrutura.

Discussão: Respeitar o tempo mínimo de retirada das fôrmas, onde é importante que isso seja cobrado e passado para os colaboradores pelo responsável da obra. Também é

importante estar alinhado com o executante do projeto estrutural, para identificar as peças mais importantes e que requerem ainda mais atenção para essa etapa.

Tabela 3 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução dos pilares.

PILAR		
Item	Descrição	Situação
1	Apiloar o concreto da base	Não atende
2	Posicionamento das armaduras	Atende
3	Montagem da fôrma	Atende
4	Travamento lateral das fôrmas	Atende
5	Molhar toda área dos pilares	Atende
6.1	Transporte do Concreto	Atende
6.2	Recebimento e controle do Concreto	Não atende
6.3	Lançamento do Concreto	Atende
6.4	Adensamento do Concreto	Não atende
6.5	Cura do Concreto	Não atende
7	Retirada das fôrmas (tempo mínimo)	Não atende

Fonte: Autor, 2022.

5.4 Execução de vigas baldrame relatados in loco

- 1) A viga baldrame observada não se apresentava abaixo do nível do solo, não sendo necessário dispor de um espaço maior para a atividade;
- 2) O solo foi compactado e a regularização foi feita com uma alvenaria de embasamento, deixando todo o fundo da viga baldrame nivelado;

Figura 33 - Fundo de viga baldrame com alvenaria



Fonte: Autor, 2022.

3) As armaduras foram posicionadas e fixadas de acordo com as especificações de projeto. Foram utilizados espaçadores do tipo “cocada”, feitas in loco com argamassa;

Figura 34 - Posicionamento de armadura da viga baldrame



Fonte: Autor, 2022.

4) As tábuas de madeira se apresentaram firmes e alinhadas, garantindo a rigidez necessária para o formato da estrutura e a estanqueidade;

Figura 35 - Colaborador executando a fôrma da viga baldrame



Fonte: Autor, 2022.

Figura 36 - Colaborador colocando a fôrma lateral da baldrame



Fonte: Autor, 2022.

5) As fôrmas foram escoradas com estacas de madeira dispostas externamente na lateral. Foram verificados o alinhamento, locação, nível e esquadro. As vigas se apresentavam em constante largura em toda sua extensão;

Figura 37 – Fôrmas de viga baldrame travadas lateralmente



Fonte: Autor, 2022.

6) Antes do início da concretagem, a parte interna das fôrmas foram limpas e posteriormente foram molhadas até atingirem sua saturação;

Figura 38 - Colaborador molhando as fôrmas internamente antes da concretagem



Fonte: Autor, 2022.

7) Concretagem das vigas baldrame

Figura 39 - Concreto confeccionado em betoneira



Fonte: Autor, 2022.

7.1) Transporte do concreto: O meio de transporte do concreto foi o carrinho de mão. Como a distância da betoneira até o local final de disposição do concreto era pequeno e o caminho era plano e sem obstáculos, não foi observado nenhum desvio em relação a segregação dos componentes;

7.2) Recebimento e controle do concreto:

Não foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), em nenhum momento durante o processo. Não foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

Comentários: Os ensaios de verificação do concreto são de extrema importância para comprovar a compatibilidade do material com as especificações necessárias. Caso o controle da qualidade do concreto feito em obra não seja realizado, a estrutura da edificação não pode ser assegurada no aspecto de desempenho sobre a qual foi projetada. O *slump-test* avalia a consistência do concreto no estado fresco, tal fator interfere na sua trabalhabilidade e este fator deve estar compatível com a atividade realizada, atendendo as especificações de projeto. A trabalhabilidade do concreto está ligada diretamente ao adensamento do concreto, onde, se este estiver divergente do que é necessário, o adensamento pode não ser efetivo, deixando vazios na estrutura e podendo deixar o aço exposto aos agentes externos que contribuirão com a sua corrosão prematura.

O ensaio de resistência à compressão é fundamental para comparar se a resistência do concreto está de acordo com a prevista em projeto, onde se a resistência do concreto for menor do que o pedido em projeto, a vida útil da estrutura pode estar comprometida, além dos fatores de segurança aos usuários da edificação.

Discussão: Esse problema foi identificado somente para o concreto executado em obra. Primeiramente, é importante que seja feito o estudo de dosagem para a correta quantidade de materiais utilizados para se chegar na resistência desejada para o serviço. O ensaio de consistência do concreto controla a trabalhabilidade do concreto e sabemos que esse fator está ligado com o adensamento, logo essa etapa necessita ser cumprida pela equipe de obra. Para isso, é necessário um estudo e treinamento específico para a execução da etapa. É necessário também estudo e treinamento para a verificação da resistência à compressão para os corpos de prova, a fim de identificar se o concreto utilizado na etapa está alcançando a resistência pedida em projeto. Os 2 ensaios possuem obrigatoriedade por norma e devem ser seguidos, para isso, necessita que o responsável da obra dê a atenção devida para a etapa.

7.3) Lançamento do concreto:

- Toda armadura das vigas foi envolvida adequadamente pelo concreto;
- O concreto foi confeccionado na betoneira, ao lado da edificação e foi utilizado imediatamente após sua mistura;
- Foi utilizado pá para dispor o concreto dentro dos pilares;
- Não foi realizado lançamento de concreto em pontos concentrados;
- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 2 horas;

Figura 40 - Concreto lançado com auxílio de pá e colher de pedreiro



Fonte: Autor, 2022.

7.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento;
- Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto;
- As armaduras não foram vibradas;

Figura 41 - Utilização do martelo na tentativa de adensamento do concreto



Fonte: Autor, 2022.

Itens divergentes:

- “O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento”;
- “Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto”.

Comentários: A utilização de martelo a fim de bater em pontos da fôrma para adensar o concreto, conforme Figura 41, não é uma forma eficiente de realização do trabalho, onde além de não preencher por completo os vazios da estrutura, pode prejudicar na locação final da peça em questão. O adensamento inadequado também contribui para a segregação dos materiais constituintes do concreto, junto aos vazios do concreto após as fôrmas serem retiradas, são considerados pontos de entrada para os agentes agressivos da natureza, favorecendo à corrosão das armaduras. Sendo assim, a durabilidade e vida útil da edificação, assim como a integridade estrutural, estará comprometida.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

7.5) Cura do concreto:

O concreto foi molhado somente nas 24 horas iniciais.

Comentários: A cura do concreto é essencial para proporcionar a resistência para a estrutura. Durante o processo de cura do concreto, há um processo químico de liberação de calor de hidratação do cimento, onde isso deve ser controlado com a cura adequado da estrutura em questão e se isso não for feito, há o risco do surgimento de fissuras, comprometendo a integridade da estrutura e possibilitando o surgimento de pontos de fragilidade, facilitando a entrada de agentes agressivos presentes no ambiente e que pode causar a corrosão das armaduras.

O fato do concreto ser molhado somente nas 24 horas iniciais, não respeitando as 48h iniciais essenciais recomendadas, só aumentam o risco na integridade da estrutura.

Discussão: Respeitar o tempo correto de cura úmida para o concreto. Para facilitar o respeito à esta etapa, é necessário um treinamento e explicação para a equipe de trabalho, visto que

a importância desta etapa é alta e muitos trabalhadores não entendem a sua relevância. Outro fator preponderante, é o responsável técnico da obra cobrar da sua equipe que isso seja feito, para que de fato, esta etapa seja cumprida.

8) As fôrmas foram retiradas no dia posterior a concretagem.

Comentários: A retirada das fôrmas só pode ser realizada quando o concreto estiver endurecido o suficiente para resistir às ações sobre a qual serão submetidas. Outro fator importante é que o valor do módulo de elasticidade do concreto é baixo e a probabilidade para a ocorrência de deformações é maior quando o concreto é solicitado com pouca idade. Logo a retirada das fôrmas deve respeitar o tempo mínimo solicitado, podendo causar danos irreparáveis para a integridade da estrutura.

Discussão: Respeitar o tempo mínimo de retirada das fôrmas, onde é importante que isso seja cobrado e passado para os colaboradores pelo responsável da obra. Também é importante estar alinhado com o executante do projeto estrutural, para identificar as peças mais importantes e que requerem ainda mais atenção para essa etapa.

Figura 42 - Pontos de segregação e vazios observados após retirada da fôrma



Fonte: Autor, 2022.

9) Foi utilizado impermeabilizante asfáltico em todas as faces das vigas baldrame.

Figura 43 - Aplicação de impermeabilizante asfáltico



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 4 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução das vigas baldrame.

VIGAS BALDRAME		
Item	Descrição	Situação
1	Escavação para realização da tarefa	Atende
2	Regularização do terreno	Atende
3	Posicionamento das armaduras	Atende
4	Montagem da fôrma	Atende
5	Travamento lateral das fôrmas	Atende
6	Molhar toda área das vigas	Atende
7.1	Transporte do Concreto	Atende
7.2	Recebimento e controle do Concreto	Não atende
7.3	Lançamento do Concreto	Atende
7.4	Adensamento do Concreto	Não atende
7.5	Cura do Concreto	Não atende
8	Retirada das fôrmas (tempo mínimo)	Não atende
9	Impermeabilização das vigas	Atende

Fonte: Autor, 2022.

5.5 Execução de vigas de cobertura relatado in loco

1) As armaduras foram posicionadas e fixadas de acordo com as especificações de projeto. Foram utilizados espaçadores do tipo “cocada”, feitas in loco com argamassa;

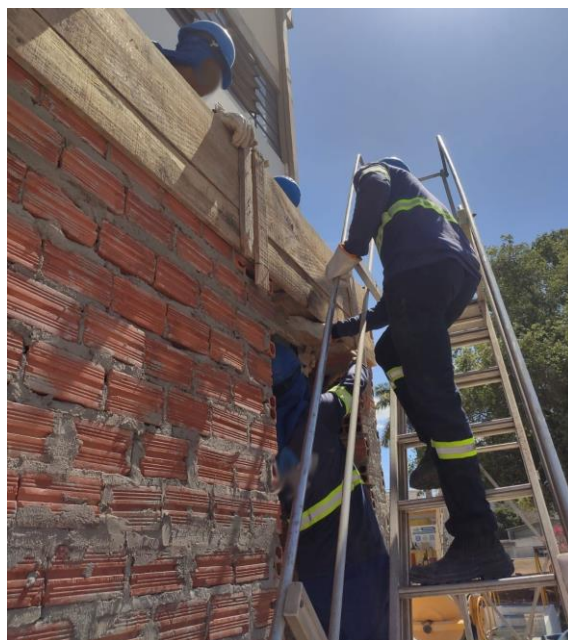
Figura 44 - Armadura da viga posicionada de acordo projeto estrutural



Fonte: Autor, 2022.

2) As tábuas de madeira se apresentaram firmes e alinhadas, garantindo a rigidez necessária para o formato da estrutura e a estanqueidade. No caso observado não havia viga aérea, onde a face interior da viga era constituída da alvenaria de bloco cerâmico deitado;

Figura 45 - Posicionamento das fôrmas laterais da viga



Fonte: Autor, 2022.

Figura 46 - Face de baixo de fôrma de viga e seu escoramento



Fonte: Autor, 2022.

3) As fôrmas foram escoradas com estacas de madeira dispostas externamente na lateral. Foram verificados o alinhamento, locação, nível e esquadro. As vigas se apresentavam em constante largura em toda sua extensão;

Figura 47 - Fôrmas de viga travadas lateralmente



Fonte: Autor, 2022.

4) Antes do início da concretagem, a parte interna das fôrmas foram limpas e posteriormente foram molhadas até atingirem sua saturação;

Figura 48 - Colaborador molhando a fôrma internamente antes da concretagem



Fonte: Autor, 2022.

5) Concretagem das vigas de cobertura

5.1) Transporte do concreto: O meio de transporte do concreto foi misto, onde a primeira parte era transportado com carrinho de mão e a segunda parte era com baldes em sistema de polia presente no andaime. Como a distância da betoneira até o local final de disposição do concreto era pequeno, o caminho era plano e sem obstáculos, e o sistema de polia com balde não danificou a qualidade do concreto, não foi observado nenhum desvio em relação a segregação dos componentes;

Figura 49 - Concreto confeccionado em betoneira e transportado por carrinho de mão



Fonte: Autor, 2022.

5.2) Recebimento e controle do concreto:

Não foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), em nenhum momento durante o processo. Não foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

Comentários: Os ensaios de verificação do concreto são de extrema importância para comprovar a compatibilidade do material com as especificações necessárias. Caso o controle da qualidade do concreto feito em obra não seja realizado, a estrutura da edificação não pode ser assegurada no aspecto de desempenho sobre a qual foi projetada. O *slump-test* avalia a consistência do concreto no estado fresco, tal fator interfere na sua trabalhabilidade e este fator deve estar compatível com a atividade realizada, atendendo as especificações de projeto. A trabalhabilidade do concreto está ligada diretamente ao adensamento do concreto, onde, se este estiver divergente do que é necessário, o adensamento pode não ser efetivo, deixando vazios na estrutura e podendo deixar o aço exposto aos agentes externos que contribuirão com a sua corrosão prematura.

O ensaio de resistência à compressão é fundamental para comparar se a resistência do concreto está de acordo com a prevista em projeto, onde se a resistência do concreto for menor do que o pedido em projeto, a vida útil da estrutura pode estar comprometida, além dos fatores de segurança aos usuários da edificação.

Discussão: Esse problema foi identificado somente para o concreto executado em obra. Primeiramente, é importante que seja feito o estudo de dosagem para a correta quantidade de materiais utilizados para se chegar na resistência desejada para o serviço. O ensaio de consistência do concreto controla a trabalhabilidade do concreto e sabemos que esse fator está ligado com o adensamento, logo essa etapa necessita ser cumprida pela equipe de obra. Para isso, é necessário um estudo e treinamento específico para a execução da etapa. É necessário também estudo e treinamento para a verificação da resistência à compressão para os corpos de prova, a fim de identificar se o concreto utilizado na etapa está alcançando a resistência pedida em projeto. Os 2 ensaios possuem obrigatoriedade por norma e devem ser seguidos, para isso, necessita que o responsável da obra dê a atenção devida para a etapa.

5.3) Lançamento do concreto:

- Toda armadura das vigas foi envolvida adequadamente pelo concreto;
- O concreto foi confeccionado na betoneira, ao lado da edificação e foi utilizado imediatamente após sua mistura;
- Foi utilizado baldes para dispor o concreto dentro dos pilares;

- Não foi realizado lançamento de concreto em pontos concentrados;
- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 2 horas;

Figura 50 - Concreto lançado com auxílio de balde



Fonte: Autor, 2022.

5.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento;
- Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto;
- As armaduras não foram vibradas;

Figura 51 - Colaborador utilizando estaca de madeira para adensar concreto



Fonte: Autor, 2022.

Itens divergentes:

- “O concreto foi adensado através da utilização de martelo, onde a mesma é batida nas fôrmas de madeira após seu lançamento”;
- “Após a retirada das fôrmas, foi possível perceber vazios em pontos específicos, além de uma pequena segregação dos materiais constituintes do concreto”.

Comentários: A utilização de martelo a fim de bater em pontos da fôrma para adensar o concreto não é uma forma eficiente de realização do trabalho, onde além de não preencher por completo os vazios da estrutura, pode prejudicar na locação final da peça em questão. O adensamento inadequado também contribui para a segregação dos materiais constituintes do concreto, junto aos vazios do concreto após as fôrmas serem retiradas, são considerados pontos de entrada para os agentes agressivos da natureza, favorecendo à corrosão das armaduras. Sendo assim, a durabilidade e vida útil da edificação, assim como a integridade estrutural, estará comprometida.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

5.5) Cura do concreto:

O concreto foi molhado somente nas 48 horas iniciais.

Figura 52 - Colaborador utilizando mangueira para cura do concreto



Fonte: Autor, 2022.

Comentários: A cura do concreto é essencial para proporcionar a resistência para a estrutura. Durante o processo de cura do concreto, há um processo químico de liberação de calor de hidratação do cimento, onde isso deve ser controlado com a cura adequado da estrutura em questão e se isso não for feito, há o risco do surgimento de fissuras, comprometendo a integridade da estrutura e possibilitando o surgimento de pontos de fragilidade, facilitando a entrada de agentes agressivos presentes no ambiente e que pode causar a corrosão das armaduras.

Discussão: Respeitar o tempo correto de cura úmida para o concreto. Para facilitar o respeito à esta etapa, é necessário um treinamento e explicação para a equipe de trabalho, visto que a importância desta etapa é alta e muitos trabalhadores não entendem a sua relevância. Outro fator preponderante, é o responsável técnico da obra cobrar da sua equipe que isso seja feito, para que de fato, esta etapa seja cumprida.

6) As fôrmas foram retiradas no dia posterior a concretagem.

Comentários: A retirada das fôrmas só pode ser realizada quando o concreto estiver endurecido o suficiente para resistir às ações sobre a qual serão submetidas. Outro fator importante é que o valor do módulo de elasticidade do concreto é baixo e a probabilidade para a ocorrência de deformações é maior quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Logo a retirada das fôrmas deve respeitar o tempo mínimo solicitado, podendo causar danos irreparáveis para a integridade da estrutura.

Discussão: Respeitar o tempo mínimo de retirada das fôrmas, onde é importante que isso seja cobrado e passado para os colaboradores pelo responsável da obra. Também é importante estar alinhado com o executante do projeto estrutural, para identificar as peças mais importantes e que requerem ainda mais atenção para essa etapa.

Tabela 5 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução das vigas de cobertura.

VIGAS DE COBERTURA		
Item	Descrição	Situação
1	Posicionamento das armaduras	Atende
2	Montagem da fôrma	Atende
3	Travamento lateral das fôrmas	Atende
4	Molhar e limpar toda área das vigas	Atende
5.1	Transporte do Concreto	Atende
5.2	Recebimento e controle do Concreto	Não atende
5.3	Lançamento do Concreto	Atende
5.4	Adensamento do Concreto	Não atende
5.5	Cura do Concreto	Não atende
6	Retirada das fôrmas (tempo mínimo)	Não atende

Fonte: Autor, 2022.

5.6 Execução de laje pré-moldada relatado in loco

1) Montagem da fôrma e escoramento da laje:

- A distribuição das vigotas, todas informações relacionadas à fôrma e escoramento foram executadas de acordo com o projeto feito por um engenheiro civil, incluso ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) de projeto;
- O escoramento foi diretamente apoiado ao piso plano cimentado, sem a presença de cunhas ou caixas de areia. O escoramento utilizado foi com andaimes tipo *Tube-Roll*;
- O espaçamento do escoramento, no sentido transversal das vigotas, tinha distância menor que 1 metro entre elas.
- As fôrmas possuíam rigidez para garantir o formato da estrutura e também eram estanques para receber todo concreto necessário para a estrutura

Figura 53 - Vigotas e EPS colocados de acordo projeto estrutural



Fonte: Autor, 2022.

Figura 54 - Escoramento de laje com andaime *tubo roll*



Fonte: Autor, 2022.

Figura 55 - Detalhe do escoramento com andaime *tubo roll* (respeitando o espaçamento)



Fonte: Autor, 2022.

2) As armaduras necessárias (telas de aço soldadas) foram posicionadas e fixadas de acordo as especificações de projeto;

Figura 56 - Telas de aço instaladas de acordo projeto estrutural



Fonte: Autor, 2022.

3) Acima da laje pré-moldada, foram colocadas tábuas de madeira para possibilitar o deslocamento de trabalhadores durante a atividade;

Figura 57 - Colaboradores transitando na laje em cima de tábuas de madeira



Fonte: Autor, 2022.

- 4) Não havia nenhuma passagem de conduítes ou tubos para a laje em questão;
- 5) Dois dias anteriores a concretagem, todo escoramento foi verificado, assim como toda ferragem e condições das fôrmas. Tudo seguia o que estava em projeto;
- 6) Antes do início da concretagem, toda laje foi molhada com auxílio de uma mangueira;

Figura 58 - Colaborador molhando a laje anteriormente à concretagem



Fonte: Autor, 2022.

7.1) Transporte do concreto:

Para o transporte do concreto foi contratada uma concreteira da cidade. Onde foi utilizado um caminhão betoneira para realização do transporte e que garantia assim, a qualidade do concreto utilizado para laje.

Figura 59 - Transporte do concreto a partir do caminhão betoneira e caminhão bomba



Fonte: Autor, 2022.

7.2) Recebimento e controle do concreto:

Foi realizado o ensaio do abatimento do concreto (*slump-test*), onde a medida do *slump* solicitado para concreteira foi atendido. Foram retirados corpos de prova para a verificação da resistência à compressão do concreto.

7.3) Lançamento do concreto:

- Toda área da tela de aço soldada e da armadura das vigas foram envolvidas adequadamente pelo concreto;
- O concreto passou somente 30 minutos no processo de transporte entre a usina e o local da obra;
- O mangote do caminhão bomba foi mantido com inclinação adequada para a atividade;
- Em um momento da concretagem ocorreu o rompimento de uma placa de EPS devido a concentração de concreto em um certo ponto. A concretagem foi pausada, uma outra placa de EPS posicionada e o processo retomou-se e nenhum problema do gênero foi relatado;
- Não houve deslocamento das armaduras, onde as mesmas se apresentavam bem firmes devido a amarração adequada;
- Foi necessário apenas 1 caminhão de concreto para execução do serviço. O período de início ao fim da concretagem durou cerca de 1 hora e meia.

Figura 60 - Mangote na inclinação correta para lançamento de concreto



Fonte: Autor, 2022.

Figura 61 - Concreto lançado em laje



Fonte: Autor, 2022.

7.4) Adensamento do concreto:

- O concreto foi somente espalhado com auxílio de um “rodo”, manualmente, e posteriormente desempolado para trazer o aspecto adequado para o acabamento.
- Toda fôrma foi preenchida com concreto, sem presença de vazios;
- Não houve vibração da armadura;
- Nos encontros da laje com vigas e pilares foi tomado maior cuidado para que todo vazio fosse preenchido adequadamente com concreto.

Figura 62 – Espalhamento e adensamento do concreto com auxílio de "rodo"



Fonte: Autor, 2022.

Item divergente:

- “O concreto foi somente espalhado com auxílio de um “rodo”, manualmente, e posteriormente desempolado para trazer o aspecto adequado para o acabamento”

Comentários: O concreto não foi adensado, foi somente espalhado com auxílio do rodo, conforme Figura 62. Como a área de superfície da estrutura em questão é grande e o espalhamento do concreto foi bem-sucedido, tal ação não trouxe interferências para o piso. Foi observado que todos os vazios foram, visivelmente, preenchidos e que o ato de sarrafejar o concreto para obtenção do acabamento final, auxilia para não haver vazios e assim, toda armadura estar envolvida pelo concreto.

Discussão: O ideal é a utilização de vibradores específicos para o adensamento do concreto. Essa etapa apresenta grande responsabilidade e deve ser acompanhada de perto pelo responsável técnico da obra e o mestre de obra, além da importância do colaborador que manusear o item, possuir treinamento e habilitação para a execução da etapa. Lembrando que o excesso de vibração pode causar a segregação do concreto.

7.5) Cura do concreto:

O processo de cura foi totalmente respeitado com o que diz na normativa. O piso passou pelo processo de cura úmida nos primeiros 7 dias, com maior intensidade presente nas 48 horas iniciais.

Figura 63 - Colaborador utilizando mangueira para a cura do concreto



Fonte: Autor, 2022.

8) O escoramento foi retirado 15 dias após a concretagem;

9) Parte da laje irá receber cobertura e outra parte não, sendo assim, foi realizado a sua impermeabilização com uso de argamassa polimérica impermeabilizante na parte onde não haverá cobertura. Também foi respeitada uma inclinação de queda de 1%.

Figura 64 - Parte da laje com presença de cobertura e a outra impermeabilizada



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 6 - Tabela resumo de comparação Norma/Execução da laje.

LAJE		
Item	Descrição	Situação
1	Montagem da fôrma e escoramento	Atende
2	Posicionamento das armaduras	Atende
3	Colocar tábuas para locomoção	Atende
4	Fixamento dos tubos de passagem	Atende
5	Verificação geral	Atende
6	Molhar toda área da laje	Atende
7.1	Transporte do Concreto	Atende
7.2	Recebimento e controle do Concreto	Atende
7.3	Lançamento do Concreto	Atende
7.4	Adensamento do Concreto	Não atende
7.5	Cura do Concreto	Atende
8	Retirada do escoramento	Atende
9	Cobertura/Impermeabilização	Atende

Fonte: Autor, 2022.

6. CONCLUSÃO

Após o levantamento do passo a passo detalhado para cada etapa nos mais diversos tipos de estruturas de concreto armado, foi necessário avaliar se o que estava sendo feito na obra apresentava conformidade com o levantamento, onde as diferenças relatadas eram discutidas a fim de analisar se o que está sendo feito pode causar problemas e possíveis soluções pra tais.

Os principais problemas relatados na obra da construtora “x” para a execução das atividades foram o adensamento inadequado para o concreto, a falta de controle tecnológico para o concreto, a cura indevida para as peças estruturais e o tempo mínimo de retirada de fôrma não respeitado.

O adensamento inadequado do concreto apareceu em todas estruturas relatadas, sendo mais grave nos pilares (devido às dimensões da peça dificultarem o correto preenchimento dos vazios) e vigas baldrame (onde foi visualizado pontos de segregação posteriores à retirada da fôrma), e como já foi dito nas discussões, a melhor forma de executar a tarefa é utilizando os vibradores de imersão, trazendo a estrutura, o preenchimento adequado de concreto. Para os concretos feitos na obra, não houve o controle tecnológico do Concreto, onde tal problema traz insegurança a respeito do material utilizado e deve ser corrigido com a introdução dos ensaios por parte dos responsáveis. A cura indevida foi problema relatado no bloco armado, pilares e vigas; onde é necessário a implementação da importância da cura para as reações químicas presentes no Concreto para o correto endurecimento por parte dos responsáveis da obra. O tempo mínimo não respeitado para a retirada das fôrmas foi relatado nos pilares e vigas, onde esse tempo precisa ser respeitado, visto que parte da fôrma participa do processo de cura, além disso, a estrutura não pode sofrer esforços não previstos e esse fator depende do endurecimento do concreto presente. Tais problemas possuem soluções fáceis e que podem ser resolvidos pelos responsáveis da obra, sendo importante o correto estudo e treinamento para as etapas e isso ser, de fato, repassado para a equipe que executa as atividades.

Fica a sugestão para tratados futuros, que mais etapas de obra sejam acompanhadas e este modelo seja seguido. O trabalho visa entender o que está sendo executado pela Construtora “X” e que ocorra as devidas correções para evitar o surgimento de manifestações patológicas. Sendo assim, tanto os trabalhadores da construção civil, que teriam um aprendizado nas corretas práticas, à construtora que teria um menor número de problemas enfrentados e os clientes, que irão usufruir do produto final e conseqüentemente,

se livrarão de infortúnios, todos estes, seriam beneficiados com as corretas práticas construtivas segundo Normas e literatura, onde este trabalho vem a contribuir com essa causa, criando um histórico favorável e que ajuda na qualificação da mão de obra encontrada na região. O trabalho pode ser revisitado de tempos em tempos, entendendo se realmente houve melhorias nas práticas construtivas e o-editando para as inovações tecnológicas ocorrentes ao longo dos anos.

7. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR NM 67:1998 – **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. São Paulo: ABNT, 1998.

ABNT. NBR 5739:1994 – **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. São Paulo: ABNT, 1994.

ABNT. NBR 6118:2004 – **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. São Paulo: ABNT, 2004.

ABNT. NBR 6122:1996 – **Projeto e execução de fundações**. São Paulo: ABNT, 1996.

ABNT. NBR 9061:1985 – **Segurança de escavação a céu aberto**. São Paulo: ABNT, 1985.

ABNT. NBR 12655:2015 – **Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação**. São Paulo: ABNT, 2015.

ABNT. NBR 14931:2004 – **Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. São Paulo: ABNT, 2004.

ABNT. NBR 15575-1:2013 – **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. São Paulo: ABNT, 2013.

ABNT. NBR 15696:2009 – **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. São Paulo: ABNT, 2009.

ABNT. NBR ISO 9000:2015 – **Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário**. São Paulo: ABNT, 2015.

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos da Engenharia de Edificações**. 5ª Ed. Porto Alegre: Grupo A, 2013. Livro digital.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT/Quem somos**. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br/institucional/sobre>>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT/Sobre a normalização**. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br/normalizacao/sobre>>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997. Livro digital.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Princípios da mecânica dos solos e fundações para a construção civil**. São Paulo: Editora Blucher, 2014. Livro digital.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **A importância da construção civil para a economia nacional.** Disponível em: <<https://cbic.org.br/a-importancia-da-construcao-civil-para-a-economia-nacional/>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

CHING, Francis. et al. **História global da Arquitetura.** 3ª Ed. Porto Alegre: Grupo A, 2019. Livro digital.

CORREA, Marques P. **Estruturas em Concreto Armado.** Porto Alegre: Grupo A, 2018. Livro digital.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Projeto de pesquisa-: Métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Penso Editora, 2021.

CUNHA, Alessandra M. et al. **Construção Civil.** 1ª Ed. Porto Alegre: Sagah, 2017. Livro digital.

FAZIO, Michael; MOFFETT, Marian; WODEHOUSE, Lawrence. **A história da Arquitetura mundial.** 3ª Ed. Porto Alegre: Grupo A, 2011. Livro digital.

HELENE, P. **A nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto.** [S.I.]:[s.n.], [20,40], p. 02.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/barreiras/panorama>>. Acesso 20 de junho de 2022.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Patologia das construções.** *Boletim técnico*, v. 6, p. 86, 1986.

NETO, Egydio P. **Caderno de Receitas Concreto Armado – Vigas – Vol. 1.** São Paulo: Grupo GEN, 2017. Livro digital.

NETO, Egydio P. **Caderno de Receitas Concreto Armado – Pilares – Vol. 2.** São Paulo: Grupo GEN, 2017. Livro digital.

NEUMANN, Edward. **Introdução à Engenharia Civil.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. Livro digital.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050.** ONU News. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial deve ter mais 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos.** ONU News. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

- PARIZOTTO, Liana. **Concreto Armado**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. Livro digital.
- PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Qualidade na Construção Civil**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2014. Livro digital.
- PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Legislação Aplicada à Construção Civil**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2014. Livro digital.
- RIBEIRO, Bibiana Z. **Tecnologias na construção civil**. São Paulo: Saraiva, 2021. Livro digital.
- RIBEIRO, Daniel. **Corrosão e Degradação em Estruturas de concreto**. 2ª. Ed. São Paulo: Grupo GEN, 2018. Livro digital.
- SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. 4ª. Ed. São Paulo: Saraiva, 2018. Livro digital.
- SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998. Livro digital.
- TEATINI, João C. **Estruturas de concreto armado**. 3ª Ed. São Paulo: Grupo GEN, 2016. Livro digital.
- THOMAZ, E. **Trincas Em Edifícios: Causas Prevenção e Recuperação** – São Paulo: Pini: Escola Politécnica Da USP: Ipt, 1989. Livro digital.
- WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. **Patologia das Estruturas**. 1ª Ed. Porto Alegre: Grupo A, 2018. Livro digital.
- YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**. 10ª Ed. São Paulo: Pini: SindusCon, 2009. Livro digital.
- ZALAF, Rafael Schmaltz; MAGALHÃES FILHO, Saulo Ribeiro; BRAZ, Thiago Carvalho. **Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra**. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás–UFG. Goiânia, 2014.