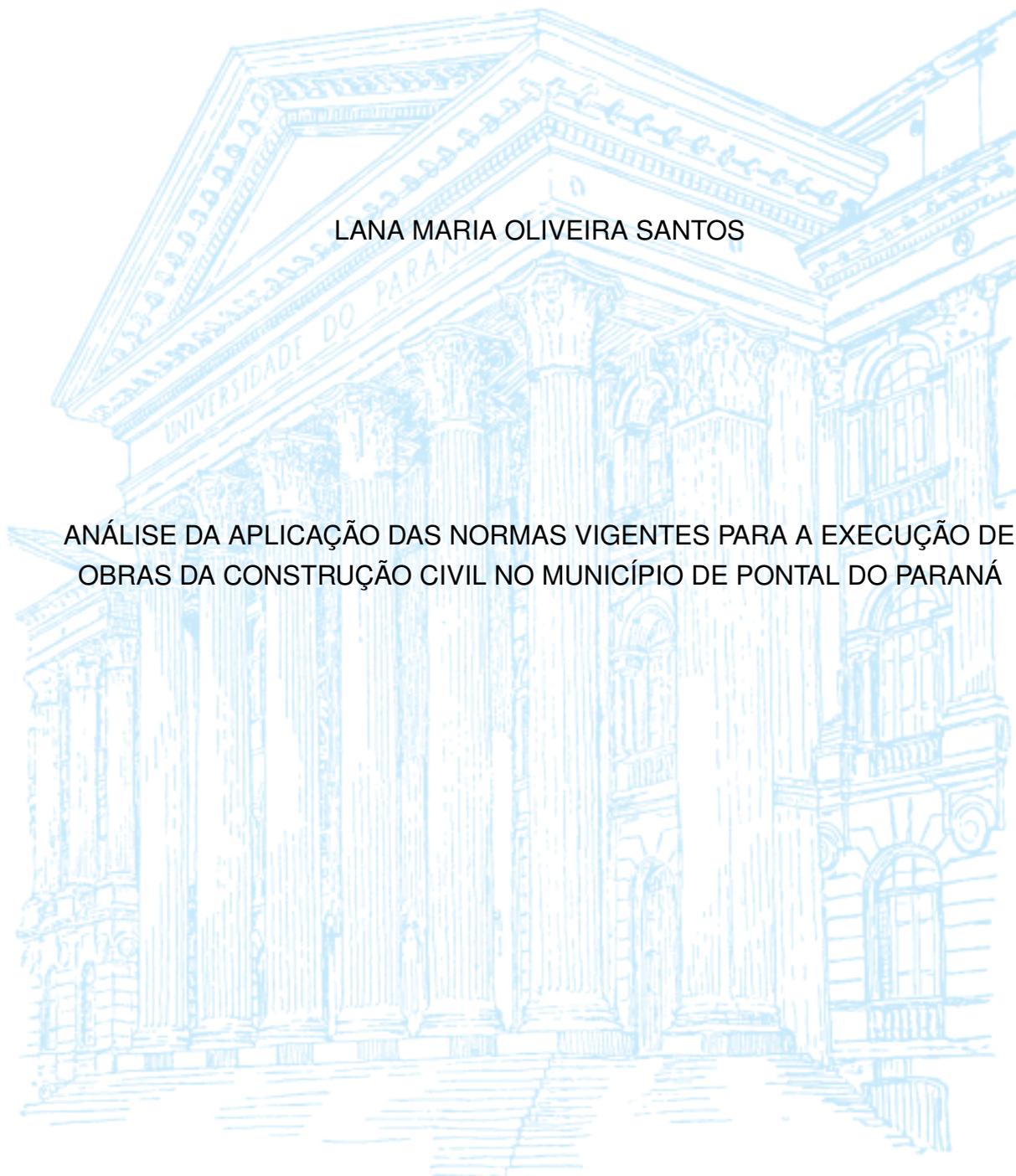


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LANA MARIA OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS NORMAS VIGENTES PARA A EXECUÇÃO DE
OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



PONTAL DO PARANÁ

2022

LANA MARIA OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS NORMAS VIGENTES PARA A EXECUÇÃO DE
OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção de título de
Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade
Federal do Paraná – Centro de Estudos do Mar.

Orientador: Prof Carlos Eduardo Rossigali, Dr.

PONTAL DO PARANÁ

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Santos, Lana Maria Oliveira
S194a Análise da aplicação das normas vigentes para a execução de obras da construção civil no município de Pontal do Paraná [recurso eletrônico] Lana Maria Oliveira Santos. – Pontal do Paraná, 2022.
1 arquivo [130 f.] : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Rossigali

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Civil.

1. Construção civil. 2. Construção civil - Legislação. I. Rossigali, Carlos Eduardo.
II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD - 624



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Lana Maria Oliveira Santos

“ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS NORMAS VIGENTES PARA EXECUÇÃO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Rossigali

Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Profa. Me. Eliane Pereira de Lima

CPP-CEM - UFPR

Eng. Civil Rafael Luis Leite Grillo

Pontal do Paraná, 12 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO ROSSIGALI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/05/2022, às 16:20, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL LUIS LEITE GRILLO, Usuário Externo**, em 12/05/2022, às 16:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Eliane Pereira de Lima, Usuário Externo**, em 18/05/2022, às 11:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4477154** e o código CRC **9915C535**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, e me agradecer por não ter desistido diante das dificuldades encontradas durante a minha vida acadêmica.

A minha mãe que sempre apoiou a escolha do curso e não mediu esforços para me ajudar a realizar esse sonho, além de nunca ter me deixado desistir do meu objetivo.

A minha família e a todas as pessoas que fazem parte da minha jornada e são a minha família do coração, que sempre me apoiaram e me motivaram a realizar esse curso.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo nos estudos, trabalhos, provas, comemorações. Essas pessoas que permitiram que esse tempo passasse mais rápido e fosse mais leve. Elas me mostraram que essa conquista é compartilhada com a conquista de cada um que dividiu esse tempo comigo.

Aos docentes, que mesmo diante de todas as dificuldades enfrentadas em nosso meio acadêmico, por sermos um curso novo, e conseqüentemente em consolidação, mas que sempre estiveram a disposição para ensinar, auxiliar e acompanhar nossa trajetória.

Ao meu orientador que acreditou na minha ideia inicial e sempre esteve á disposição para me ajudar nas visitas técnicas e na elaboração desse trabalho.

“If there’s just one piece of advice I can give you, it’s this– when there’s something you really want, fight for it – don’t give up no matter how hopeless it seems. And when you’ve lost hope. . . ask yourself in 10 years from now. . . you’re gonna wish you gave it just one more shot. Because the best things in life, they don’t come free.” – (Meredith Grey)

RESUMO

O município de Pontal do Paraná recebeu um impulso no setor da construção civil devido aos projetos que fomentam o desenvolvimento econômico local. Com o crescimento do mercado da construção, a verificação da qualidade de execução deste serviço se torna importante para conhecer os métodos construtivos utilizados, além de verificar se a infraestrutura disponível nas obras da região é suficiente, conforme recomenda a legislação destinada às obras por meio da associação brasileira de normas técnicas. O principal objetivo deste trabalho é realizar uma análise para verificar o cumprimento da legislação vigente nas obras da construção civil no município de Pontal do Paraná. Foram realizadas visitas técnicas para o acompanhamento da execução de obras em diversas fases, desde a fundação até a vistoria final feita após a entrega de uma obra. Para realizar a análise detalhada dos dados obtidos em campo, as obras foram identificadas de A até L, e as anotações foram resumidas de acordo com as fases de execução. A verificação do cumprimento das diretrizes da legislação se deu por meio da comparação com os dados obtidos nas visitas. Para obter um panorama geral das obras do município de Pontal do Paraná, elas foram qualificadas para comparar as verificações referentes à cada obra, e as principais orientações contidas na legislação. Os resultados obtidos mostram que existe um cumprimento parcial da legislação em todas as fases de uma obra. Destaca-se o não cumprimento da NBR 6118 que têm como diretriz a classe de agressividade ambiental tipo III para ambientes marinhos, como é o caso de Pontal do Paraná, e que orienta a elaboração e execução de projetos com a classe do concreto C30 e uso de espaçadores para garantir o cobrimento mínimo das armaduras.

Palavras-Chave: Execução de obras. Legislação. Construção civil. Pontal do Paraná.

ABSTRACT

The city of Pontal do Paraná has been getting a boost in the civil construction sector due to the projects that foster local economic development. With the growth of the construction market, the verification of the quality of execution of this service becomes important to know the construction methods used, besides verifying if the available infrastructure in the construction work is sufficient, as recommended by the legislation destined to the construction works through the Brazilian Association of Technical Norms. The main objective of this work is to conduct an analysis to verify compliance with current legislation in civil construction works in the city of Pontal do Paraná. Technical observations were made to monitor the execution of works in many different phases, from the foundation to the final inspection made after the delivery of a construction work. To perform the detailed analysis of the data obtained in the area, the construction work was identified as A through L, and the notes were synthesized according to the execution phases. The verification of compliance with the legislation's guidelines was done by means of comparison with the data obtained during the visits. To get an overview of the construction works in the city of Pontal do Paraná, they were qualified in tables that compare the verifications related to each construction work and the main guidelines contained in the legislation. The results obtained show that there is partial compliance with the legislation in all phases of a construction project. We highlight the non-compliance with the NBR 6118 that has as a guideline the environmental aggressiveness class type III for marine environments, as is the case of Pontal do Paraná, and that guides the preparation and execution of projects with concrete class C30 and use of spacers to ensure the minimum cover of the reinforcement.

Keywords: Construction work. Legislation. Civil construction. Pontal do Paraná

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – CANTEIRO-OBRA A	45
FIGURA 2 – ARMADURAS-OBRA A	47
FIGURA 3 – VIGAS-OBRA A	47
FIGURA 4 – MATERIAL DA LAJE-OBRA A	48
FIGURA 5 – LAJE-OBRA A	49
FIGURA 6 – QUARTO EXTRA-OBRA A	49
FIGURA 7 – VÃO LIVRE DA ESCADA	50
FIGURA 8 – ESCADA DA UNIDADE A	50
FIGURA 9 – VISTA DA ESCADA	50
FIGURA 10 – DEGRAUS DA ESCADA	50
FIGURA 11 – ESCADA DA UNIDADE B	51
FIGURA 12 – VÃO LIVRE UNIDADE B	51
FIGURA 13 – ALVENARIA-OBRA B	54
FIGURA 14 – LANCES ESCADA-OBRA B	55
FIGURA 15 – REVESTIMENTO-OBRA B	57
FIGURA 16 – QUARTO-OBRA B	57
FIGURA 17 – ÁREA EXTERNA-OBRA B	57
FIGURA 18 – SOLEIRA-OBRA B	57
FIGURA 19 – FUNDAÇÃO-OBRA C	59
FIGURA 20 – VIGAS-OBRA C	61
FIGURA 21 – ARMADURAS-OBRA C	61
FIGURA 22 – <i>SLUMP TEST</i> -OBRA C	63
FIGURA 23 – CONCRETO-OBRA C	63
FIGURA 24 – LAJE-OBRA C	64
FIGURA 25 – CONCRETAGEM À NOITE	64
FIGURA 26 – ESCORAS-OBRA C	65
FIGURA 27 – REBOCO- OBRA C	66
FIGURA 28 – CONTRAPISO- OBRA C	66
FIGURA 29 – ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS-OBRA D	67
FIGURA 30 – ALVENARIA-OBRA D	68
FIGURA 31 – ESGOTO-OBRA D	68
FIGURA 32 – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS-OBRA D	69
FIGURA 33 – COBERTURA-OBRA D	71
FIGURA 34 – BANHEIRO-OBRA D	71
FIGURA 35 – NICO-OBRA D	71
FIGURA 36 – ESTACA-OBRA E	73

FIGURA 37 – FUNDAÇÃO-OBRA E	73
FIGURA 38 – FORMAS-OBRA E	74
FIGURA 39 – AMOSTRAS-OBRA E	74
FIGURA 40 – ALVENARIA-OBRA E	76
FIGURA 41 – ESGOTO-OBRA E	76
FIGURA 42 – LAJE-OBRA E	77
FIGURA 43 – COBERTURA-OBRA E	77
FIGURA 44 – ACABAMENTO-OBRA E	78
FIGURA 45 – BANHEIRO-OBRA E	78
FIGURA 46 – ARMADURAS-OBRA F	79
FIGURA 47 – PILARETES-OBRA F	79
FIGURA 48 – ALVENARIA-OBRA F	80
FIGURA 49 – VERGAS-OBRA F	80
FIGURA 50 – CASAS-OBRA G	81
FIGURA 51 – CANTEIRO-OBRA G	81
FIGURA 52 – LAJE-OBRA G	82
FIGURA 53 – CHAPISCO-OBRA G	82
FIGURA 54 – FUNDAÇÃO-OBRA H	84
FIGURA 55 – ARRANQUE-OBRA H	84
FIGURA 56 – ARMADURAS-OBRA H	85
FIGURA 57 – BALDRAME-OBRA H	85
FIGURA 58 – LAJE-OBRA H	86
FIGURA 59 – JUNTA DA LAJE-OBRA H	86
FIGURA 60 – ALVENARIA ESRTUTURAL	88
FIGURA 61 – DETALHE ALVENARIA	88
FIGURA 62 – OBRA I	90
FIGURA 63 – REVESTIMENTO-OBRA I	92
FIGURA 64 – REGISTROS-OBRA I	92
FIGURA 65 – REVESTIMENTO-OBRA J	94
FIGURA 66 – PAGINAÇÃO-OBRA J	94
FIGURA 67 – ALVENARIA-OBRA K	96
FIGURA 68 – REBOCO-OBRA K	96
FIGURA 69 – REBOCO 1-OBRA K	97
FIGURA 70 – REBOCO 2-OBRA K	97
FIGURA 71 – EMBOÇO-OBRA L	101
FIGURA 72 – REVESTIMENTO-OBRA L	101
FIGURA 73 – TELHADO-OBRA L	102
FIGURA 74 – COBERTURA-OBRA L	102
FIGURA 75 – INÍCIO ESCADA-OBRA L	103

FIGURA 76 – FIM ESCADA-OBRA L	103
---	-----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESPESSURAS ADMISSÍVEIS DE REVESTIMENTOS INTERNOS E EXTERNOS	41
TABELA 2 – OBRAS DE PONTAL DO PARANÁ	44
TABELA 3 – CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL	127
TABELA 4 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE CLASSE DE AGRESSIVIDADE E QUALIDADE DO CONCRETO	127
TABELA 5 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL E O COBRIMENTO NOMINAL PARA $\Delta_c = 10\text{mm}$. .	128

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

- CAA** Classe de agressividade ambiental
- CL** Complemento lateral
- CONFEA** Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
- CP** Cimento Portland
- CPCCA** Caixão perdido de concreto celular autoclavado
- CPEPS** Caixão perdido de EPS
- CREA** Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
- EPI** Equipamento de proteção individual
- EPS** Poliestireno expandido
- Ec** Módulo de elasticidade do concreto
- IBGE** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LC** Lajota cerâmica
- LEPS** Lajota de EPS- poliestireno expandido
- MDF** *Medium Density Fiberboard*
- MPT** Minipainel treliçado
- NBR** Norma Brasileira
- NR** Norma Regulamentadora
- PFR** Projeto de Revestimento de Fachada
- PT** Painel treliçado
- PVC** Policloreto de vinila
- SAE** *Society of Automotive Engineers*
- SC** Suporte cerâmico
- VC** Vigota com armadura simples ou comum
- VP** Vigota com armadura protendida

fcj Resistência à compressão aos j dias

fck Resistência característica do concreto à compressão

fc_m Resistência média do concreto à compressão

LISTA DE SÍMBOLOS

C_{nom}	Cobrimento nominal
C_{min}	Cobrimento mínimo
Δ_c	Tolerância de execução
°	Graus
p	Largura do piso da escada
e	Altura dos espelhos da escada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	JUSTIFICATIVA	21
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Objetivo Geral	22
1.2.2	Objetivos Específicos	22
1.3	METODOLOGIA	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	CANTEIRO DE OBRAS	23
2.2	FUNDAÇÕES	24
2.3	FORMAS	25
2.3.1	Cuidados na retirada de formas e escoramentos	27
2.4	ESCORAMENTO	27
2.5	PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	28
2.5.1	Projeto estrutural	28
2.5.2	Requisitos gerais da qualidade da estrutura avaliação da conformidade do projeto	28
2.5.3	Mecanismos de envelhecimento e deterioração	29
2.5.4	Durabilidade da estrutura de concreto	29
2.6	ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	30
2.6.1	Armaduras	30
2.6.2	Concretagem	32
2.7	ALVENARIA	36
2.8	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	37
2.9	INSTALAÇÕES DE ESGOTO	37
2.10	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	37
2.11	LAJES	38
2.12	COBERTURA	38
2.13	REVESTIMENTO	39
2.13.1	Pintura	41
2.14	ESCADAS	42
3	METODOLOGIA	44
3.1	OBRA A	44
3.1.1	Canteiro de Obras	45

3.1.2	Fundação	45
3.1.3	Formas	46
3.1.4	Estruturas de concreto armado	46
3.1.5	Armaduras	46
3.1.6	Alvenaria	47
3.1.7	Laje	47
3.1.8	Escoras	48
3.1.9	Vistoria Final	48
3.1.9.1	Unidades do tipo A	49
3.1.9.2	Unidades do tipo B	49
3.1.9.3	Instalações Hidráulicas	50
3.1.9.4	Instalações de Esgoto	51
3.1.9.5	Instalações Elétricas	51
3.1.9.6	Revestimento	51
3.1.9.7	Esquadrias	52
3.1.9.8	Cobertura	52
3.1.9.9	Varandas	52
3.2	OBRA B	52
3.2.1	Canteiro de Obras	53
3.2.2	Fundações	53
3.2.3	Armaduras	53
3.2.4	Formas	53
3.2.5	Concretagem	54
3.2.6	Alvenaria	54
3.2.7	Compatibilização	55
3.2.8	Vistoria Final	55
3.2.8.1	Escadas	55
3.2.8.2	Instalações Hidráulicas	56
3.2.8.3	Instalações de Esgoto	56
3.2.8.4	Instalações de Águas Pluviais	56
3.2.8.5	Instalações Elétricas	56
3.2.8.6	Revestimento	56
3.2.8.7	Esquadrias	57
3.2.8.8	Cobertura	58
3.2.8.9	Escoamento de água nas estruturas de concreto armado	58
3.3	OBRA C	58
3.3.1	Canteiro de Obras	58
3.3.2	Fundação	59
3.3.3	Formas	59

3.3.4	Armaduras	60
3.3.5	Concretagem	61
3.3.6	Instalações de Esgoto	63
3.3.7	Instalações Hidráulicas	64
3.3.8	Instalações Elétricas	64
3.3.9	Escoras	64
3.3.10	Laje	65
3.3.11	Alvenaria	65
3.3.12	Revestimento	66
3.3.13	Escada	66
3.4	OBRA D	66
3.4.1	Canteiro de Obras	67
3.4.2	Alvenaria	68
3.4.3	Instalações de Esgoto	69
3.4.4	Instalações Hidráulicas	69
3.4.5	Instalações Elétricas	70
3.4.6	Laje	70
3.4.7	Cobertura	70
3.4.8	Revestimento	70
3.4.9	Escadas	72
3.4.10	Esquadrias	72
3.5	OBRA E	72
3.5.1	Canteiro de Obra	72
3.5.2	Fundação	73
3.5.3	Formas	73
3.5.4	Armaduras	74
3.5.5	Concretagem	74
3.5.6	Alvenaria	75
3.5.7	Instalações de Esgoto	75
3.5.8	Instalações Elétricas	76
3.5.9	Instalações Hidráulicas	76
3.5.10	Infraestrutura de Ar condicionado	76
3.5.11	Escoras	77
3.5.12	Laje	77
3.5.13	Cobertura	77
3.5.14	Revestimento	77
3.5.15	Pintura	78
3.5.16	Esquadrias	78
3.6	OBRA F	79

3.6.1	Canteiro de obras	79
3.6.2	Formas	79
3.6.3	Armaduras	79
3.6.4	Alvenaria	80
3.7	OBRA G	80
3.7.1	Canteiro de Obras	80
3.7.2	Alvenaria	81
3.7.3	Laje	81
3.7.4	Revestimento	81
3.7.5	Infraestrutura de Ar condicionado	82
3.8	OBRA H	82
3.8.1	Canteiro de Obra	82
3.8.2	Fundação	83
3.8.3	Formas	83
3.8.4	Armaduras	84
3.8.5	Concretagem	85
3.8.6	Alvenaria	87
3.8.7	Escoras	89
3.8.8	Laje	89
3.8.9	Instalações Elétricas	89
3.8.10	Instalações Hidráulicas	89
3.8.11	Instalações de Esgoto	89
3.9	OBRA I	89
3.9.1	Canteiro de Obra	90
3.9.2	Fundação	90
3.9.3	Armaduras	91
3.9.4	Revestimento	91
3.9.5	Instalações Elétricas	91
3.9.6	Instalações Hidráulicas	92
3.9.7	Instalações de Esgoto	92
3.9.8	Infraestrutura de Ar condicionado	92
3.9.9	Esquadrias	93
3.10	OBRA J	93
3.10.1	Canteiro de Obras	93
3.10.2	Revestimento	93
3.10.3	Escadas	94
3.11	OBRA K	94
3.11.1	Canteiro de Obras	95
3.11.2	Armaduras	95

3.11.3	Alvenaria	95
3.11.4	Laje	96
3.11.5	Instalações Elétricas	96
3.11.6	Instalações Hidráulicas	96
3.11.7	Instalações de Esgoto	97
3.11.8	Revestimento	97
3.11.9	Contrapiso	98
3.11.10	Cobertura	98
3.12	OBRA L	98
3.12.1	Canteiro de Obras	99
3.12.2	Armaduras	99
3.12.3	Formas	99
3.12.4	Alvenaria	99
3.12.5	Instalações Elétricas	99
3.12.6	Escoras	100
3.12.7	Laje	100
3.12.8	Revestimento	100
3.12.9	Instalações Hidráulicas	101
3.12.10	Instalações de Esgoto	101
3.12.11	Instalações Elétricas	101
3.12.12	Infraestrutura de Ar condicionado	101
3.12.13	Cobertura	102
3.12.14	Esquadrias	102
3.12.15	Escadas	102
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	104
4.1	DOCUMENTAÇÃO	104
4.2	CANTEIRO DE OBRAS	105
4.3	FUNDAÇÕES	107
4.4	FORMAS	108
4.5	ESCORAMENTO	109
4.6	ANÁLISE DA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	110
4.7	ALVENARIA	113
4.8	LAJES	114
4.9	REVESTIMENTO	115
4.10	PINTURA	116
4.11	COBERTURA	116

		19
4.12	ESCADAS	117
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	120
	REFERÊNCIAS	122
	ANEXOS	126
ANEXO A	TABELAS DA NBR 6118	127

1 INTRODUÇÃO

As “Praias de Paranaguá” como eram popularmente conhecidas por serem distrito do município de Paranaguá, foram emancipadas em 20 de dezembro de 1995, pela Lei Estadual n.º 11.252, dando origem ao município de Pontal do Paraná (IBGE, 2022).

A economia era baseada no turismo durante o período do verão, por meio da pesca e de eventos tradicionais. Além das atividades que sustentavam a economia do município durante a sua emancipação, atualmente atividades como obras de infraestrutura, o aumento de obras de pequeno e médio porte, reformas e construções de órgãos públicos, etc. geram empregos em todas as regiões do município. A instalação de cursos de engenharia e licenciaturas no Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná em 2015, possibilitou que discentes iniciassem o contato com esta expansão do município na área da construção civil.

Os avanços econômicos contribuíram expressivamente com o aumento populacional do município, que tem a população estimada em 28.529 habitantes (IBGE, 2022). Pontal do Paraná foi a segunda cidade que mais gerou vagas de emprego no Brasil, vagas que foram ofertadas de acordo com as necessidades do projeto realizado pelo consórcio P76 (CASTRO, 2016). Essas vagas foram ofertadas durante a breve instalação da indústria voltada a construção de módulos de operação do navio plataforma do projeto do consórcio P76 entre 2014 e 2018, realizado no estaleiro da Techint no balneário de Pontal do Sul (CONSTRUÇÃO, 2019).

Embora grande parte das residências sejam destinadas para atividades de veraneio, com crescimento populacional e a abertura de novos empreendimentos e loteamentos nota-se que a expansão municipal está ligada ao ramo da construção civil, seja por meio da construção de novas residências, comércios, indústrias de pequeno e médio porte; até as futuras obras de grande porte que passam por processo de licenciamento como a Faixa de infraestrutura.

Com base no aumento das construções no município de Pontal do Paraná, é de extrema importância a realização de estudos para averiguar o cumprimento das normas vigentes do ramo da construção civil, a fim de garantir a segurança, qualidade e o bom desempenho na execução de projetos. As normas podem ser de abrangência nacional, como as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) que tem vigência em todo o território nacional. Outras normas são de abrangência regional de acordo com as entidades de classe regulamentadoras das atividades técnicas como o Conselho

Nacional de Engenharia e Agronomia (CREA) de cada estado. E há ainda as normas de abrangência municipal, sejam elas o Código de Obras do município ou a Lei de Zoneamento, uso e ocupação do solo.

A delimitação desta análise é feita pelo estudo das principais normas vigentes da ABNT para estas fases de execução de obras. O levantamento foi feito desde a etapa da fundação; estruturas de concreto armado com exceção da verificação das dimensões mínimas de pilares e vigas, e da análise de armaduras de lajes; alvenaria; concretagem; cobertura; revestimento; acabamento até a vistoria final. Foi feita a verificação da existência das instalações elétricas, instalações hidráulicas e instalações de esgoto durante as etapas de execução.

1.1 JUSTIFICATIVA

A análise da execução de obras em conformidade com as normas vigentes, permite obter um panorama geral da metodologia do trabalho realizado nas obras, que muitas vezes é coordenado por profissionais que, embora tenham experiência, não têm contato com as diretrizes gerais da construção civil. Isso pode gerar retrabalhos e falhas de execução, que por meio deste trabalho serão apontados a fim de permitir uma visão geral do que pode ser mudado para que as normas passem a ser seguidas.

Os erros construtivos mais comuns se dão por mão de obra sem qualificação, falta de informações, falhas de projeto e incompatibilização de projetos. Como nenhum projeto é perfeito, e os erros são comuns, muitas vezes eles só são descobertos durante a execução no canteiro de obras (CORREIA et al., 2017).

Os erros podem ocasionar perdas, retrabalhos, e a ociosidade da mão de obra (SANTOS, 2018). Embora as perdas estejam associadas, muitas vezes com o desperdício de materiais, outros fatores podem interferir na eficiência de uma obra, como por exemplo equipamentos, mão de obra, e nos custos que não foram previstos (CORREIA et al., 2017).

Um exemplo disso é apontado pela falta de compatibilização dos projetos da obra de um condomínio em Maceió ocasionou a construção de jardineiras em todos os andares, onde inicialmente no projeto constavam apenas no 7.º e 8.º andar. Esse erro foi percebido apenas durante a execução e não permitiu a interrupção do serviço, exigindo a consulta ao projetista para analisar se a estrutura suportaria as jardineiras (CORREIA et al., 2017).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o cumprimento da legislação vigente durante a execução de obras da construção civil, e identificar as consequências que podem ocorrer quando não há conformidade com os procedimentos construtivos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o cumprimento da legislação vigente para execução de projetos de estruturas de concreto armado;
- Identificar as possíveis falhas na execução e no controle de obras;
- Verificar as consequências das falhas de execução e controle de obras;
- Apontar o surgimento de patologias em decorrência da má execução das obras.

1.3 METODOLOGIA

Para realizar esta análise, foram feitas visitas técnicas em 12 obras localizadas no município de Pontal do Paraná, de modo a identificar os métodos de execução utilizados nas obras. O levantamento foi realizado através de anotações e registros fotográficos de diversas etapas destas obras para realizar o estudo posterior. Este levantamento de campo foi qualificado para as etapas construtivas de cada obra, de modo a verificar se a metodologia do trabalho utilizado em campo satisfazia os requisitos apresentados nas normas vigentes. Após a verificação são apresentados os resultados e as conclusões referentes à premissa do cumprimento das normas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras abrange o local onde será realizada uma obra e as instalações necessárias para dar suporte durante a execução. Ele é composto por alguns elementos essenciais como o local para o armazenamento de materiais e equipamentos, as dependências de permanência dos colaboradores, instalações sanitárias, as instalações elétricas e hidráulicas provisórias, área de corte e dobra de armaduras, área de carpintaria, e a vedação da área com tapumes, de acordo com o que é solicitado nas normas NR-18 (NR, 2021) e a NBR 12284 (ABNT, 1991).

A NR-18 (NR, 2021) determina que é obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) por parte dos colaboradores durante todo o tempo de trabalho. Para a construção civil, os equipamentos necessários são capacete, botina, cinto de segurança, luvas, óculos, protetores auriculares, etc. O uso destes equipamentos é de extrema importância para evitar ou mitigar os danos causados por acidentes de trabalho.

Os materiais devem ser bem armazenados, separados e identificados para que não ocorram imprevistos durante a utilização. De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017a), o armazenamento pode ser feito pelo tipo de material, em local seco, limpo, coberto, e sem contato com o solo.

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), materiais como os componentes do concreto e as armaduras do aço devem ser armazenados de modo que não haja prejuízos durante o período de estocagem. As barras de aço requerem um cuidado especial pois, é necessário garantir que as características geométricas e as propriedades sejam as mesmas desde o recebimento até a utilização na estrutura. Não deve haver contato com solo, óleos, graxas, e cada barra deve ser identificada, pois é comum que sejam utilizados diferentes diâmetros.

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022b) o armazenamento dos materiais é feito de modo que cada insumo seja separado e identificado. O cimento deve ser separado de acordo com a marca, tipo e classe; em pilhas de no máximo dez unidades quando armazenado por mais de quinze dias em obra ou quinze unidades para permanência de menos de uma semana. Ele deve ser armazenado em local fechado e protegido da ação do tempo. Os agregados são separados em baias, de acordo com a granulometria, sem que haja contato de grãos de tamanhos diferentes, as baias devem ser pavimentadas em concreto e com caimento que permita o escoamento da água do material. A água, quando armazenada, deve estar em local estanque e tampado para

que não haja contaminação.

2.2 FUNDAÇÕES

As fundações são as estruturas responsáveis pela distribuição das cargas provenientes dos pilares e vigas de uma edificação. Elas podem ser divididas em fundações rasas e profundas.

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), nas fundações superficiais, também conhecidas como fundações rasas ou diretas, a carga dos elementos é transmitida para o terreno pela pressão distribuída nos elementos da fundação. Alguns exemplos são as sapatas, blocos, *radiers*, sapatas associadas, vigas de fundação e as sapatas corridas. O dimensionamento estrutural das sapatas de concreto deve atender a norma NBR 6118 (ABNT, 2014a).

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), as vigas de fundação, popularmente conhecidas como vigas baldrame, são elementos de fundação superficial, centralizadas em planta e comuns a vários pilares alinhados. Por serem elementos superficiais, estas vigas necessitam de impermeabilização para proteger contra a ação do intemperismo e dos agentes agressivos.

A água, o calor e a abrasão são alguns dos principais fatores de desgaste e depreciação das construções. Através da impermeabilização, é possível proteger as construções e impedir a passagem de água causada por infiltrações, fluidos e vapores. Essa proteção deve ser utilizada nos elementos construtivos sujeitos á ações e intempéries, para proteger dos problemas patológicos que possam surgir a partir da infiltração da água acompanhada dos problemas decorrentes da ação do oxigênio e outros componentes agressivos presentes na atmosfera (SILVA et al., 2019).

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), o produto utilizado na impermeabilização varia de acordo com a necessidade e as características do material que irá passar por este processo. A aplicação do impermeabilizante é feita em camadas, de acordo com as exigências necessárias para que seja possível obter a estanqueidade do elemento construtivo. O produto mais utilizado para impermeabilização na construção civil é a tinta asfáltica.

A impermeabilização auxilia na durabilidade da estrutura, pois protege contra a ação da água nos elementos estruturais; permite o conforto e garante um melhor uso da edificação. Problemas de umidade, vazamentos e infiltrações podem causar danos financeiros e impedir o uso do imóvel; além de auxiliar na proteção do meio ambiente evitando a contaminação do solo (SOARES, 2014).

Para a NBR 6122 (ABNT, 2019), as fundações profundas são aquelas que podem dispor da resistência de ponta (na base do elemento) ou da resistência fuste

(na lateral do elemento), ou ainda por ambas. Alguns exemplos são as estacas, os tubulões e os caixões.

As estacas são elementos de fundação profunda onde não há o contato dos operários durante a execução. Esse modelo de fundação pode ser utilizado com diversos materiais como o concreto *in situ*, concreto pré moldado, madeira, aço ou mistos conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019). Elas podem ser do tipo broca, escavada, de concreto moldado *in loco*, de reação (mega ou prensada), escavada com fluido estabilizante, escavada mecanicamente, franki, hélice contínua monitorada, hélice de deslocamento monitorada, mista, metálica ou de aço, pré-moldada ou pré-fabricada de concreto, raiz, strauss, ou trado vazado segmentado *Hollow Auger* (ABNT, 2019).

Durante a concretagem, a NBR 6122 (ABNT, 2019) orienta que o preenchimento do concreto deve se estender por todo o fundo da vala e não apenas sobre a projeção da sapata. Essa concretagem do lastro de concreto magro deve ser feita antes da concretagem da sapata garantindo que a espessura seja de no mínimo 5 cm, e deixando a superfície plana e horizontal. A concretagem da sapata deve obedecer a todas as especificações contidas no projeto estrutural, e após a cura do concreto da sapata, deve ser realizado o reaterro compactado da vala.

Quanto ao dimensionamento estrutural, o cobrimento da armadura das estacas deve obedecer às espessuras mínimas de acordo com a NBR 6118 pois, varia de acordo com a agressividade do local onde se encontra (ABNT, 2014a).

Os projetos de fundações são elaborados levando em conta critérios como as cargas aplicadas pela edificação e a resposta do solo á estas solicitações. Existem três critérios para a escolha da fundação mais adequada, o critério técnico, o econômico e o de mercado. Para garantir a segurança das edificações vizinhas e garantir a segurança aos recalques aceitáveis para a estrutura são aplicados critérios técnicos, que muitas vezes são restritivos diminuindo assim a possibilidade de execução de alguns tipos de fundações conforme as cargas aplicadas, o tipo do solo e as características da obra. Já os critérios econômico e de mercado estão interrelacionados pois, dependem da disponibilidade de materiais, equipamentos, prazos da obra, restrições ambientais, legislação vigente, o tipo de execução mais comum na região, etc.; estes são aplicados após a análise do tipo de fundação mais viável (FALCONI et al., 1998).

2.3 FORMAS

As formas devem seguir as especificações contidas na NBR 14931 (ABNT, 2004), elas são elementos utilizados para moldar as estruturas que compõem as fundações, pilares, lajes, vigas, etc. A confecção deve ser feita sob medida para que cada peça se adapte ao formato e as dimensões das peças da estrutura projetada.

Para que seja possível confeccioná-las o projeto deve especificar as cargas admissíveis e conter todos os detalhamentos necessários.

As formas e escoras de madeira são projetadas de acordo com a NBR 7190 (seção 6). As madeiras podem ser do tipo buto, que são peças serradas ou não; ou industrializadas quando são fabricadas na indústria, onde existe o controle de umidade, temperatura, tolerâncias e espécies de madeira com propriedades físicas e mecânicas ensaiadas. Elas podem se dividir em dois grupos: as chapas de madeiras compensadas ou as vigas industrializadas de madeira tratadas, coladas e prensadas que podem ser maciças, compensadas, aglomeradas ou treliçadas (ABNT, 1997a).

É primordial que se preserve a característica de estanqueidade para evitar a perda da pasta de cimento. Quando são utilizadas em grandes vãos, é necessário realizar o monitoramento das mesmas para garantir que não haja deslocamentos que venham a prejudicar as dimensões e alinhamentos de projeto. O uso de desmoldante deve ser realizado para facilitar a desmoldagem, ele deve ser realizado antes do posicionamento das armaduras para que não haja prejuízos as superfícies do concreto conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997a).

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004) as formas podem ser reaproveitadas de acordo com as etapas da obra, desde que as características sejam preservadas, principalmente a capacidade de resistência do material que as compõe. É necessário prever a perda das formas, caso não seja possível realizar o aproveitamento; ou em casos onde essa forma seja perdida, fazendo parte da estrutura, deve-se verificar se é viável a sua utilização no sistema construtivo. A NBR 7190 (ABNT, 1997a) recomenda o uso de madeira de reflorestamento e em último caso de florestas nativas que tenham planos de manejo sustentável, para as formas e escoramentos.

A NBR 14931 (ABNT, 2004) recomenda que todos os furos e componentes que forem realizados junto à estrutura devem ser comunicados e verificados pelo projetista para garantir a segurança e o desempenho da estrutura. A sua inserção dentro dos elementos estruturais pode ser feita desde que eles sejam planejados para assegurar o correto posicionamento durante a concretagem. Eles podem ser feitos quando não houver modificações das características estruturais do elemento, quando não há a modificação dos componentes do concreto com a armadura, desde que não causem manchas na superfície aparente do concreto, e quando não ocorre prejuízo durante o lançamento e adensamento do concreto fresco .

Antes da concretagem deve ser realizado o procedimento de conferência das dimensões e da posição das formas, para assegurar a geometria dos elementos estruturais e da estrutura de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004). As dimensões e o posicionamento das formas e escoras deve permitir o trânsito de pessoas e equipamentos que serão necessários para realizar a concretagem com segurança. Em

formas de paredes, pilares, e vigas estreitas ou altas, o uso de aberturas provisórias próximas ao fundo devem ser providenciadas para realizar a limpeza. Quando o material das formas facilitar a evaporação ou absorção de umidade, elas devem ser molhadas até atingirem o ponto de saturação para diminuir a perda de água do concreto, utilizando furos para o escoamento da água em excesso (ABNT, 2004).

2.3.1 Cuidados na retirada de formas e escoramentos

O processo de retirada de formas e escoramentos segue um plano de desforma que deve ser organizado pelo responsável pela obra, de maneira que não haja o comprometimento da segurança e do desempenho da estrutura. É necessário cuidar para que não haja choque durante a retirada do escoramento e das formas, seguindo o plano elaborado para a estrutura e respeitando a aplicação de esforços, que deve ser lenta e gradual (ABNT, 1997a).

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997a), os dados que permitem a retirada de formas seguem o que foi indicado pelo projetista estrutural. Dados como os valores mínimos de resistência média do concreto à compressão e o módulo de elasticidade. O responsável técnico pela obra, deve garantir com que o f_{cm} (Resistência média do concreto à compressão) e o E_c (Módulo de elasticidade característico) especificados em projeto sejam atendidos na remoção do escoramento. A remoção das formas e escoramentos pode ser feita no mínimo 14 dias após a concretagem.

O tempo especificado para a retirada das formas e escoramentos conforme as orientações da NBR 7190 (ABNT, 1997a) deve ser seguido para que não haja a livre movimentação de juntas de retração ou dilatação e as articulações. Já em casos onde a forma faz parte do sistema de cura do concreto, como ocorre em pilares e laterais de vigas, onde o tempo de remoção de formas deve seguir os requisitos específicos. O comportamento da estrutura quanto às flechas deve ser rigorosamente acompanhado pelo responsável técnico, que deve proceder a comparação com o plano de desforma e repassar os dados ao projetista em caso de divergências.

2.4 ESCORAMENTO

Para a NBR 14931 (ABNT, 2004) o escoramento é uma etapa provisória que auxilia a montagem da estrutura, e deve suportar a ação do seu peso próprio, do peso da estrutura, das cargas acidentais e as deformações que venham a prejudicar ou causar esforços não previstos na estrutura.

A flambagem, a deformação dos materiais e a vibração que podem ocorrer durante o processo de escoramento devem ser previstas. Ele deve ser realizado sobre cunhas que facilitem a remoção das formas sem que haja impacto ou sobrecargas na

estrutura. O uso de pranchões, lastro ou a sua utilização sobre piso de concreto evita a ocorrência de recalques como indica a NBR 14931 (ABNT, 2004).

Quando forem utilizadas escoras metálicas, estas devem seguir as orientações do fornecedor. A desforma deve considerar os materiais utilizados na construção, principalmente quanto ao carregamento e a capacidade de suporte quando há outras lajes anteriores (ABNT, 2004).

O escoramento deve garantir que a carga atuante na laje seja menor do que a carga admissível do elemento, este cálculo deve ser feito de acordo com o tipo de escora e as disposições de projeto conforme orienta a NBR 15696 (ABNT, 2009b).

2.5 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

2.5.1 Projeto estrutural

O projeto estrutural contém todas as informações específicas e os critérios adotados durante a realização do projeto. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a), ele é apresentado com desenhos e especificações técnicas referentes à estrutura. As informações devem seguir as normas vigentes e a apresentação deve ser feita de maneira detalhada, de modo que todas as informações necessárias para a realização do serviço estejam descritas no projeto. Quando necessário, projetos complementares devem ser apresentados para que seja possível realizar as etapas de escoramento e formas das estruturas (ABNT, 2014a).

Dentre os elementos necessários para a composição do projeto estrutural estão o levantamento planialtimétrico e cadastral; o projeto arquitetônico com a planta e o corte dos pontos mais importantes da edificação como escadas, elevadores, e reservatórios; ensaios geotécnicos como as sondagens; a locação dos pilares com as cargas da fundação e as formas de nível térreo e subsolo (FALCONI et al., 1998).

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019) é indispensável que a planta do projeto de fundações com os desenhos executivos e todas as informações técnicas e o memorial de cálculo seja disponibilizado na obra para que haja um bom entendimento e uma perfeita execução.

2.5.2 Requisitos gerais da qualidade da estrutura avaliação da conformidade do projeto

A NBR 6118 trata sobre os requisitos utilizados para a verificação da qualidade do projeto durante a execução e o serviço. Devem ser atendidos os requisitos sobre a segurança à ruptura, o desempenho de serviço e quanto a durabilidade (ABNT, 2014a).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) as condições arquitetônicas, e

funcionais devem ser atendidas, considerando a necessidade da compatibilização dos projetos estruturais com os projetos elétricos de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008), os projetos hidráulicos conforme a ABNT NBR 5626 (ABNT, 2020b), os projetos de esgoto conforme a ABNT NBR 8160 (ABNT, 1999), atendendo também os critérios construtivos de acordo com a ABNT NBR 14931 (ABNT, 2004). Estas condições são determinadas a partir da necessidade do contratante do projeto que devem atendidas pelo responsável técnico pelo projeto (ABNT, 2014a).

2.5.3 Mecanismos de envelhecimento e deterioração

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a), durante a elaboração do projeto de uma estrutura de concreto armado, devem ser considerados mecanismos que contribuem com o envelhecimento e a deterioração da estrutura. Dentre esses mecanismos estão a lixiviação, a expansão por sulfato, reações álcali-agregado, despassivação de armaduras por carbonatação, a despassivação de armaduras por ação de cloretos, deterioração da estrutura, e a agressividade do ambiente.

A agressividade do meio ambiente é o mecanismo mais importante para a realização da concepção de um projeto estrutural pois, interfere na atuação das armaduras conforme as ações físicas e químicas atuam na estrutura. A classe de agressividade ambiental é verificada de acordo com a Tabela 6.1 da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014a), como mostra a Tabela 3 em anexo. Deve ser feita uma análise do ambiente e utilizar a classificação mais agressiva que a estrutura será exposta.

2.5.4 Durabilidade da estrutura de concreto

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014a) uma estrutura de concreto armado deve ser projetada para atender à segurança, estabilidade e desempenho de serviço considerando as condições ambientais as quais ela for exposta durante sua execução e a vida útil. O tempo que a estrutura atende ao uso sem que haja intervenções que alterem as características da estrutura de concreto armado é denominado vida útil. Durante esse período, devem ser feitas manutenções de acordo com o que determina o projeto, esta recomendação pode ser feita para a estrutura inteira, ou para partes da estrutura que exigem mais atenção. Já a durabilidade da estrutura depende da execução do projeto, a construção e a utilização da estrutura, e deve seguir o que determina a NBR 12655 (ABNT, 2022b), que também traz orientações para o uso, inspeção e manutenção da estrutura.

Dentre os critérios apresentados na NBR 6118 (ABNT, 2014a) para a durabilidade da estrutura estão a drenagem, a qualidade do concreto, o detalhamento das armaduras, o controle de fissuração, a inspeção e manutenção preventiva.

O acúmulo de água sobre as superfícies das estruturas de concreto deve ser evitado, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a) a drenagem pode ser feita utilizando ralos e condutores. As juntas de dilatação devem ser estanques à passagem de água. A face superior das platibandas e paredes precisam ser protegidas, assim como os beirais devem ter pingadeiras e a utilização de rufos para a passagem de diferentes níveis.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a), a qualidade do concreto de cobrimento depende das características, qualidade e espessura do concreto; e do cobrimento da armadura. O cobrimento mínimo da armadura é o menor valor da cobertura do concreto ao longo do elemento estrutural, relacionado à armadura externa e à face externa do estribo. Para garantir o cobrimento mínimo C_{min} , é considerada uma tolerância de execução Δ_c , o acréscimo do cobrimento mínimo com a tolerância resulta no cobrimento nominal C_{nom} .

O acréscimo do cobrimento mínimo utilizado deve ser maior ou igual a 10 mm, em casos onde há um controle de qualidade rigoroso, ele pode ser reduzido para 5 mm, reduzindo também os cobrimentos nominais em 5 cm. O cobrimento nominal da barra deve ser maior ou igual ao diâmetro da barra de aço utilizada, maior ou igual ao diâmetro do feixe, e maior ou igual que metade do diâmetro da bainha. E a dimensão máxima do agregado graúdo do concreto deve ser menor que 20% da espessura do cobrimento nominal. A relação entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal deve seguir a tabela 7.2 da NBR 6118, aqui representada pela tabela 5 em anexo. A qualidade do cobrimento da armadura esta relacionada com a presença de fissuras de flexão transversais á armadura principal (ABNT, 2014a).

Para a NBR 6118 (ABNT, 2014a) as armaduras ativas externas devem ser protegidas por graute, calda cimento Portland por meio da aplicação em formato de uma bainha. A ancoragem destas armaduras necessita de proteção contra a corrosão. A montagem das barras de aço que compõe o elemento estrutural deve ser feita de modo que seja possível realizar o lançamento e o adensamento do concreto. Prever o uso do vibrador auxilia na determinação da configuração da armadura para que a agulha do equipamento não interfira no processo do adensamento.

2.6 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

2.6.1 Armaduras

A NBR 14931 (ABNT, 2004) apresenta que as armaduras utilizadas para compor os elementos de concreto armado devem seguir rigorosamente o que dispõe o projeto estrutural, e as barras de aço indicadas no projeto não podem ser alteradas sem que seja realizada uma consulta prévia ao projetista.

De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007), as barras de aço são aquelas que após o processo de laminação a quente e sem deformação mecânica posterior, tem o diâmetro nominal maior ou igual a 6,3 mm, elas podem ser feitas de aço CA-25 ou CA-50. As barras de aço CA-50 devem ser nervuradas de maneira oblíqua no sentido transversal formando ângulo entre 45° e 75°, sendo no mínimo duas nervuras longitudinais contínuas e opostas para que não haja giro das barras dentro do concreto. Enquanto os fios são feitos em aço CA-60, por laminação a frio, e obtidos a partir de fio-máquina obtendo ao final um diâmetro nominal de no máximo 10 mm.

A identificação das barras de aço deve ser feitas segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) para que não haja trocas. A estocagem deve ser feita de maneira que não haja contato com o solo, e as características devem ser preservadas durante o transporte, a estocagem, limpeza e o manuseio até que seja realizado o posicionamento nas caixarias. De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007), as barras de aço que serão utilizadas em estruturas de concreto armado não podem apresentar defeitos que prejudiquem a utilização. Os defeitos que impedem o uso são a escamação da barra, corrosão, a presença de manchas de óleo, a redução da seção transversal e quando houver fissuras transversais (ABNT, 2007).

É imprescindível que a armadura não apresente ferrugem ou substâncias que prejudiquem o desempenho do aço e da aderência ao concreto; caso apresentem o início da corrosão, deve ser realizada a limpeza superficial seguida de inspeção antes da sua utilização. O uso desses elementos expostos ao tempo só pode se feito em casos de exposição em ambientes de agressividade fraco a moderado durante no máximo três meses, desde que não haja a redução da seção. Em casos de oxidação maior, devem ser realizadas técnicas adequadas de limpezas de acordo com o estado que a barra apresenta conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a), a utilização correta das barras de aço de CA-60 para confecção dos estribos deve ser com o diâmetro de no mínimo 5 mm, sem exceder o diâmetro máximo da largura da alma da viga. Em casos onde sejam utilizadas telas soldadas, o diâmetro mínimo pode ser reduzido para 4,2 mm, desde que seja garantido que não haverá corrosão da armadura. O espaçamento mínimo entre os estribos deve garantir a utilização do vibrador durante a concretagem. O espaçamento máximo entre os estribos nunca devem ser inferior a 200 mm, ele é medido na direção do eixo do pilar e é utilizado para garantir que não ocorra flambagem das barras longitudinais além de garantir o posicionamento da armadura.

Nos pilares, a NBR 6118 (ABNT, 2014a) recomenda que a armadura mínima utilizada seja de 10 mm e tenha no máximo até 1/8 da menor dimensão transversal. As armaduras devem ser dispostas de maneira transversal para garantir a resistência necessária para o elemento estrutural. A utilização de estribos na armadura transversal

deve ser feita por todo o comprimento do pilar, e obrigatória no local de encontro de pilares com vigas e lajes.

Segundo a NBR 7480 (ABNT, 2007) o posicionamento da armadura é feito de modo que ela seja fixada no interior da forma conforme prevê o projeto, para que se mantenha a posição correta entre as faces internas da forma sem que sejam alteradas as distâncias entre as barras durante a concretagem. A montagem dessa armadura é feita com arame ou soldas. O cobrimento mínimo da armadura deve ser especificado em projeto conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a), e garantido por meio do uso de espaçadores além de ser executado sempre de acordo com a armadura mais exposta. Estes espaçadores podem ser plásticos, metálicos, partes de formas revestidas de plástico, de concreto ou até mesmo de argamassa. Desde que a relação água-cimento seja menor ou igual a 0,5, ficando proibido o uso de calços de aço que tenham cobrimento menor do que o especificado em projeto após a concretagem.

Quando há um intervalo maior que 90 dias na realização da concretagem, as barras de espera devem ser pintadas com pasta de cimento para que haja a proteção contra a corrosão, as barras devem ser limpas antes da concretagem para que seja possível garantir uma boa aderência ao concreto (ABNT, 2004).

2.6.2 Concretagem

A concretagem *in situ* pode ser realizada de duas maneiras, o concreto preparado em obra e o concreto dosado na central (quando é feito em uma empresa especializada, misturado em equipamento estacionário ou caminhão betoneira). Essa empresa deve garantir o cumprimento das etapas da NBR 12655 (ABNT, 2022b) e da NBR 7212 (ABNT, 2021) por meio da entrega ao responsável pela obra da documentação com todas as informações necessárias e do arquivamento durante os prazos legais. O recebimento e a aceitação do concreto deve ser feita pelo proprietário da obra e o responsável técnico pela obra por ele designado (ABNT, 2022b).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022b) o concreto de cimento Portland, é proveniente da mistura de cimento, agregado miúdo e graúdo, e água. Ele pode ter a adição de outros componentes para auxiliar no endurecimento da pasta de cimento (quando a mistura é composta por água e cimento). O concreto em estado fresco é quando a mistura, ainda em estado plástico, permite o adensamento por meio de auxílio mecânico, manual, etc. Já o concreto endurecido, é aquele que apresenta o estado sólido e que possui resistência mecânica.

O concreto a ser utilizado é determinado de acordo com as propriedades solicitadas no projeto para que seja possível garantir a sua resistência característica, o módulo de elasticidade do concreto, a consistência, a massa específica, a durabilidade, o desempenho da estrutura, e a proteção das barras de aço principalmente no que

diz respeito à corrosão e o método construtivo. Estes parâmetros servem como guias para a escolha do modo de preparo, lançamento, adensamento e a cura que serão utilizadas (ABNT, 2022b).

De acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2021), o método usual para a solicitação é a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) na idade de controle, comumente utilizada aos 28 dias. A solicitação também pode ser feita a partir do fornecimento de dados como a classe de agressividade ambiental, a dimensão máxima característica do agregado, e o abatimento, conhecido como *slump*.

A NBR 6118 (ABNT, 2014a) trata das exigências de durabilidade das estruturas de concreto, onde as condições ambientais devem ser previstas durante a realização do projeto, para garantir os critérios de segurança, estabilidade e desempenho de serviço durante a vida útil do projeto. A agressividade ambiental é dada de acordo com a Tabela 6.1 da NBR 6118, aqui representada pela Tabela 3 em anexo.

A escolha do cimento é feita de acordo com os detalhes construtivos, o calor de hidratação do cimento, as condições de cura, dimensões da estrutura e condições naturais ou particulares referentes ao trabalho da estrutura. Já a escolha do concreto deve ser feita de acordo com a classe de agressividade que ele será exposto (ABNT, 2014a).

A dosagem do concreto deve ser feita através de um estudo, considerando os insumos utilizados de acordo com a NBR 15823-1 (ABNT, 2017b). A dosagem dos materiais deve considerar a umidade dos agregados miúdos, para que ela possa ser descontada da água total do traço inicial. A umidade é verificada antes da utilização do material, com a realização de ensaio de campo conforme apresenta a NBR 7212 (ABNT, 2021). A medida do concreto é feita em metro cúbico de concreto no estado fresco adensado. Quando ele é preparado em canteiro, a medida dos agregados pode ser expressa em função do volume, ou em função do consumo dos materiais em massa, também conhecida como traço (ABNT, 2021).

Para a NBR 12655 (ABNT, 2022b), a mistura dos materiais deve ser feita até que se possa garantir uma massa homogênea, este processo pode ser feito em obra ou central dosadora. O equipamento utilizado para a mistura deve ser operado de acordo com as especificações técnicas do fabricante. Para concreto feito em central ou caminhão betoneira, a especificação deve seguir a NBR 7212 (ABNT, 2021).

De acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2021) os insumos do concreto são adicionados no caminhão-betoneira com uma parte da água, o restante deve ser completado no momento que antecede a descarga do concreto. Para isso, é necessário que haja um controle da quantidade de água utilizada na central e a quantidade de água que deverá ser completada na obra, para que não ocorra alteração do traço. Após essa

adição, deve ser realizada a mistura do concreto no caminhão-betoneira de modo que cada metro cúbico necessita de 30 s de mistura, ou no mínimo 3 minutos com velocidade de mistura. O tempo de entrega da mistura é contado a partir da primeira adição de água e deve ser feito antes do início da pega do concreto já lançado para que não ocorra juntas frias, este tempo deve ser inferior a 120 minutos quando utilizado o caminhão-betoneira. Já o tempo de lançamento e adensamento do concreto não pode ultrapassar os 150 minutos desde a primeira adição de água pela empresa que oferece o concreto.

O controle de qualidade do concreto é feito com ensaios para aceitação e recebimento. O ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, também conhecido como *Slump test* é feito de acordo com a NBR 16889 (ABNT, 2020a). Ele consiste na realização de moldagem do concreto que será utilizado com um molde em formato de tronco de cone, que é preenchido através de camadas adensadas a cada 1/3 do molde, arrasado e retirado para realizar a etapa da verificação do abatimento da mistura sobre uma placa plana. O abatimento do concreto, é a diferença entre a altura do molde com a seção transversal maior virada para cima e a altura do concreto desmoldado, expressa em milímetros arredondando para 5 mm mais próximos. Este procedimento deve ser realizado a cada betonada, ou seja, a cada caminhão-betoneira recebido na obra (ABNT, 2020a).

Já para o ensaio de resistência á compressão, as amostras são coletadas aleatoriamente durante o processo da concretagem, são coletados dois corpos de prova da mesma amassada como orienta a NBR 5738 (ABNT, 2016c). A aceitação do concreto pode ser feita, desde que sejam seguidas as recomendações da NBR 12655 (ABNT, 2022b).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) as condições operacionais são consideradas um fator importante para garantir o sucesso da etapa da concretagem, para isso deve ser feita uma verificação dos equipamentos necessários e garantir que eles estejam disponíveis na obra para a execução dos serviços. É necessário providenciar materiais que são utilizados somente em etapas específicas, como vibrador, a bomba de concreto, e os mangotes que são necessários durante a concretagem. Permitir o fácil acesso ao canteiro, disponibilizar um local para a espera dos caminhões, e ter um local para a passagem do carrinho de mão, são medidas que auxiliam na agilidade do processo de concretagem. Além disso, a execução do serviço é mais rápida e satisfatória quando se tem uma equipe bem preparada e com a quantidade suficiente de membros necessários para realizar a concretagem de acordo com o volume de concreto a ser movimentado.

É necessário realizar o planejamento da concretagem, que deve conter a quantidade de concreto que será utilizada, o local do início da concretagem, o tempo

de trabalho em função do volume de concreto a ser utilizado, a previsão das juntas de dilatação a cada 15 metros quando necessárias conforme a orientação da NBR 6118 (ABNT, 2014a), a organização das etapas de lançamento e adensamento para que seja possível obter o acabamento desejado. A capacidade da operação deve permitir que o concreto se mantenha no estado plástico para que não haja juntas não previstas. Os equipamentos devem estar limpos e permitir que o concreto seja transportado sem que ocorra a segregação, e eles devem ser dimensionados para que seja possível realizar um trabalho sem atrasos. Para concretagens noturnas é essencial a instalação do sistema de iluminação para promover a segurança e garantir o bom desempenho do serviço. Antes de realizar a concretagem a inspeção das formas e demais itens estruturais deve ser feita para garantir o sucesso desta etapa (ABNT, 2004).

A NBR 14931 (ABNT, 2004) orienta para a verificação da temperatura ambiente durante a concretagem, pois, este procedimento requer cuidados específicos quando realizado em temperaturas muito frias ou muito quentes. O concreto deve ser transportado do local do amassamento ou do caminhão betoneira até o local da concretagem de modo que seja possível garantir que não haja a perda de água, de argamassa por vazamento ou evaporação. O lançamento e adensamento do concreto precisam garantir que todos os elementos estruturais sejam envolvidos pela massa. O preenchimento da forma deve ser uniforme para que não haja acúmulo da massa que venha, pois, pode ocorrer deformações nas formas devido ao sobrepeso do concreto. Cuidados especiais são exigidos para lançamento em grandes alturas e dependendo da densidade das armaduras para que a altura de queda livre não ultrapasse 2 m evitando a segregação e a falta de argamassa.

Quando houver a necessidade de interromper a concretagem, e surgir uma junta não prevista, é necessário garantir a ligação do concreto endurecido com o novo concreto. O adensamento deve ser feito até a superfície da junta e se necessário é possível utilizar formas temporárias tipo pente por exemplo. Antes de reiniciar o lançamento do concreto, a junta deve ser limpa, a nata da pasta cimento é retirada com a aplicação de jato de água sob forte pressão, jateamento de material abrasivo, ou ainda realizar o picotamento da superfície da junta seguida da lavagem de modo que o agregado graúdo fique aparente. É importante que o concreto já endurecido tenha resistência para que não ocorra a perda do material, e conseqüentemente o surgimento de vazios no local da junta de concretagem (ABNT, 2004).

A superfície da junta deve ter as condições de resistência aos esforços mantida, para que isso ocorra é possível deixar o arranque das armaduras, as barras cravadas ou reentrâncias no concreto mais velho; e aplicar a mesma composição do concreto utilizado anteriormente para evitar o surgimento de vazios. As juntas devem ser previstas no projeto em locais com os menores esforços cisalhantes e em posição normal

com os esforços de compressão. As juntas de lajes e apoiadas em pilares, em vigas ou paredes devem ter o lançamento do concreto interrompido no plano horizontal (ABNT, 2004).

O adensamento é a etapa realizada durante a concretagem para garantir o preenchimento total das formas. O concreto é vibrado ou apiloado de maneira contínua, geralmente com o uso de equipamento e deve ser realizado durante, e imediatamente depois do lançamento do concreto. É preciso ter atenção durante este processo para que não haja vibração da armadura e para que não ocorra a segregação dos materiais. A altura da camada de concreto adensada não pode ser maior que 50 cm, sendo reduzido para 20 cm em caso de adensamento manual (ABNT, 2004).

O adensamento deve ser planejado com a concretagem para prever a altura das camadas mais adequadas ao projeto, para que não haja prejuízos a estrutura. Quando forem utilizados vibradores de imersão, a altura da camada deve ser aproximadamente $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha e durante o processo, ele deve penetrar em torno de 10 cm da camada feita anteriormente, ser aplicado na vertical, vibrar o maior número possível de pontos ao longo da estrutura, ser retirado lentamente para que a cavidade aberta pela agulha possa ser fechada novamente, promover o adensamento uniforme sem encostar na forma, mas também observando as arestas da forma. Esse processo, quando realizado em excesso ou quando não realizado causa prejuízos ao concreto (ABNT, 2004).

2.7 ALVENARIA

De acordo com a NBR 8545 (ABNT, 1984) a alvenaria compõe a vedação da estrutura, ela deve ser realizada de acordo com o projeto executivo que orienta quanto as espessuras necessárias e as posições de execução. É possível utilizar blocos cerâmicos ou tijolos, e a modulação deve permitir o uso do maior número de blocos inteiros na sua execução.

O assentamento é realizado utilizando juntas de amarração que consistem no tipo de disposição dos blocos durante a construção. As juntas verticais e horizontais devem ser feitas com argamassa e respeitando a espessura máxima de 10 mm e não devem conter vazios. A alvenaria não deve ser realizada com panos soltos por muito tempo, nem ser executada de uma vez só nas paredes muito altas. Os blocos não devem ser utilizados com os furos na vertical, e o processo deve se iniciar nos cantos principais ou pela ligação com outros elementos. O alinhamento vertical é feito com o prumo, a cada fiada deve ser utilizada uma linha guia para garantir o prumo a horizontalidade das fiadas. A planeza da parede, o prumo, e o nível, devem ser observados periodicamente durante esta etapa. A execução de alvenaria sobre alicerce, por exemplo a viga baldrame, só pode ser realizada após 24 h da realização

da impermeabilização da viga e com a garantia de que os critérios de estanqueidade serão satisfatórios (ABNT, 1984).

A alvenaria não deve ser um apoio direto para a laje, para isso se prevê uma cinta de amarração de concreto armado que irá receber as cargas provenientes das lajes. A finalização da alvenaria abaixo das lajes e vigas é realizada após 7 dias da concretagem para garantir o travamento da estrutura, para obras de mais de um pavimento este travamento só deve ser realizado após a execução do pavimento imediatamente acima ter a mesma altura (ABNT, 1984).

A NBR 8545 (ABNT, 1984) recomenda que os vãos das esquadrias devem ser feitos de acordo com o projeto, sendo respeitadas as folgas necessárias para o encaixe do batente, e em caso de folgas excedentes deve-se proceder o preenchimento utilizando argamassa de cimento e areia. As vergas e contra vergas devem ser executadas sobre os vãos de portas e janelas, elas devem ter o comprimento 20 cm maior de cada lado do vão para garantir que não haja deformações na estrutura, elas devem ter no mínimo 10 cm de altura. Quando há vãos de esquadrias dispostos de maneira próxima, é recomendada a execução de uma só verga sobre todo o vão. Os recortes para instalações só podem ser feitos após o travamento da alvenaria.

2.8 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

A NBR 5626 (ABNT, 2020b) dispõe das informações necessárias para as instalações prediais de água fria. Informações como o consumo predial, vazões e pressões necessárias, armazenamento de água, as ligações necessárias, as tubulações, etc.

2.9 INSTALAÇÕES DE ESGOTO

As instalações de esgoto seguem as recomendações da NBR 8160 (ABNT, 1999) para o dimensionamento, documentações necessárias, materiais que podem ser utilizados, ligações, etc.

É importante salientar que as águas pluviais devem ser destinadas por uma tubulação independente da tubulação de esgoto, até a galeria de águas pluviais.

2.10 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A infraestrutura necessária para as instalações elétricas prediais devem seguir a NBR 5410 (ABNT, 2008) que trata sobre os dispositivos necessários para as instalações dos circuitos elétricos, para a elaboração do projeto, o aterramento, os quadros de distribuição, etc.

2.11 LAJES

As lajes podem ser maciças quando são constituídas de armaduras de aço e concreto; ou pré-fabricadas quando os elementos estruturais são pré-fabricados e inertes de enchimento ou de forma permanente (ABNT, 2014a).

Segundo a NBR 14859-1 (ABNT, 2016a) elementos pré-fabricados estruturais podem ser compostos de vigota com armadura simples ou comum (VC), vigota com armadura protendida (VP), minipainel treliçado (MPT), ou painel treliçado (PT). Estes elementos devem ser fabricados de modo que seja garantida a resistência característica mínima à compressão da classe C20 do concreto.

Os elementos de enchimentos podem ser de lajota cerâmica (LC), lajota de EPS- poliestireno expandido (LEPS), suporte cerâmico (SC), elemento de enchimento misto, caixão perdido de EPS (CPEPS), caixão perdido de concreto celular autoclavado (CPCCA) e complemento lateral (CL) (ABNT, 2016b).

2.12 COBERTURA

De acordo com a NBR 7581-1 (ABNT, 2014b), as telhas onduladas de fibrocimento são compostas por uma mistura de água, cimento Portland, agregados, aditivos, e fibras minerais. A seção transversal das peças é ondulada. Elas podem ser incolores ou coloridas, as faces devem ser regulares e uniformes para que seja possível sobrepor as peças. As superfícies em contato com as ações externas devem ser lisas, não podem apresentar quebras ou emendas, as bordas devem ser bem acabadas e podem ter recortes de fábrica que facilitam a montagem. Algumas peças complementares são utilizadas na montagem das telhas, elas podem ser rufos que fazem o fechamento com as telhas, os espigões, e as cumeeiras. O manuseio das telhas de fibrocimento deve ser feito sempre por duas pessoas para que não haja flexão e trincas longitudinais de acordo com a NBR 7196 (ABNT, 2020c), elas são movimentadas segurando na segunda e penúltima onda de cada folha. Para que seja possível realizar a instalação de telhas, as peças devem estar secas e sem a presença de pontos de umidade. A ausência de chuva por 24 horas antes do início da instalação deve ser garantida por questões de segurança de trabalho em altura (ABNT, 2020c).

Para a NBR 7190 (ABNT, 1997a) o fechamento das laterais é indicado a fim de proteger das intempéries, garantir a segurança, fornecer a estanqueidade além de possibilitar uma aparência mais bonita. Tanto a cobertura, quanto o fechamento lateral são dimensionados para resistir à ação dos ventos de até 60 km/h conforme a NBR 6123 (ABNT, 1988).

Conforme a NBR 15310 (ABNT, 2009a) as telhas cerâmicas são fabricadas pelo processo onde a argila é conformada com prensagem ou extrusão, e então levadas

ao forno. Sobre elas, deve ser feita a identificação do fabricante modelo, rendimento, lote, dimensões, etc. A comercialização é feita por metro quadrado.

Segundo a NBR 7196 (ABNT, 2020c) o projeto da cobertura feita com telhas cerâmicas deve conter informações sobre a quantidade, dimensão, posição, modelo da telha, as peças complementares que serão necessárias, os elementos de fixação e de vedação que serão utilizados, a posição do apoio das telhas, inclinação da cobertura, o fechamento que será utilizado nas laterais, recobrimentos transversais e longitudinais, além de detalhes para arremates, cortes, e a sequência de montagem .

A execução da cobertura e dos fechamentos deve ser feita respeitando as diretrizes referentes a realização de trabalho em altura. As telhas são apoiadas em elementos coplanares, e instalação da telha é feita de modo que a geratriz da parte ondulada da telha possa coincidir com a maior declividade da superfície da cobertura. As telhas são instaladas com a face lisa para cima, esta que contém as informações do material, e de modo normal à estrutura de cobertura, e o sentido da instalação é feito de maneira contrária aos ventos predominantes no local. A fixação é feita utilizando parafusos, ganchos ou pinos com rosca, fabricados em aço-carbono SAE 1010/1020 que contém proteção contra corrosão, devido ao processo de galvanização a fogo. A montagem é feita por etapas, no sentido do beiral para a cobertura, e a instalação de peças complementares deve ser feita após a instalação das telhas, e seguir a ondulação das peças instaladas como especificado na NBR 7196 (ABNT, 2020c).

2.13 REVESTIMENTO

Conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013a) o revestimento é a camada de argamassa destinada para o acabamento, ele é dividido em quatro camadas superpostas: chapisco, emboço, reboco e o acabamento.

O chapisco é a primeira camada, que tem por finalidade preparar a base permitindo a uniformização da superfície para a absorção de água, ele é destinado para melhorar a aderência do revestimento segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013a). A argamassa do chapisco deve apresentar uma aparência fluida para que haja aderência entre a argamassa e a base, e a aplicação não deve cobrir completamente a base para facilitar a aderência das camadas seguintes conforme a NBR 7200 (ABNT, 1997b).

O emboço é realizado após no mínimo três dias depois do chapisco e as camadas devem ser executadas com intervalos de vinte e quatro horas de acordo com a ABNT NBR 7200 (ABNT, 1997b). Ele é utilizado para cobrir e regularizar a primeira camada de maneira que seja possível executar a próxima camada como especifica a NBR13529 (ABNT, 2013a). Os planos de aplicação do emboço devem ser adaptados ao tamanho da régua que será utilizada no processo de sarrafeamento desta camada. Para

que a camada de emboço seja uniforme, é usual o emprego de taliscas feitas de peças planas e material cerâmico e fixadas com argamassa, alguns pedaços de revestimento cerâmico podem ser utilizados. A aplicação da argamassa deve ser feita respeitando as taliscas utilizadas e posteriormente, é realizada a regularização da camada com o uso da régua, processo este conhecido como sarrafeamento. O preenchimento com argamassa deve ser feito até atingir uma superfície plana e homogênea após o acabamento com sarrafo (ABNT, 1997b).

O reboco é a camada destinada a cobrir o emboço para permitir a execução de um revestimento segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013a). O reboco pode ser iniciado 21 dias após a finalização do emboço feito com argamassa de cal, em caso de uso de argamassas mistas ou hidráulicas esse tempo é reduzido para sete dias de acordo com as orientações da NBR 7200 (ABNT, 1997b).

O acabamento é a última camada, ele é aplicado sobre o revestimento da argamassa, e pode ser feito com pintura, revestimento cerâmico, placas laminadas, pedras naturais, papel, etc., como mostra a NBR 13529 (ABNT, 2013a).

O acabamento decorativo deve ser feito após vinte e um dias da realização da camada de reboco conforme a orientação da NBR 7200 (ABNT, 1997b). As placas podem ser do tipo cerâmicas ou porcelanato, e só podem ser assentadas se estiverem secas. Recomenda-se que esta etapa seja iniciada após a realização de todas as instalações embutidas ou que venham a gerar alguma interferência como as instalações de água, esgoto ou gás; caixas de passagem; contramarcos; batentes, etc. O assentamento de revestimento cerâmico ou pastilhas deve ser feito com argamassa do tipo AC III.

Os detalhes importantes são a análise da qualidade das placas e a presença de defeitos, os cortes e acabamento das quinas, os requadros e aberturas, encontros com esquadrias, o preparo da argamassa colante, as técnicas de assentamento utilizadas, a verificação da largura das juntas e da paginação utilizadas se estão de acordo com o projeto de acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017a).

Geralmente se faz a elaboração de um projeto de revestimento de fachada (PRF) para que se possa prever o modo de execução do revestimento, a paginação do revestimento e as juntas de movimentação, o tipo de emboço, as propriedades de argamassa, o tipo de rejunte (ABNT, 2017a).

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1997b) a base do revestimento pode ser de concreto, tijolo, bloco cerâmico ou bloco de concreto; para outros materiais devem ser seguidas as especificações exigidas de acordo com o tipo da base. Esta base deve ser plana, aprumada e nivelada de acordo com as normas referente ao processo da alvenaria. Antes de realizar as etapas desejadas, é essencial que se observe

a incidência de infiltração e em caso positivo, primeiro deve-se eliminá-la antes de prosseguir com o revestimento. Quando o preparo da argamassa é feito em obra, a base deve ter sido finalizada a no mínimo 28 dias antes da aplicação do revestimento em caso de estruturas de concreto armado, e 14 dias para alvenarias não armadas e áreas sem função estrutural como a superfície de blocos cerâmicos.

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013b) as espessuras dos revestimentos internos e externos deve ser como mostrados na tabela 1. Para espessuras maiores, é necessário garantir a aderência do revestimento conforme a NBR 7200 (ABNT, 1997b).

TABELA 1 – ESPESSURAS ADMISSÍVEIS DE REVESTIMENTOS INTERNOS E EXTERNOS

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013b)

2.13.1 Pintura

Conforme a NBR 13245 (ABNT, 2011), a pintura interna e externa deve atender a função de proteção além de ser um elemento decorativo. Para a determinação do material adequado para cada tipo de pintura se observa o tipo do local da aplicação, o ambiente interno ou externo, se o ambiente é seco ou úmido, agressivo ou não agressivo. A inspeção para a certificação de que não há umidade em áreas próximas a rodapés, muros, tetos, telhados, tubulações, portas e janelas, jardineiras e áreas molhadas. A superfície de aplicação deve ser firme, coesa, limpa, seca e sem a presença de poeira, gordura, graxa, sabão ou mofo.

Antes de iniciar a pintura, a tinta deve ser homogeneizada para se obter um aspecto uniforme. A diluição, aplicação, o intervalo das demãos, e a mistura de diferentes produtos (quando houver), devem respeitar a indicação do fabricante. A pintura é executada após trinta dias da finalização da etapa do emboço ou reboco, deve-se realizar a limpeza para retirar o pó, aplicar o fundo preparador da superfície e então aplicar a tinta (ABNT, 2011).

A NBR 12554 (ABNT, 2022a) trata sobre as tintas que podem ser utilizadas durante o processo da pintura. As tintas são uma mistura de pigmento com polímeros que podem ser aplicadas para formar uma fina película após aderir à superfície. Desta maneira, ela é capaz de proteger a alvenaria e possibilitar um acabamento. Elas podem ser acrílicas, acetinadas, látex econômica, látex especial, látex fosca, látex premium, látex semiacetinada, látex semibrilho, látex *standart*, ou látex *superpremium*. A textura é um tipo de revestimento aplicado com ferramentas ou técnicas específicas, e que também tem a função de proteção da superfície.

Antes da aplicação da tinta ou da textura, é necessário uniformizar a superfície que irá receber a pintura, este procedimento é feito com a aplicação do selador para que ele possa preencher a base da superfície. Em alguns casos, é possível aplicar a massa niveladora, que pode ser acrílica ou massa corrida, para corrigir as imperfeições da superfície (ABNT, 2022a).

2.14 ESCADAS

A NBR 9050 (ABNT, 2020d) que determina acessibilidade às edificações caracteriza a existência de uma escada quando há três ou mais degraus em sequência. Os degraus são os conjuntos de dois elementos de uma escada, sejam horizontais como o piso, ou verticais como os espelhos. As dimensões dos espelhos e dos degraus deve ser constante em toda a escada.

A largura dos degraus deve ser dimensionada segundo a fórmula de Blondel:

$$0,63 \text{ m} \leq p + 2e \leq 0,65 \text{ m}$$

$$(p): 0,28 \text{ m} \leq p \leq 0,32 \text{ m}$$

$$(e): 0,16 \text{ m} \leq e \leq 0,18 \text{ m}$$

Onde : p é o piso e e a altura dos espelhos.

A largura mínima de uma escada é de 1,20 m. O primeiro e último degrau de um lance de escada devem estar a 0,3 m distância da área de circulação adjacente. A inclinação transversal dos degraus não pode ser maior que 1% em escadas internas. Em caso de lances curvos, a distância mínima de 0,55 m entre a borda interna e o centro da escada deve ser respeitada. Um patamar deve ser projetado a cada 3,20 m de desnível, ou sempre que houver mudança de direção (ABNT, 2020d).

A NBR 9077 (ABNT, 2001) classifica as edificações residenciais no grupo A, onde o tipo de escada recomendado é a escada não enclausurada, também conhecida como escada comum. Para o dimensionamento devem ser seguidos os parâmetros recomendados, que também são referências para as normas do corpo de bombeiros. A largura de um degrau deve ser medida seguindo a linha de percurso, onde a parte mais estreita não pode ser menor que 15 cm. Já o lance mínimo é compreendido por três degraus, e o máximo não pode ultrapassar 3,70 m de altura.

As escadas devem ser protegidas em ambos dos lados com paredes ou guarda-corpos contínuos, em desníveis superiores a 19 cm, para evitar quedas. O guarda-corpo

deve ter no mínimo 1,05 m de altura a partir do patamar, esta medida pode ser reduzida para 0,92 m em escadas internas. Os corrimões devem ter entre 0,80 m e 0,92 m de altura a partir do degrau, eles devem estar afastados 0,40 cm da parede e devem permitir a utilização fácil e confortável para apoio durante o uso de maneira contínua (ABNT, 2001).

3 METODOLOGIA

Durante a realização da análise das obras do município de Pontal do Paraná foram feitas visitas para o acompanhamento de 12 obras identificadas de A até L como mostra a Tabela 2. Esta tabela mostra o ano e a primeira fase de execução acompanhada na obra. As visitas se deram nas diversas fases, desde a etapa da fundação até a vistoria final. O acompanhamento das obras foi feito nos anos de 2018, 2020, 2021 e 2022.

TABELA 2 – OBRAS DE PONTAL DO PARANÁ

Obra	Tipo de Construção	Fase de Acompanhamento	Início	Fim
Obra A	4 Sobrados	Fundação	06/2018	10/2020
Obra B	6 Sobrados	Alvenaria	06/2018	10/2020
Obra C	1 Casa	Fundação	10/2020	02/2022
Obra D	2 Sobrados	Cobertura	10/2020	02/2021
Obra E	2 Casas	Fundação	11/2020	06/2021
Obra F	4 Casas	Alvenaria	10/2020	12/2021
Obra G	4 Casas	Alvenaria	10/2020	11/2020
Obra H	4 Sobrados	Fundação	04/2021	02/2022
Obra I	1 Casa	Fundação	11/2020	04/2021
Obra J	Reforma Triplex	Revestimento	11/2020	11/2020
Obra K	Policlinica	Reboco	11/2020	02/2022
Obra L	3 Sobrados	Laje	04/2021	01/2022

FONTE: A autora (2022)

3.1 OBRA A

A obra foi realizada em um terreno de esquina com 360 m², dividido de maneira que fosse possível construir quatro sobrados. Duas unidades são do tipo A, com dois dormitórios, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, área de serviço e garagem coberta totalizando 86,83 m². As outras duas unidades, do tipo B, seriam constituídas por uma suíte, um dormitório, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, área de serviço e garagem coberta totalizando 93,50 m².

O projeto foi elaborado por um arquiteto, e executado por um empreiteiro. Durante a primeira visita, realizada em junho de 2018, foi possível verificar a existência do projeto arquitetônico e do projeto estrutural com o caderno de especificações que contém o detalhamento de todas as estruturas que serão confeccionadas em concreto armado. A obra foi acompanhada durante a execução da viga baldrame, no período de finalização da alvenaria e montagem da laje, e por fim para a vistoria final.

3.1.1 Canteiro de Obras

O Canteiro era aberto, os materiais e as ferramentas foram armazenados em dois contêineres. Havia ponto de energia elétrica e o cavalete de água estava instalado; uma área descoberta foi improvisada com caibros e ganchos para realizar o corte e a dobra das armaduras; e os agregados foram armazenados entre o canteiro e a rua. Sendo assim, as recomendações da NR-18(NR, 2021), NBR 12655 (ABNT, 2022b), e da NBR 13755 (ABNT, 2017a) foram seguidas parcialmente conforme mostra a Figura 1.

FIGURA 1 – CANTEIRO-OBRA A



FONTE: A autora (2018)

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) não é permitido o armazenamento das barras de aço diretamente em contato com o solo, verificou-se que essa recomendação não foi seguida para as armaduras das vigas baldrame. As armaduras montadas foram identificadas de acordo com os elementos que cada uma dela iria compor, assim como recomenda a norma.

3.1.2 Fundação

O acompanhamento da obra teve início na etapa da elaboração das caixarias que seriam utilizadas para a concretagem da viga baldrame. Existiam alguns elementos da etapa da locação de obras no canteiro, como as tábuas utilizadas para a locação pelo método de tábuas corridas, e a transferência dos alinhamentos da estrutura por meio da técnica do fio de *nylon*.

A partir da Figura 1 verifica-se que foram feitas escavações para inserir as formas que iriam compor a viga baldrame. O excesso de terra proveniente desta movimentação, e que foi utilizado na etapa de reaterro, ficou armazenado de maneira que fosse possível circular no canteiro sem atrapalhar a execução do serviço necessário nesta etapa.

De acordo com a inspeção visual realizada, já na etapa da alvenaria, não houve a aplicação de impermeabilizante na face superior das vigas baldrame.

3.1.3 Formas

As formas das vigas baldrame e das vigas do nível 300 eram compostas por tábuas de madeira. Elas foram pregadas formando as caixarias, e foram utilizadas ripas de madeira para garantir o travamento e a estanqueidade conforme recomenda a NBR 7190 (ABNT, 1997a).

3.1.4 Estruturas de concreto armado

Conforme as informações obtidas em campo, o projeto das estruturas de concreto armado desta obra foi feito para a classe C25 do concreto. Essa determinação de projeto estava em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) que recomenda a utilização de concreto classe C30 ou maior para estruturas localizadas em áreas de grande risco de deterioração da estrutura, com classificação geral do ambiente marinho sobre forte agressividade compondo a classe de agressividade ambiental III da norma.

3.1.5 Armaduras

As barras de aço que seriam utilizadas para a confecção das armaduras das vigas baldrame, cintas de amarração e pilares apresentavam estado oxidativo, o que ainda é permitido, pois a NBR 7480 (ABNT, 2007) não permite o uso de barras em estado corrosivo. A identificação das barras de aço foi feita em obra, para que assim como orienta a NBR 14931 (ABNT, 2004), não ocorra a troca das barras durante a montagem da armadura.

As armaduras das vigas do nível 300 foram compostas por barras de aço CA-50 de 8 e 10 mm e os estribos em aço CA-60 de 5 mm com espaçamento aproximado de 14 cm conforme o projeto estrutural e de acordo com o que foi observado na obra (FIGURA 2). Durante o acompanhamento não foi observada a utilização de espaçadores para garantir o cobrimento mínimo das armaduras conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

Como algumas armaduras foram confeccionadas com barras inteiras de aço com 12 m, a instalação dentro das caixarias foi um processo delicado. Nesta obra, os

colaboradores utilizavam ripas de madeira adaptadas com um formato de gancho na ponta para apoiar uma barra da armadura e levantá-la até a viga (FIGURA 3).

FIGURA 2 – ARMADURAS-OBRA A



FIGURA 3 – VIGAS-OBRA A



FONTE: A autora (2018)

3.1.6 Alvenaria

Embora não se tenha acompanhado a execução da alvenaria, pela inspeção visual realizada durante a segunda visita à obra, foi possível observar a realização da impermeabilização das duas primeiras fiadas da alvenaria com tinta asfáltica. O assentamento dos blocos cerâmicos foi realizado com o bloco deitado na divisa entre as unidades e no muro, e com blocos em pé nas demais paredes de alvenaria. Visualmente, o prumo e o alinhamento da alvenaria apresentou-se satisfatório.

Os blocos foram assentados com a presença de muitos espaços vazios ou com excesso de argamassa nas juntas verticais, e com camadas de espessura irregular nas juntas horizontais. Segundo a NBR 8545 (ABNT, 1984) as juntas devem ser feitas com argamassa e respeitando a espessura máxima de 10 mm (FIGURA 4).

As vergas e contra-vergas deveriam ter 40 cm de comprimento além dos vãos das portas e janelas, de acordo com o projeto e verificado na obra.

3.1.7 Laje

A laje era composta por vigotas com armadura treliçada (VT) e o elemento de enchimento do tipo lajota de EPS- poliestireno expandido (LEPS), projetada para 12 cm de espessura de concreto. As vigotas foram armazenadas no chão, assim como as escoras de madeira (FIGURA 4). Já os módulos de EPS foram armazenados dentro de

um dos cômodos da estrutura em construção para preservar a integridade e geometria das peças, para que não houvesse prejuízos para a montagem da laje.

FIGURA 4 – MATERIAL DA LAJE-OBRA A



FONTE: A autora (2018)

3.1.8 Escoras

O escoramento das vigas e da laje foi feito com escoras de madeira, e não foi realizado sobre cunhas, lastro ou piso de concreto que facilitam a remoção (FIGURA 4). Embora fosse possível realizar uma escavação no entorno de cada escora para retirá-la sem impacto conforme orientação da NBR 14931 (ABNT, 2004) o correto seria a utilização de pranchões ou cunhas abaixo das escoras para calçá-las até que fosse realizada a desforma.

3.1.9 Vistoria Final

A última visita foi realizada no ano de 2020, após a entrega da obra. Na oportunidade, foi realizada a visita em uma unidade do tipo A, e em uma unidade do tipo B.

Existe uma diferença na configuração de alguns elementos construtivos entre as unidades do tipo A e B, por exemplo, nas escadas e na laje em balanço. Nas unidades do tipo A as escadas são feitas em concreto armado e no tipo B em madeira. As unidades do tipo B são menores e não têm a laje em balanço como as unidades do tipo A.

3.1.9.1 Unidades do tipo A

Estas unidades possuem uma laje em balanço (FIGURA 5) de aproximadamente 5 m x 3 m, um elemento estrutural esbelto e que exige uma execução correta, de acordo com o projeto para que seja garantida a segurança da estrutura. De acordo com informações obtidas em obra, sobre a laje em balanço, onde foi feito um telhado em fibrocimento (FIGURA 6), existe uma estrutura onde é possível construir mais um quarto.

FIGURA 5 – LAJE-OBRA A



FIGURA 6 – QUARTO EXTRA-OBRA A



FONTE: A autora (2020)

Esse quarto pode ser acessado por dentro de outro quarto da unidade ou através de uma modificação no hall do segundo pavimento da edificação. O acesso por dentro de outro quarto seria estranho e implicaria na modificação do cômodo existente. Enquanto a modificação do hall que foi sugerida seria feita por um acesso muito estreito, o que deixaria a escada ainda mais limitada quanto a altura do vão livre de passagem que já é insuficiente para a passagem de uma pessoa maior de 1,8 m (FIGURA 7).

As escada das unidades do tipo A foram feitas em concreto armado, e não seguem a NBR 9050 (ABNT, 2020d) pois a largura da escada é menor que 1,2 m, a altura dos espelhos não é igual em todos os degraus, foram feitos degraus com ângulo de 60° onde deveria haver um patamar como mostram as Figuras 8 e 9, os degraus ficaram com comprimentos diferentes (FIGURA 10). A escada foi revestida com porcelanato nos lances e com aplicação de tinta nos espelhos.

3.1.9.2 Unidades do tipo B

Embora estas unidades não tenham uma laje em balanço, elas também possuem um quarto extra no projeto. A estrutura foi preparada para que esse quarto possa ser construído sobre a sala, onde foi instalado um telhado em fibrocimento. O acesso pode ser feito a partir do *Hall* do segundo pavimento.

FIGURA 7 – VÃO LIVRE DA ESCADA



FIGURA 8 – ESCADA DA UNIDADE A



FONTE: A autora (2020)

FIGURA 9 – VISTA DA ESCADA

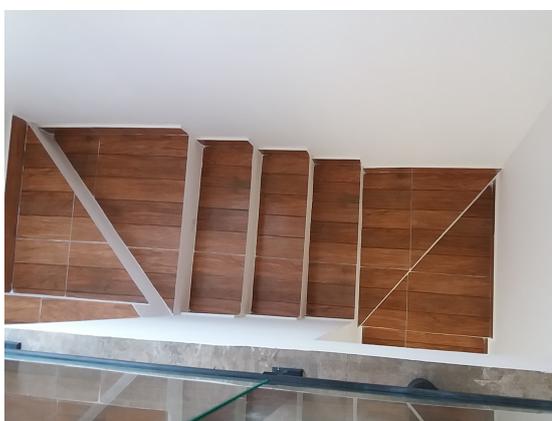


FIGURA 10 – DEGRAUS DA ESCADA



Fonte: A autora (2020)

As escadas das unidades tipo B são feitas em madeira (FIGURA11), elas são longas para que seja possível respeitar a NBR 9050 (ABNT, 2020d) que determina a quantidade de degraus de acordo com a altura do vão existente. Não existem patamares, a escada é única, e mesmo assim o vão livre não corresponde a necessidade de passagem de uma pessoa de 1,8 m (FIGURA 12).

3.1.9.3 Instalações Hidráulicas

Todas as unidades têm caixa d'água, instalações de água fria, registros de gaveta nos ramais, registros de pressão nos chuveiros, instalações para torneiras e

FIGURA 11 – ESCADA DA UNIDADE B

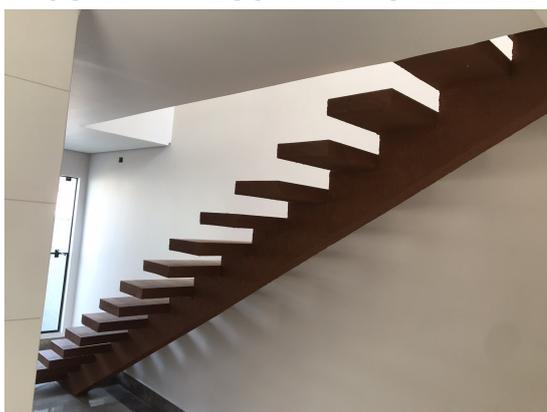


FIGURA 12 – VÃO LIVRE UNIDADE B



FONTE: A autora (2020)

chuveiros conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.1.9.4 Instalações de Esgoto

Todos os sobrados das unidades A e B contam com ralos nos banheiros, lavanderia. Também existem caixas de gordura na área externa próximo à cozinha. As tubulações estão conectadas aos tubos que compõem a ligação de esgoto conforme orientação da concessionária de saneamento e da NBR 8160 (ABNT, 1999).

3.1.9.5 Instalações Elétricas

De acordo com a observação realizada, foram instaladas tomadas, interruptores, e pontos de iluminação, quadro de luz e força, quadro medidor e a infraestrutura da companhia que fornece energia elétrica conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

Foram instaladas tomadas 220V para a instalação dos aparelhos de ar condicionado na sala e nos quartos. Na cozinha a tomada 220V é destinada para a instalação de torneira elétrica e nos banheiros para o chuveiro.

3.1.9.6 Revestimento

Todos os sobrados foram revestidos com porcelanato no piso e na parede. As peças foram bem assentadas, e a junta recoberta pelo rejunte utilizado têm aproximadamente 1 mm de espessura.

Foi utilizada uma paginação para o revestimento do piso que contém dois tipos de peças de porcelanato, uma mais clara para o piso e uma mais escura para a moldura e o rodapé.

Outro tipo de porcelanato, liso e branco foi utilizado na parede dos banheiros, e das cozinhas, e lavanderias. Essas peças brancas foram paginadas com outras peças

de porcelanato estampado para compor os detalhes.

A pintura utilizada foi a textura projetada para as paredes externas e a tinta acrílica para as paredes internas. As paredes externas aparentavam uma boa aderência a textura projetada, sem ocorrência de imperfeições. Enquanto as paredes internas possivelmente tenham passado pelo processo de aplicação de massa corrida e selador antes da tinta para garantir o aspecto liso e sem imperfeições da pintura.

3.1.9.7 Esquadrias

As esquadrias eram compostas por janelas de vidro e alumínio na cor preta (FIGURA 5). As unidades do tipo A têm porta janela de vidro na entrada e portas de alumínio na lavanderia. Já as unidades do tipo B têm porta de alumínio na cozinha, na lavanderia e na entrada. As portas dos quartos são de madeira.

3.1.9.8 Cobertura

Através da inspeção visual realizada durante a visita técnica em 2020, verificou-se que a cobertura utilizada foi composta por telhas de fibrocimento (FIGURA 6) com caimento de 10%, a vedação das laterais foi feita com rufos, e a canalização das águas pluviais, proveniente das calhas conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997a) foi embutida na alvenaria.

3.1.9.9 Varandas

Em algumas varandas das unidades A e B foram instalados ralos, e outras não tinham este dispositivo de escoamento de água. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014a), as estruturas de concreto não devem sofrer com o acúmulo de água. As varandas foram feitas sobre a laje, um elemento de concreto armado, e por tanto deveria existir o escoamento adequado da água.

3.2 OBRA B

A obra foi executada em um terreno de esquina com 480 m², dividido para construir cinco sobrados. As unidades seriam compostas por uma suíte, dois dormitórios, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, área de serviço, garagem semi-coberta, e um terraço no terceiro pavimento, totalizando 110 m².

O projeto foi elaborado por um engenheiro e executado por um empreiteiro. Na primeira visita, no ano de 2018, foram apresentados os projetos estruturais e arquitetônicos que seriam utilizados durante a execução. A obra foi acompanhada durante a alvenaria e depois de pronta para a vistoria final.

3.2.1 Canteiro de Obras

Este canteiro de obras foi cercado conforme recomenda a NR-18 (NR, 2021) com chapas de madeira compensada. De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017a), o material foi armazenado na casa ao lado que também servia de apoio para os colaboradores, e os agregados foram armazenados dentro do canteiro próximo ao portão, mas sem divisão com baias contrariando a NBR12655 (ABNT, 2022b).

3.2.2 Fundações

Embora não tenha ocorrido o acompanhamento durante a fase da fundação, pela análise dos projetos disponibilizados na obra, e com as informações obtidas em campo, sabe-se que a fundação utilizada foi a sapata corrida de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019).

3.2.3 Armaduras

As armaduras dos pilares da obra B eram compostas por barras de aço CA-50 de 10 mm. De acordo com o projeto os estribos deveriam ser de aço CA-60 de 5 mm a cada 12 cm, mas devido à dificuldade na obtenção deste insumo foi utilizada a barra de 4,2 mm. Os estribos foram cortados, dobrados e fixados com arame recozido. Durante a observação não foi constatada a utilização de espaçadores nas armaduras conforme orienta a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

O projeto analisado na obra solicitava o uso de barras de aço CA-50 de 6,3 mm, 8 mm, e 10 mm e aço CA-60 de 5 mm para as fundações. E para as vigas barras de aço CA-50 de 8 mm, e 10 mm e aço CA-60 de 5 mm.

É possível observar na Figura 13) que as barras de aço apresentavam estado oxidativo e ainda poderiam ser utilizadas de acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007). O aspecto das barras de aço pode ser justificado pela proximidade à praia, onde há uma influência de agentes agressivos. Como o tempo de execução desta etapa foi inferior a 90 dias, não existia a obrigatoriedade da cobertura das barras de aço com pasta de cimento de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004).

3.2.4 Formas

Os pilares foram executados com a alvenaria, de acordo com o projeto eles teriam seções 20 x 20 cm, 15 x 30 cm, e 14 x 40 cm. É possível observar na FIGURA 13) que as formas não foram estanques para a realização deste procedimento conforme determinação da NBR 7190 (ABNT, 1997a), pois, elas não tinham uma vedação correta. Como foram utilizadas apenas tábuas em volta das armaduras, o travamento da forma foi prejudicado, pois, não houve uma montagem correta da forma nos lados da interface

pilar-alvenaria. Desta maneira o concreto escorreu durante a concretagem e a seção planejada para o pilar não ficou com as dimensões necessárias de acordo com o projeto. Isso se deve a qualidade do acompanhamento e da qualidade de execução desta etapa.

3.2.5 Concretagem

Na análise realizada nos projetos existentes na obra durante a visita foi constatado que a classe do concreto prevista para as estruturas era C20, o que contraria as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014a), pois, o ambiente da obra é considerado como classe de agressividade III e a classe mínima do concreto que poderia ser utilizada neste local seria o C30 conforme a Tabela 4.

3.2.6 Alvenaria

Durante a primeira visita obra, foi observada a execução da alvenaria. Todas as paredes foram feitas com blocos cerâmicos deitados (FIGURA 13) para permitir uma melhor vedação acústica por serem sobrados geminados.

FIGURA 13 – ALVENARIA-OBRA B



FONTE: A autora (2018)

Conforme mostra a Figura 13 os blocos cerâmicos foram assentados com argamassa em excesso entre as fiadas e sem argamassa nas juntas verticais, contrariando as recomendações da NBR 8545 (ABNT, 1984).

3.2.7 Compatibilização

Essa obra se destaca pela utilização da compatibilização dos projetos arquitetônico com os projetos de instalações hidráulicas conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020b) o projeto de instalações de esgoto de acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999). Durante a execução da alvenaria, os blocos foram recortados e as tubulações foram instaladas para evitar retrabalho nas etapas seguintes.

3.2.8 Vistoria Final

A última visita foi feita no ano de 2020, após a entrega da obra. Na oportunidade, foi realizada a visita em duas das cinco unidades.

3.2.8.1 Escadas

Diferente da obra A, as escadas da obra B foram feitas de maneira adequada conforme a NBR9050 (ABNT, 2020d), com degraus do mesmo tamanho, patamares à cada dez degraus, divididas em quatro lances até o terraço como mostra a Figura 14. A escada foi revestida com granito tanto nos lances como nos espelhos.

FIGURA 14 – LANCES ESCADA-OBRA B



FONTE: A autora (2020)

3.2.8.2 Instalações Hidráulicas

Os cinco sobrados tinham caixa d'água, instalações de água fria, registros de gaveta nos ramais, registros de pressão nos chuveiros, tubulações para torneiras e chuveiros, como orienta a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.2.8.3 Instalações de Esgoto

Conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999), todos os sobrados tinham ralos nos banheiros, lavanderia. As caixas de gordura foram instaladas no piso próximo à cozinha e revestidas com piso cerâmico. As tubulações estão conectadas aos tubos que compõem a ligação de esgoto conforme orientação da concessionária de saneamento.

3.2.8.4 Instalações de Águas Pluviais

As instalações de águas pluviais foram embutidas na alvenaria e as caixas de passagem foram instaladas no piso e revestidas com piso cerâmico nas tampas.

3.2.8.5 Instalações Elétricas

Havia tomadas 110V e 220V, interruptores, e pontos de iluminação, quadro de luz e força, quadro medidor e a infraestrutura da companhia que fornece energia elétrica conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

3.2.8.6 Revestimento

Todos os sobrados foram revestidos na sala de estar, sala de jantar e cozinha com porcelanato e rodapé de MDF (FIGURA 15). A parede da cozinha foi revestida com cerâmica, as peças apresentavam coloração diferente em duas fileiras, o que pode ter sido causado pela falta de peças do mesmo lote ou devido à falta de atenção durante a instalação.

O lavabo, banheiros e a lavanderia tiveram a instalação de revestimento cerâmico no piso e na parede. No pavimento do terraço, na área externa, nas varandas e na garagem foi instalado o piso antiderrapante.

As peças foram bem assentadas em sua maioria, mas em alguns lugares existiam irregularidades que não são permitidas pela NBR 13755 (ABNT, 2017a) nas peças instaladas. Não houve um cuidado na aplicação do rejunte, o que fez com que ele ficasse torto ou em excesso em alguns lugares. A falta de observação das peças do revestimento antes da instalação fez com que uma peça avariada fosse instalada na lavanderia.

Os quartos encontravam-se apenas com contrapiso pronto (FIGURA 16), pois, como informado pelo responsável, no momento da aquisição da edificação haveria a

opção de instalação de piso laminado de madeira que estava inclusa no valor de revenda das unidades. Caso o comprador não quisesse o piso laminado, seria concedido um desconto para que ele se responsabilizasse pelo revestimento do pavimento superior.

FIGURA 15 – REVESTIMENTO-OBRA B



FIGURA 16 – QUARTO-OBRA B



FONTE: A autora (2020)

Embora as paredes estivessem lisas (FIGURA 16), em alguns locais a pintura interna apresentava manchas que possivelmente foram decorrentes da aplicação incorreta da tinta sobre a massa corrida sem o acabamento adequado.

A textura projetada foi a pintura utilizada nas paredes externas e optou-se pela tinta acrílica para as paredes internas. As paredes externas não apresentaram imperfeições quanto a aplicação da textura projetada (FIGURA 17).

FIGURA 17 – ÁREA EXTERNA-OBRA B



FIGURA 18 – SOLEIRA-OBRA B



FONTE: A autora (2020)

3.2.8.7 Esquadrias

As janelas e portas-janelas foram confeccionadas em alumínio branco e vidro, enquanto as portas das lavanderia e da entrada foram confeccionadas apenas em alumínio. Essas esquadrias foram compradas sob medida, direto da fábrica e instaladas pelos empreiteiros.

A porta janela da cozinha foi instalada mais alta que o piso (FIGURA 18). Esse degrau deixou vulnerável a passagem da cozinha para a área externa.

3.2.8.8 Cobertura

A cobertura dos sobrados é composta por um terraço com revestimento cerâmico sobre a manta asfáltica utilizada para a impermeabilização.

3.2.8.9 Escoamento de água nas estruturas de concreto armado

As varandas e os terraços da obra B têm ralos para o escoamento de água, seguindo a NBR 6118 (ABNT, 2014a), que determina o escoamento de água nas estruturas de concreto.

3.3 OBRA C

A obra é composta por uma casa construída em um terreno com 280 m², com três dormitórios, duas suítes, banheiro social, lavabo, sala, cozinha, lavanderia, garagem coberta, e terraço totalizando 240 m², e foi acompanhada desde o ano de 2020.

O projeto foi elaborado por uma engenheira, que também se responsabilizou pela execução da obra. Durante as visitas técnicas foi possível acessar todos os projetos desde o arquitetônico, estrutural, instalações elétricas, instalações hidráulicas, instalações de esgoto, instalações de águas pluviais. O acompanhamento da obra foi realizado desde a etapa da fundação até a etapa do reboco, em todas as etapas havia o acompanhamento da engenheira que era responsável técnica pela execução da obra.

3.3.1 Canteiro de Obras

O Canteiro foi cercado com chapas metálicas e a infraestrutura de apoio colocada no terreno do vizinho que cedeu a área para utilização durante a execução da obra. Neste terreno foi instalada uma estrutura provisória de madeira onde havia alojamento, depósito de materiais, área de corte e dobra conforme recomenda a NR-18 (NR, 2021). Havia energia elétrica e água na estrutura provisória.

Não foram feitas baias para armazenagem dos agregados como areia e brita contrariando a NBR 12284 (ABNT, 1991). As barras de aço ora foram armazenadas sobre uma estrutura de madeira fixada no muro (FIGURA 19), e ora armazenada diretamente em contato com o solo, porém, foram identificadas após a montagem das armaduras conforme recomenda a NBR14931 (ABNT, 2004)

3.3.2 Fundação

De acordo com o projeto estrutural, a fundação seria composta por 38 sapatas isoladas, com altura variando entre 35 e 60 cm, a 2 metros de profundidade, e com área de aproximadamente 1 m². Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019) deve ser feito um lastro de concreto magro, de no mínimo 5 cm na base da fundação antes das armaduras da sapata, este procedimento foi feito com uma camada de brita apenas, não seguindo totalmente o que determina a norma (FIGURA 19).

Essa obra necessitava de uma fundação mais robusta, pois, a laje seria maciça e com altura de enchimento mais espessa em alguns lugares. As sapatas maiores ficariam localizadas na direção destas lajes mais espessas e as sapatas menores nos outros locais da residência.

A impermeabilização foi realizada de acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), 15 dias depois da concretagem das vigas, na interface sapata e vigas baldrame antes do aterramento. Uma parte dos pilares foi impermeabilizada após a concretagem. A tinta asfáltica foi o produto utilizado nesta impermeabilização.

FIGURA 19 – FUNDAÇÃO-OBRA C



FONTE: A autora (2020)

3.3.3 Formas

As caixarias das sapatas foram feitas em etapas, uma vez que a escavação seria feita de forma manual e que o volume de escavação seria muito grande. As formas

foram feitas com chapas de madeira compensada por serem mais fáceis de remover, já que algumas caixarias seriam reaproveitadas para outras sapatas, o que é permitido pela NBR 7190 (ABNT, 1997a).

Os travamentos das formas das sapatas foram feitos com ripas de madeira, mas mesmo assim, durante a concretagem as formas sofreram deformação.

Essa mesma deformação fez com que algumas partes das vigas baldrame apresentassem o aspecto desalinhado após a concretagem além de comprometer o cobrimento de 3 cm previsto em projeto. Sendo assim a estanqueidade da forma não foi como o esperado.

A desforma foi realizada 5 dias após a concretagem das sapatas, ela foi feita manualmente com o auxílio de martelos e desempenadeiras para retirar os pregos que fixavam as formas. Já a desforma das vigas baldrame foi realizada 7 dias após a concretagem.

Para os pilares, foram utilizadas tábuas de madeira para compor as caixarias e ripas para realizar o travamento das formas (FIGURA 19).

As formas utilizadas para a concretagem da laje começaram a ser montadas após a execução dos pilares. Para as vigas foram utilizadas tábuas de madeira. Para o fundo das fôrmas da laje optou-se pelo uso de chapas de madeira compensada recobertas com lona plástica, pois, a laje seria maciça e esse método permitiria um melhor acabamento da laje. Os furos necessários para as instalações elétricas e hidráulicas foram realizados como previsto em projeto e as esperas das tubulações foram inseridas.

A estanqueidade das formas da laje foi prejudicada devido ao excesso de concreto aplicado durante a concretagem, pois, não houve um cuidado com a quantidade do concreto lançado para a laje sobrecarregando as caixarias causando um encurvamento na forma.

3.3.4 Armaduras

As armaduras foram executadas de acordo com o projeto estrutural, as sapatas contavam com barras de aço CA-50 de 8 mm, 10 mm e 16 mm com estribos de aço CA-60 de 5 mm, as barras mais grossas foram utilizadas nas sapatas que receberiam as maiores cargas conforme recomenda a NBR 6118 (ABNT, 2014a). E instaladas sobre um lastro de brita e não sobre um lastro de concreto magro como recomenda a ABNT(ABNT, 2019).

As armaduras das vigas baldrame foram feitas com barras de aço CA-50 de 8 mm com reforço de barras de 10 mm e 12,5 mm de diâmetro para as armaduras negativas. Os estribos eram de aço CA-60 de 6,3 mm.

FIGURA 20 – VIGAS-OBRA C



FIGURA 21 – ARMADURAS-OBRA C



FONTE: A autora (2021)

As armaduras das vigas da laje foram feitas com aço CA-50 de 8 mm, 10 mm e 12,5 mm. As lajes foram armadas com armaduras negativas para a amarração dos panos de lajes (FIGURA 20 e FIGURA 21). As armaduras negativas deveriam ter sido ancoradas com espaçadores do tipo caranguejo para evitar que durante a concretagem a armadura com a finalidade negativa se tornasse positiva prejudicando assim a estrutura.

Durante o acompanhamento todas as armaduras verificadas apresentavam estado oxidativo, o que segundo a NBR 7180 (ABNT, 2007) ainda é permitido. Mas, não houve a utilização de espaçadores para garantir o cobrimento mínimo das armaduras como orienta a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

3.3.5 Concretagem

O concreto utilizado para as sapatas foi calculado para a classe C20, em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a). Ele foi feito em obra utilizando 1 saco de cimento CII-Z-40 de obras estruturais, 4 baldes de 18 litros de areia e 4 1/2 baldes de 18 litros com brita. A quantidade de água utilizada variou entre 19 e 22,5 litros devido a umidade dos agregados. A ordem dos insumos utilizados foi cimento, água, areia e brita. O concreto tinha aparência fluida e boa trabalhabilidade. A camada de concreto para o cobrimento previsto para as sapatas era de 5 cm.

A concretagem das sapatas foi feita com concreto misturado na betoneira, transportado em carrinho de mão e destinado com auxílio de baldes até a área da sapata. O adensamento foi feito utilizando um caibro ao invés de utilizar o vibrador conforme recomenda a NBR6122 (ABNT, 2019). O uso de espaçadores conforme recomenda a NBR6118 (ABNT, 2014a), foi feito com pedaços de tubo de PVC, apenas entre o lastro de brita e a armadura da sapata.

A utilização de água para umedecer as caixarias antes da concretagem, foi

realizada para evitar a perda de água do concreto, além de facilitar a desforma em todas as etapas.

Nas vigas baldrame o concreto foi feito em obra e planejado para obter a resistência de 25MPa, também em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a). A ordem de utilização dos insumos do concreto na betoneira foi água, brita, cimento, brita e areia. Foram utilizados entre 21 e 24,5 litros de água no traço dependendo da umidade dos agregados. Para o adensamento do concreto foi utilizado o vibrador de agulha, sem o contato com as armadura, durante a concretagem.

Os pilares foram concretados antes da alvenaria. O traço utilizado para a concretagem dos pilares era de 1 saco de cimento, 4 baldes de 18 litros de brita e de areia, 18 litros de água. A ordem de colocação dos insumos foi brita, cimento, água, e areia. O consumo do concreto era de 2 betoneiras para os pilares com seção transversal 20 x 30 cm e de 1 1/2 betoneira para os pilaretes com seção transversal de 15 x 20 cm. Ao invés de utilizar o vibrador para realizar o adensamento conforme recomenda a NBR6122 (ABNT, 2019), foi utilizado um caibro para adensar o concreto dos pilares, e em alguns lugares a forma foi vibrada com golpes de martelo.

A concretagem da laje foi iniciada as 13 horas para vencer os 50 m³ planejados. O concreto foi solicitado na central dosadora com resistência de 30MPa, conforme orienta a NBR 6118 (ABNT, 2014a). Foram utilizados 1 caminhão-betoneira de 8 m³, 1 de 7 m³, 1 de 10 m³, seguido de 2 caminhões de 8m³. Foram realizados testes de abatimento conforme a NBR 16889 (ABNT, 2020a) na chegada de todos os caminhões, para verificar o abatimento solicitado de 10 +- 2cm. A empresa foi contratada para fornecer a bomba com os mangotes para a concretagem da laje, bem como um funcionário para operar a bomba e outro para comandar a saída do concreto do mangote.

No primeiro caminhão foi obtido *slump* de 8 cm e então adicionaram 30 litros de água para obter o abatimento desejado de 10 cm (FIGURA 22). No segundo caminhão foi obtido *slump* de 8 cm e adicionados 37 litros de água para que o concreto conseguisse escoar nos mangotes da bomba. No terceiro o *slump* obtido foi de 12 cm. No quarto caminhão após obter 9,5 cm de abatimento foram adicionados 30 litros de água. E por fim, no último caminhão ao chegar o *slump* obtido foi de 15 cm, foi solicitado para que o caminhão girasse a betoneira por 3 minutos e após isso o *slump* obtido foi de 12 cm. O intervalo de chegada dos caminhões não foi demorado, pois foi solicitado que houvesse agilidade neste processo por parte da concreteira.

A realização de um plano de concretagem conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004) foi falho, pois, muito concreto foi despejado no começo da laje durante o início da concretagem. Por isso houve uma sobrecarga da forma da laje e a espessura prevista para a laje que deveria ter 17 cm com caimento para obter 13 cm de espessura nas

bordas não foi realizada (FIGURA 23).

FIGURA 22 – SLUMP TEST-OBRA C



FIGURA 23 – CONCRETO-OBRA C



FONTE: A autora (2021)

Quando foi percebido que toda a laje tinha 17 cm de espessura, a concretagem foi pausada e os colaboradores tentaram espalhar o excesso do concreto, porém, não foi possível obter um bom resultado, pois, isso foi percebido tarde, quando o concreto já tinha começado a secar. Uma parte da equipe foi puxando, regularizando, adensando com vibrador o concreto para espalhar, outra parte foi espalhando o novo concreto vindo da bomba, isso atrapalhou o andamento da concretagem (FIGURA 24).

Esse processo se estendeu até a noite (FIGURA 25), e as instalações de refletores, para facilitar a execução do serviço, não foi satisfatória conforme recomenda a NBR14931 (ABNT, 2004).

A cura do concreto da laje foi realizada molhando a laje a cada 4 horas por 24 horas, este procedimento é falho pois, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) a cura do concreto tem início após 1h 10 min da concretagem. Como o concreto não foi suficiente, no dia seguinte foi realizada a finalização da concretagem da laje com concreto feito em obra.

3.3.6 Instalações de Esgoto

As instalações de esgoto, seguindo a NBR 8160 (ABNT, 1999) foram feitas antes da compactação do solo, que é realizada antes da concretagem do contrapiso.

FIGURA 24 – LAJE-OBRA C



FIGURA 25 – CONCRETAGEM À NOITE



FONTE: A autora (2021)

Desta maneira a tubulação já fica embutida e não há necessidade de fazer recortes após a construção da estrutura.

O procedimento utilizado não é recomendado devido a dificuldade de manutenção após o acabamento e a questão ambiental em casos de vazamentos.

3.3.7 Instalações Hidráulicas

Foram feitos furos previstos em projeto para as instalações hidráulicas, a fim de facilitar a execução posterior destas instalações. De acordo com o projeto, foi necessário construir uma cisterna para armazenamento e bombeamento da água. Foram instalados os registros e as tubulações necessárias para as instalações de água quente e fria conforme recomenda a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.3.8 Instalações Elétricas

Alguns furos foram previstos para as instalações dos quadros elétricos, eles foram executados nas caixarias das vigas e pilares. Os eletrodutos reforçados rígidos e flexíveis também foram instalados antes da concretagem da laje (FIGURA 24). As demais instalações elétricas necessárias de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008) como eletrodutos, caixas de passagem e caixas de PVC foram instaladas antes do chapisco.

3.3.9 Escoras

Para o escoramento da laje foram utilizadas escoras de madeira, permitidas pela NBR 14931 (ABNT, 2004) como a laje seria maciça, a quantidade de escoras foi muito maior quando comparada com as lajes pré-moldadas (FIGURA 26).

As escoras foram instaladas sobre cunhas de madeira de modo a facilitar a retirada. Esse escoramento ficou instalado por 30 dias, para a cura do concreto, quando

foram retiradas as formas.

FIGURA 26 – ESCORAS-OBRA C



FONTE: A autora, (2021)

3.3.10 Laje

A montagem da estrutura provisória necessária para laje foi iniciada após a concretagem e cura do concreto dos pilares. A laje utilizada foi do modelo maciça conforme a NBR 14859-1 (ABNT, 2016a). Segundo o planejamento, para a laje mais robusta em termos de armadura e espessura de concreto foi concretada em uma área com 12,5 m x 13,20 m.

Antes da concretagem foram conferidas as armaduras, o travamento das caixarias e os pontos onde seriam instaladas as tubulações para o escoamento das águas da chuva.

3.3.11 Alvenaria

A execução da alvenaria teve início após a cura da laje e a retirada das escoras. Todas as paredes foram feitas com tijolo deitado. Havia juntas verticais e horizontais preenchidas com argamassa, cinta de amarração na alvenaria e a execução de vergas e contra-vergas conforme recomenda a NBR 8545 (ABNT, 1984).

3.3.12 Revestimento

O Chapisco foi aplicado em todas as paredes com uso de broxa, o que permitiu uma boa aderência e cobertura da alvenaria. Já o emboço foi feito seguindo as taliscas utilizadas como guia. Para facilitar a visualização durante a utilização das régua foram feitas guias maiores de argamassa sobre as taliscas de elemento cerâmico. As paredes rebocadas apresentaram aspecto liso e bem-acabado, obtendo ao final desta etapa uma espessura satisfatória do revestimento sobre a alvenaria (FIGURA 27).

FIGURA 27 – REBOCO- OBRA C



FIGURA 28 – CONTRAPISO- OBRA C



FONTE: A autora (2022)

Devido à irregularidade ocorrida durante a concretagem da laje, a engenheira optou pela realização posterior de um contrapiso que garantisse o caimento de 3% previsto em projeto (FIGURA 28). A execução deste contrapiso exigiu uma grossa camada de argamassa para obter a regularização. Ele foi feito para auxiliar no acabamento e uniformidade da laje, pois, ela seria impermeabilizada.

3.3.13 Escada

A escada que dá acesso à laje foi feita com espelhos de tamanhos diferentes, em desconformidade com a NBR 9050 (ABNT, 2020d), porém, ela possuía 1,20 m de largura dos degraus como orienta a norma. Os lances foram feitos a cada mudança de sentido.

3.4 OBRA D

A obra foi acompanhada em 2020, onde foram construídos 2 sobrados de 136 m² com uma suíte, dois dormitórios, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, lavanderia, e área *gourmet* com churrasqueira e forno de pizza, garagem descoberta e piscina.

O projeto foi elaborado por um engenheiro e executado por um empreiteiro. Não foi possível verificar a existência dos projetos na obra, foram apresentadas apenas imagens da maquete em 3D da edificação. Segundo o mestre de obras, nem

sempre existe a disponibilização dos projetos estruturais, às vezes o projeto vem incompleto, e existem situações em que ele tem que tomar a decisão de como executar a edificação. Por exemplo, não foi previsto um pilar na fachada da residência, mas ele decidiu executar esse elemento, pois, verificou que seria perigoso a falta deste apoio. O acompanhamento foi realizado a partir da etapa do chapisco e reboco até o revestimento.

3.4.1 Canteiro de Obras

O canteiro foi cercado com chapas metálicas, havia um contêiner para armazenagem do material, e um banheiro de acordo com a NR-18 (NR, 2021). A água utilizada era proveniente de um poço artesiano construído para utilizar durante a obra. Também haviam instalações elétricas definitivas que seriam utilizadas pelos sobrados, mas adaptadas para utilização durante a obra.

O canteiro era bastante desorganizado, com blocos cerâmicos armazenados e quebrados pelo terreno, uma caixa para hidratar a cal não era bem vedada e a mistura escorria pelo chão.

O armazenamento dos materiais era satisfatório conforme recomenda a NBR 12655 (ABNT, 2022b), com sacos de cimento empilhados corretamente assim como tubulações, cal, etc. (FIGURA 29)

FIGURA 29 – ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS-OBRA D



FONTE: A autora (2020)

3.4.2 Alvenaria

Na primeira visita realizada a alvenaria já havia sido concluída, mas era possível realizar uma inspeção visual. Optou-se pela utilização de blocos cerâmicos de 11 x 19 x 29 cm para que essa etapa fosse feita com mais agilidade segundo o mestre de obras.

Verificou-se que não houve cuidado na execução para garantir o preenchimento com argamassa nas juntas verticais e horizontais conforme orienta a NBR 8545 (ABNT, 1984). A falta dessa argamassa e da amarração da alvenaria permitiu que o muro de divisa dos sobrados ficasse vulnerável, pois, só de encostar no muro era possível balançá-lo.

Como não havia escada na obra, uma estrutura provisória foi feita, escorada no muro, com chapas de madeira compensada para formar uma rampa que permitia o acesso ao segundo pavimento. Essa rampa recebia muito impacto, o que prejudicou a estabilidade do muro.

No segundo piso, uma parede da divisa dos dois sobrados ficou aberta para passagem durante o serviço, mas a abertura era um buraco grande entre fiadas já executadas. Essa configuração da alvenaria não era segura, pois, a sobrecarga dos blocos cerâmico causava flexão da tábua de madeira utilizada para sustentação (FIGURA 30). Foi observado que o não foi feito o encunhamento dos blocos cerâmicos que é necessário entre a viga e a alvenaria para absorver as cargas sobre a alvenaria.

Pela inspeção da alvenaria, os pilaretes foram executados com a alvenaria, pois havia locais com excesso de concreto próximo aos pilaretes. Também foi possível observar que o prumo e o nível da alvenaria não foi verificado durante a execução, pois, algumas paredes estavam tortas. As vergas e contra-vergas foram feitas em todas os locais onde haveriam portas janelas.

FIGURA 30 – ALVENARIA-OBRA D



FIGURA 31 – ESGOTO-OBRA D



FONTE: A autora (2020)

3.4.3 Instalações de Esgoto

Durante a primeira visita à obra foi verificado que as instalações de esgoto estavam concluídas. Alguns furos foram previstos e outros não, o que acabou interferindo na estrutura da laje a partir da modificação do cobrimento das vigotas treliçadas (FIGURA 31). A falta do cobrimento pode facilitar a corrosão e prejudicar as tubulações instaladas próximo às armaduras. As instalações de esgoto foram compostas por ralos lineares nos banheiros, e caixas de gordura próximo às pias. O esgoto sanitário seguiu o que dispõe a NBR 8160 (ABNT, 1999) quanto a configuração das tubulações de queda do esgoto e da ligação do esgoto primário e secundário.

3.4.4 Instalações Hidráulicas

As instalações hidráulicas foram feitas antes do chapisco para evitar os recortes após a concretagem. Mas, em alguns locais houve conflito entre as instalações de água e os eletrodutos de energia elétrica (FIGURA 32). Os sobrados têm caixa d'água, registros de gaveta, registro de pressão, instalação de água e fria, e tubulação para instalação de chuveiro e torneiras de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

FIGURA 32 – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS-OBRA D



FONTE: A autora (2020)

3.4.5 Instalações Elétricas

Um dos sobrados foi feito com estrutura para a instalação de energia solar. Por isso, existem tubulações extras desde a laje até o local onde serão colocados os quadros elétricos. A residência tinha tomadas, pontos de iluminação, quadro de luz e força e o quadro medidor conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

3.4.6 Laje

Embora esta etapa não tenha sido acompanhada, pela inspeção visual foi possível verificar que a laje utilizada nesta obra foi do tipo vigota treliçada com elemento cerâmico. Foram deixados furos nas vigas e laje para passagem das tubulações necessárias. Foram utilizadas escoras de madeira que ainda estavam sendo utilizadas na obra durante a primeira visita realizada.

Durante o acompanhamento, foi verificada a existência de infiltrações na laje. Essa infiltração, inicialmente pode ter sido causada devido à demora para fazer a cobertura e a incidência de chuvas. Porém, já na etapa de finalização da obra, em outra visita realizada, notou-se que os mesmos locais que apresentavam infiltrações na laje durante a execução, tinham infiltrações na estrutura do *drywall* utilizada para acabamento decorativo.

3.4.7 Cobertura

A cobertura seria feita com telhas de fibrocimento (FIGURA 33). O reboco da platibanda estava sendo finalizado para que fosse possível começar o madeiramento de cobertura. Como solicitado pelo proprietário do imóvel, em um dos sobrados foi deixada infraestrutura para instalação de energia solar na laje e esperas na cobertura.

3.4.8 Revestimento

O revestimento foi feito com chapisco apenas nos muros, não houve chapisco na alvenaria interna conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013a). As camadas de emboço e reboco foram realizadas diretamente sobre a alvenaria. Alguns lugares apresentavam reboco com trincas embora a espessura não fosse muito grossa.

O acabamento decorativo utilizado foi o porcelanato nas paredes e piso, aplicado por um especialista utilizando nível a laser. Foi utilizado o mesmo revestimento que o empreiteiro dispõe em todas as obras para ser mais fácil repor em caso de necessidade de substituição. Um nicho construído na profundidade da parede do banheiro da suíte (FIGURA 34), nos fundos do revestimento da fachada fez com que o bloco cerâmico fosse removido (FIGURA 35).

FIGURA 33 – COBERTURA-OBRA D



FONTE: A autora (2020)

FIGURA 34 – BANHEIRO-OBRA D



FIGURA 35 – NICHÔ-OBRA D



FONTE: A autora (2020) (2021)

Observou-se que o assentamento das peças de revestimento foi feito utilizando pingos de argamassa ao invés de passar a argamassa por toda a peça e sobre o local da instalação para permitir uma boa aderência conforme a orientação da NBR 13529 (ABNT, 2013a).

Foi aplicada massa acrílica nas paredes para receber a pintura e o acabamento com sancas de gesso foram feitas próximo à laje.

O revestimento da escada e dos peitoris das janela e as soleiras das portas-janela foram feitas em granito.

3.4.9 Escadas

As escadas dos sobrados da obra D, foram realizadas com espelhos do mesmo tamanho, mas o patamar foi utilizado como um degrau anguloso tanto no começo quanto no fim da escada. O que não pode ser feito de acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020d).

3.4.10 Esquadrias

As esquadrias utilizadas foram as de alumínio branco com vidro nas portas-janela e nas janelas. Nas portas principais optou-se pela instalação de portas de alumínio. O guarda-corpo da sacada era de vidro com alumínio em acabamento metálico. As portas de madeira foram instaladas apenas nos dormitórios, suítes e banheiros.

3.5 OBRA E

Foram construídas duas casas de 100 m² com uma suíte, dois quartos, banheiro social, cozinha, lavanderia, área de serviço, área *gourmet* integrada com churrasqueira, garagem descoberta e piscina nos fundos.

O projeto é de um engenheiro e a execução foi realizada desde 2020 por um empreiteiro com longa experiência na área da construção civil. Durante o acompanhamento que teve início durante a locação da obra, não foi possível observar a presença dos projetos na obra. O acompanhamento da obra foi realizado desde a fundação até a finalização.

3.5.1 Canteiro de Obra

O canteiro não era cercado, mas contava com um contêiner para a armazenagem do material, onde o cimento, a cal, as tubulações, ferramentas eram armazenados de maneira organizada e seguindo as orientações da NBR 13755 (ABNT, 2017a).

A brita e a areia ficavam em frente do terreno, desta maneira as recomendações da NBR 12284 (ABNT, 1991) não foram seguidas, o local da armazenagem dos agregados não foi adequado, pois, durante a perfuração das estacas a brita atrapalhava a circulação no terreno. As ferramentas como carrinho de mão, enxada e as pás eram lavados ao fim da concretagem para preservar.

3.5.2 Fundação

Foram perfuradas ao total 70 estacas escavadas conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019) (FIGURA 36), sendo 30 estacas com 3,5 m e 40 estacas com 3 m. Quando não era possível perfurar uma estaca após três tentativas, ela não era executada. A disposição das estacas poderia ter sido aprimorada a partir da realização de estudos do solo. A máquina atrapalhou a circulação na rua durante o procedimento.

Para o rebaixamento do lençol freático realizado antes da fundação, foram utilizadas 3 bombas ligadas durante cinco dias. A água proveniente do rebaixamento do lençol freático foi despejada na sarjeta da rua.

FIGURA 36 – ESTACA-OBRA E



FIGURA 37 – FUNDAÇÃO-OBRA E



FONTE: A autora (2020)

3.5.3 Formas

As formas observadas foram utilizadas para a concretagem das vigas baldrame e para as vigas. Em ambos dos casos foram utilizadas tábuas de madeira para a

confeção das caixarias, as quais foram travadas com ripas conforme orienta a NBR 7190 (ABNT, 1997a).

Quanto às formas das vigas baldrame que foram recortadas, não se sabe se esse procedimento era previsto conforme orienta a NBR 14931 (ABNT, 2004) pois, o projeto não foi disponibilizado. Os furos realizados para as instalações de esgoto apresentaram um resultado satisfatório quanto à estanqueidade para furos feitos no meio das tabuas e baixo desempenho quanto à estanqueidade para furos feitos nas bordas das tábuas.

As formas das lajes eram estanques e quando um elemento cerâmico quebrava durante a concretagem ele era substituído para garantir a estanqueidade do sistema.

3.5.4 Armaduras

Para as armaduras das estacas foram utilizadas vigas treliçadas de aço CA-50 e 8 mm (FIGURA 37). Algumas armaduras da fundação não coincidiam com a locação dos pilares que seriam construídos.

Para as vigas baldrame, foram utilizadas barras de aço CA-50 de 8 mm com barras de aço CA-60 de 4,2 mm que estão em bom estado por serem barras novas (FIGURA 38).

Durante as visitas não foi encontrado o uso de espaçadores para garantir o cobrimento mínimo das armaduras conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

FIGURA 38 – FORMAS-OBRA E



FIGURA 39 – AMOSTRAS-OBRA E



FONTE: A autora (2021)

3.5.5 Concretagem

O concreto utilizado para a concretagem das estacas foi feito na obra com cimento CII-E.

A concretagem da viga baldrame foi feita com concreto dosado em central, porém, essa etapa não pode ser acompanhada.

A concretagem das lajes também foi feita com concreto usinado, de classe C20, o que não segue a NBR 6118 (ABNT, 2014a) que recomenda o uso de concreto classe C30 em ambientes marinhos. O plano de concretagem foi feito de acordo com a NBR14931 (ABNT, 2004), de modo que ela fosse realizada do fundo para a frente do terreno. Foi programado utilizar 1 caminhão de 4 m³ e 2 de 8 m³, mas foram utilizados 2 caminhões de 8 m³ a de 5 m³ e 1 de 2 m³.

A laje foi molhada com água antes da aplicação do concreto, e após a concretagem foi realizado o adensamento com vibrador sem encostar na ferragem, por toda a extensão, e por fim foi feita a regularização.

Quanto a entrega do concreto, houve a demora de 40 minutos entre um caminhão e outro de concreto. Não foi realizado o *slump* test na obra, mas na solicitação do concreto era para apresentar *slump* 16 cm, porém, a nota informava 10 +-2 cm. O proprietário assinava o documento de recepção do concreto na chegada e saída de cada caminhão conforme orienta a NBR 12655 (ABNT, 2022b).

Os moldes de concreto para rompimento aos 28 dias foram preenchidos na obra (FIGURA 39), com 4 amostras foram feitas do primeiro caminhão contrariando a NBR 5738 (ABNT, 2016c). Durante o tempo em que as amostras ficaram na obra, não houve uma proteção adequada com vidro ou plástico sobre a superfície para garantir a integridade dos moldes de ensaio. Os corpos de prova foram moldados e levados à concreiteira para armazenamento e realização do ensaio de resistência à compressão.

3.5.6 Alvenaria

A alvenaria da área interna das residências e das platibandas foi executada com juntas verticais e horizontais que não seguem as espessuras conforme orienta a NBR 8545 (ABNT, 1984) (FIGURA 40).

O assentamento dos blocos cerâmicos foi feito utilizando o bloco em pé nas paredes internas e com o bloco deitado nas paredes de divisa e no muro. Durante as visitas, foi acompanhada a realização da conferência do prumo das paredes da alvenaria.

3.5.7 Instalações de Esgoto

Antes da concretagem da viga baldrame foram realizados os furos previstos na estrutura para as instalações de esgoto (FIGURA 41). A conexão da tubulação de esgoto foi feita da maneira Pia-Vaso-Ramal e Ralo-Ramal ao invés de Pia-Ralo-Ramal e Vaso-Ramal segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999).

As instalações finais contavam com caixas de gordura próximo à pia, e escoamento com ralos e ramais.

FIGURA 40 – ALVENARIA-OBRA E



FIGURA 41 – ESGOTO-OBRA E



FONTE: A autora (2021)

3.5.8 Instalações Elétricas

As instalações elétricas foram feitas por meio da instalação de eletrodutos sobre a laje durante a montagem dela e antes da concretagem. Foram utilizados eletrodutos reforçados para a laje e eletroduto comum para as paredes.

As instalações internas foram feitas por recortes na alvenaria. O eletricitista concluiu instalando os cabos e fazendo as ligações. As residências foram finalizadas contendo tomadas, interruptores, pontos de iluminação, quadro medidor e quadro de força e luz conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

3.5.9 Instalações Hidráulicas

As instalações hidráulicas das duas residências foram compostas por tubulações de água fria, registros de gaveta, registro de pressão, instalação de caixa d'água, e tubulação para instalação de torneiras e chuveiros de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.5.10 Infraestrutura de Ar condicionado

A infraestrutura dos aparelhos de ar condicionado foi montada junto da etapa do reboco utilizando caixa de passagem para ar condicionado com as instalações do dreno e de energia.

3.5.11 Escoras

As escoras utilizadas eram de madeira, e foram colocadas durante a montagem da laje e das caixarias das vigas conforme orienta a NBR 14931 (ABNT, 2004). Elas começaram a ser retiradas 15 dias após a concretagem.

3.5.12 Laje

A laje utilizada foi a vigota treliçada com elemento cerâmico. A concretagem com concreto classe C20 e espessura de concreto calculada de 8 cm, mas foi executada com 10 cm, o que gerou uma falta de 3 m³ de concreto no final.

A laje foi molhada antes da concretagem para evitar a perda de água do concreto. Após a aplicação do concreto, ele foi adensado com uso do vibrador e em seguida a regularização (FIGURA 42). De modo a permitir um melhor acabamento, essa regularização foi feita utilizando um rodo com tubo de PVC adaptado na ponta.

FIGURA 42 – LAJE-OBRA E



FIGURA 43 – COBERTURA-OBRA E



FONTE: A autora (2021)

3.5.13 Cobertura

A cobertura foi iniciada 2 dias após a concretagem da laje, foram feitas as platibandas e o madeiramento (FIGURA 43). Utilizaram-se telhas italianas, e fez-se um gabarito para verificar a montagem do madeiramento do telhado. A cobertura foi feita conforme a NBR 7196 (ABNT, 2020c). A Vedação foi realizada por meio da instalação de calhas e rufos.

3.5.14 Revestimento

As paredes foram chapiscadas, e passaram pelas camadas de emboço e reboco, inclusive no muro de divisa com o vizinho. A finalização foi feita com requadros conforme orienta a NBR 13529 (ABNT, 2013a).

O revestimento decorativo foi feito com porcelanato, no piso, na parede da cozinha, nos banheiros e na churrasqueira (FIGURA 44). Havia outro revestimento decorativo na fachada e foi instalado um painel com placas de gesso para dividir a sala de jantar e a sala de estar. O acabamento do teto foi feito com placas de drywall.

As peças de granito de pias e nichos (FIGURA 45) foram manipuladas pelo responsável da obra, pois, segundo o empreiteiro isso era mais vantajoso economicamente do que adquirir direto na marmoraria.

FIGURA 44 – ACABAMENTO-OBRA E



FIGURA 45 – BANHEIRO-OBRA E



FONTE: A autora (2021)

3.5.15 Pintura

Antes da pintura interna as paredes receberam aplicação de massa acrílica e então foram lixadas. Após este procedimento foi possível receber a aplicação do selador e das 3 demãos de tinta. A área externa foi finalizada com aplicação de textura.

O piso interno foi coberto para proteger contra respingos de pintura e para não riscar (FIGURA 44). As portas foram pintadas, mas não apresentaram uma pintura homogênea e satisfatória.

3.5.16 Esquadrias

Os box dos banheiros, as janelas, portas-janela, e o portão são feitas em alumínio branco e vidro (FIGURA 45). As portas dos quartos e banheiros eram de madeira.

3.6 OBRA F

Esta obra destinava-se a construção de quatro residências em alvenaria. Ela não teve acompanhamento do mesmo número de fases em relação das demais.

3.6.1 Canteiro de obras

Este canteiro de obras não seguia as recomendações da NR 18 (NR, 2021), pois, era aberto, o armazenamento do material e dos agregados foi feito próximo ao canteiro, não havia instalações sanitárias. As barras de aço foram armazenadas em contato com o solo. Elas apresentavam estado oxidativo (FIGURA 46), o que não impossibilita o uso segundo NBR 14931 (ABNT, 2004) que trata apenas de casos onde barras de aço em estado de corrosão não podem ser utilizadas.

3.6.2 Formas

Como os pilaretes foram executados após a construção das paredes de alvenaria, as formas não apresentaram estanqueidade conforme solicita a NBR 7190 (ABNT, 1997a) (FIGURA 47).

FIGURA 46 – ARMADURAS-OBRA F



FIGURA 47 – PILARETES-OBRA F



FONTE: A autora (2020)

3.6.3 Armaduras

As armaduras dos pilaretes eram compostas por barras de aço CA-50 e estribos de aço CA-60 a cada 25 cm (FIGURA 46), aparentando estado oxidativo com uso permitido pela NBR 7480 (ABNT, 2007).

Os estribos foram fixados com arame recozido após o corte e dobra. A utilização de espaçadores não foi encontrada, assim como a seção transversal dos pilaretes não foi garantida, pois, a concretagem deles foi realizada após a execução da alvenaria, o que implica no não cumprimento da NBR 6118 (ABNT, 2014a).

3.6.4 Alvenaria

As juntas verticais e as fiadas foram preenchidas com argamassa, e esse assentamento não foi executado com juntas iguais, apresentando diferentes espessuras (FIGURA 48). A alvenaria foi feita com um pano solto muito longo, pois, os pilaretes foram executados após esta etapa, além de não haver a amarração entre os pilaretes e a alvenaria com barras de aço conforme recomenda a NBR 8454 (ABNT, 1984).

As paredes de divisa foram feitas com blocos cerâmicos deitados e as demais com blocos cerâmicos em pé. A utilização de contravergas foi feita de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), porém, a execução foi feita por todo o comprimento da parede embora fosse necessário ter apenas 15 cm de comprimento de cada lado conforme a norma (FIGURA 49).

A alvenaria foi executada sobre as vigas baldrame impermeabilizadas com tinta asfáltica, porém, ainda não havia sido feita a impermeabilização das fiadas.

FIGURA 48 – ALVENARIA-OBRA F



FIGURA 49 – VERGAS-OBRA F



FONTE: A autora (2020)

3.7 OBRA G

A visita inicial foi realizada no ano de 2020, neste local foram construídas quatro casas, com uma suíte, dois dormitórios, banheiro social, sala e cozinha integradas, lavanderia, garagem descoberta e piscina nos fundos totalizando 90 m².

Esta obra teve o projeto elaborado por um engenheiro e foi gerenciada por um empreiteiro. Não foi possível verificar a existência dos projetos no canteiro de obras.

Na ocasião da visita duas casas estavam com a laje pronta e passavam pela finalização do chapisco, enquanto as outras duas estavam em construção, na etapa de alvenaria e laje (FIGURA 50).

3.7.1 Canteiro de Obras

A obra não tinha um canteiro delimitado, havia apenas um contêiner para armazenamento do material. O contêiner, os blocos cerâmicos, vigotas e elementos

cerâmicos atrapalhavam a circulação, pois, ficavam na via (FIGURA 51). Desta maneira, as recomendações da NR 18 (NR, 2021) foram seguidas parcialmente.

FIGURA 50 – CASAS-OBRA G



FIGURA 51 – CANTEIRO-OBRA G



FONTE: A autora (2020)

3.7.2 Alvenaria

Foram utilizados blocos cerâmicos em pé para as paredes internas, e para as paredes das divisas e dos muros os blocos foram utilizados deitados. Algumas juntas verticais foram preenchidas com argamassa conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984) e outras não, enquanto as juntas horizontais apresentavam o preenchimento bem feito com argamassa.

As vergas foram executadas, mas as contra-vergas não foram feitas, normalmente essa etapa é realizada junto à alvenaria para seguir o que solicita a NBR 14931 (ABNT, 2004).

3.7.3 Laje

As lajes utilizadas foram compostas por vigotas com armadura treliçada (VT) e o elemento de enchimento de lajota cerâmica (LC). A montagem da laje foi feita com as vigotas e o elemento cerâmico, utilizando escoras metálicas para apoiar a estrutura que seria concretada posteriormente conforme a NBR 14859-1 (ABNT, 2016a) (FIGURA 52).

3.7.4 Revestimento

O revestimento, que é dividido em quatro etapas teve início com a realização do chapisco após a alvenaria (FIGURA 53), esta etapa foi bem executada, pois a camada foi observada a partir de um cobrimento homogêneo da alvenaria. O reboco foi executado de maneira correta uma vez que não tem uma grande espessura. Os

requadros para preparar a estrutura para receber as esquadrias foram feitos durante o reboco.

FIGURA 52 – LAJE-OBRA G



FIGURA 53 – CHAPISCO-OBRA G



FONTE: A autora (2020)

3.7.5 Infraestrutura de Ar condicionado

As instalações elétricas e hidráulicas necessárias, conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008), para a instalação dos aparelhos de ar condicionado foram montadas utilizando caixa de passagem para ar condicionado nos cômodos para facilitar a instalação.

3.8 OBRA H

A obra foi realizada em um terreno onde foram construídos quatro sobrados. As edificações foram projetadas com aproximadamente 110 m² contendo uma suíte, dois dormitórios, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, área de serviço e garagem.

O projeto foi elaborado por uma arquiteta e um engenheiro, e foi executado por uma construtora. Desta maneira, constavam em obra os projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico, hidrossanitário e elétrico. A obra foi acompanhada desde a fundação até a execução da laje do primeiro pavimento.

3.8.1 Canteiro de Obra

Esta obra fazia divisa com outra obra da construtora, por isso, a infraestrutura do canteiro de obras foi compartilhada entre às duas obras. Foram utilizados dois contêineres para armazenagem dos materiais das duas obras.

O canteiro foi subdividido para às duas obras, e não foi cercado conforme a NR-18(NR, 2021). As instalações de apoio como sanitários, área de convivência e área coberta para refeições eram compartilhadas, pois, comportavam em torno de 20

colaboradores das duas obras. A área de corte e dobra de aço estava mais próxima da obra H.

O empilhamento dos sacos de cimento no contêiner foi feito de maneira correta respeitando o máximo de 10 sacos conforme solicita a NBR 12655 (ABNT, 2022b). As armaduras estavam armazenadas em contato com o solo, o que não deveria ocorrer, por isso as recomendações da NBR 14931 (ABNT, 2004) foram seguidas parcialmente. As vigotas treliçadas e os elementos cerâmicos da laje foram armazenados em contato com o solo no terreno ao lado da obra.

3.8.2 Fundação

Após a locação da obra foi realizada a drenagem do terreno durante três dias, utilizando bombas de rebaixamento de lençol freático, conectadas a três ponteiras. Não houve um estudo para conhecer as características do solo. A fundação foi feita durante dois dias para executar as 48 estacas escavadas conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019) (FIGURA 54). A concretagem das estacas foi feita com concreto dosado em obra logo após a escavação.

A escavação das estacas foi feita até que fosse possível atingir 4 metros de profundidade. Para algumas estacas era necessário escavar cinco vezes até alcançar a profundidade desejada. Foi deixado um espaço de 0,85 m no final da estaca para fazer a ligação da interface estaca- viga baldrame utilizando um molde do arranque (FIGURA 55).

As vigas baldrame foram dimensionadas de acordo com a alvenaria que seria utilizada, com seção transversal de 8 cm x 15 cm e 10 cm x 15 cm dependendo da localização. A impermeabilização com tinta asfáltica foi realizada três dias após a concretagem do baldrame, e antes da execução da alvenaria.

3.8.3 Formas

As caixarias das vigas baldrame foram montadas com tábuas de madeira, e travadas a cada 0,36 m para apoiar as barras de aço de espera que seriam utilizadas na alvenaria.

As formas das caixarias das vigas apresentaram resultado satisfatório durante o processo da concretagem da laje, sem a ocorrência de vazamento do concreto. Os furos necessários para a execução de tubulações foram feitos durante a montagem das formas seguindo a NBR 14931 (ABNT, 2004).

As formas das vergas de contra-vergas foram feitas utilizando apenas tábuas de madeira entre os vãos das portas e janelas, travadas diretamente no EPS utilizando pregos e ripas.

FIGURA 54 – FUNDAÇÃO-OBRA H



FIGURA 55 – ARRANQUE-OBRA H



FONTE: A autora (2021)

3.8.4 Armaduras

A armadura das estacas foi feita com os estribos moldados no formato circular com 19 cm de diâmetro e espaçamento de 12 cm em aço CA-60 com barras de 4,2 mm de espessura, presos com arame recozido nas barras de aço CA-50 com 3 metros de comprimento e espessura de 10 mm (FIGURA 56).

A armadura da viga baldrame foi feita com barras de aço CA-50 de 8 mm e 10mm, e aço CA-60 de 4,2 mm espaçados a cada 15 cm. Foram deixadas as esperas das barras amarradas a esta armadura a cada 0,36 m, pois, estas barras seriam utilizadas para a execução da alvenaria estrutural.

As armaduras que compõem a alvenaria estrutural foram engastadas nas armaduras das vigas baldrame (FIGURA 57). As armaduras verticais foram feitas em aço CA-50 de 10 mm que são instaladas a cada 0,36 m. As barras foram amarradas a cada 2 fiadas de EPS, onde também eram adicionadas barras no sentido longitudinal da alvenaria. Estas barras longitudinais eram de 6,3 mm para as estruturas de alvenaria internas e de 8 mm nas áreas de divisa.

Em nenhum momento durante o acompanhamento da obra os espaçadores que garantem o cobrimento mínimo das armaduras de concreto foram utilizados conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

FIGURA 56 – ARMADURAS-OBRA H



FIGURA 57 – BALDRAME-OBRA H



FONTE: A autora (2021)

3.8.5 Concretagem

Durante a perfuração das estacas escavadas os colaboradores preparavam o concreto para preencher as estacas. Para isso foram mobilizados 5 carrinhos de mão e duas betoneiras. Cada estaca utilizou em média 6 1/2 carrinhos de mão de concreto.

O traço utilizado foi dosado para um concreto classe C25 e com representação em padiolas de 36 litros. Foram utilizados 1 saco de cimento CP II-Z-32, 4 padiolas de brita, 3 padiolas de areia, e 2 baldes de 18 litros de água. A ordem de colocação dos insumos utilizados foi água, brita, cimento, areia e o restante da água. Esse concreto tinha um aspecto fluido.

O processo de concretagem das estacas foi extremamente ágil: um carrinho de concreto era despejado na vala logo após a escavação, a armadura foi inserida e em seguida os carrinhos de concreto foram despejados. Após este processo utilizou-se o vibrador sem afetar a armadura para garantir seu posicionamento e realizou-se a conferência do alinhamento do centro da armadura na estaca.

Já a concretagem das vigas baldrame foi feita de forma mais lenta quando comparadas à concretagem das estacas, embora tenha sido optado pela utilização de concreto dosado em central, com dois caminhões-betoneira e bomba totalizando 23 m³, para realizar esta etapa. Foi utilizado o vibrador para o concreto, e mesmo assim o concreto não ficava espalhado de maneira homogênea sendo necessário utilizar

a colher de pedreiro para finalizar, onde se encheram alguns carrinhos de mão com excesso de concreto de algumas área para preencher áreas que não eram acessíveis. O espaço era limitado e as barras de aço atrapalhavam. Foram feitas valas para o escoamento do excesso da água que estava nas valas deixadas para o arranque das caixarias (FIGURA 57).

Como as formas de EPS eram estreitas, optou-se pela utilização de um cone para que o concreto fosse espalhado de modo que preenchesse toda a forma durante a concretagem da alvenaria estrutural. Este concreto foi dosado em obra e o traço utilizado foi calculado pelo engenheiro responsável pela alvenaria estrutural.

O planejamento da concretagem da laje foi falho, pois, onde deveriam ser preenchidas lajes com 7 cm foram preenchidos 10 cm e só foi notado um bom tempo depois. Utilizou-se um nível a laser para fazer novas marcações nas outras caixarias que seriam concretadas e para espalhar o excesso de concreto onde era possível ainda.

FIGURA 58 – LAJE-OBRA H



FIGURA 59 – JUNTA DA LAJE-OBRA H



FONTE: A autora (2021)

Durante a concretagem da laje, o processo precisou ser interrompido devido à falta do concreto (FIGURA 58). A balança da empresa que forneceu o concreto estragou no fim do dia, e o último caminhão-betoneira não pode ser enchido com o concreto que seria utilizado para finalizar a concretagem da laje. Seriam utilizados um caminhão de 10 m³ e outro de 8 m³, e o último de 6 m³

Como a concretagem da laje foi realizada em uma sexta-feira à tarde, o problema da balança foi resolvido somente no dia seguinte. Então o concreto que existia na bomba foi recirculado e despejado na laje.

Desta maneira, a situação contribuiu para a execução de uma junta não planejada para a laje, onde a concretagem das lajes dos quatro sobrados seria feita de uma só vez. Como essa emenda não foi planejada e não foi realizado nenhum plano para a emenda conforme as orientações da NBR 7212 (ABNT, 2021), é possível que

dependendo do método utilizado para a retomada da concretagem da laje, que não pode ser acompanhado, surjam danos na estrutura futuramente (FIGURA 59).

Se as lajes dos sobrados tivessem sido concretadas de maneira independente, ou pelo menos em pares, talvez fosse mais fácil contornar o problema encontrado na concretagem para garantir a segurança da estrutura de concreto armado.

Além do problema do caminhão-betoneira, outra dificuldade encontrada durante a concretagem foi o intervalo entre a saída de um caminhão que tinha acabado de despejar o concreto e a chegada de um novo caminhão para continuar a concretagem. O tempo de espera foi em torno de 35 minutos; esse fato foi motivo de reclamação do mestre da obra com a empresa responsável pelo concreto, pois, a demora acabava atrapalhando o andamento da concretagem.

Durante a concretagem das lajes, não foram realizados ensaios como *slump test* nem a retirada das amostras do ensaio de rompimento. Esse processo foi feito apenas na construtora, mas também não foi conferido ou solicitado em obra pelo responsável pela execução. Dentre os equipamentos utilizados na concretagem estavam 2 vibradores que auxiliaram do processo de adensamento do concreto.

3.8.6 Alvenaria

O modelo de alvenaria estrutural com uso do sistema monolítico de placas de EPS que foi escolhido nesta obra não apresenta uma norma regulamentadora brasileira. As normas existentes se referem apenas a realização de ensaios de caracterização das placas de EPS, que são utilizadas como elemento de enchimento de lajes.

Essa foi a primeira experiência da construtora com o uso do EPS. Por isso, durante a execução da alvenaria o engenheiro responsável pela alvenaria estrutural, estava na obra para ensinar os colaboradores. Este processo de aprendizagem realizado, na prática, tornou mais demorada a execução das primeiras fiadas, pois, todos os detalhes como o encaixe das fôrmas, alinhamento, nivelamento, e enchimento embora fossem procedimentos corriqueiros, foram necessárias algumas adaptações para o sistema de fôrmas de EPS. Desta maneira foi possível observar que o controle durante a execução e o uso de novas tecnologias exige mão de obra treinada para que se obtenha uma execução de qualidade.

De acordo com o engenheiro, este tipo de alvenaria vêm ganhando espaço na construção civil devido às suas características térmicas e acústicas, além da agilidade no processo construtivo. Alguns estudos apontam que o uso da alvenaria estrutural com concreto armado em regiões litorâneas não é recomendado devido a facilidade de corrosão das armaduras, a ocorrência de fissuras e outras patologias.

O processo construtivo insiste em encaixar as formas de EPS sobre as vigas

baldrame, molhá-las com água, encaixar e alinhar verticalmente as barras de aço dentro das formas. Em seguida foi realizada a concretagem nas áreas das armaduras, deixando um espaço vazio onde não há armaduras. Estes espaços deixados sem concretar podem ser concretados após 4 h da concretagem dos primeiros espaços do molde.

Após a concretagem, as formas eram alinhadas com auxílio de fio de *nylon*, escoradas com madeira, e travadas com ganchos feitos de barras de aço CA-60 de 4,2 mm (FIGURA 60). Desta maneira, era possível fazer duas fiadas por vez, após concretadas eram inseridas armaduras longitudinais para ancoragem e o uso de grampos feitos com aço CA-60 para permitir amarrar provisoriamente uma fiada à outra para garantir o alinhamento da alvenaria (FIGURA 61). Foram feitos recortes e encaixes na montagem das formas para os locais onde seriam instaladas portas e janelas. As vergas e contra vergas foram feitas com a instalação de barras de aço na posição longitudinal, dentro do EPS, e concretadas.

FIGURA 60 – ALVENARIA ESTRUTURAL FIGURA 61 – DETALHE ALVENARIA



FONTE: A autora (2021)

Ao todo foram feitas 7 fiadas de EPS para obter os 3 m de altura conforme o projeto, para então fazer as caixarias das vigas com formas de madeira. As sobras e recortes de EPS foram armazenadas em sacos específicos, pois, a destinação delas deve ser feita de maneira separada dos outros restos de materiais da construção civil.

Conforme a alvenaria foi sendo executada até obter a altura desejada, foi necessário o uso de andaime para o trabalho em altura assim como orienta a NR-18 (NR, 2021). O uso deste equipamento ficou limitado dentro do canteiro de obras, pois, o espaço era confinado, as barras de aço da alvenaria atrapalhavam a locomoção para a concretagem das formas mesmo em cima dos andaimes. A mesma dificuldade foi encontrada na utilização do carrinho de mão que ficava na área externa à estrutura para abastecer os baldes utilizados na concretagem da alvenaria.

3.8.7 Escoras

As escoras de madeira utilizadas no escoramento da laje foram instaladas sobre cunhas de madeira que facilitaram a remoção de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004).

A retirada das escoras foi feita 30 dias após a concretagem da laje ficando só as escoras das vigas mais importantes.

3.8.8 Laje

As vigotas com armadura treliçada (VT) e o elemento de enchimento de lajota cerâmica (LC) foram utilizados para a montagem da laje dos sobrados da obra H conforme orientação da NBR 14859-1 (ABNT, 2016a).

Antes da concretagem foi realizada uma inspeção das caixarias, instalações elétricas, e das instalações hidráulicas para evitar recortes na estrutura de concreto armado.

As armaduras provenientes da alvenaria estrutural, e que seriam necessárias para a concretagem do segundo piso, foram deixadas como esperas, acima das cintas de amarração da laje antes da concretagem.

3.8.9 Instalações Elétricas

As instalações dos eletrodutos que compõem o projeto elétrico conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008) foram feitas após a montagem da laje para que fossem concretadas com ela (FIGURA 58).

3.8.10 Instalações Hidráulicas

As instalações hidráulicas necessárias para o segundo pavimento e dos ramais de distribuição foram feitas na laje seguindo as orientações da NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.8.11 Instalações de Esgoto

As instalações de esgoto do segundo pavimento foram executadas com esperas, feitas com as tubulações, antes da concretagem da laje evitar recortes posteriores conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999).

3.9 OBRA I

A construção de uma casa de 90 m² foi feita em meio terreno, e contemplava uma suíte, dois quartos, sala, banheiro social, cozinha, lavanderia, área *gourmet* e

garagem coberta.

A obra foi executada por um mestre de obras, e o projeto foi elaborado por um arquiteto. Durante a primeira visita à obra estava na fase de compactação do solo, logo após a concretagem das vigas baldrame.

3.9.1 Canteiro de Obra

O Canteiro foi cercado com tábuas, assim como as instalações sanitárias e o local para armazenamento dos materiais, conforme a NR-18 (NR, 2021). Porém, os estribos estavam espalhados pelo chão, em contato com o solo arenoso. E os agregados foram armazenados entre o terreno e a rua em desacordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017a).

3.9.2 Fundação

Durante a visita inicial a obra já estava com as vigas baldrame prontas e impermeabilizadas com tinta asfáltica. A compactação do solo foi feita utilizando mangueiras de água (FIGURA 62).

FIGURA 62 – OBRA I



FONTE: A autora (2020)

3.9.3 Armaduras

A armadura das esperas dos pilares, ligadas às vigas baldrame estavam em estado de oxidação. Segundo informações do mestre de obras, para a execução dos 26 pilares seriam utilizadas barras de aço CA-50 de 8 mm e os estribos com barras de aço CA-60 de 4,2 mm espaçados a cada 15 cm. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) o diâmetro mínimo das barras de aço CA-50 que compõem os pilares deve ser de no mínimo 10mm, o que não foi seguido neste caso.

3.9.4 Revestimento

Durante o acompanhamento, foi possível observar as etapas de chapisco, reboco e revestimento decorativo com placas de porcelanato.

O chapisco foi feito de modo que a aderência à alvenaria fosse homogênea. O emboço foi executado com uma camada de argamassa nem muito grossa, nem muito fina, seguindo as taliscas de revestimento cerâmico que serviam como guia. Isso ajudou na utilização do sarrafo durante o reboco. Alguns requadros precisavam ser realizados, mas estavam aguardando os contramarcos para instalação antes de finalizar o reboco.

O acabamento decorativo foi feito com placas de revestimento em porcelanato, com uma paginação das peças. Para a sala, foi planejada uma paginação com porcelanato liso e estampado na sala formando um desenho no piso (FIGURA 63).

Os demais revestimentos de piso e parede também foram feitos em porcelanato, e em algumas paredes foram escolhidas paginações com porcelanato liso e estampado assim como na sala.

As paredes e o teto receberam a aplicação de massa acrílica, após o reboco para preparação da superfície para a etapa da pintura.

3.9.5 Instalações Elétricas

A instalação dos eletrodutos foi feita na alvenaria e na laje, antes do chapisco ou concretagem respectivamente. Optou-se pela utilização de eletroduto reforçado para fazer a conexão entre os elementos das instalações elétricas.

Os quadros elétricos foram projetados de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008), mas a pedido do proprietário foram alocados na lavanderia, para não atrapalhar em outros ambientes da casa. Essa solicitação não é viável, uma vez que a instalação dos quadros deve ser feita no local onde a distribuição dos eletrodutos e tubulações seja facilitada, geralmente, no centro da edificação.

FIGURA 63 – REVESTIMENTO-OBRA I



FIGURA 64 – REGISTROS-OBRA I



FONTE: A autora (2021)

3.9.6 Instalações Hidráulicas

As instalações de água seguiram as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 2020b) e foram executadas antes do chapisco para otimizar o andamento das etapas da obra e evitar recortes e retrabalhos posteriores.

Para a instalação da caixa d'água foi feita uma laje reforçada sobre um dos quartos, onde o acesso às caixas é feito através de um alçapão. Os registros das tubulações foram instalados na lavanderia para facilitar o acesso e evitar danos e reparos em locais aparentes conforme a solicitação do proprietário (FIGURA 64).

3.9.7 Instalações de Esgoto

As instalações de esgoto seguindo as recomendações da NBR 8160 (ABNT, 1999) como ralos, ramais, caixa de gordura, etc. foram feitas antes da execução do contrapiso.

3.9.8 Infraestrutura de Ar condicionado

A infraestrutura dos aparelhos de ar condicionado foi montada utilizando caixa de passagem para ar condicionado em cada cômodo, nos locais previstos para a instalação do aparelho. As ligações de energia elétrica foram previstas de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008) e a instalação do dreno do ar condicionado foi canalizada e

direcionada para as instalações de águas pluviais.

3.9.9 Esquadrias

Os contramarcos das esquadrias foram instalados durante o reboco para facilitar a fixação. Também foram instalados os peitoris em granito para permitir um melhor acabamento das esquadrias. As peças de granito foram frisadas de modo que se formasse uma pingadeira para que houvesse o escoamento correto da água.

3.10 OBRA J

A obra compreende a reforma de um sobrado e a ampliação para a construção de um pavimento ático com terraço. Esta residência difere-se das demais analisadas pelo tamanho da estrutura.

Ao final da ampliação a residência estaria com cinco suítes, um escritório, um lavabo, um banheiro social, uma sala no pavimento térreo, uma sala no pavimento ático, cozinha, cozinha, lavanderia, dependências de empregada com uma suíte, uma área *gourmet* integrada com piscina e garagem coberta.

O acompanhamento foi feito durante a etapa do acabamento decorativo, e nesta ocasião foi possível observar a execução de diversos tipos de acabamento. Essa etapa ficou sob responsabilidade de uma arquiteta que disponibilizou todos os projetos de revestimento que seriam utilizados na obra.

3.10.1 Canteiro de Obras

Como já haviam sido concluídas as modificações previstas para a ampliação, a própria estrutura serviu de apoio para a obra. Como o muro ainda não havia sido construído, tapumes metálicos cercavam a área. Os materiais foram armazenados na garagem. O armazenamento era em local coberto e de acordo com cada tipo de material conforme orienta a NBR 13755 (ABNT, 2017a).

3.10.2 Revestimento

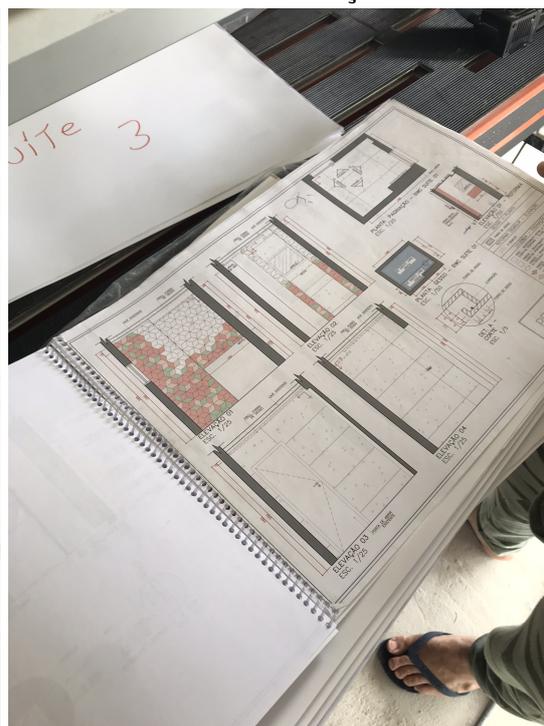
A etapa do revestimento que foi acompanhada era a do acabamento decorativo (FIGURA 65). Como a decoração ficou sob responsabilidade de uma arquiteta, havia na obra um caderno de paginação para cada local que iria receber o acabamento decorativo (FIGURA 66) e não só com a realização do PRF como na NBR 13529 (ABNT, 2013a).

Optou-se pela utilização de porcelanato em todas as áreas, com diferentes paginações de acordo com o ambiente, e combinadas com a marcenaria e decoração que seriam utilizadas para compor os ambientes (FIGURA 65).

FIGURA 65 – REVESTIMENTO-OBRA J



FIGURA 66 – PAGINAÇÃO-OBRA J



FONTE: A autora (2020)

Todos os cômodos foram impermeabilizados a 1 m de altura e a fachada em toda sua extensão, antes da aplicação do revestimento conforme orienta a NBR 13529 (ABNT, 2012). Como as peças de porcelanato eram muito grandes, as instalações foram feitas por um profissional especializado, e com auxílio de ventosa e com argamassa AC-II para as áreas internas e AC-III nas áreas externas.

As soleiras das janelas, portas-janela, nas muretas das sacadas e na divisa do muro foram feitas em granito. O acabamento do teto foi feito com placas de *drywall*.

3.10.3 Escadas

Os espelhos e degraus da escada eram do mesmo tamanho, o patamar foi dimensionado a cada lance, e todas as recomendações da NBR 9050 (ABNT, 2020d) foram seguidas.

3.11 OBRA K

A visita inicial foi realizada no ano de 2020, essa obra tem 845 m² onde seria instalada a policlínica municipal. O projeto existente na obra foi assinado por uma arquiteta da empresa responsável pela obra. Na época da visita, a obra estava parada há 6 meses, pois, a empresa responsável passou por problemas administrativos, por isso, uma nova empresa estava sendo contratada.

Naquela oportunidade, parte da obra estava na etapa do reboco, chapisco, ou alvenaria. E algumas instalações hidrossanitárias já haviam sido feitas com as etapas anteriores da obra.

Já em 2022, a obra havia sido retomada por uma nova empresa para a finalização. O contrapiso estava pronto, o telhado e as vedações estavam sendo instalados, a execução do revestimento cerâmico estava ocorrendo, assim como o chapisco, emboço, e reboco necessários para a finalização da obra.

3.11.1 Canteiro de Obras

O canteiro foi cercado com tapumes, mas não em todo o seu entorno. Havia uma área para corte e dobra do aço, um local para armazenagem do material, e infraestrutura para os colaboradores como solicita a NR-18 (NR, 2021).

A armazenagem do material não foi feita corretamente, os agregados ficavam em pilhas pelo canteiro, mas sem a construção de baias, também havia barras de aço em contato com o solo e espalhadas pelo canteiro nas duas visitas realizadas em desacordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022b).

Já em 2022, as argamassas foram armazenadas corretamente sobre *pallets* em um cômodo dentro da obra para facilitar o transporte durante a utilização. E as caixas de revestimento cerâmico foram empilhadas umas sobre as outras, sem segurança, pois, as pilhas eram muito altas e com 3 fileiras de caixas.

3.11.2 Armaduras

As barras de aço utilizadas apresentavam estado oxidativo. As barras utilizadas no pilar e na viga principal foram dispostas em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) quanto ao espaçamento dos estribos, cobertura da armadura e ancoragem.

3.11.3 Alvenaria

A maior parte da estrutura seguia a recomendação da NBR 14931 (ABNT, 2004) sobre as juntas verticais preenchidas com argamassa (FIGURA 67). A alvenaria foi bem executada, sobre as vigas baldrame que foram impermeabilizadas.

Porém, a impermeabilização deveria ter se estendido até as fiadas da alvenaria, e não apenas nas vigas baldrame. A falta desta etapa contribuiu para que houvesse percolação de água por capilaridade causando infiltração nas primeiras fiadas das paredes. Essa infiltração foi observada desde a etapa da alvenaria até a etapa do reboco, representada pelas Figuras 67 e 68.

FIGURA 67 – ALVENARIA-OBRA K



FIGURA 68 – REBOCO-OBRA K



FONTE: A autora (2020) (2021)

3.11.4 Laje

As lajes da obra K foram executadas utilizando vigotas com armadura treliçada (VT) e lajota cerâmica (LC) como elemento de enchimento. Durante a visita técnica de 2020 a obra encontrava-se com a laje chapiscada.

Em 2022 a laje continuava chapiscada, mas em alguns pontos elas apresentavam sinais de umidade. Isso pode ter ocorrido, pois, a cobertura ainda não tinha sido realizada, então as chuvas que incidiram sobre a laje, que provavelmente não estava impermeabilizada causaram a umidade sobre elas.

3.11.5 Instalações Elétricas

Apenas os recortes e a instalação dos eletrodutos foram realizadas nas paredes antes do chapisco, seguindo o projeto elétrico realizado de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008), mas este projeto foi assinado por uma arquiteta.

3.11.6 Instalações Hidráulicas

Como algumas paredes apresentavam chapisco e outras o reboco, verificou-se que entre estas duas etapas eram feitos os recortes e as instalações hidráulicas conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.11.7 Instalações de Esgoto

As instalações de esgoto estavam sendo feitas em 2022, nos locais onde já havia o contrapiso, foi necessário demolir o piso para fazer as instalações. Em outros locais, foram feitas escavações para instalar os tubos necessários para realizar a ligação do esgoto com a infraestrutura da companhia de saneamento conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999).

3.11.8 Revestimento

Durante a visita em 2020, constatou-se que algumas paredes tinham recebido chapisco, outras emboço, e algumas o reboco.

O chapisco cumpria sua função de facilitar a aderência por ser distribuído em toda a parede conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013a), em algumas paredes ele foi aplicado com a colher de pedreiro e era possível observar as marcas, já em outras ele foi feito com a broxa apresentando um aspecto mais fino e homogêneo.

As etapas do emboço e do reboco foram as que apresentaram a maior falha de execução observada nas visitas deste estudo. O reboco era muito grosso para cobrir as falhas da alvenaria (FIGURA 69 e FIGURA 70).

FIGURA 69 – REBOCO 1-OBRA K



FIGURA 70 – REBOCO 2-OBRA K



FONTE: A autora (2020) (2022)

Em 2022, já era possível constatar a aplicação do revestimento cerâmico nas paredes. O uso de espaçadores em cunha foi utilizado para que fosse possível realizar

as juntas entre as peças.

As paredes estavam recebendo uma camada de massa acrílica que foi aplicada com o rolo e então alisada com o uso da desempenadeira para facilitar o preparo da base onde seria aplicada a pintura.

3.11.9 Contrapiso

O contrapiso não havia sido feito no momento da primeira visita. Na segunda visita observou-se que ele estava pronto, mas em alguns lugares ele foi demolido para a passagem de tubulações de instalações de esgoto e sua reexecução não foi feita de maneira homogênea.

Alguns locais apresentavam manchas de concreto e em outros ele não foi aplicado por toda a interface necessária. Em outros locais o caimento foi feito para o meio do ambiente o que não é seguro por se tratar de um ambiente hospitalar. Como havia um local com um buraco ao redor de uma caixa sifonada, foi possível observar que não foi utilizada uma malha de aço para a execução do contrapiso.

3.11.10 Cobertura

A cobertura só foi observada na visita de 2022, a estrutura foi composta por treliças metálicas e a telha utilizada foi a termoacústica, composta de chapas de alumínio com elemento acústico de EPS prensado no formato da telha.

A vedação lateral de calhas e rufos estava sendo executada no dia da visita, as peças eram encaixadas e soldadas sob medida no local.

3.12 OBRA L

A obra foi acompanhada a partir do escoramento da laje no ano de 2021, e foi localizada em um terreno de esquina, que foi dividido para construir três sobrados. Uma unidade contém três suítes, sala, lavabo, cozinha, área de serviço, garagem e piscina totalizando 120 m². As outras duas unidades de 112 m² são compostas por uma suíte, dois dormitórios, sala, banheiro social, lavabo, cozinha, lavanderia, garagem e piscina.

O projeto arquitetônico e o estrutural que estavam disponíveis na obra foram elaborados por um engenheiro. Não existia projeto de instalações elétricas e hidrossanitárias, escadas, e cobertura. As estruturas que compõem estes projetos considerados complementares foram executadas de acordo com as disposições determinadas pelo empreiteiro responsável pela obra.

3.12.1 Canteiro de Obras

O Canteiro foi cercado com tapumes metálicos e os materiais armazenados em um contêiner conforme as recomendações da NR-18 (NR, 2021)

As barras de aço foram armazenadas em contato com o solo e os agregados foram armazenados dentro do terreno, mas sem a divisão com baias para evitar a mistura dos insumos em desacordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022b). Os sacos de cimento que estavam dentro do contêiner foram empilhados em pilhas 10 unidades como recomenda a NBR 12284 (ABNT, 1991).

3.12.2 Armaduras

Dentre as armaduras utilizadas na obra foram barras de aço CA-50 de 8, 10 e 12 mm e aço CA-60 de 4,2mm para os estribos com distância de 10 cm.

3.12.3 Formas

As formas das vigas apresentaram estanqueidade satisfatória para a etapa da concretagem da laje conforme solicita a NBR 7190 (ABNT, 1997a).

3.12.4 Alvenaria

O acompanhamento desta etapa foi realizado para a alvenaria do pavimento superior apenas, pois, a alvenaria do pavimento térreo já estava pronta no momento da primeira visita.

As juntas verticais da alvenaria não foram preenchidas com argamassa como recomenda a NBR 8545 (ABNT, 1984). Em alguns locais as juntas verticais têm um vão maior que os 10 mm recomendados pela norma. Assim como as demais obras estudadas, a obra L teve os pilaretes executados com a alvenaria.

A alvenaria das platibandas foi realizada de modo que alguns pontos ficaram abertos para facilitar o transporte do material necessário para executar essa etapa, eles foram fechados para que fosse possível finalizar a alvenaria.

3.12.5 Instalações Elétricas

As instalações elétricas foram feitas por meio da instalação de eletrodutos sobre a laje durante a montagem dela e antes da concretagem. Foram utilizados eletrodutos reforçados para a laje e eletroduto comum para as paredes.

As instalações internas foram feitas por recortes na alvenaria. O eletricitista concluiu instalando os cabos e fazendo as ligações. As residências foram finalizadas

contendo tomadas, interruptores, pontos de iluminação, quadro medidor e quadro de força e luz conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

3.12.6 Escoras

Foram utilizadas escoras de madeira instaladas sobre cunhas conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004), e retiradas 23 dias após a concretagem da laje.

3.12.7 Laje

A laje utilizada na obra L foi a laje de lajota cerâmica (LC) e vigotas com armadura treliçada (VT). Durante a primeira visita à obra a laje encontrava-se montada e escorada, aguardando a concretagem.

A segunda visita à obra foi realizada cerca de três horas após o final da concretagem da laje do pavimento térreo. O concreto utilizado estava na transição do estado fluido para o endurecido e a laje foi molhada para auxiliar a cura do concreto.

3.12.8 Revestimento

Foi possível acompanhar a etapa de chapisco, emboço, reboco e revestimento desta obra.

O chapisco das paredes era homogêneo, fino, bem aplicado e aderido à alvenaria. O emboço foi feito utilizando taliscas de material cerâmico como guia para o nivelamento da camada. O reboco foi feito com a utilização de régua de alumínio para sarrafejar a argamassa e deixar a parede lisa e o homogênea (FIGURA 71). Ao final o reboco tinha em torno de dois dedos de espessura.

Estas etapas que necessitaram de trabalho em altura foram feitas com auxílio de andaime para garantir a segurança dos colaboradores. Porém, a falta de um plano adequado para o uso deste equipamento fez com que ele fosse escorado sobre o telhado do contêiner o que não garante a segurança.

O revestimento decorativo foi feito com porcelanato no piso, nas paredes, escadas, e inclusive no revestimento dos nichos dos banheiros. Esse material foi utilizado com uma paginação onde a mesma peça utilizada no piso foi utilizada na parede (FIGURA 72). O acabamento e encaixe das peças é feito com recorte de 45°. Os rodapés foram embutidos na alvenaria.

A pintura externa foi realizada com textura projetada, e apresentava uma aparência homogênea e bem aplicada.

FIGURA 71 – EMBOÇO-OBRA L



FIGURA 72 – REVESTIMENTO-OBRA L



FONTE: A autora (2022)

3.12.9 Instalações Hidráulicas

Foram utilizadas tubulações de água fria, registros de gaveta, registro de pressão, e a instalação de caixa d'água de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020b).

3.12.10 Instalações de Esgoto

Os furos necessários para as instalações de esgoto foram previstos realizados antes da concretagem da laje. Foram utilizados ramais e tubos de queda para destinação do esgoto, ralos nos banheiros, e caixas de gordura próximo as pias. E conectadas a rede de esgoto seguindo o que dispõe a NBR 8160 (ABNT, 1999).

3.12.11 Instalações Elétricas

As instalações elétricas foram feitas com a instalação de eletrodutos sobre a laje e com recortes na alvenaria. As tomadas, interruptores, pontos de iluminação, quadro medidor e quadro de força e luz foram instalados conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

3.12.12 Infraestrutura de Ar condicionado

A infraestrutura dos aparelhos de ar condicionado foi montada embutida na alvenaria, utilizando caixa de passagem para ar condicionado com a instalação de

tubulação para o dreno e de eletroduto para instalação energia.

3.12.13 Cobertura

A cobertura foi feita com telhas de fibrocimento que necessitam de inclinação 10%, desta maneira, optou-se pela utilização de platibanda para esconder o telhado.

Antes de iniciar o telhado, as platibandas foram rebocadas na parte externa e a parte interna chapiscada. Também foi feita uma laje de sustentação reforçada para a caixa d'água, que foi instalada antes da realização da cobertura.

O processo de execução do telhado foi feito a partir do corte da madeira que seria utilizada na elaboração da trama do telhado (FIGURA 73). As telhas foram instaladas após a instalação da estrutura de vedação. Elas foram ncaixadas de acordo com a NBR 7581-1 (ABNT, 2014b) e fixadas com parafusos (FIGURA 74).

O escoamento de águas pluviais foi feito com tubos de 100 mm instalados desde a saída das calhas passando por dentro dos quartos até o térreo.

FIGURA 73 – TELHADO-OBRA L



FIGURA 74 – COBERTURA-OBRA L



FONTE: A autora (2021)

3.12.14 Esquadrias

A instalação das esquadrias estava sendo realizada durante a última visita á obra, realizada em 2022. As esquadrias foram feitas em alumínio na cor branca. As portas-janela e janelas que foram instaladas eram de vidro, e as portas principais apenas em alumínio. As portas dos quartos e banheiros são de madeira e as janelas são do tipo blindex. A instalação foi feita de forma correta e com um bom acabamento.

3.12.15 Escadas

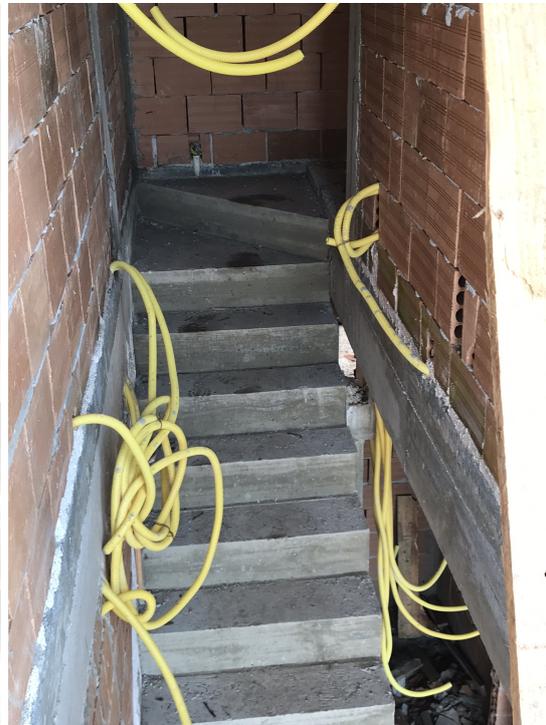
Não houve um projeto da escada, ela foi executada conforme o empreiteiro planejou. A escada apresenta patamares desiguais (FIGURA 75 e um desnível no

encontro com o segundo pavimento (FIGURA 76) em desacordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020d).

FIGURA 75 – INÍCIO ESCADA-OBRA L



FIGURA 76 – FIM ESCADA-OBRA L



FONTE: A autora (2021)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentados no capítulo 03 auxiliaram na comparação das atividades realizadas nas obras com as normas vigentes. A partir desta análise é possível verificar que o município de Pontal do Paraná tem desde obras simples e de pequeno porte até obras complexas e de alto padrão.

Embora as obras sejam diferentes, à rigor, o cumprimento das normas deve ser feito por todas, por este motivo optou-se pela de apresentação dos resultados desta análise a partir de gráficos que foram elaborados com base nos pontos importantes de cada etapa da obra segundo as normas vigentes.

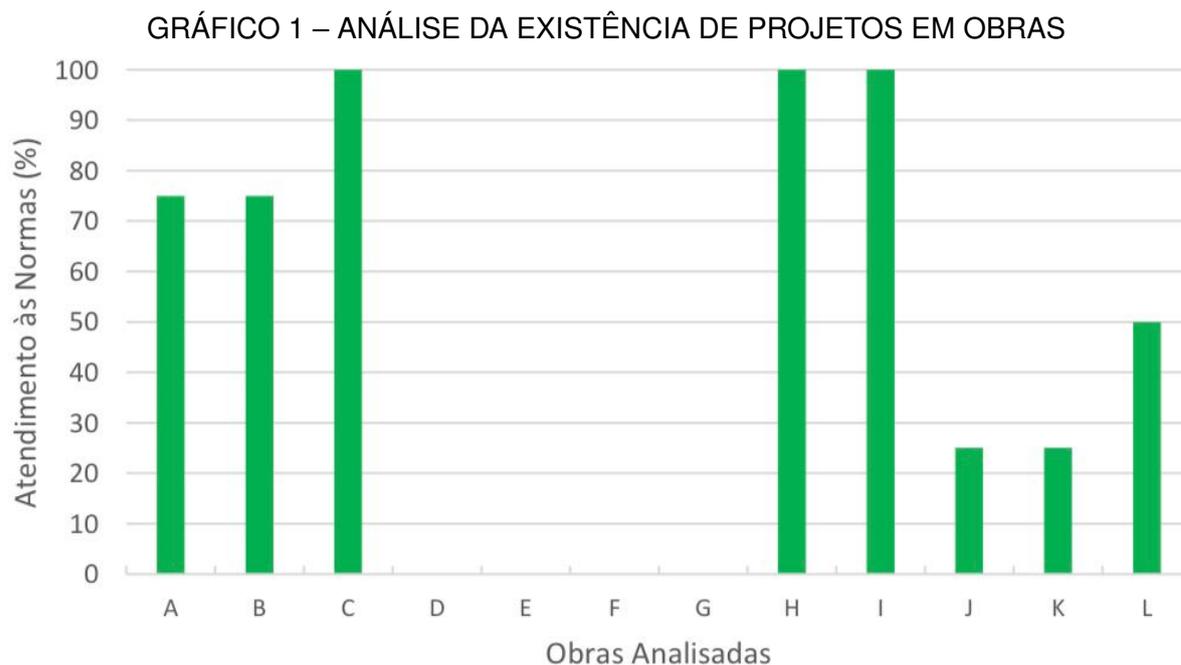
Os itens mais importantes foram quantificados de maneira que o somatório de todos eles completasse 100%. Então, a partir da quantidade de itens de cada etapa da obra foi atribuído um peso igual para que ao final, todos os itens juntos somassem 100% para que fosse possível elaborar os gráficos a seguir. As barras verdes indicam o cumprimento das normas, as barras amarelas o cumprimento parcial dos itens das normas e as barras vermelhas indicam quando não houve o cumprimento das normas.

4.1 DOCUMENTAÇÃO

Os projetos devem ser elaborados de acordo com as normas vigentes, e a ausência ou a aplicação parcial deste documento em obra implica na possível execução em desconformidade com as normas. Isso pode gerar danos à edificação e prejudicar a estrutura. A NBR 6122 (ABNT, 2019), NBR 6118 (ABNT, 2014a) e a NBR 14931 (ABNT, 2004) salientam a importância da presença em obra dos projetos referentes a todas as etapas, para que seja possível realizar uma boa execução.

No estudo realizado, foi analisada a presença dos projetos arquitetônico, estrutural, da laje, elétrico e hidráulico. Apenas as obras C, H e I tinham todos os projetos conforme mostra o GRÁFICO 1. Como estas obras tiveram acompanhamento periódico pela engenheira e pela construtora, a conferência da execução torna necessária a presença do projeto na obra. Já para as obras onde a execução era realizada por empreiteiros, 50% dos projetos estavam presentes nas obras. Já as obras D, E, F e G não dispunham de nenhum projeto em obra.

Quando os projetos estão disponíveis, é possível tirar dúvidas que surgem durante a execução e assim diminuir os erros e retrabalhos de execução. Se durante a execução ocorrer algum problema, o responsável pela execução deve informar o projetista para que juntos possam encontrar uma solução viável, e não apenas a tomada de decisões sem a verificação da segurança.



FONTE: A autora (2022)

4.2 CANTEIRO DE OBRAS

Das obras analisadas apenas a obra H, sob responsabilidade de uma construtora, teve o controle do uso de EPI's durante a execução dos serviços conforme orienta a NR-18 (NR, 2021). A ausência dos equipamentos de proteção é observada em obras menores e talvez, isso possa ser justificado pela qualificação dos responsáveis pela execução dos projetos.

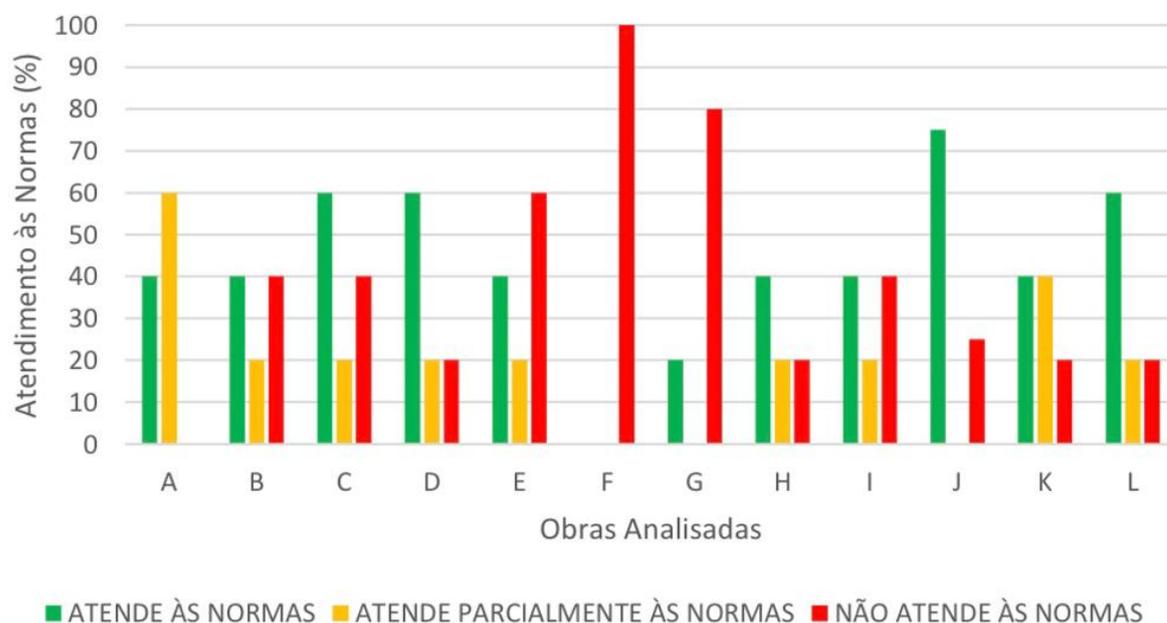
O cumprimento das normas NBR 13755 (ABNT, 2017a), NBR 14931 (ABNT, 2004) e NBR 12655 (ABNT, 2022b), e NBR 12284 (ABNT, 1991) quanto ao armazenamento de materiais, ferramentas e a vedação do local da obra colaboram para que a obra fique vulnerável a furtos. Além disso, quando os materiais e o canteiro não estão organizados o andamento da obra é prejudicado tanto financeiramente quanto fisicamente.

A necessidade de alojamento e área de convivência é mais aplicada em obras de grande porte, devido ao rigor da fiscalização das condições de trabalho ofertadas aos colaboradores. Ela se faz necessária principalmente para colaboradores que não residem no município e estejam prestando serviços temporários.

A análise do canteiro de obras foi feita a partir da observação da vedação do canteiro, armazenamento de materiais, instalações sanitárias, área de corte e dobra de aço e presença de baias para armazenamento dos agregados. Nenhuma das obras analisadas atende todas as orientações de organização do canteiro de obras como mostram as barras verdes do GRÁFICO 2. A obra J destacou-se por apresentar o maior

atendimento das normas, enquanto a obra F apresentou o pior caso por não atender nenhum dos critérios necessários.

GRÁFICO 2 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA CANTEIRO DE OBRAS



FONTE: A autora (2022)

O armazenamento incorreto dos agregados pode interferir na qualidade do concreto, da argamassa e da estrutura como um todo, pois, haverá uma mistura destes insumos que não tem a mesma granulometria. Como o traço do concreto e da argamassa considera a dimensão dos agregados, a mistura pode diminuir a resistência projetada.

A NBR 12655 (ABNT, 2022b) dispõe sobre o armazenamento do cimento em obras e a NBR 14931 (ABNT, 2004) sobre o armazenamento do aço. O armazenamento correto destes insumos é de extrema importância, pois, eles irão compor a estrutura de concreto armado, e irão influenciar a qualidade final da estrutura conforme salienta a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

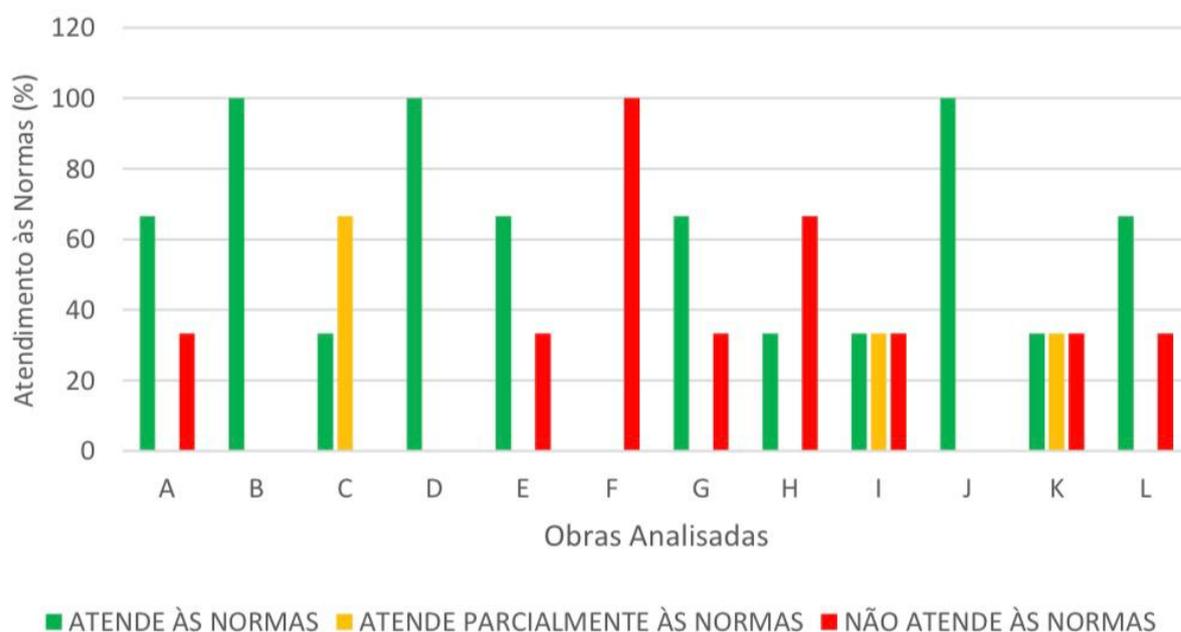
O levantamento realizado em campo apresentado no GRÁFICO 3 mostra o não cumprimento destas normas para o armazenamento de materiais como o aço e cimento além das ferramentas utilizadas. As obras B, D e J atenderam aos critérios adotados enquanto a obra F não atendeu nenhum critério.

O armazenamento do aço foi feito em contato com o solo nas obras A, C, E, F, G, H, I, K e L, segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) isso não é permitido, pois, pode haver alterações nas características físicas das barras de aço e conseqüentemente gerar a reprovação dos itens para o uso nas estruturas.

Já o armazenamento do cimento deve ser feito pelo empilhamento de 10 sacos, as obras I e K que atenderam parcialmente empilharam um número maior de sacos ou

armazenaram o produto sob condições que poderiam interferir na sua qualidade.

GRÁFICO 3 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS DE ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS



FONTE: A autora (2022)

4.3 FUNDAÇÕES

A análise mostra que as fundações utilizadas no município são caracterizadas em mais de 60% pela estaca escavada e 30% pela sapata corrida como mostra o GRÁFICO 4.

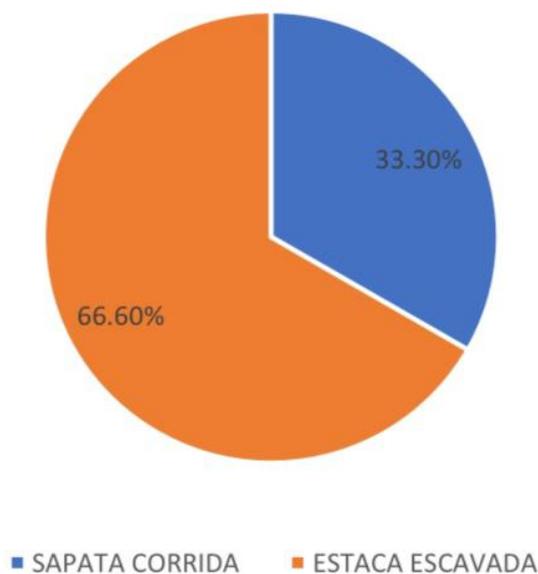
A NBR 6122 (ABNT, 2019) orienta que seja feito um lastro de concreto magro de 5 cm que serve como base para a execução das fundações. Verifica-se que houve o cumprimento parcial desta orientação seja pela aplicação incorreta ou o uso de lastro de brita ao invés do concreto magro nas obra C e E.

Já a aplicação de impermeabilização das vigas baldrame auxilia na qualidade da estrutura, pois protege contra infiltrações e outros danos que possam ocorrer no futuro conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010). As obras que realizaram impermeabilização optaram pelo uso da tinta asfáltica como impermeabilizante.

Quanto ao cobrimento das sapatas, ele deve seguir a NBR 6122 (ABNT, 2019), pois, depende da classe de agressividade ambiental do meio. Neste caso como a classe de agressividade ambiental é III devido ao ambiente marinho e risco elevado, o cobrimento mínimo deveria ser de 5 cm. A obra C tinha projetos elaborados para atender esta especificação porém, não foi possível verificar, na prática se isso realmente ocorreu. As demais obras não fornecerem os dados referentes ao cobrimento mínimo

executado nas armaduras das fundações, não sendo possível analisar essa exigência da norma.

GRÁFICO 4 – ANÁLISE DO TIPO DE FUNDAÇÃO UTILIZADA NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



FONTE: A autora (2022)

4.4 FORMAS

A confecção das formas necessárias para as estruturas de concreto armado segue as disposições da NBR 7190 (ABNT, 1997a). A verificação do travamento, estanqueidade, uso do desmoldante, e dos furos executados sob elas interferem diretamente na qualidade da estrutura.

Para a análise realizada no GRÁFICO 5, verificou-se que não houve o uso de desmoldante em nenhuma obra visitada. O travamento e a estanqueidade tendem a atender as normas na maior parte das obras visitadas, com exceção de algumas obras que deixaram de seguir as normas devido a falta de acompanhamento durante a execução.

Os furos realizados devem ser previstos em projeto segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), porém, como é possível verificar no GRÁFICO 5, em alguns casos houve o cumprimento da norma e em outros não. O reaproveitamento das formas fica a critério do responsável pela execução e esta não depende apenas de questões de projeto, por isso não foi incluído nesta análise. É importante salientar que quando há casos de formas perdidas, que ficam incorporadas à alvenaria, é necessário realizar um estudo para verificar se esse elemento não irá causar nenhum dano a estrutura, uma

vez que a madeira, com o passar do tempo pode facilitar a ocorrência de infiltrações por absorver a água com mais facilidade.

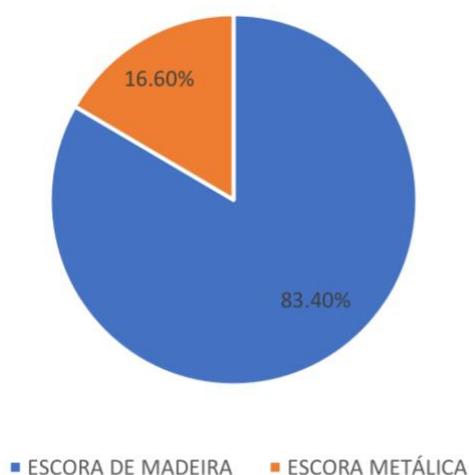


FONTE: A autora (2022)

4.5 ESCORAMENTO

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004) o escoramento pode ser feito com escoras de madeira ou metálicas, através do GRÁFICO 6 é possível verificar que a utilização de escoras de madeira representa 83,40% dos casos. Isso pode ser justificado pela execução das obras serem feitas em ambiente marinho, o que muitas vezes não torna vantajoso o uso de escoras metálicas devido à necessidade de manutenção. As escoras foram apoiadas sob cunhas ou contrapiso em todas as obras para garantir a estabilidade da estrutura provisória durante a concretagem.

GRÁFICO 6 – ANÁLISE DO TIPO DE ESCORAS UTILIZADAS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



FONTE: A autora (2022)

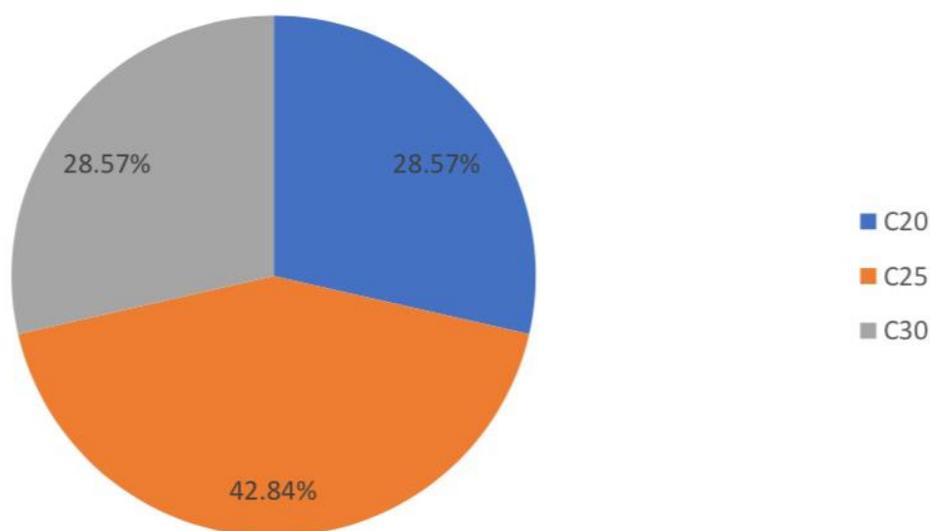
4.6 ANÁLISE DA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As armaduras e o concreto interferem diretamente na qualidade da estrutura. A NBR 6118 (ABNT, 2014a) trata sobre as condições relacionadas as estruturas de concreto armado. Desta maneira definir a classe de agressividade do ambiente onde será executada uma obra é o passo mais importante para a realização dos projetos estruturais.

O município de Pontal do Paraná está localizado em uma região litorânea, o que exige atenção quanto aos parâmetros utilizados para o dimensionamento das estruturas de concreto armado. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014a) o município tem classe de agressividade ambiental III, pois, se encontra em um ambiente marinho, que dispõe de agressividade forte e grande risco de deterioração da estrutura.

A classe de agressividade interfere na determinação do cobrimento das armaduras e na qualidade do concreto. O cobrimento mínimo das armaduras varia entre 35 e 40 mm enquanto a classe do concreto deve ser maior ou igual ao C30. No GRÁFICO 7 é possível verificar que apenas 28% das obras seguem a recomendação do uso do concreto de classe C30 no município, onde predomina o uso do concreto classe C25 em 42,84% das obras, contrariando a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

GRÁFICO 7 – ANÁLISE DA CLASSE DO CONCRETO UTILIZADO EM OBRAS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



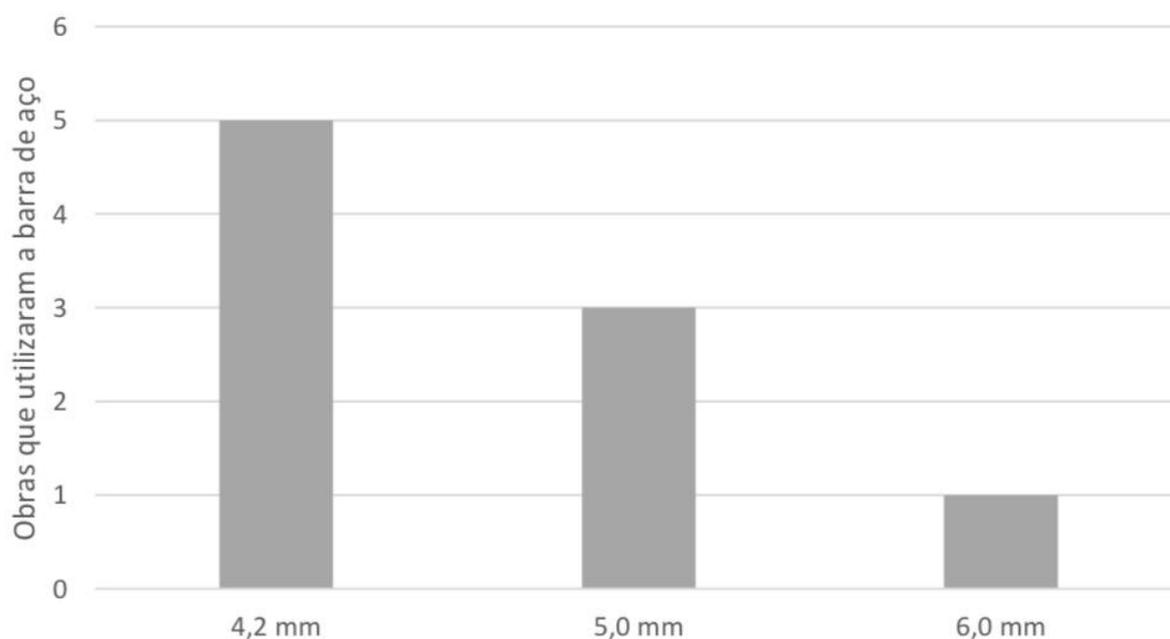
FONTE: A autora (2022)

A montagem da estrutura de aço está correlacionada à qualidade das estruturas de concreto armado. A conferência do posicionamento da armadura assim como o uso de espaçadores garantem que as armaduras utilizadas tenham um bom desempenho.

Verifica-se que nenhuma obra utilizou espaçadores para garantir o cobrimento mínimo das estruturas conforme orienta a NBR 6118 (ABNT, 2014a), embora o posicionamento das armaduras tenha sido conferido antes da concretagem.

Os estribos utilizados em três obras seguiam a recomendação da NBR 6118 (ABNT, 2014a) para o diâmetro mínimo de 5 mm feitos exclusivamente com fios de aço CA-60 (GRÁFICO 8), mas em 5 obras optaram pela utilização dos estribos de aço CA-60 de 4,2 mm, o que não é permitido pela norma. O estado das armaduras era oxidativo, e a NBR 7480 (ABNT, 2007) ainda permite a utilização, com exceção da obra E que utilizou barras de aço novas antes da concretagem.

GRÁFICO 8 – ANÁLISE DO DIÂMETRO DOS ESTRIBOS UTILIZADOS EM OBRAS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



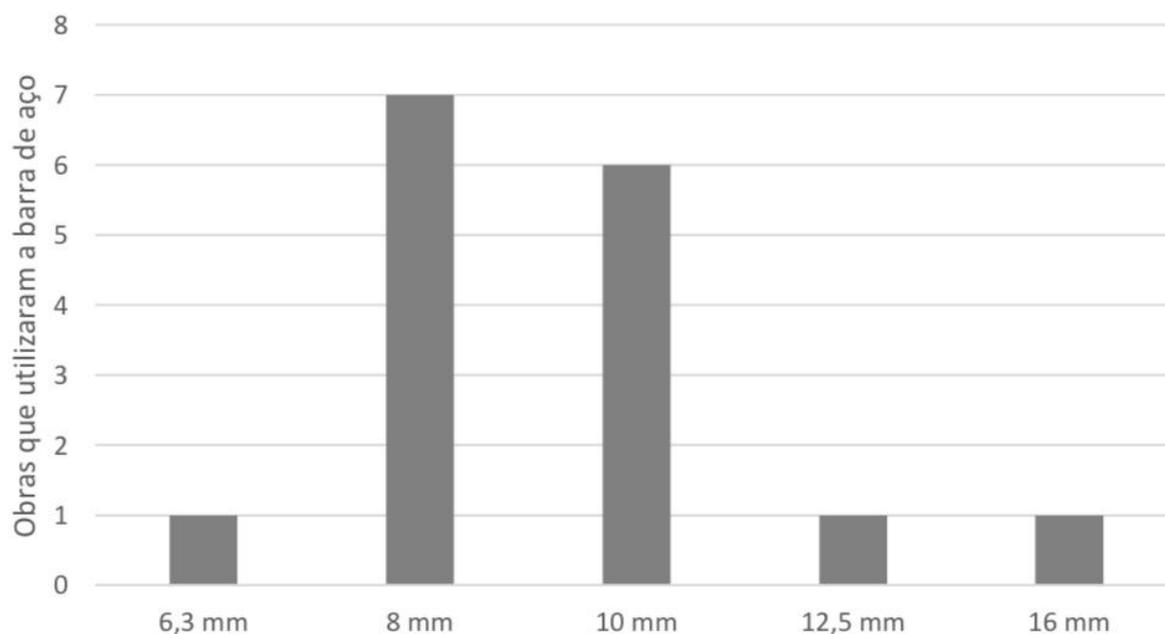
FONTE: A autora (2022)

Já as barras de aço CA-50 mais utilizadas nas obras analisadas de acordo com o GRÁFICO 9 foram de 8 mm e em uma obra a barra de aço de 6,3 mm, estes diâmetros não são permitidos para as estruturas de pilares segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014a). A norma determina que o diâmetro mínimo para a armadura de pilares é de 10 mm, o que foi verificado em 5 obras, mas que em alguns casos não foram utilizados para compor toda a estrutura, e sim utilizados em conjunto com o diâmetro de 8 mm que não é permitido. Os diâmetros menos usuais de 12 mm e 16 mm foram utilizados apenas para detalhes das estruturas em sapatas, vigas e lajes da obra C pois a estrutura deveria suportar a laje maciça.

A realização correta da concretagem também interfere na qualidade da estrutura, por isso para o tipo de concretagem feito, seja em obra ou usinado, a orientação da realização do adensamento, ensaio de resistência à compressão e abatimento e o

planejamento da concretagem são fatores importantes para serem analisados.

GRÁFICO 9 – ANÁLISE DO DIÂMETRO DAS BARRAS DE AÇO UTILIZADAS PARA OS PILARES DAS OBRAS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ



FONTE: A autora (2022)

O acompanhamento da utilização do concreto dosado em central foi realizado nas obras C, E e H. Apenas a obra C realizou a conferência do abatimento antes de receber o concreto. Estas obras tiveram os corpos de prova do ensaio de resistência à compressão preenchidos e deixados sob responsabilidade da construtora, e não se obtiveram notícias sobre o resultado. Todas as obras realizaram o adensamento com vibrador e tiveram a inspeção das formas realizadas antes da concretagem para garantir que não houvesse problemas com as armaduras. A obra C teve um plano de concretagem parcial, pois, a iluminação noturna não atendeu à necessidade da concretagem de maneira satisfatória.

A obra L, embora não tenha sido acompanhada durante a concretagem, solicitou concreto dosado em central com classe C30 assim como a obra H para a concretagem das lajes.

A demora entre os caminhões- betoneira utilizados nas concretagens foi uma reclamação acompanhada em todas as obras. A falha na balança que causou a execução de uma junta não planejada na laje da obra H é um alerta para que a execução da concretagem de lajes seja planejada à favor da segurança para que, em caso de novos contratemplos, eles possam ser resolvidos à tempo. A obra C que também teve a concretagem interrompida pela falta do concreto demonstra que o planejamento e acompanhamento da concretagem deve ser feito de maneira rigorosa para evitar a sobrecarga das formas e garantir o consumo correto do concreto como o

planejado.

No caso das obras C e H, as falhas de concretagem causaram juntas não planejadas, estas juntas podem vir a causar danos posteriores a estrutura. A laje é projetada para ser um elemento contínuo nos panos determinados pelas juntas planejadas, quando há uma junta não planejada, pode haver rupturas na laje.

Direta ou indiretamente todas as obras utilizaram concreto feito em obra para concretagem de fundações, pilares e nas vigas baldrame. O controle deste concreto não pode ser garantido sem um acompanhamento exclusivo, assim como a classe C30 dificilmente será aplicada sem este acompanhamento.

Quando uma estrutura não é executada com o cobrimento correto das armaduras e com um concreto que tenha resistência, a sua qualidade não pode ser garantida. Isso interfere nos mecanismos de durabilidade das estruturas conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a). Como foi possível analisar, as obras não utilizaram espaçadores, o cobrimento não pode ser garantido e a classe do concreto nem sempre foi C30, isso torna preocupante do ponto de vista da qualidade das estruturas executadas no município de Pontal do Paraná.

4.7 ALVENARIA

A alvenaria compõe a estrutura de vedação de uma edificação, ela deve ser feita com o assentamento dos blocos conforme o projeto e respeitando as juntas verticais e horizontais para garantir um travamento da estrutura. As vergas e contra-vergas são estruturas feitas com aço e concreto próximo aos vãos de portas e janelas, onde apenas a alvenaria não resiste aos esforços aplicados.

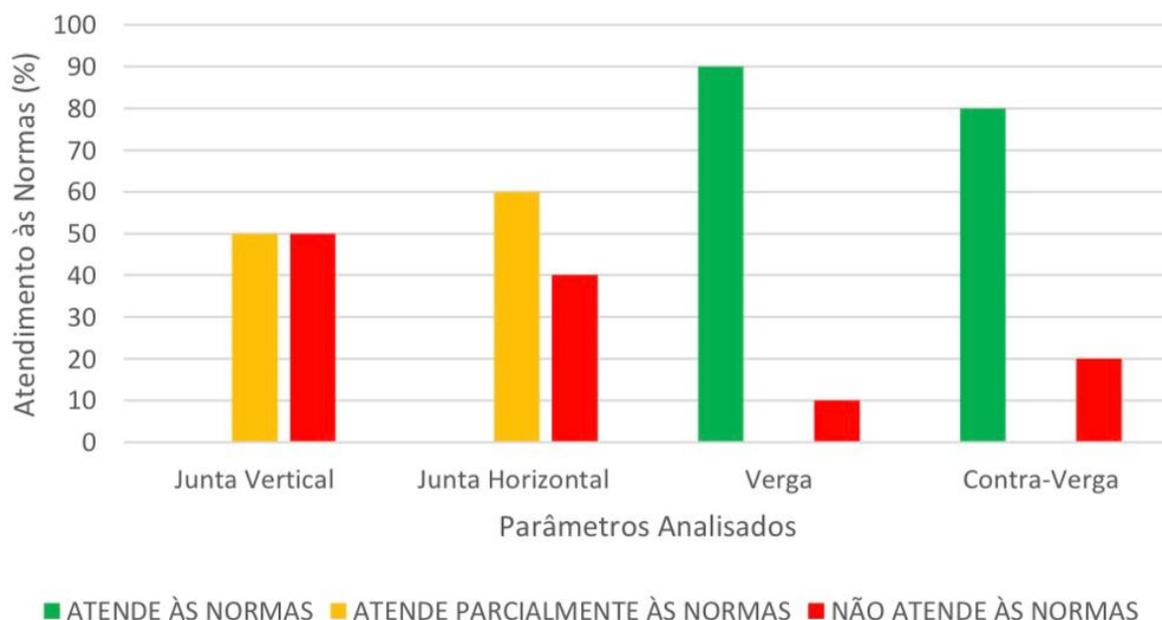
A obra B não teve vergas e contra-vergas executadas, enquanto a obra G não teve apenas as contra-vergas, o percentual de execução de vergas e contra-vergas é em torno de 80% das obras analisadas (GRÁFICO 10). A falta dessas estruturas complementares pode causar fissuras na alvenaria e conseqüentemente danos a edificação.

As juntas verticais e horizontais são utilizadas para unir os blocos cerâmicos e formar a alvenaria, a execução de juntas com espessura de argamassa inferior a 10 mm conforme orienta a NBR 8545 (ABNT, 1984) não garante a resistência ao cisalhamento da alvenaria transferindo a carga para a argamassa do revestimento. É possível verificar no GRÁFICO 10 que nenhuma obra visitada realizou a execução correta das juntas, em torno de 50% das obras analisadas não atenderam ou atenderam parcialmente a execução de juntas verticais, enquanto 60% das obras não atenderam a execução das juntas horizontais e 40% não atenderam.

A utilização dos blocos que constituem a alvenaria deve ser realizada de

maneira deitada para as paredes de divisa como orienta a NBR 8545 (ABNT, 1984) para garantir a vedação e proteção da alvenaria. Todas as obras analisadas seguiram essa recomendação, e a obra B optou pela realização da alvenaria com blocos cerâmicos deitados na parte interna e externa da edificação, para melhorar o isolamento, uma vez que foram construídas edificações geminadas.

GRÁFICO 10 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE ALVENARIA



FONTE: A autora (2022)

A obra H não pode ser comparada com as demais, pois, o sistema de alvenaria estrutural realizado com placas de EPS necessita de uma norma específica. As normas encontradas tratavam apenas da estrutura isolada do EPS ou da utilização de formas não incorporadas para parede de concreto, o que não foi observado no caso da obra H que utilizava formas incorporadas. A realização de um novo tipo de alvenaria como o EPS aumenta a qualidade de execução desta fase, pois, uma nova tecnologia exige conhecimento, acompanhamento e controle de qualidade de execução.

4.8 LAJES

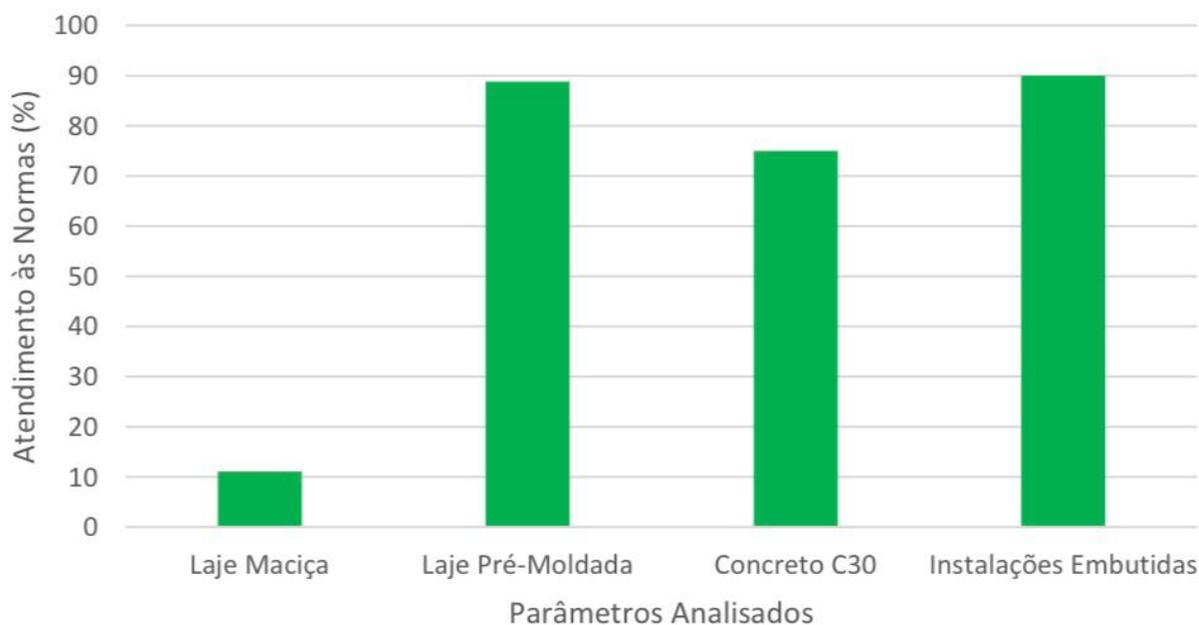
Durante a análise, verificou-se que apenas a obra C utilizou laje maciça devido às cargas aplicadas à edificação, as demais obras utilizaram lajes pré-moldadas (GRÁFICO 11) com vigotas treliçadas e lajota cerâmica, com exceção da obra A que utilizou enchimento de LEPS para as lajes conforme a NBR 14589-1 (ABNT, 2016a).

De acordo com o GRÁFICO 11, nas obras onde seriam executados mais de um pavimento, houve a execução das tubulações de esgoto e água conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999) NBR 5626 (ABNT, 2020b). Todas as obras acompanhadas antes da

execução da laje realizaram as instalações de energia antes da concretagem conforme a NBR 5410 (ABNT, 2008).

Apenas a obra E utilizou concreto classe C25 para a concretagem da laje, contrariando as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014a) de acordo com a classe de agressividade ambiental. Em 70% das obras observadas a concretagem da laje foi executada com concreto classe C30.

GRÁFICO 11 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE LAJES



FONTE: A autora (2022)

4.9 REVESTIMENTO

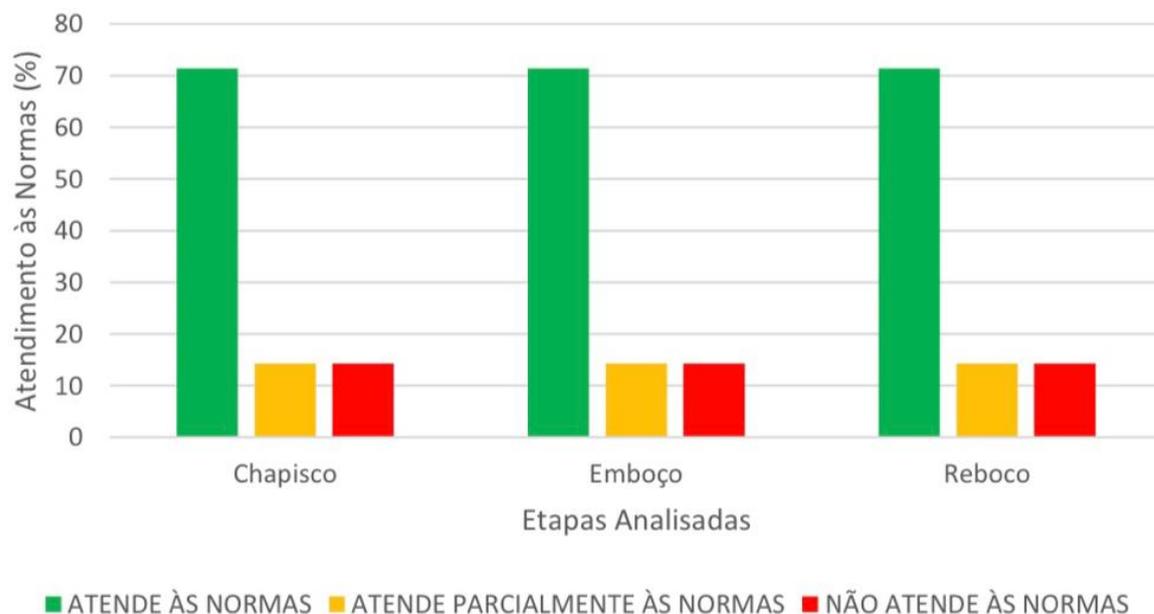
Para a NBR 13529 (ABNT, 2013a) o revestimento é dividido em chapisco, emboço, reboco e acabamento decorativo. Conforme as obras analisadas as etapas de chapisco, emboço e reboco foram satisfatórias (GRÁFICO 12).

Apenas a obra D não atendeu a execução do chapisco o que interferiu na aplicação do emboço e do reboco. A obra K atendeu parcialmente devido ao excesso de chapisco aplicado com colher de pedreiro e a espessura do reboco que foi feita para recobrir a alvenaria que foi mal executada. No geral, a execução destas três fases do acabamento seguia as recomendações das normas vigentes.

O acabamento decorativo feito no piso, parede e peitoris foi satisfatório nas obras analisadas. A obra B atendeu parcialmente, pois, não foi entregue com piso no segundo pavimento e teve a instalação de placas de revestimento com mancha e cores diferentes. Já a obra D atendeu parcialmente devido à instalação do nicho do banheiro que retirou a alvenaria deixando o revestimento aplicado vulnerável às infiltrações.

Uma boa execução na etapa do revestimento protege a edificação e permite um bom acabamento e aparência final da estrutura.

GRÁFICO 12 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE ACABAMENTO



FONTE: A autora (2022)

4.10 PINTURA

A pintura além de elemento decorativo deve atender a estrutura como elemento de proteção para a NBR 13245 (ABNT, 2011). O GRÁFICO 13 mostra que todas as obras visitadas que passaram pelo processo de pintura atenderam às normas, com exceção da obra B que aparentava excesso de aplicação de massa acrílica utilizada na preparação da alvenaria para a pintura interna.

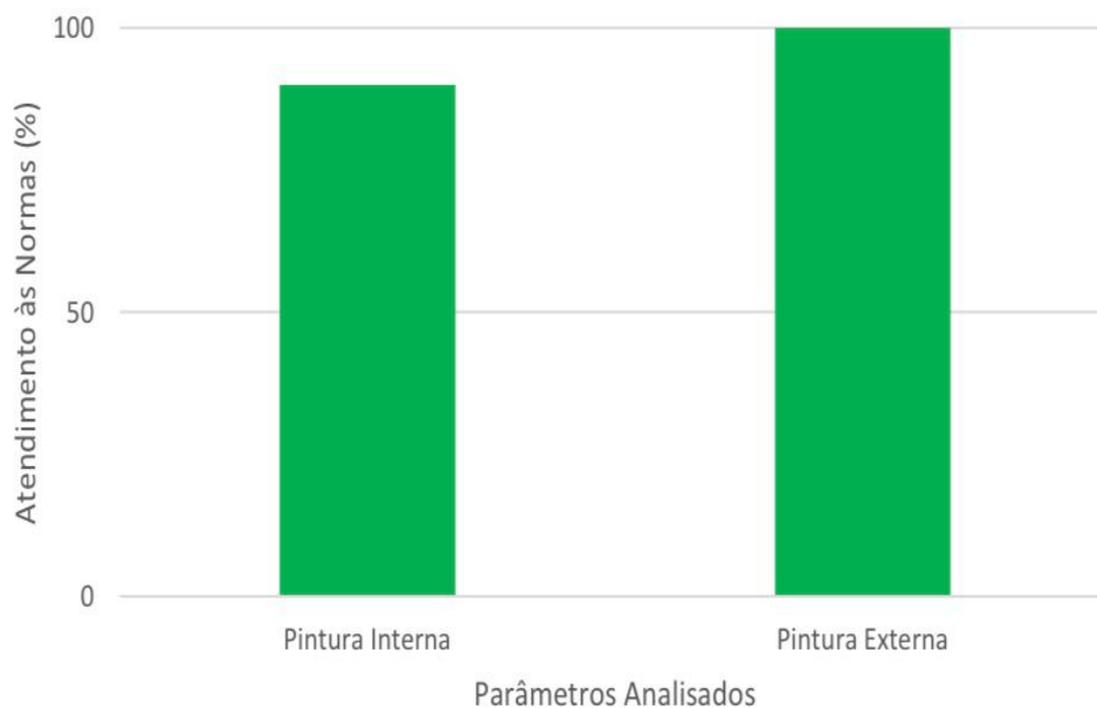
4.11 COBERTURA

Dentre as obras visitadas, a cobertura mais utilizada foi a de fibrocimento, pois, a construção da platibanda não exige a utilização de uma cobertura que seja esteticamente mais bonita. Qualquer tipo de telha (cerâmica, termoacústica, de fibrocimento, etc.) fornece a vedação necessária para a cobertura se a instalação das telhas e dos elementos de vedação forem feitos corretamente.

Apenas a obra E optou pelo uso de telha cerâmica do tipo italiana e a obra K pela telha termoacústica. As obras L e D utilizaram telhas de fibrocimento.

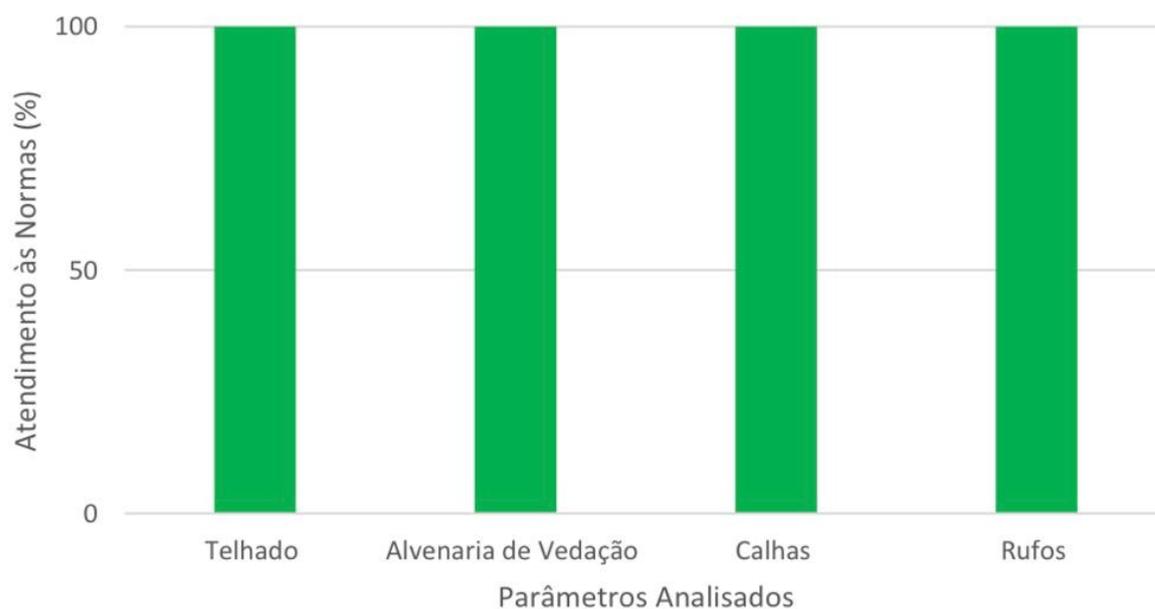
O GRÁFICO 14 mostra que todas as obras analisadas atenderam as recomendações necessárias para o uso de telhas, dos elementos de vedação da cobertura, e a instalação de calhas e rufos.

GRÁFICO 13 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE PINTURA



FONTE: A autora (2022)

GRÁFICO 14 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE COBERTURA



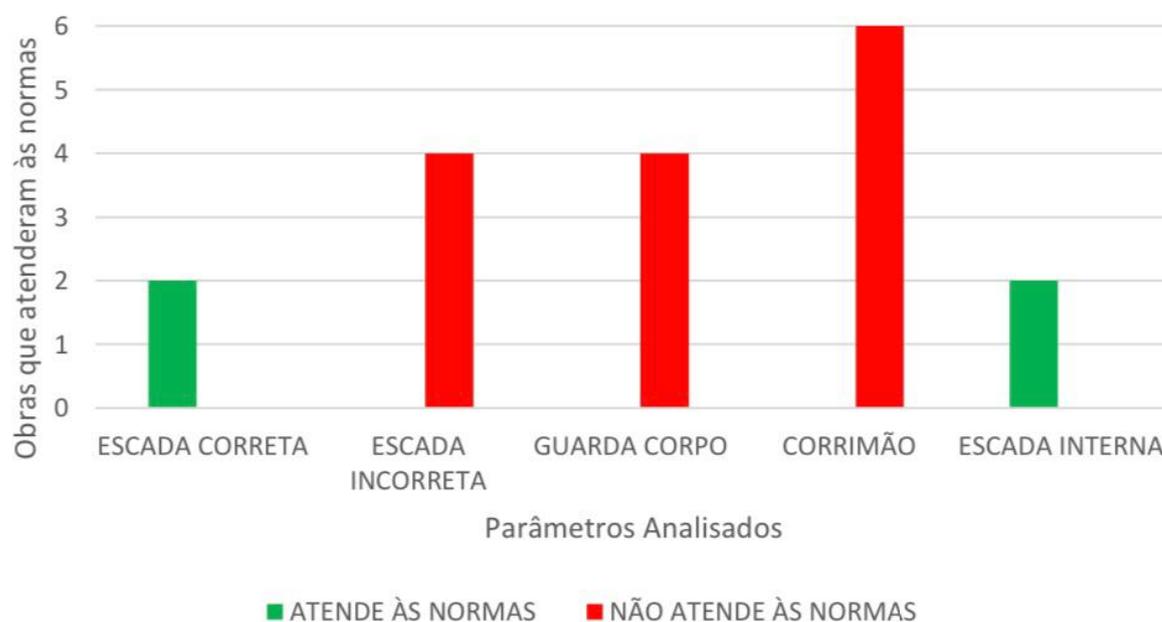
FONTE: A autora (2022)

4.12 ESCADAS

A NBR 9050 (ABNT, 2020d) e a NBR 9077 (ABNT, 2001) orientam sobre as dimensões de escadas. Durante as visitas seis obras tinham escadas construídas,

apenas duas obras tinham escadas dimensionadas com degraus e espelhos iguais e dentro das especificações da norma. As outras quatro obras tinham escadas com lances irregulares, e espelhos de tamanhos diferentes, que não respeitavam a norma e demonstradas como escadas incorretas no GRÁFICO 15. Nenhuma obra tinha corrimão instalado e as 4 obras que não tinham escada interna, onde deveria haver guarda corpo, não apresentaram esse meio de proteção.

GRÁFICO 15 – ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DAS NORMAS PARA EXECUÇÃO DE ESCADAS



FONTE: A autora (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados nas etapas de fundações; da execução das estruturas de concreto armado; da alvenaria; o acompanhamento realizado durante a etapa da concretagem; a verificação da cobertura; verificação das instalações elétricas, instalações hidráulicas e instalações de esgoto durante as etapas de execução; a análise do revestimento; e o levantamento realizado nas etapas de acabamento e a vistoria final permitiram que houvesse esta análise de todas as etapas de fazer parte da execução de uma obra.

Embora as obras analisadas apresentem as suas particularidades, todas elas devem passar pela aprovação e fiscalização municipal para serem executadas e aprovadas. O estudo das desconformidades serve como guia para que o município realize ações de conscientização e fiscalização, quando pertinentes, para melhorar a qualidade das edificações e garantir que os projetos apresentados sejam seguidos.

A ausência do uso de EPI's deve ser vista como uma falha grave, pois, a NR-18 (NR, 2021) faz essa recomendação para prevenir e mitigar os acidentes de trabalho. Desta maneira, realizar uma ação de conscientização nas obras é de extrema importância, pois, os responsáveis técnicos devem orientar e cobrar os colaboradores para que seja possível adequar às obras as normas.

As instalações de armazenamento e vedação dos canteiros de obras podem ser melhoradas para garantir mais segurança e agilidade na execução. O armazenamento das barras de aço precisa ser melhorado em todas as obras para que seja possível garantir a qualidade das estruturas.

Nas estruturas de concreto armado, ainda existe uma utilização incorreta do concreto que, em sua maioria, não atendeu a classe C30 para estruturas com classe de agressividade III conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a) e o cobrimento mínimo das armaduras também não foi garantido, pois, não houve o uso de espaçadores entre as armaduras e as formas para permitir um alinhamento destes elementos durante a concretagem conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

A alvenaria precisa ser realizada de acordo com NBR 8545 (ABNT, 1984) para permitir melhor resistência ao cisalhamento deste elemento da estrutura. As escadas devem ser dimensionadas respeitando a NBR 9050 (ABNT, 2020d) e a NBR 9077 (ABNT, 2001), muitas vezes estas normas não são seguidas para permitir que outros cômodos tenham mais espaço, o que não deve ser feito, pois, a passagem precisa atender a circulação mínima para garantir a segurança.

As coberturas das edificações satisfazem às normas quanto a instalação e

vedação. A pintura interna e externa é feita com qualidade protegendo e dando acabamento às edificações. O acabamento decorativo foi executado de maneira satisfatória sobre superfícies sem infiltrações e aplicado com argamassa de maneira correta.

As estruturas utilizadas para compor as lajes são regulamentadas e feitas de maneira correta conforme a NBR 14859-1 (ABNT, 2016a). Existe um cuidado quanto ao alinhamento das armaduras e a execução de instalações elétricas, hidráulicas e de esgoto conforme as normas vigentes.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados e discussões desta análise podem servir de parâmetro para o preenchimento de campo de novos estudos para a verificação da aplicação das normas em obras da construção civil de maior porte, ou até mesmo o acompanhamento em todas as etapas.

A realização da análise de uma ou mais obras para qualificar as etapas em desconformidade com às normas, fazendo um levantamento que identifique estas falhas, podendo ser aprimorado, através de parcerias com os responsáveis técnicos. As desconformidades observadas que estiverem relacionadas aos vícios construtivos podem ser apresentadas para melhorar a qualidade da execução de obras.

Outra sugestão é o levantamento de dados referente à durabilidade das estruturas que não utilizam o concreto C30 e espaçadores para comprovar que o não cumprimento dos parâmetros da NBR 6118 (ABNT, 2014a) interfere diretamente na durabilidade das estruturas expostas à classe de agressividade III. Existe a necessidade de um trabalho com os responsáveis técnicos das obras da região para conscientizar sobre o uso da classe do concreto C30 e do uso de espaçadores para obter o cobrimento mínimo das armaduras.

O chapisco, emboço e reboco podem atender melhor a norma NBR 13529 (ABNT, 2013a), a partir da realização de cursos que auxiliem na qualificação da mão de obra e o acompanhamento destas etapas podem permitir uma execução com êxito.

Pode ser feita uma análise mais detalhada da aplicação da NBR 6118 (ABNT, 2014a) no município. Com a verificação da largura mínima de pilares e vigas, que pode ser realizada mediante um acompanhamento pontual da execução das armaduras e da concretagem destas estruturas de concreto armado. A análise pode se estender para as armaduras utilizadas nas lajes e a disposição das armaduras de ancoragem também conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014a).

O descarte dos resíduos da construção civil no município de Pontal do Paraná pode ser abordado em um estudo posterior para entender como funciona a destinação dos resíduos, se ela é feita de maneira correta e se existe algum tipo de uso deste

resíduo após a destinação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR12284:1991**: Áreas de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro, set. 1991. P. 14. Citado 5 vezes nas páginas 23, 58, 73, 99, 105.

_____. **ABNT NBR12554:2022**: Tintas para edificações não industriais-Terminologia. Rio de Janeiro, mar. 2022. P. 18. Citado 2 vezes nas páginas 41, 42.

_____. **ABNT NBR12655:2022**: Concreto de Cimento Portland-Preparo, controle, recebiment e aceitaçã- Procedimento. Rio de Janeiro, fev. 2022. P. 22. Citado 17 vezes nas páginas 23, 29, 32–34, 45, 53, 67, 75, 83, 95, 99, 105, 106.

_____. **ABNT NBR13245:2011**: Tintas para construção civil- execução de pinturas em edificações não industriais- Preparação da superfície. Rio de Janeiro, jun. 2011. P. 6. Citado 3 vezes nas páginas 41, 116.

_____. **ABNT NBR13529:2013**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas- Terminologia. Rio de Janeiro, ago. 2013. P. 13. Citado 12 vezes nas páginas 39, 40, 70, 72, 77, 93, 97, 115, 120.

_____. **ABNT NBR13553:2012**: Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural- Requisitos. Rio de Janeiro, dez. 2012. P. 3. Citado 1 vez na página 94.

_____. **ABNT NBR13749:2013**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, out. 2013. P. 8. Citado 1 vez na página 41.

_____. **ABNT NBR13755:2017**: Revestimento cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante- Projeto, execução, inspeção e aceitação- Procedimento. Rio de Janeiro, nov. 2017. P. 57. Citado 10 vezes nas páginas 23, 40, 45, 53, 56, 72, 90, 93, 105.

_____. **ABNT NBR14859-1:2016**: Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos. Rio de Janeiro, jan. 2016. P. 8. Citado 6 vezes nas páginas 38, 65, 81, 89, 114, 120.

_____. **ABNT NBR14859-2:2016**: Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 2: Elementos inertes para enchimento e fôrma - Requisitos. Rio de Janeiro, jan. 2016. P. 8. Citado 1 vez na página 38.

_____. **ABNT NBR14931:2004**: Execução de Estruturas de Concreto- Procedimento. Rio de Janeiro, mai. 2004. P. 53. Citado 46 vezes nas páginas 23, 25–32, 34–36, 45, 46, 48, 53, 58, 62–64, 74, 75, 77, 79–81, 83, 89, 95, 100, 104–106, 108, 109.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR15310:2009**: Componentes cerâmicos- Telhas- Terminologia, requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, mar. 2009. P. 47. Citado 1 vez na página 38.

_____. **ABNT NBR15696:2009**: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto- Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro, fev. 2009. P. 27. Citado 1 vez na página 28.

_____. **ABNT NBR15823-1:2017**: Concreto autoadensável Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, ago. 2017. P. 14. Citado 1 vez na página 33.

_____. **ABNT NBR16889:2020**: Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, dez. 2020. P. 5. Citado 3 vezes nas páginas 34, 62.

_____. **ABNT NBR5410:2008**: Sistemas prediais de água fria e água quente- Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, mar. 2008. P. 209. Citado 14 vezes nas páginas 29, 37, 51, 64, 70, 76, 82, 89, 91, 92, 96, 100, 101, 115.

_____. **ABNT NBR5626:2020**: Sistemas prediais de água fria e água quente- Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, set. 2020. P. 55. Citado 13 vezes nas páginas 29, 37, 51, 55, 56, 64, 69, 76, 89, 92, 96, 101, 114.

_____. **ABNT NBR5738:2016**: Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, jun. 2016. P. 9. Citado 2 vezes nas páginas 34, 75.

_____. **ABNT NBR6118:2014**: Projeto de estruturas de concreto-Procedimento. Rio de Janeiro, fev. 2014. P. 238. Citado 56 vezes nas páginas 24, 25, 28–33, 35, 38, 46, 52–54, 58, 60–63, 74, 75, 79, 84, 91, 95, 104, 106, 110, 111, 113, 115, 119, 120, 127, 128.

_____. **ABNT NBR6122:2019**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, fev. 2019. P. 108. Citado 17 vezes nas páginas 24, 25, 28, 53, 59–62, 73, 83, 104, 107.

_____. **ABNT NBR6123:1988**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, jun. 1988. P. 66. Citado 1 vez na página 38.

_____. **ABNT NBR7190:1997**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, fev. 1997. P. 107. Citado 15 vezes nas páginas 26, 27, 38, 46, 52, 53, 60, 74, 79, 99, 108.

_____. **ABNT NBR7196:2020**: Telhas de fibrocimento sem amianto-Execução de coberturas e fechamentos laterais-Procedimento. Rio de Janeiro, jun. 2020. P. 31. Citado 5 vezes nas páginas 38, 39, 77.

_____. **ABNT NBR7200:1997**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, set. 1997. P. 13. Citado 7 vezes nas páginas 39–41.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR7212:2021**: Concreto dosado em central-Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro, set. 2021. P. 25. Citado 7 vezes nas páginas 32, 33, 86.

_____. **ABNT NBR7480:2007**: Aço destinados a armaduras para estruturas de concreto armado- Especificação. Rio de Janeiro, set. 2007. P. 13. Citado 9 vezes nas páginas 31, 32, 46, 53, 61, 79, 111.

_____. **ABNT NBR7581-1:2014**: Telha ondulada de fibrocimento Parte1: Classificação e requisitos. Rio de Janeiro, out. 2014. P. 17. Citado 2 vezes nas páginas 38, 102.

_____. **ABNT NBR8160:1999**: Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução. Rio de Janeiro, set. 1999. P. 74. Citado 13 vezes nas páginas 29, 37, 51, 55, 56, 63, 69, 75, 89, 92, 97, 101, 114.

_____. **ABNT NBR8545:1984**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, jul. 1984. P. 13. Citado 15 vezes nas páginas 36, 37, 47, 54, 65, 68, 75, 80, 81, 99, 113, 114, 119.

_____. **ABNT NBR9050:2001**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, dez. 2001. P. 40. Citado 4 vezes nas páginas 42, 43, 117, 119.

_____. **ABNT NBR9050:2020**: Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, ago. 2020. P. 147. Citado 11 vezes nas páginas 42, 49, 50, 55, 66, 72, 94, 103, 117, 119.

_____. **ABNT NBR9575:2010**: Impermeabilização-Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, fev. 2010. P. 14. Citado 3 vezes nas páginas 24, 59, 107.

CASTRO, Fernando. **Na contramão do Paraná, cidades do litoral lideram geração de empregos**. 2016. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2016/01/na-contramao-do-parana-cidades-do-litoral-lideram-geracao-de-empregos.html>>. Acessado em: 12 de abr. de 2022. Citado 1 vez na página 20.

CONSTRUÇÃO, TECHINT Engenharia e. **P-76 realiza o Sail Away após operação bem sucedida**. 2019. Disponível em:

<<https://www.techint.com/pt/imprensa/noticias/p-76-realiza--09838254020>>. Acessado em: 31 de jul. de 2020. Citado 1 vez na página 20.

CORREIA, Flaviana Silva Moraes et al. Análise dos Principais Problemas Construtivos Decorrentes de Falhas de Projeto—Estudo de Caso em Maceió-Al. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 2, p. 57–57, 2017. Citado 3 vez na página 21.

FALCONI, Frederico et al. Fundações: teoria e prática. **2a edição**. Editora Pini. São Paulo, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 25, 28.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama geral do município de Pontal do Paraná**. 2022. Disponível em:

<<https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/pontal-do-parana.html>>. Acesso em 12 de abr. de 2022. Citado 2 vez na página 20.

MTE. **Norma regulamentadora NR18**: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil. Brasília, 2021. P. 95. Citado 15 vezes nas páginas 23, 45, 53, 58, 67, 79, 81, 82, 88, 90, 95, 99, 105, 119.

SANTOS, Yuri Donegate Lima dos. Estudo de falhas na fiscalização da execução que interferem na qualidade das obras de edificações. **Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, 2018. Citado 1 vez na página 21.

SILVA, Celiane Mendes da et al. Sistemas De Impermeabilização Na Construção Civil: Caracterização, Importância E Métodos De Execução. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas -UNIT - ALAGOAS**, v. 5, n. 2, p. 315–315, 2019. Citado 1 vez na página 24.

SOARES, Felipe Flores. A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil. **Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro**, 2014. Citado 1 vez na página 24.

ANEXOS

ANEXO A – TABELAS DA NBR 6118

TABELA 3 – CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

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

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

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

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: (ABNT, 2014a)

TABELA 4 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE CLASSE DE AGRESSIVIDADE E QUALIDADE DO CONCRETO

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,65	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	> C20	> C25	> C30	> C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 280	≥ 280	≥ 320	≥ 360
CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado					
CP Componente e elementos estruturais de concreto protendido					

Fonte: (ABNT, 2014a)

TABELA 5 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL E O COBRIMENTO NOMINAL PARA $\Delta_c = 10\text{mm}$

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

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

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

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

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.

Fonte: (ABNT, 2014a)