



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA OBRA PÚBLICA NO
MUNICÍPIO DE POMBAL - PB: ANÁLISE DE CONFORMIDADE EXECUTIVA**

HEDUARDA HELLEN ALEXANDRE CARDOSO

POMBAL – PB

2024

HEDUARDA HELLEN ALEXANDRE CARDOSO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA OBRA PÚBLICA NO
MUNICÍPIO DE POMBAL - PB: ANÁLISE DE CONFORMIDADE EXECUTIVA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Elisângela
Pereira Da Silva

POMBAL – PB

2024

C264a Cardoso, Heduarda Hellen Alexandre.
Avaliação da qualidade da construção de uma obra pública no município de Pombal-PB: análise de conformidade executiva / Heduarda Hellen Alexandre Cardoso. – Pombal, 2024.
72 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.

“Orientação: Prof. Dr. Elisângela Pereira da Silva”.

Referências.

1. Construção civil. 2. Obra pública. 3. Qualidade de execução. 4. Conformidade normativa. 5. Concreto - Controle tecnológico. II. Título.

CDU 69(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO
DE CURSO.

HEDUARDA HELLEN ALEXANDRE CARDOSO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA OBRA PÚBLICA
NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB: ANÁLISE DE CONFORMIDADE
EXECUTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente HEDUARDA HELLEN
ALEXANDRE CARDOSO **APROVADO** em 03 de junho de 2024 pela comissão
examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para
obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de
Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Documento assinado digitalmente



ELISANGELA PEREIRA DA SILVA
Data: 03/06/2024 20:11:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Elisângela Pereira da Silva

(Orientador – UFCG)

CLOVIS DE
MEDEIROS DANTAS
JUNIOR:06062433488

Assinado digitalmente por CLOVIS DE MEDEIROS DANTAS JUNIOR:
06062433488
DN: C=BR, O=CP-Brasil, OU=Secretaria de Receita Federal do Brasil - RFB,
OU=RFB e CPF A1, OU=(EM BRANCO), OU=39016084000124,
OU=videoconferencia, CN=CLOVIS DE MEDEIROS DANTAS JUNIOR:
06062433488
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2024.06.05 07:25:11 -0300
Foxit PDF Editor Versão: 11.0.1

Prof. Dr. Clóvis de Medeiros Dantas Júnior

(Membro Interno – UFCG)

Documento assinado digitalmente



CARLA CAROLINE ALVES CARVALHO
Data: 05/06/2024 19:25:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Carla Caroline Alves de Carvalho

(Membro Externo – UFMA)

AGRADECIMENTOS

Gratidão, primeiramente a Deus por todas as bênçãos.

Agradeço aos meus pais e irmãos por toda a parceria durante esses anos árduos de dedicação.

Agradeço também aos meus amigos, especialmente a Ranyelly, minha dupla do início ao fim, sua amizade e companheirismo tornou tudo mais tranquilo e fácil de lidar. O mesmo sentimento se estende a Antonio Vitor, Gleyson, Gloria, Bruno, Filipe, Thamara, Yanna, Darah. Todos foram fontes constantes de companheirismo e amizade sempre ajudando e se fazendo presente em vários momentos dessa caminhada. Levarei cada um de vocês comigo sempre, agradecendo por tudo que vivemos juntos. Vocês tornaram a caminha mais leve. Amo todos vocês.

E não menos importante, profunda gratidão a minha orientadora Elisangela, a qual tenho apreço e grande admiração pela profissional e pessoa que és. Toda a sua parceria fez com que esse trabalho saísse da melhor maneira. Você é incrível!

RESUMO

No Brasil, o setor da construção civil está cada vez mais industrializado e as empresas têm adotado novas tecnologias para melhorar a qualidade, reduzir custos e prazos. No entanto, os métodos de controle executivo não acompanham essas inovações, resultando em erros de execução. Nesse contexto, é essencial implementar um controle rigoroso e acompanhamento da execução das obras para garantir a conformidade com as normas vigentes. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da construção de uma obra pública no município de Pombal - PB, analisando o concreto, os blocos cerâmicos e a conformidade com o projeto e normas. O desenvolvimento do trabalho foi dividido em quatro etapas: a primeira consistiu na vistoria do canteiro de obras para avaliar o acondicionamento dos materiais; a segunda envolveu o estudo das plantas disponíveis no canteiro; a terceira focou na verificação da execução dos elementos estruturais e no controle tecnológico do concreto usado em fundações, vigas e pilares; e a quarta analisou as características geométricas e a resistência à compressão dos blocos cerâmicos utilizados como alvenaria de vedação. Ao longo do estudo, foi constatado o armazenamento inadequado de agregados, cimento e ferragens, que representa um risco para a qualidade e durabilidade dos materiais. O concreto utilizado na concretagem das estruturas não atende os requisitos da norma vigente e nem a resistência mínima. A execução das estruturas apresentou algumas falhas que podem comprometer a integridade dos trabalhadores e a vida útil da edificação. Mas foram observados muitos acertos, entre eles: impermeabilização de vigas baldrame, uso de vibrador de agulha durante a concretagem das estruturas e verificação do prumo na execução da alvenaria de vedação. Com relação aos blocos cerâmicos utilizados na obra, verificou-se conformidade com a norma vigente quanto as medidas das faces, no entanto, todos apresentaram resistência à compressão inferior ao exigido. É evidente, portanto, que há acertos e erros no processo de construção, demonstrando ser extremamente importante realizar uma supervisão contínua e criteriosa, de modo a evitar problemas durante e após a execução.

Palavras-chave: Qualidade de execução. Conformidade normativa. Controle tecnológico do concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Adensamento do concreto com vibradores de imersão	20
Figura 2 – Geometrias utilizadas em fundações rasas do isolada	24
Figura 3 – Armadura da sapata	25
Figura 4 – Viga baldrame concretada in loco	26
Figura 5 – Arranjo estrutural de pilares	27
Figura 6 – Alvenaria de vedação	29
Figura 7 – Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal	30
Figura 8 – Bloco cerâmico estrutural	30
Figura 9 – Fixação entre alvenarias e pilares com o emprego de tela metálica galvanizada	32
Figura 10 – Execução de ligação entre alvenaria de fachada e alvenaria interna	32
Figura 11 – Execução do ensaio	35
Figura 12 – Moldagem dos corpos de prova	35
Figura 13 – Cura do concreto	36
Figura 14 – Processo de retificação dos corpos de prova	36
Figura 15 – Processo de rompimento na Prensa Hidráulica Fortest FT 02	37
Figura 16 – Determinação do desvio em relação ao esquadro	37
Figura 17 – Blocos cerâmicos capeados	38
Figura 18 – Compressão hidráulica do bloco cerâmico	38
Figura 19 – Agregados utilizados na obra	39
Figura 20 – Armazenamento do cimento	40
Figura 21 – Disposição de barras de aço na obra	41
Figura 22 – Slump test: (a) concreto das sapatas; (b) concreto das vigas baldrame; (c) concreto dos pilares	43
Figura 23 – Escavações de valas das sapatas	45
Figura 24 – Escavação com profundidade superior a 1,5 m	46
Figura 25 – Posicionamento da ferragem da sapata	47
Figura 26 – Concretagem das sapatas	48
Figura 27 – Preparo da superfície de apoio das vigas baldrame	49
Figura 28 – Posicionamento das ferragens das vigas baldrame	50

Figura 29 – Execução das formas	50
Figura 30 – Junta de dilatação nas vigas baldrame	51
Figura 31 – Impermeabilização das vigas baldrame	52
Figura 32 – Pilares com formas e escoramentos	55
Figura 33 – Abertura lateral da forma para lançamento do concreto	56
Figura 34 – Lançamento do concreto dos pilares e uso de vibrador	56
Figura 35 – Aplicação de EPS em junta de dilatação nos pilares	57
Figura 36 – Assentamento de blocos juntos aos pilares	61
Figura 37 – Levantamento da alvenaria de vedação	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)	16
Tabela 2 – Relação entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.....	17
Tabela 3 – Cobrimento Mínimo de acordo com o tipo de estrutura	17
Tabela 4 – Características mínimas para os blocos cerâmicos de vedação	30
Tabela 5 – Traços adotados para o concreto dos elementos estruturais	42
Tabela 6 – Resultados do <i>slump test</i>	43
Tabela 7 – Resultados do ensaio de resistência à compressão	44
Tabela 8 – Dimensões dos pilares	53
Tabela 9 – Dimensões das armaduras dos pilares	54
Tabela 10 – Medidas das faces dos blocos	58
Tabela 11 – Desvios e flechas dos blocos cerâmicos	59
Tabela 12 – Medidas das espessuras das paredes externas e septos dos blocos	59
Tabela 13 – Resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos	60

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

a/c – Razão água cimento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

C – Comprimento

D – Desvio em relação ao esquadro

Eci – Módulo de elasticidade

EPI – Equipamentos de proteção individual

EPS – Poliestireno expandido

F – Planeza das faces

H – Altura

L – Largura

MA – Momento Fletor no ponto A

MB – Momento Fletor no ponto B

NBR – Norma brasileira

PAV – Projeto de alvenaria de vedação

PB – Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	14
<i>Objetivo Geral</i>	<i>14</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>14</i>
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. Concreto Armado	15
2.1.1. Classe de agressividade	15
<i>2.1.2 Resistência característica à compressão e cobrimentos mínimos</i>	<i>16</i>
<i>2.1.3 Aço</i>	<i>17</i>
2.2 Etapas de execução das estruturas de concreto armado	17
<i>2.2.1 Fôrmas</i>	<i>18</i>
<i>2.2.2 Concretagem</i>	<i>18</i>
<i>2.2.3 Lançamento e Adensamento</i>	<i>18</i>
<i>2.2.4 Juntas de concretagem</i>	<i>20</i>
<i>2.2.5 Cura e desforma</i>	<i>20</i>
2.3. Elementos estruturais	20
2.4. Fundações	21
<i>2.4.1 Fundações superficial – Sapata Isolada</i>	<i>22</i>
<i>2.4.2 Viga Baldrame</i>	<i>24</i>
2.5 Pilares	25
2.6 Alvenaria	27
<i>2.6.1 Execução</i>	<i>30</i>
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Ensaio de caracterização	33
<i>3.1.1. Ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump Test)</i>	<i>33</i>
<i>3.1.2. Ensaio de resistência à compressão para o concreto</i>	<i>34</i>
<i>3.1.3. Ensaio de características geométricas e determinação da resistência a compressão de blocos cerâmicos</i>	<i>36</i>
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1. (In)Conformidades da execução com as normas	39
<i>4.1.1. Armazenamento dos materiais</i>	<i>39</i>

4.1.2. Concreto.....	42
4.1.3. Fundação	44
4.1.3.1. Sapatas.....	44
4.1.3.2. Vigas Baldrame	49
4.1.4. Pilares.....	53
4.1.4.1. Concepção estrutural.....	53
4.1.4.2. Execução.....	54
4.1.5. Alvenaria de vedação.....	58
4.1.5.1. Caracterização dos blocos cerâmicos	58
4.1.5.2. Execução da alvenaria de vedação.....	60
5. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil está cada dia mais industrializada, logo, as empresas estão sendo estimuladas pela dinâmica do mercado a adotar novos métodos e tecnologias construtivas a fim de aumentar a qualidade e diminuir o custo e o prazo das obras. Segundo Medeiros (1999) citado por Barros (2001), “a indústria de construção de edifícios vem buscando, nos últimos anos a implementação de novas tecnologias para o aumento da eficiência e qualidade”. Entretanto os métodos de controle executivo não estão acompanhando essas mudanças e isso acarreta erros de execução que por muitas vezes podem ser graves.

A construção industrializada está colaborando para a execução de obras mais rápidas, de melhor qualidade e com margens de desperdício menores. Essas melhorias se devem em parte ao controle dimensional preciso tanto dos elementos estruturais (vigas, lajes e pilares) como não-estruturais (vedações, revestimentos e acabamentos) (BOTELHO, 2003). Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2023), as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que preservem a sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço, durante o período correspondente à sua vida útil.

Nesse contexto, priorizar a qualidade de execução da obra é importante, pois, segundo Souza (2011), a qualidade de uma obra como um todo é resultante do seu planejamento e gerenciamento, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos de construção, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção.

Destarte, ter o controle do acompanhamento da execução da obra seguindo as normativas, as eventualidades que podem prejudicar o seu andamento e aos trabalhadores são evitadas, uma vez que, são previstas antes de acontecer favorecendo um lugar seguro para trabalhar, e assegurando uma boa execução (PELACANI, 2010).

Diante disso, esse estudo visa realizar uma análise sobre a conformidade das práticas de construção com normas técnicas e projeto executivo e sua incidência sobre a execução de obra pública na cidade de Pombal – PB, dada a importância

pois trata-se de atividade essencial para a construção civil, visando demonstrar ações e cuidados a serem adotados durante o processo a fim de evitar problemas futuros na edificação.

1.1. Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da construção de uma obra pública em Pombal - PB, analisando o concreto, os blocos cerâmicos e a conformidade com o projeto e normas.

Objetivos Específicos

- Identificar através de acompanhamento e registro contínuo, a conformidade de execução, considerando etapas dos elementos estruturais e de vedação com o projeto executivo;
- Realizar comparação do método de execução aplicado com as exigências das Normas Técnicas Brasileiras (NBRs);
- Analisar a qualidade e características do concreto fresco empregado, quanto a sua capacidade de resistência a compressão e a consistência;
- Avaliar as características geométricas e determinação da resistência a compressão de blocos cerâmicos empregados na alvenaria de vedação;
- Propor medidas corretivas para garantir qualidade, segurança e durabilidade da estrutura do centro de comercialização.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Concreto Armado

Concreto é um material resultante da mistura de agregados minerais, cimento e água (DELATORRE, 2014). Silva (2018) afirma que de mesmo modo, o concreto armado é a associação de concreto simples com uma armadura, usualmente constituída por barras de aços, colocada em seu interior tornando-se um sólido único.

O aço é introduzido nesta mistura a fim de garantir boa resistência das peças estruturais à tração, visto que a resistência do concreto à esforços de tração é baixa, ou seja, o mesmo apresenta boa resistência à compressão (Clímaco, 2012). De acordo com Botelho e Marchetti (2018), diversos tipos de estruturas requerem a combinação essencial do concreto com aço, uma vez que o concreto possui uma resistência média dez vezes maior à compressão do que à tração.

2.1.1. Classe de agressividade

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), o concreto para fins estruturais é classificado de acordo com a classe de agressividade do ambiente, a qual está associada a ações tanto físicas quanto químicas, que agem sobre as estruturas de concreto. Para classificar deve-se seguir dependendo do local onde será executada a obra, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{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: NBR 6118:2023 – Tabela 6.1.

2.1.2 Resistência característica à compressão e cobrimentos mínimos

Levando em consideração a durabilidade do concreto armado, a fim de ocorrer a garantia na durabilidade da estrutura na sua vida útil de projeto é necessário o atendimento a classe de resistência do concreto e a espessura do cobrimento das armaduras. A NBR 6118 (2023) especifica através da tabela 7.1 (Tabela 2) a relação água-cimento máxima e a classe mínima do concreto a ser adotado na determinação da dosagem do concreto.

Tabela 2 – Relação entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

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

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118:2023 – Tabela 7.1

Ainda na mesma norma, o item 7.4.7.6. descreve a determinação do cobrimento nominal para os diversos elementos estruturais, quando moldados in loco. A Tabela 3 ilustra o cobrimento mínimo para cada estrutura.

Tabela 3 – Cobrimento Mínimo de acordo com o tipo de estrutura.

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, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 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 ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118:2023 – Tabela 7.1

2.1.3 Aço

A norma NBR 74802 (ABNT, 2024) é a responsável por especificar o aço destinado para armaduras de estrutura de concreto armado, de acordo com ela podemos verificar quais os aços indicados para este tipo de construção. São classificados conforme sua resistência, definida por sua composição e processo de fabricação. No mercado são encontradas na forma de barras de diâmetros variados de 4,2 mm a 40 mm.

Quanto aos tipos de aço utilizado, tem-se o aço CA-25 o qual é pouco utilizado, deve ter obrigatoriamente a superfície lisa, a sua tensão de escoamento é de 250 MPA e é fabricado através de laminação a quente. O aço CA-50 é bastante utilizado, também é fabricado por laminação quente e tem superfície nervurada apresentando uma soldabilidade com ótimo dobramento e alta resistência. O aço CA-60 é parcialmente utilizado, tem superfície nervurada e é fabricado através do processo de trefilação fio a fio (IMIANOWSKY; WALENDOWSKY, 2017).

A resistência característica de escoamento do aço à tração (f_{yt}) é a máxima tensão que a barra ou o fio devem suportar, pois, a partir dela, o aço passa a sofrer deformações permanentes, ou seja, até esse valor de tensão, ao se interromper o ensaio de tração de uma amostra, esta voltará ao seu tamanho inicial, não apresentando nenhum tipo de deformação permanente (CARVALHO, 2007).

2.2 Etapas de execução das estruturas de concreto armado

A execução de qualquer construção, apresenta diversos serviços e atividades desde a sua concepção até a fase de utilização. Nesse sentido, uma obra é dividida em etapas construtivas ligadas entre si, que se desenvolvem para a entrega da edificação (QUEIROZ, 2001). De acordo com Bertolini (2010), em estruturas de concreto armado, a execução correta de cada etapa é importante na conservação da estrutura já nas primeiras idades.

Destarte, é a partir da NBR 14931 (ABNT, 2023) que são descritos os requisitos gerais relativos as atividades essenciais na execução dos elementos estruturais de concreto armado. Freire (2001) categoriza que devido à sua influência em todos os aspectos da obra, é crucial reconhecer a importância desta etapa de

construção, em que a estrutura constitui a base essencial e quaisquer erros na sua execução podem acarretar em custos adicionais para os demais procedimentos.

2.2.1 Fôrmas

As fôrmas são importantes nas estruturas de concreto armado, e sua montagem compreende uma fase de grande relevância por garantir as dimensões desejadas das peças estruturais, e por suportar o peso do concreto e das armaduras, e transmiti-lo às escoras na fase de concretagem. Desse modo, elas devem ser construídas de forma a arcar com todas as cargas de serviço a que forem impostas e montadas de modo a garantir a sua estabilidade em seus suportes e contraventamentos. (YAZIGI, 2009).

A partir da NBR 14931 (ABNT, 2023), as fôrmas são empregadas nas peças da estrutura de concreto a fim de se obter dimensões e formatos pré determinados. Além disso, o molde deve ser suficientemente fechado, para impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite a surgência do agregado miúdo da superfície do concreto.

2.2.2 Concretagem

A NBR 14931 (ABNT, 2023), generaliza que é importante destacar que cada elemento estrutural deve ser concretado conforme projeto, garantindo o suprimento adequado de concreto com as características necessárias para a estrutura.

2.2.3 Lançamento e Adensamento

O objetivo do lançamento é posicionar o concreto nas fôrmas o mais próximo possível da posição definitiva, seguindo o método de descarregamento em camadas uniformes. Cada camada é adensada completamente antes do lançamento da próxima, a fim de evitar a formação de juntas frias no elemento. (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A NBR 14931 (ABNT, 2023), descreve que o concreto deve ser lançado de modo que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus

componentes. Quando a altura de queda livre do concreto for maior que 2 m, no caso de peças estreitas e altas, observa-se maiores cuidados de modo a evitar a segregação e falta de argamassa tanto nos pés de pilares como nas juntas de concretagem de paredes.

O adensamento é o processo de compactação e moldagem do concreto fresco dentro das fôrmas com o aço posicionado, a fim de eliminar vazios e ar aprisionado. O processo pode ser de forma: manual, apiloamento da mistura, ou mecânica, através da vibração (MEHTA; MONTEIRO, 2014). De acordo com Bomtempo (2016), o adensamento inadequado ou não realizado também pode deixar um grande índice de vazios na estrutura, podendo comprometer a integridade da mesma. Marcelli (2007) afirma que existem causas como estacas fora da posição correta, erros de cravação e falhas na execução da estaca moldada no local.

No adensamento realizado por meio de vibradores, há alguns cuidados a serem tomados como por exemplo, preferencialmente aplicar o vibrador na posição vertical como ilustrado na Figura 1, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha devendo penetrar cerca de 10 cm na camada anterior. Em todos os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50 cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar. (NBR 14931, ABNT 2023).

Figura 1 – Adensamento do concreto com vibradores de imersão.

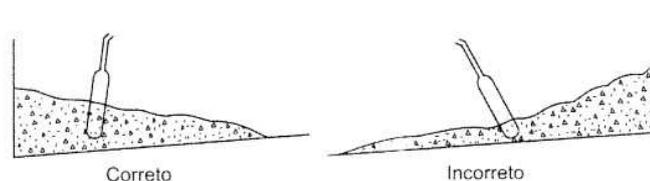


Figura 2-a)

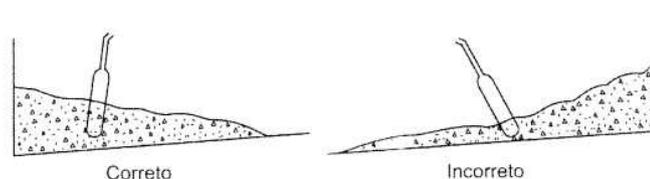


Figura 2-b)

Fonte. NBR 14931 (2023).

2.2.4 Juntas de concretagem

A NBR 14931 (ABNT, 2023), ressalta que o lançamento do concreto sendo interrompido e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista, devem ser tomadas as devidas precauções para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. Além disso, é necessário remover a nata da pasta de cimento (que está vitrificada) e limpar a superfície da junta antes de reiniciar o lançamento do concreto. Para remover a nata superficial, pode-se utilizar um jato de água com forte pressão imediatamente após o fim do processo de pega, conhecido como "corte verde".

2.2.5 Cura e desforma

A cura do concreto recém adensado consiste nos processos que promovem a hidratação do cimento e ganho de resistência, a partir do monitoramento da temperatura e do fluxo de água na mistura, evitando a evaporação da água de emassamento para se obter um concreto durável (NEVILLE; BROOKS, 2013). A importância dessa etapa não está apenas no ganho de resistência do concreto com a manutenção mínima de água, mas também em razão da perda de água ocasionar retração plástica e diminuição da impermeabilidade e da resistência a abrasão (NEVILLE, 2016).

Seguindo a NBR 14931 (ABNT, 2023), os escoramentos e fôrmas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio; evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas; resistir a danos para a superfície durante a remoção. Além disso, a desforma só deve ser iniciada quando o concreto atingir a resistência e o módulo de elasticidade especificados (E_{ci}) em projeto.

2.3. Elementos estruturais

A execução de uma obra segue um conjunto de etapas a fim de colocar em prática o que há em projeto. Inicia-se pela preparação do terreno e construção das

fundações, em seguida para a criação da estrutura básica da edificação, como pilares, vigas e lajes. Na sequência, são instalados os sistemas complementares (elétrica e hidráulica), seguidos pelo fechamento das paredes e aplicação de revestimentos. A fase final envolve acabamentos, ajustes e inspeções para garantir a qualidade e funcionalidade da obra a longo prazo.

2.4. Fundações

A NBR 6122 (ABNT, 2022), é a norma regulamentadora que cria parâmetros básicos a serem observadas no projeto e execução de fundações de edifícios. A mesma delinea que as fundações podem ser definidas como a parte da estrutura responsável pela transferência das cargas da edificação para o solo, distribuindo-as de forma adequada para evitar deformações excessivas ou colapso da estrutura.

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2022), faz se necessário a partir do porte da obra ou de condicionantes específicos, a realização da vistoria geológica de campo composta no mínimo por sondagens a percussão (SPT). Para Pereira (2017), algumas particularidades devem ser investigadas na decisão do tipo de fundação, como a carga da edificação, topografia do terreno, profundidade da camada resistente do solo, o custo do método e prazo de execução. Além disso, a norma classifica as fundações em superficiais e profundas.

As superficiais ou rasas são aquelas onde o carregamento é transmitido ao solo pela base da fundação, e suas profundidades de assentamento é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Tais tipos tem como classificação: sapata isolada, sapata associada, sapata alavancada, sapata corrida, vigas de fundação ou baldrame, blocos e radier (FELIPE, 2018). Botelho (2016) indica que para utilização das fundações rasas o solo deve apresentar boa resistência, e ter ausência de lençol freático alto. As fundações profundas além de transmitir as cargas pela base transmitem também por atrito lateral, sua profundidade é no mínimo três metros e superior ao dobro da sua menor dimensão, como é o caso das estacas, tubulões e os caixões (NBR 6122, ABNT 2022).

2.4.1 Fundações superficial – Sapata Isolada

Afirmado pela NBR 6122 (ABNT, 2022), temos a seguinte afirmação de uma fundação superficial. *“elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.”* Bastos (2016), afirma que considerando todos os elementos de fundação rasa, a sapata é o mais usual, e isso se dá “devido à grande variabilidade existente na configuração e forma dos elementos estruturais que nela se apoiam”.

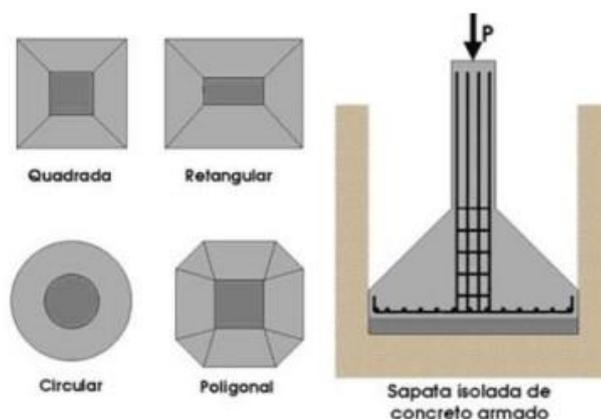
De acordo com a NBR 6122 no item 3.2 as sapatas isoladas são definidas como:

Elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura. Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal (NBR 6122/2022).

As sapatas isoladas são interligadas por baldrames que tornam a edificação mais rígida e são projetadas para suportar um único pilar, promovendo o alinhamento do centro de gravidade do mesmo com o da base da sapata. Desse modo, as sapatas isoladas são capazes de resistir tanto às cargas centradas quanto às cargas excêntricas impostas sobre elas (ALVA, 2007).

Nesse contexto, a retangular é a sua forma mais comum, segundo Bastos (2016), isso se dá devido aos pilares serem usualmente retangulares, podendo possuir altura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal. Destarte, a geometria da base da sapata isolada segue de acordo com a forma do pilar que ela apoia, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Geometrias utilizadas em fundações rasas do isolada.



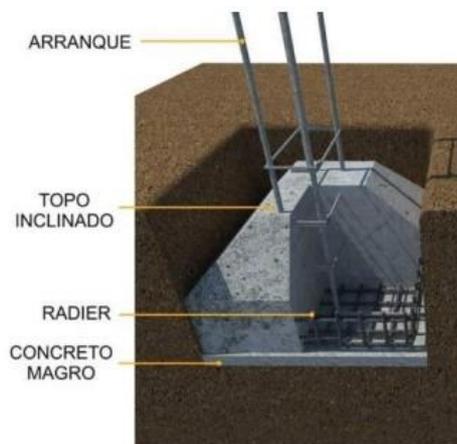
Fonte: Schneider Nelso, 2018.

A NBR 6122 (ABNT, 2022) destaca no item 6.4.1, que as sapatas não podem dispor de dimensões menores que 60 cm, em nenhum de seus lados. Na fase de execução, é importante manter o formato quadrado piramidal, assim como condicionar o fundo que receberá a sapata seco e nivelado e sempre preciso um lastro de concreto magro de no mínimo 5 cm de espessura onde a base da sapata será assentada a fim de isolar o fundo da sapata do solo (VELOSO; LOPES, 2004).

As sapatas isoladas são confeccionadas no local com concreto armado, não apresentando qualquer vínculo com outras sapatas. As cargas são suportadas pelo concreto armado, onde o concreto desempenha o papel de resistir às forças de compressão, enquanto o aço assume a responsabilidade de resistir às forças de tração e flexão.

Antes de iniciar a concretagem é feita a fixação da armação da sapata, ou seja, das colunas de aço - os arranques. Essas barras ficam expostas na vertical e auxilia na fixação dos pilares. Além disso, é preciso posicionar na abertura o restante das armações de aço e para que a estrutura não se mova durante a concretagem é indicado utilizar espaçadores laterais, fixando, assim, a armação no local adequado. Tal processo é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Armadura da sapata.



Fonte: Lucas Retondo (2021).

2.4.2 Viga Baldrame

A viga baldrame é o elemento que separa a infraestrutura da supraestrutura. Ela tem como principal função transmitir os esforços das paredes e outras partes da estrutura para a fundação, além de servir como guia da localização exata de onde deve ser feita a construção da parede, (PEREIRA, 2018).

Segundo Barros (2011), a viga baldrame é classificada como um dos vários tipos de fundação, é usada como um tipo básico econômico e raso em solos firmes e pequenos projetos de carregamento, conforme exemplificado na Figura 4. Ertel (2016) explica que a viga baldrame pode ser feita de concreto armado, concreto simples ou blocos maciços. Em edifícios pequenos e com cargas baixas, são utilizados como alicerce, dependendo da resiliência do solo.

Conforme Santos (2017), existem dois principais tipos de viga baldrame: uma é construída no local, ou seja, é fabricada e concretada no canteiro de obras, enquanto a outra é pré-fabricada em outro lugar e posteriormente instalada na construção.

Figura 4 – Viga baldrame concretada in loco.



Fonte: Moraes (2011).

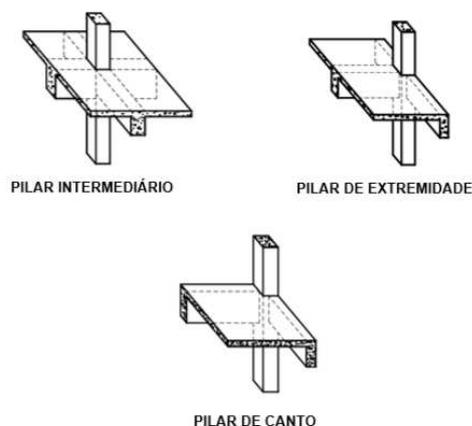
Quanto a execução, se o tipo a executar seja in loco, como por exemplo, é importante tomar cuidado com as formas, para evitar desperdício de materiais; com o espaçamento da armadura em relação a forma, para que a viga não venha a ter armadura aparente além de ser de extrema importância a sua impermeabilização a fim de ser evitar manifestações patológicas futuras. Além disso, deve-se abrir as valas com mais dez centímetros de cada lado da base. O fundo deve ser apiloado e deverá receber ou um lastro de concreto magro (150 kg/m^3 de cimento) ou lastro de brita (compactada, contendo pó-de-pedra) (PEREIRA, 2018).

2.5 Pilares

Na NBR 6118 (ABNT, 2023), pilar é definido como elementos lineares de eixo reto, em geral, na posição vertical na qual as forças de compressão normais dominam, sendo responsáveis por receber as ações das vigas ou diretamente das lajes, transmitindo a solicitação para elementos abaixo ou para a fundação atuante. Em estudo realizado por Sussekind (1984), os pilares foram considerados as peças de maior responsabilidade da estrutura, pois qualquer ruptura pode ser de difícil recuperação, diferente das vigas e lajes.

Ainda de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), os pilares são classificados conforme a sua posição na estrutura, podendo ser do tipo intermediário, de extremidade ou de canto, como ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Arranjo estrutural de pilares.



Fonte: Adaptado de Bastos (2017).

Essa classificação permite considerar os esforços solicitantes em cada situação calculada, na qual para o pilar intermediário, a compressão é centrada tendo em vista que de acordo com a fluência das lajes e vigas contínuas sobre o pilar, torna-se possível admitir que os momentos fletores distribuído ao pilar são pequenos e desprezíveis, ou seja, não possui momentos fletores MA^1 e MB^2 .

Os pilares de extremidade ocorrem a flexão composta normal resultando na geração de momentos fletores MA e MB de primeira ordem em uma direção do pilar, devido à falta de continuidade da viga. E o pilar de canto, ocorre a flexão composta oblíqua devido à falta de continuidade das vigas apoiadas no pilar. Conseqüentemente, são gerados os momentos fletores MA e MB de primeira ordem, em ambas as direções do pilar (SILVA, 2018).

Em sua composição, os pilares possuem barras longitudinais (vergalhão) e barras transversais (estribos), além do concreto.

Nesse contexto, a NBR 6118 (ABNT, 2023) indica que a maior dimensão do pilar não deve ultrapassar 5 (cinco) vezes sua menor dimensão, e se essa condição não for satisfeita, o pilar passa a ser tratado como pilar-parede. Além disto, a referida norma também fixa dimensões limites mínimas, em que no caso dos pilares, estes não devem possuir dimensão inferior a 19 (dezenove) cm, independentemente de sua forma.

¹ Momento Fletor no ponto A.

² Momento Fletor no ponto B.

Em casos especiais, permite-se adotar dimensões entre 14 (quatorze) cm e 19 (dezenove) cm, desde que os esforços solicitantes de cálculo sejam majorados por um coeficiente adicional na fase de dimensionamento. A norma ainda aborda que, em nenhuma ocasião, deve-se adotar uma área de seção transversal de pilar menor do que 360 (trezentos e sessenta) cm² (NBR 6118, 2023).

Ainda de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), a quantidade de armadura a serem dispostas dentro do pilar deve obedecer a imposições como: o arranjo das armaduras deve atender não só à sua função estrutural, como também às condições adequadas de execução, particularmente com relação ao lançamento e ao adensamento do concreto.

Os espaços devem ser projetados para a introdução do vibrador e de modo a impedir a segregação dos agregados e a ocorrência de vazios no interior do elemento estrutural. O diâmetro das barras longitudinais não deve ser inferior a 10 (dez) mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão da seção transversal.

Quanto aos estribos, conforme a norma NBR 6118 (ABNT, 2023), é exigido que a armadura transversal dos pilares, composta por estribos e, se necessário, grampos suplementares, seja aplicada em toda a extensão vertical do pilar. É obrigatório posicionar essa armadura nos locais em que ocorre o cruzamento com vigas e lajes.

O diâmetro dos estribos em pilares deve ser no mínimo 5 (cinco) mm ou 1/4 do diâmetro da barra isolada, ou ainda, do diâmetro equivalente do feixe que compõe a armadura longitudinal. O espaçamento longitudinal entre os estribos, medido ao longo do eixo do pilar, é calculado para garantir o posicionamento adequado e prevenir a flambagem das barras longitudinais.

2.6 Alvenaria

A alvenaria é definida por componentes utilizados na construção das paredes de um edifício, sendo os materiais mais frequentemente empregados: tijolos de barro, cerâmica ou concreto, unidos através de argamassa, para criar uma estrutura sólida e uniforme. É essencial que esses elementos sejam assentados e nivelados de maneira adequada (FLORES, 2018). A alvenaria pode ser estrutural, ou de vedação.

A alvenaria estrutural é caracterizada como um método de construção em que as paredes desempenham o papel de elementos resistentes, sendo aptas a suportar cargas adicionais além do seu próprio peso (PENTEADO, 2003).

A alvenaria de vedação, por sua vez, é indicada a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, conforme na Figura 6. Devem apresentar adequada resistência às cargas laterais estáticas e dinâmicas, advindas, por exemplo, da atuação do vento, impactos acidentais e outras (THOMAZ et al., 2009).

Figura 6 – Alvenaria de vedação.

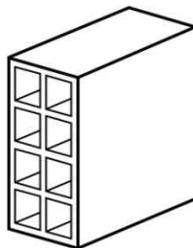


Fonte: Tecnisa (2017).

Para a execução das alvenarias os principais componentes dessa alvenaria são os blocos cerâmicos e os blocos de concreto (SALGADO, 2009; MARINOSK, 2011). A alvenaria de blocos cerâmicos é um sistema construtivo mais usual e tradicional adotado no Brasil, tanto na execução de residências de pequeno, médio e grande porte. As Figuras 7 e 8, respectivamente, apresentam as formas de blocos cerâmico segundo a NBR 15270-1.

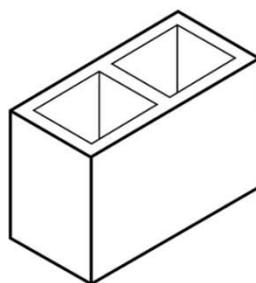
De acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2023), para a vedação em blocos cerâmicos, existe uma série de requisitos que devem ser atendidos.

Figura 7 – Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal.



Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2023).

Figura 8 – Bloco cerâmico estrutural.



Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2023).

As características que os blocos cerâmicos de vedação devem apresentar, de acordo com a norma NBR 15270-1 (ABNT, 2023), são resumidas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características mínimas para os blocos cerâmicos de vedação.

Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional individual relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação aos esquadros	≤ 3 mm

Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	≥ 3 MPa (para furos na horizontal)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: Adaptado de Thomaz et al. (p. 32, 2009).

A partir da NBR 15270-1 (ABNT, 2023) os métodos de ensaios para a avaliação de conformidade dos blocos cerâmicos, incluindo a determinação de suas características geométricas, físicas e mecânicas, são realizados com o intuito de caracterização e aceitação ou rejeição dos blocos cerâmicos. A qualidade dos blocos cerâmicos tem um papel fundamental na alvenaria de vedação, pois implicará em redução de perdas no processo de transporte, na estocagem, e execução da obra.

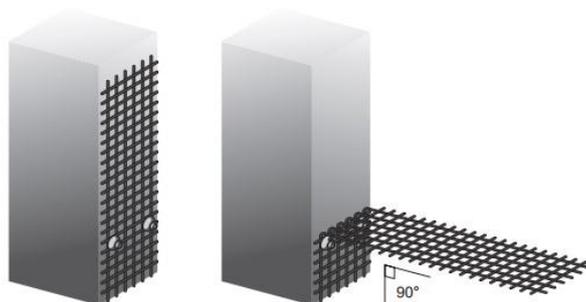
2.6.1 Execução

A etapa de execução de alvenaria de vedação, se executada de acordo com as normas e seguindo o projeto, é importante para a racionalização da obra. É recomendado que as paredes apresentem locação, prumo, planeza, e nivelamento, além de juntas e fixação regulares e homogêneos de acordo com as tolerâncias estipuladas em projeto (SABBATINI; BRITO; SELMO, 1988).

A alvenaria convencional necessita de chapisco, emboço em toda a estrutura para a execução do reboco (COMELLI, 2019). A argamassa de assentamento deve ter de 1 (um) cm a 2 (dois) cm de espessura nas juntas horizontais (YAZIGI, 2009).

De acordo com Thomaz et al. (2009), nas ligações das alvenarias com a estrutura, no caso dos pilares podem ser executadas com telas metálicas, aplicadas a cada duas fiadas e fixadas no concreto com pinos metálicos. A tela deve ser dobrada exatamente a 90° , como indicado na Figura 9, aplicando-se os pinos e as respectivas arruelas o mais próximo possível da dobra da tela.

Figura 9 – Fixação entre alvenarias e pilares com o emprego de tela metálica galvanizada.

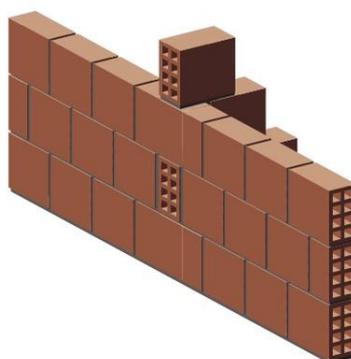


Fonte: Thomaz et al. (2009).

Os blocos são dispostos de forma escalonada, com suas juntas alinhadas, sendo nivelados e ajustados em relação aos blocos da primeira camada, conforme ilustrado na Figura 10. Para determinar a altura de cada camada, são utilizadas linhas esticadas cuidadosamente, apoiadas lateralmente por esticadores ou fixadas em escantilhões. Esses procedimentos garantem tanto a altura adequada de cada camada quanto a verticalidade da parede (THOMAZ ET AL., 2009).

A argamassa de assentamento tem que ser estendida sobre a superfície horizontal da fiada anterior e na face lateral do bloco a ser assentada. A elevação das alvenarias só deve ser realizada após conveniente cura do concreto da estrutura, recomendando-se para tanto o período mínimo de 28 dias (THOMAZ ET AL. 2009).

Figura 10 – Execução de ligação entre alvenaria de fachada e alvenaria interna.



Fonte: Thomaz et al., 2009.

Thomaz et al. (2009) ainda descreve que a fim de evitar-se a transferência de carga para as paredes de vedação durante a execução da obra é necessário realizar a fixação (“encunhamento”) com o intuito de amortecer as deformações estruturais que seriam transmitidas à parede.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização do trabalho foi dividida em 4 etapas. A primeira etapa foi a vistoria do canteiro de obras para identificar como estava o acondicionamento dos materiais utilizados. A segunda etapa foram os estudos das plantas disponíveis no canteiro. A terceira etapa foi verificar a execução dos elementos estruturais e estudo do controle tecnológico do concreto para os elementos de fundação, vigas e pilares e a quarta etapa foi o estudo das características geométrica e resistência a compressão dos blocos cerâmicos utilizado como alvenaria de vedação.

Para primeira etapa foi utilizado câmera fotográfica para vistoria do canteiro, o mesmo aconteceu no período de 29 de Março de 2023 a 11 de Julho de 2023. As plantas estudadas foram as disponibilizadas no canteiro de obra.

Para verificação dos elementos estruturais (sapata, viga baldrame e pilar), foram realizados ensaio de consistência e resistência a compressão as 7 (sete), 14 (quatorze) e 28 (vinte e oito) dias.

3.1 Ensaios de caracterização

3.1.1. Ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump Test)

O procedimento do ensaio se deu segundo a NBR 16889 (ABNT, 2020), a qual normatiza o método para a determinação da consistência do concreto fresco através da medida de seu decaimento, em obra.

De acordo com a normativa, para o ensaio, o tronco de cone foi dividido em 3 (três) camadas e para cada camada aplicou-se 25 (vinte e cinco) golpes, como representado na Figura 11. A verificação do decaimento se deu com uma trena posicionada no meio do concreto à haste de socamento, a fim de obter os centímetros.

Figura 11 – Execução do ensaio.



Fonte: Autora (2023).

3.1.2. Ensaio de resistência à compressão para o concreto

Esse ensaio foi realizado segundo a NBR 5738 (ABNT, 2016). Todos os corpos de prova foram moldados in loco.

Foram moldados 9 (nove) corpos de prova para cada elemento estrutural (sapata, baldrame, pilares e vigas) sendo 3 (três) para cada idade. Os corpos de prova utilizados possuem dimensões de 10 (dez) cm de diâmetro por 20 (vinte) cm de altura e para cada molde foram utilizadas duas camadas e aplicados 12 golpes em cada camada.

Figura 12 – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2023).

Após moldados, os moldes foram levados para o Laboratório de Materiais e Processos Construtivos do Campus Pombal-PB e identificados; desmoldados após 24 horas e colocados na cura em água por 7, 14 e 28 dias. A Figura 18 indica a cura do material.

Figura 13 – Cura do concreto.



Fonte: Autora (2023).

Após a cura do concreto, os corpos de prova foram levados para a marmoraria Gram Pombal- PB, onde os mesmos foram retificados de forma que as suas bases ficassem totalmente retas. A Figura 14 indica a retificação.

Figura 14 – Processo de retificação dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2023).

Após esse processo, foi retirado os comprimentos dos corpos de provas e levados para o rompimento com o auxílio da Prensa Hidráulica Fortest FT 02, mostrada na Figura 15.

Figura 15 – Processo de rompimento na Prensa Hidráulica Fortest FT 02.



Fonte: Autora (2023).

3.1.3. Ensaio de características geométricas e determinação da resistência a compressão de blocos cerâmicos

Para a realização do ensaio de resistência à compressão foram escolhidos 5 blocos de vedação de maneira aleatória coletado na obra, os quais foram utilizados em ambos os ensaios (características geométricas e resistência a compressão). No ensaio das características geométricas, fez-se a coleta dos dados para se obter as medidas das faces – dimensões efetivas; espessura dos septos e paredes externas

dos blocos; desvio em relação ao esquadro (D); e planeza das faces (F), com auxílio de paquímetro e esquadro como ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Determinação do desvio em relação ao esquadro



Fonte: Autora (2023).

Na determinação da resistência a compressão, foram utilizados os mesmos blocos e o capeamento dos blocos se deu seguindo a exigida pela NBR 15270-2 (ABNT, 2023). O capeamento (Figura 17) foi realizado cobrindo-se uma face do bloco com pasta de cimento em uma base plana e uniforme, de modo que se aplicou sobre o bloco uma pressão manual suficiente para fazer refluir a pasta interposta, de modo a reduzir a espessura no máximo a 3 mm. Em seguida, logo que a pasta endureceu, retirou-se com espátulas o excesso de pasta existente. O capeamento foi realizado de um lado esperado 24 horas para secagem e depois foi feito o outro lado.

Figura 17 – Blocos cerâmicos capeados.



Fonte: Autora (2023).

De acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2017), o corpo-de-prova foi colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa. Os blocos foram rompidos utilizando uma base metálica a fim de que a carga proveniente da Prensa Hidráulica Fortest FT 02 fosse distribuída uniformemente sob o bloco.

Figura 18 – Compressão hidráulica do bloco cerâmico.



Fonte: Autora (2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. (In)Conformidades da execução com as normas

4.1.1. Armazenamento dos materiais

O armazenamento adequado dos materiais de construção é um aspecto importante para garantir a qualidade e segurança da obra. Armazenar cuidadosamente assegura a preservação da integridade dos materiais. O material pode ser de excelente qualidade, no entanto, é susceptível a danos relacionados principalmente a fatores ambientais. Cada tipo de material possui uma forma específica de armazenamento. Os agregados, por exemplo, conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), devem ser separados por paredes de acordo com a granulometria, evitando a mistura de grãos, e ficar sobre uma base firme e limpa. Entretanto, essas medidas não foram adotadas na obra em estudo, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 – Agregados utilizados na obra.



Fonte: Autora (2023).

A brita e a areia estão amontoadas sem paredes de separação, jogadas diretamente sobre o solo e totalmente expostas. De acordo com Carvalho, Castilho e

Silva (2022), essa forma inadequada de armazenamento promove a perda de características e desempenho dos agregados. A mistura de agregados promove a não uniformidade de granulometria e o seu uso pode conduzir a erros estruturais que necessitam de reparos futuros. O contato com o solo promove a incorporação de elementos indesejados à composição. Além disso, a exposição do material à chuva, calor e vento promove mudanças de volume (fator que acarreta erros de dosagem do traço) e perda de material (a água e a chuva pode carrear agregados miúdos gerando perdas econômicas).

Assim como os agregados, constatou-se também o armazenamento inadequado do cimento (Figura 20).

Figura 20 – Armazenamento do cimento.



Fonte: Autora (2023).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022), o armazenamento do cimento deve seguir alguns cuidados: os sacos devem ser empilhados com no máximo 15 unidades (retidos por menos de 15 dias) ou 10 unidades (retidos por mais de 15 dias); as pilhas devem ser separadas por corredores para facilitar o acesso; os sacos não podem ficar em contato direto com o piso, sendo recomendado o uso de paletes de madeira. Infelizmente, nenhuma das recomendações da norma foi adotada. Na Figura 25 observa-se a existência de pilhas com mais de 15 sacos de cimento, sem corredores entre elas e com os sacos dispostos diretamente sobre o piso. Rodrigues (2022) explica que o armazenamento sem os devidos cuidados, implica na perda do material. Pilhas muito altas podem promover rasgamento dos

sacos por excesso de peso, além disso, o contato direto com o solo pode promover o empedramento por ação da umidade.

O aço também necessita de cuidados no armazenamento. Segundo Lima (2022), é importante que as barras de aço sejam protegidas das intempéries, em locais cobertos e longe de instalações elétricas. Na Figura 21, algumas barras de aço utilizadas na obra estão estocadas a céu aberto.

Figura 21 – Disposição de barras de aço na obra.



Fonte: Autora (2023).

Essa forma de armazenamento, sem nem mesmo usar lonas plásticas para cobrir o aço, representa um risco considerável para a qualidade e a durabilidade do material. As exposições contínuas a intempéries como chuva, sol e variações extremas de temperatura podem resultar em corrosão, enfraquecimento estrutural e outros danos significativos. A falta de proteção adequada pode comprometer as propriedades físicas e mecânicas do aço, impactando negativamente a sua performance quando incorporado à construção.

No canteiro de obra, foi disponibilizado a planta baixa arquitetônica e estrutural do edifício. Na planta baixa tornou-se possível identificar que por se tratar de um estabelecimento comercial, sua área comercial é de 481m² de área construída. Já no projeto estrutural foi observado o detalhamento de todos os

elementos estruturais com as respectivas ferragens correspondentes, porém em nenhum material estava identificado o traço de concreto.

4.1.2. Concreto

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2023), as características do concreto influenciam diretamente na durabilidade das estruturas. A qualidade dos materiais usados, a razão água/cimento (a/c), o tempo e a forma de mistura, são fatores determinantes para garantir a resistência adequada das estruturas de concreto armado.

O preparo do concreto foi realizado na obra e fez-se uso de uma betoneira estacionária. Os traços empregados para concretagem das estruturas foram definidos pelo pedreiro, de maneira empírica, sem realizar cálculos precisos para atingir os critérios mínimos de resistência estabelecidos por norma. Na Tabela 5 estão descritos os materiais e quantidades utilizadas em cada traço.

Tabela 5 – Traços adotados para o concreto dos elementos estruturais.

Estrutura	Cimento (saco)	Areia média (latas)	Brita ½ (latas)	Água (latas)	a/c
Sapatas	1	6	6	2	0,72
Vigas baldrame	1	6	5	2	0,72
Pilares	1	6	4	2	0,72

Fonte: Autora (2023).

Os traços elaborados na obra estão em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), que recomenda uma razão em massa de a/c igual ou menor a 0,60, para uma classe de agressividade ambiental II (moderada, urbana). Infelizmente, o excesso de água em concreto é uma prática comum em obras do município de Pombal/PB, também constatada por Wolmer (2023). A mão de obra da região, embasada em conhecimentos empíricos passados de geração a geração, acredita que quanto maior a quantidade de água usada na mistura melhor será o concreto, pois terá maior rendimento e mais trabalhabilidade, no entanto, não se leva em consideração o efeito negativo que pode comprometer a resistência do produto final.

De acordo com Gabriel (2023), um valor de a/c superior ao especificado em norma influencia diretamente nas propriedades do concreto, tanto no seu estado fresco como endurecido. Quanto maior a quantidade de água utilizada, menor será a resistência final do concreto e maior será o seu abatimento.

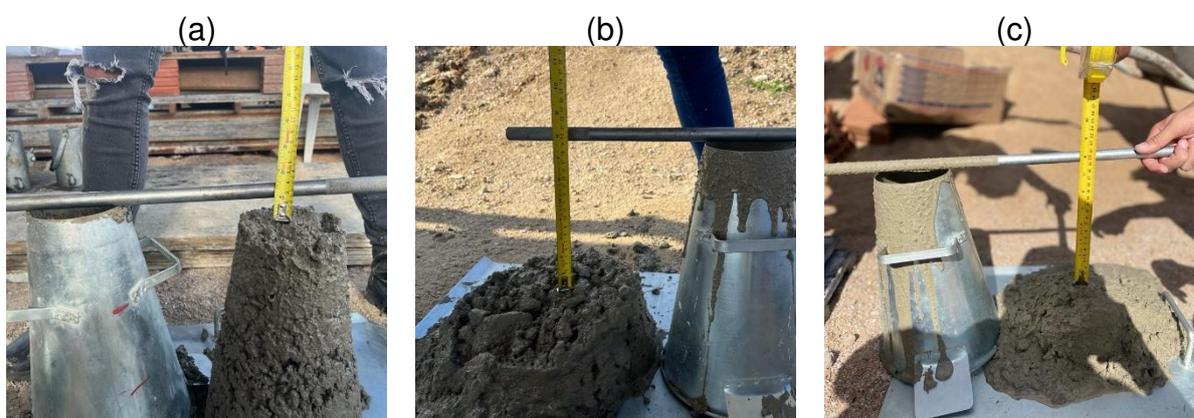
Por meio do *slump test* foi possível analisar o abatimento dos concretos utilizados na obra. Na Tabela 6 e na Figura 22 estão os resultados obtidos para esse ensaio.

Tabela 6 – Resultados do *slump test*.

Concreto	Abatimento (mm)
Sapatas	25
Vigas baldrame	195
Pilares	195

Fonte: Autora (2023).

Figura 22 – Slump test: (a) concreto das sapatas; (b) concreto das vigas baldrame; (c) concreto dos pilares.



Fonte: Autora (2023).

De acordo com Ripper (1995), para um concreto estrutural de uso comum, recomenda-se um abatimento entre 60 e 80 mm. Todos os concretos analisados apresentaram abatimento fora dessa faixa. Os concretos utilizados nas vigas baldrame e pilares obtiveram abatimento de 195 mm, valor superior ao recomendado. Por possuir uma razão a/c superior ao recomendado por norma, esperava-se tal comportamento, pois quanto maior a quantidade de água maior a fluidez do concreto e, conseqüentemente, maior o abatimento. No entanto, um comportamento oposto foi constatado no concreto utilizado nas sapatas, que

apresentou abatimento de apenas 25 mm. Esse resultado pode ser consequência de erro durante a mistura, ocasionado pela adição de uma quantidade de água inferior a definida para o traço.

Com relação à resistência à compressão, a NBR 6118 (ABNT, 2023) especifica que, para estruturas localizadas em ambientes de classe de agressividade II, a resistência do concreto aos 28 dias deve ser de no mínimo 25 MPa. Os resultados obtidos para o ensaio de resistência à compressão estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados do ensaio de resistência à compressão.

Tempo de cura	Resistência à compressão (MPa)		
	Sapatas	Vigas baldrame	Pilares
7 dias	10,677	9,618	8,954
14 dias	11,012	9,700	11,089
28 dias	14,829	11,374	12,421

Fonte: Autora (2023).

Os resultados presentes na Tabela 3 evidenciam que nenhum dos concretos utilizados na obra atendem a resistência à compressão mínima exigida por norma. Observa-se um aumento da resistência à medida que o concreto passa pelo processo de cura, entretanto, aos 28 dias, a resistência atingida é muito inferior aos 25 MPa esperados. Esse comportamento pode ter sido uma consequência da falta de argamassa e excesso de água, pois, de acordo com Avelino (2019), o excesso de água contribui para a segregação dos componentes do concreto, um problema que acarreta a formação de vazios na matriz do material, que por sua vez, prejudica a resistência e a durabilidade do concreto.

4.1.3. Fundação

4.1.3.1. Sapatas

Para dar início a execução das sapatas, a primeira etapa realizada foi a escavação, com valas em formato retangular e posicionadas de acordo com o projeto de fundação. O solo do terreno apresentou característica argilo-arenosa,

compacto e com poucas formações rochosas, possibilitando a escavação manual com chibancas, alavancas, martelo elétrico, enxadas e pás.

De acordo com a NBR 9061 (ABNT, 1985), as cavas de fundações são do tipo escavações superficiais e exigem alguns cuidados. Com relação à profundidade, foram executadas aberturas variando de 1,90 a 2,25 m (Figuras 23 e 24). Conforme a NBR 9061 (ABNT, 1985), as aberturas com até 1,50 m podem ser executadas sem segurança especial quando se tratando de solos mais coesos (resistentes), no entanto, profundidades superiores devem ser protegidas com taludes ou escoramentos.

Figura 23 – Escavações de valas das sapatas.



Fonte: Autora (2023).

Figura 24 – Escavação com profundidade superior a 1,5 m.



Fonte: Autora (2023).

Observa-se na Figura 24 uma vala com profundidade superior a 1,50 m sem nenhum tipo de proteção. Esse cenário apresenta sérios riscos de acidente para o trabalhador, pois o desmoronamento do solo pode acarretar o soterramento, responsável por efeitos diversos, como fraturas, escoriações, lesões por esmagamento e até morte (SESI, 2019). Além disso, nota-se a não utilização de equipamentos de proteção individual (EPI). Segundo a NBR 9061 (ABNT, 1985), independentemente da profundidade, o uso de EPI é obrigatório a todos os operários.

É importante destacar que, para fins de projeto e execução de fundações, um dos primeiros critérios recomendados pela NBR 6122 (ABNT, 2022) são as investigações geotécnicas e geológicas, essenciais para obter informações sobre as características do solo, o que ajuda a garantir a segurança e eficiência das estruturas construídas. No projeto em estudo não foram realizadas essas investigações, portanto, não há informações precisas quanto à capacidade de carga e tensão admissível do solo. Isso se configura como um problema preliminar, pois segundo Luchesi e Carlesso (2019), os dados de carga e tensão devem ser previamente conhecidos, de modo a estabelecer a carga máxima suportada pelo solo, sem promover rompimento ou sofrer deformações excessivas.

O dimensionamento das fundações sem dados reais de carga e tensão do solo, decorrente da não realização de investigações geotécnicas, contribui para a elaboração de projetos com falhas. Essas falhas são responsáveis pelo surgimento de manifestações patológicas de concepção, ou seja, resultantes de um mau estudo preliminar (SENA; VIANA, 2021).

Com relação à execução da estrutura, antes de realizar a concretagem das sapatas, a armadura foi posicionada adequadamente e no fundo da vala foi colocada pedras, que serviu de suporte para a ferragem (Figura 25), evitando que ficasse em contato direto com o solo. Essa medida é muito importante, pois a NBR 6118 (ABNT, 2023) estabelece os cobrimentos nominais e mínimos da ferragem, de acordo com a classe de agressividade. Para elementos estruturais em contato com o solo e classe de agressividade II (moderada: urbana), recomenda-se um cobrimento nominal de 30 mm.

Figura 25 – Posicionamento da ferragem da sapata.



Fonte: Autora (2023).

O atendimento do cobrimento nominal é extremamente importante para garantir a durabilidade e a segurança das estruturas de concreto armado. As barras de aço presentes nas estruturas são responsáveis pela resistência à tração e para assegurá-la durante toda a vida útil é imprescindível protegê-las, realizando o cobrimento com concreto. O cobrimento impede a entrada de umidade e outros

agentes externos agressivos ao metal, evitando oxidação e corrosão (CAVALCANTE, 2020).

O uso da brita presente na Figura 25 evita o contato direto com o solo, mas o ideal seria a formação de um lastro completo no fundo da vala. Outra recomendação é o uso de concreto magro. Segundo Amorim (2021), o concreto magro é definido como um concreto simples, que possui menos cimento na composição, conseqüentemente é mais econômico e menos resistente, ideal para forrar o fundo das valas. O concreto magro também é muito importante para a regularização do terreno, pois deixa a base nivelada para o posicionamento da armadura. Essa tarefa pode ser desafiadora ao lidar apenas com brita, como executado na obra em estudo, o que torna o concreto magro uma melhor opção.

A concretagem das sapatas (Figura 26) foi feita sem formas laterais de madeira. Silva e Dias (2020), sugerem que nesses casos seja executada pelo menos uma camada de chapisco nas paredes, pois mitigaria a perda de água do concreto por absorção do solo.

Figura 26 – Concretagem das sapatas.



Fonte: Autora (2023).

As práticas observadas podem ser responsáveis pelo desencadeamento de patologias. A falta de investigação do solo, por exemplo, pode favorecer o surgimento de recalques, pois a aplicação de cargas superiores aquelas que o solo

é capaz de resistir provoca movimentação da fundação e, dependendo da intensidade, causa danos graves à estrutura (RIBEIRO, 2021).

4.1.3.2. Vigas Baldrame

Após a conclusão das sapatas, seguiu-se a execução das vigas baldrames. Na obra em estudo, as vigas baldrame foram alocadas acima do nível do solo, dessa forma, foram utilizados blocos cerâmicos (Figura 27) para promover o nivelamento da superfície de apoio.

Figura 27 – Preparo da superfície de apoio das vigas baldrame.



Fonte: Autora (2023).

Com a superfície preparada, as ferragens foram posicionadas certificando-se de que estavam alinhadas e niveladas (Figura 28).

Figura 28 – Posicionamento das ferragens das vigas baldrame.



Fonte: Autora (2023).

Antes de iniciar a concretagem, foi realizada a colocação das formas de madeira (Figura 29). De acordo com a NBR 15696 (ABNT, 2009, p. 2), as formas são “estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante”.

Figura 29 – Execução das formas.



Fonte: Autora (2023).

A NBR 15696 (ABNT, 2009) recomenda que os construtores façam uso de um projeto de formas, indicando os materiais adequados a serem usados e o

posicionamento exato dos elementos utilizados. Entretanto, na obra em análise não foi dada a devida atenção à implementação desse procedimento. Além disso, a Norma estabelece dois requisitos: ter rigidez e ser estanque. Ou seja, é importante que a estrutura de madeira seja forte o suficiente para assegurar o formato e a dimensão das peças, impedindo a perda de pasta de cimento.

As placas de madeira usadas tinham aproximadamente 0,5 cm de espessura. Para garantir o atendimento aos requisitos da NBR 15696 (ABNT, 2009) foi imprescindível o uso de piquetes ao longo de toda a extensão das vigas. É importante destacar a ausência de espaçadores. Segundo Alves e Abreu (2021), os espaçadores são elementos, normalmente de plástico, colocados entre a armadura e a forma, que garantem a posição correta da armadura e o cobrimento nominal adequado. A não utilização pode promover o surgimento de patologias na armadura e consequentemente reduzir a vida útil da estrutura.

Uma outra causa de patologias em estruturas de concreto armado são as variações térmicas, responsáveis por retrações e dilatações. De acordo com Tessari (2006), o concreto está sujeito a tensões, capazes de promover variações volumétricas e consequentemente redução da vida útil. Para evitar danos desse tipo, em construções com mais de 35 metros, é necessário prever, em projeto, dispositivos e/ou detalhes construtivos capazes de absorver tais variações volumétricas. Um exemplo de dispositivo bastante utilizado é a junta de dilatação, apresentada na Figura 30.

Figura 30 – Junta de dilatação nas vigas baldrame.



Fonte: Autora (2023).

As juntas de dilatação desempenham um papel crucial ao proporcionar uma separação estrutural, assemelhando-se a segmentos independentes. Esse recurso assegura a adequada absorção e gestão de movimentos térmicos, higroscópicos e estruturais, conferindo estabilidade e durabilidade à edificação (TESSARI, 2006). Segundo Flores (2023), um material que tem muitas aplicações na construção civil e que costuma ser utilizado nas juntas de dilatação é o poliestireno expandido (EPS). Na obra em estudo ele foi usado como dispositivo para absorver as variações volumétricas do concreto.

O EPS destaca-se como uma escolha propícia para desempenhar essa função específica, e diversas outras na construção civil, em virtude de suas múltiplas vantagens. Além do atrativo custo, apresenta notável resistência, excelentes propriedades de deformabilidade e estabilidade dimensional. Seu baixo coeficiente de condutividade térmica contribui para eficiência energética, enquanto a reduzida absorção de água reforça sua durabilidade. Adicionalmente, o EPS demonstra uma compatibilidade físico-química harmoniosa com os materiais empregados em concreto armado (BARRETO, 2020).

Uma etapa indispensável para evitar o surgimento de inúmeras patologias nas edificações é a impermeabilização. Na Figura 31 é perceptível uma coloração escura na superfície das vigas baldrame em decorrência da aplicação de impermeabilizante.

Figura 31 – Impermeabilização das vigas baldrame.



Fonte: Autora (2023).

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define impermeabilização como o “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e de umidade”. A sua aplicação na fundação é de extrema importância, pois como é uma estrutura em contato direto com o solo está sempre sujeita ao contato com umidade, seja de água no estado líquido ou de vapor.

As estruturas de concreto são porosas, conseqüentemente, sem uma adequada proteção podem permitir a ascensão de umidade para outros elementos construtivos, como as alvenarias, capazes de causar diversas patologias como mofo, bolores, deslocamento de azulejo, deterioração do concreto, corrosão da armadura e carbonatação (CHIMENES; YANAGUITA, 2021).

4.1.4. Pilares

4.1.4.1. Concepção estrutural

A edificação é composta por 68 pilares retangulares. As seções adotadas em projeto estão dispostas na Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensões dos pilares.

Quantidade de pilares	Seção de projeto (cm)	Área da seção transversal de projeto (cm ²)	Dimensão mínima – NBR 6118 (cm)	Área da seção transversal mínima – NBR 6118 (cm ²)
49	20x35	700		
1	20x20	400	14	360
18	15x25	375		

Fonte: Autora (2023).

A NBR 6118 (ABNT, 2023) estabelece 14 cm como a menor dimensão viável de ser adotada em pilares, além disso, define 360 cm² como a área mínima para a seção transversal. Dessa forma, é importante destacar que todos os elementos da obra em análise estão em conformidade com essa norma, pois a menor dimensão adotada foi de 15 cm e a menor área de 375 cm². Esse rigor no atendimento aos padrões normativos reflete o compromisso com a qualidade e a segurança na

construção, assegurando um desempenho adequado dos pilares e, conseqüentemente, da estrutura como um todo.

Na Tabela 9 estão descritas as dimensões das armaduras longitudinais e transversais adotadas em projeto e as dimensões mínimas exigidas por norma.

Tabela 9 – Dimensões das armaduras dos pilares.

Armadura	Diâmetro de projeto (mm)	Diâmetro mínimo – NBR 6118 (mm)
	10,0	
Longitudinal	12,5	10,0
	16,0	
Transversal	5,0	5,0

Fonte: Autora (2023).

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2023, p. 151), “o diâmetro das barras longitudinais não pode ser inferior a 10 mm nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal”. A menor seção transversal adotada em projeto é de 15 cm (150 mm), o que implica em um diâmetro máximo permitido de 18,75 mm. Com relação as armaduras transversais, a norma estabelece que o diâmetro dos estribos não pode ser inferior a 5 mm. Portanto, as armações utilizadas estão em conformidade com as diretrizes normativas.

4.1.4.2. Execução

A execução dos pilares deu-se sem muitos problemas, de forma cuidadosa, atendendo grande parte das recomendações estabelecidas pela NBR 14931 (ABNT, 2023), que apresenta o procedimento para a execução de estruturas de concreto.

As emendas utilizadas nos pilares foram do tipo traspasse e todas foram efetuadas seguindo as medidas estabelecidas em projeto (o menor valor adotado foi de 38 cm e o maior de 60 cm) e também recomendadas pela NBR 6118 (ABNT, 2023). Foram executadas formas de madeira adaptadas para todos os formatos e dimensões dos pilares, além disso, na Figura 32, observa-se o uso de escoramentos para evitar deformações verticais nos elementos estruturais. Essa abordagem não apenas assegurou a conformidade estrutural (precisão de formatos), mas também

contribuiu para a eficiência no uso dos materiais (prevenção de desperdício de concreto), otimizando o processo de construção.

Figura 32 – Pilares com formas e escoramentos.



Fonte: Autora (2023).

Antes de iniciar a concretagem, realizou-se a limpeza das formas, removendo todos os detritos, e a aplicação de desmoldante, para facilitar a remoção após a cura dos elementos estruturais. Na Figura 33 verifica-se o uso de aberturas laterais nas formas para realizar a concretagem. De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2023), a altura de lançamento é um dos principais fatores responsáveis pela segregação do concreto. Quando lançado de grandes alturas, as partículas mais pesadas (agregados graúdos) tendem a se deslocar para a parte inferior da mistura em decorrência da ação da gravidade, comprometendo a distribuição dos materiais e homogeneidade do concreto. Dessa forma, recomenda-se que em estruturas com altura superior a 2 metros sejam feitas aberturas intermediárias.

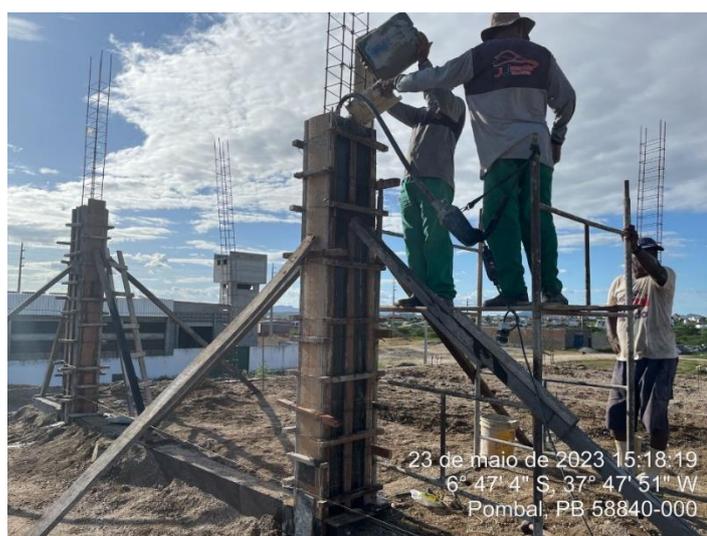
Figura 33 – Abertura lateral da forma para lançamento do concreto.



Fonte: Autora (2023).

O lançamento do concreto (Figura 34) foi feito de modo que toda a armadura fosse adequadamente envolvida com a massa, assim como recomenda a NBR 14931 (ABNT, 2023). Para evitar a formação de bolhas e, conseqüentemente, vazios na estrutura o uso do vibrador de agulha mecânico foi essencial.

Figura 34 – Lançamento do concreto dos pilares e uso de vibrador.



Fonte: Autora (2023).

NBR 14931 (ABNT, 2023) recomenda que durante e imediatamente após o lançamento, o concreto seja vibrado continuamente, para garantir o bom adensamento da massa. Essa é uma etapa muito importante e necessita de certos cuidados, pois não deve ser realizada exageradamente. Assim como sua ausência, o excesso pode provocar danos à estrutura devido a desagregação dos materiais. Segundo Martins e Filgueira Filho (2021), erros de lançamento ou vibração do concreto favorece a separação do agregado graúdo do resto da pasta, devido a diferença de densidade, conseqüentemente há formação de vazios que permitem a passagem de água e compromete a integridade da estrutura. É importante também evitar a vibração de armaduras e formas, para não as danificar.

Assim como nas vigas baldrame, nos pilares foi utilizado EPS (Figura 35) nos pontos de juntas de dilatação.

Figura 35 – Aplicação de EPS em junta de dilatação nos pilares.



Fonte: Autora (2023).

Todas essas medidas adotadas na execução da estrutura, como o uso de formas apropriadas, aberturas intermediárias, vibrador durante o lançamento do concreto e inclusão de juntas de dilatação, desempenham papéis cruciais para o sucesso da construção. As formas garantem a conformidade geométrica da peça, as aberturas intermediárias favorecem a compactação homogênea do concreto, o vibrador reduz bolhas de ar, promovendo maior resistência e durabilidade, enquanto as juntas de dilatação lidam com movimentações estruturais, prevenindo trincas. Essas práticas, além de atenderem aos requisitos normativos, refletem o compromisso com a qualidade construtiva, assegurando a estabilidade e longevidade da estrutura.

4.1.5. Alvenaria de vedação

4.1.5.1. Caracterização dos blocos cerâmicos

Uma vedação de qualidade necessita de blocos que atendam critérios específicos da NBR 15270-1 (ABNT, 2023). Dessa forma, foi imprescindível a determinação dos parâmetros geométricos e a resistência à compressão dos blocos cerâmicos utilizados na obra em estudo.

Os blocos cerâmicos utilizados para vedação na obra tinham as seguintes dimensões nominais: 9 x 19 x 19 (L x H x C). Após análise geométrica, as medidas obtidas para as cinco amostras estão descritas na Tabela 10.

Tabela 10 – Medidas das faces dos blocos.

Blocos	Largura - L (cm)	Altura - H (cm)	Comprimento - C (cm)
I	9,00	19,00	18,50
II	9,01	18,85	18,60
III	9,01	18,65	18,65
IV	8,95	18,90	19,00
V	9,05	18,75	18,95

Fonte: Autora (2023).

Conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2023), a largura, altura e comprimento dos blocos pode variar ± 5 mm (0,5 cm). Ao analisarmos as medidas da Tabela 10, pode-se afirmar que todas as amostras estão em acordo com o estabelecido por norma.

Além das dimensões, a NBR 15270-1 (ABNT, 2023) estabelece um limite máximo de 3 mm para o desvio em relação ao esquadro e para as flechas. Na Tabela 11 são apresentados os resultados dessas medidas para os blocos analisados.

Tabela 11 – Desvios e flechas dos blocos cerâmicos.

Blocos	Desvio em relação ao esquadro (mm)		Flecha para verificar a planeza das faces (mm)	
	Face 1	Face 2	Face 1	Face 2
I	3,34	0,95	1,32	1,21
II	1,63	1,39	3,70	0,67
III	1,70	3,25	0,25	2,38
IV	5,51	1,16	0,61	0,81
V	8,99	1,95	2,21	2,12

Fonte: Autora (2023).

Verifica-se que os blocos I, III, IV e V apresentaram desvio em relação ao esquadro superior a 3 mm em pelo menos uma das faces. Já o bloco II apresentou um valor de flecha superior a 3 mm em uma das faces. Esse resultado demonstra que todos os blocos se encontram em discordância com os critérios recomendados pela NBR 15270-1 (ABNT, 2023). Desvios em relação ao esquadro ou flechas muito superiores aos limites recomendados em norma podem contribuir para inclinação indesejada no levantamento da alvenaria.

A NBR 15270-1 (ABNT, 2023) recomenda que, para blocos de vedação com furos ou vazados horizontais (classe VED15), a espessura mínima das paredes externas seja de 7 mm. Na Tabela 12 são apresentados os valores das medições obtidos para os blocos em estudo.

Tabela 12 – Medidas das espessuras das paredes externas e septos dos blocos.

Blocos	Espessura das paredes externas (mm)				Espessuras dos septos (mm)			
	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8
I	7,31	7,56	8,15	8,38	8,00	6,40	7,58	7,28
II	9,38	7,51	7,94	8,89	8,40	8,75	7,29	9,95
III	8,08	7,49	9,59	7,51	7,12	7,27	8,78	7,56
IV	7,16	7,80	6,89	7,58	6,75	7,17	5,51	6,12
V	8,74	8,93	7,89	6,10	8,37	5,94	8,41	8,20

Fonte: Autora (2023).

Nota-se que a maioria das paredes externas possuem espessura superior a recomendada pela norma, apenas os blocos IV e V apresentaram uma das paredes que não atendem ao requisito. A norma não especifica valor mínimo para os septos,

mas os resultados obtidos evidenciam que a maioria dos blocos apresentam septos com espessura superior a 6 mm.

Com relação a resistência à compressão, a NBR 15270-1 (ABNT, 2023) recomenda o valor mínimo de 1,5 MPa. Na Tabela 13 são apresentados os resultados da resistência à compressão dos blocos analisados.

Tabela 13 – Resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos.

Blocos	Resistência à compressão (MPa)
I	0,713
II	1,030
III	1,097
IV	1,107
V	1,006

Fonte: Autora (2023).

Os resultados demonstram que nenhum dos blocos atenderam ao requisito mínimo de resistência exigido por norma. O não atendimento a esse parâmetro normativo é um fator que pode comprometer a integridade e vida útil da alvenaria de vedação, pois estará sujeita a problemas estruturais como rachaduras.

4.1.5.2. Execução da alvenaria de vedação

Na edificação em estudo foi executada uma alvenaria de vedação tradicional, caracterizada, de acordo com Silva e Moreira (2017), pela ausência de planejamento prévio e adoção de soluções construtivas durante a realização do serviço pelo próprio pedreiro.

Destaca-se a ausência de um projeto de alvenaria de vedação (PAV). O PAV é um projeto elaborado com todas as informações necessárias para execução da alvenaria, de modo a evitar possíveis patologias. Além dos materiais utilizados, o PAV descreve minuciosamente o procedimento executivo, delimitando sequências e sentidos de execução, assim como a compatibilização com todos os subsistemas da edificação (elétrico, sanitário, hidráulico etc.). Um problema que pode ser acarretado pela falta desse projeto é o desperdício, pois normalmente os blocos cerâmicos são quebrados sem necessidade, gerando resíduos e custos adicionais de materiais (SILVA; MOREIRA, 2017).

A execução foi baseada na experiência do pedreiro, que tomou decisões importantes para a garantia de uma boa qualidade do serviço. Uma medida adotada que pode evitar sérios danos à edificação foi o assentamento dos blocos juntos aos pilares com a argamassa da junta vertical já aplicada na sua face lateral (Figura 36).

Figura 36 – Assentamento de blocos juntos aos pilares.



Fonte: Autora (2023).

De acordo com Souza (2011), os pilares devem ser chapiscados previamente de modo que os blocos sejam comprimidos fortemente contra o chapisco. Essa ação visa garantir uma união forte entre alvenaria e pilar, o que não seria assegurado caso o preenchimento da junta fosse realizado posteriormente. Essa prática previne de forma eficaz o surgimento de fissuras nessa área. Na Figura 36, observa-se também a aplicação de telas metálicas, que segundo Souza (2011), funciona como um tipo de ancoragem, que impede o deslocamento da alvenaria em relação ao pilar e reduz as tensões na argamassa de assentamento.

Além disso, outra medida adotada foi a verificação do prumo, garantindo o alinhamento vertical de cada linha da alvenaria de vedação (Figura 37). Apesar dos blocos utilizados apresentarem desvios em relação ao esquadro e flechas em desacordo com a norma, foi possível regularizar a alvenaria com o uso de argamassa, evitando inclinações. Essa prática contribui para maior estabilidade da estrutura e também para o acabamento estético.

Figura 37 – Levantamento da alvenaria de vedação.



Fonte: Autora (2023).

Na Figura 37 é possível identificar também que o início da primeira fiada é executado com blocos inteiros. Essa prática contribui para a interrupção das juntas verticais entre as fiadas, promovendo uma distribuição uniforme de blocos ao longo da parede. Como resultado, os blocos ficarão dispostos de forma intercalada, fortalecendo significativamente a estrutura das paredes.

Cada uma dessas práticas, embora possa parecer simples, desempenha um papel crucial na prevenção do surgimento de patologias na alvenaria. O cuidado meticuloso na amarração de fiadas e na intercalação de blocos não apenas aprimora a estética da construção, mas também constitui uma medida preventiva eficaz contra potenciais problemas estruturais.

5. CONCLUSÕES

Através da abordagem perscrutória em campo, tornou-se possível verificar que acerca do armazenamento adequado dos materiais conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), nenhuma das recomendações da norma foi adotada. Os agregados (brita e areia) estavam amontoadas sem paredes de separação, jogadas diretamente sobre o solo e totalmente expostas, o que promoveu a perda do desempenho e característica dos agregados que podem vir a provocar danos futuros as estruturas.

Para o cimento observou-se a existência de pilhas com mais de 15 sacos de cimento, sem corredores entre elas e com os sacos dispostos diretamente sobre o piso, em que essa altura excessiva pode causar ruptura dos sacos devido à sobrecarga, e o contato direto com o solo pode levar ao empedramento devido à umidade, dificultando o manuseio.

O aço foi armazenado sem a proteção mínima, de modo que armazenar sem proteção adequada expõe o aço a condições climáticas adversas, levando à corrosão e danos estruturais, prejudicando sua qualidade e durabilidade, afetando sua eficácia na construção.

Quanto a execução dos elementos estruturais e de vedação, apresentaram acertos conforme as exigências mínimas das Normas Técnicas Brasileiras (NBRs), uma vez que, ocorreu a impermeabilização de vigas baldrame, uso de vibrador de agulha durante a concretagem das estruturas, utilização de telas de e verificação do prumo na execução da alvenaria de vedação.

Os traços elaborados na obra estão em desacordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), que recomenda uma razão em massa de a/c igual ou menor a 0,60, porém de acordo com o utilizado em obra a razão deu 0,72.

Para o *slump test* foi possível analisar o abatimento dos concretos utilizados na obra, com valores de 25mm para a sapata e 195mm para a viga baldrame e pilares, de modo que para um concreto estrutural de uso comum, recomenda-se um abatimento entre 60 e 80 mm, desse modo todos os concretos analisados apresentaram abatimento fora da normativa NBR 6118 (ABNT, 2023).

Com relação à resistência à compressão do concreto, pode-se depreender que as estruturas analisadas não apresentaram resultado adequado nos testes de

compressão realizados, pois nenhuma conseguiu atingir o patamar de 25 Mpa, confrontando o que especifica a NBR 6118 (ABNT, 2023) especifica que, para estruturas localizadas em ambientes de classe de agressividade II, a resistência do concreto aos 28 dias deve ser de no mínimo 25 MPa.

Para blocos de vedação, foi possível identificar conformidade com a NBR 15270 (ABNT, 2023), quanto as medidas das faces. Já quanto ao ensaio de resistência à compressão nao apresentaram resistência média, todos os blocos ficaram abaixo de 1,5 Mpa exigido pela NBR 15270 (ABNT, 2023).

É evidente, portanto, que há acertos e erros no processo de construção, demonstrando ser extremamente importante realizar uma supervisão contínua e criteriosa, de modo a evitar problemas durante e após a execução.

A partir da realização da presente pesquisa, tornou-se possível observar que seguir as normas técnicas e as conformidades das Normas Técnicas Brasileiras (NBRs) na execução de elementos estruturais e de vedação garante-se a segurança das estruturas, proporcionando ambientes livres de riscos estruturais, asseguram a durabilidade das construções, reduzindo a necessidade de reparos frequentes e prolongando sua vida útil, além de contribuir para a padronização dos processos construtivos, facilitando a fiscalização e garantindo segurança, durabilidade, qualidade e eficiência das construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 14931**: Estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT 2023.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15696**: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9061**: Segurança de escavação a céu aberto. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9575**: Impermeabilização — Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

ALVES, A. S.; ABREU, G. M. **Análise Qualitativa e Quantitativa da Execução do Cobrimento de Armadura em Estruturas de Concreto Armado na Cidade de Catalão – GO**. 2021. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade UMA de Catalão, Santa Cruz, 2021.

AMORIM, D. **Manual do concreto usinado**: um manual de ajuda para os operadores do concreto, Marabá, PA: Ed. dos autores, 2021.

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**. 4ª ed. Rio Grande: Dunas, 2014.

AVELINO, G. A. P. **Influência do método do empacotamento nas propriedades e no custo do concreto auto adensável**. 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2019.

BARRETO, S. L. O. **Argamassa com substituição parcial do agregado miúdo convencional por resíduo de EPS**. 2020. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

BARROS, C. **Apostila de Fundações -Técnicas Construtivas**. Pelotas, 2011.

BASTOS, P. S. S. **Estudo de sapatas de fundações**. In: Estrutura de concreto III. Bauru São Paulo: UNESP, 2016.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BAUER, R. J. F. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Revista Prisma: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural, São Paulo, v. 5, p. 33–38, 2006.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BOTELHO, M. R. **Princípios da mecânica dos solos e fundações para construção civil**. 2 Ed. São Paulo. Edgard Blucher, 2016.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CASCUDO, O. **Técnicas de laboratório e de campo para avaliação da durabilidade de estruturas de concreto.** Workshop sobre durabilidade das construções. São José dos Campos, 2001.

CARVALHO, G. M.; CASTILHO, G. S.; SILVA, J. S. Otimização de logística no canteiro de obras. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e31611729959-e31611729959, 2022.

CAVALCANTE, V. V. P. **Técnicas de laboratório e de campo para avaliação da corrosão em estruturas de concreto armado:** um estudo de caso no estádio Carmelito Barbosa Alves no município de Cruz das Almas – BA. 2020. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2020.

CHIMENES, B. A.; YANAGUITA, W. S. Patologias causadas pela umidade devido a falha ou ausência de impermeabilização. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 4, p. 24-39, 2021.

CLIMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação.** Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, 2012.

DELATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional.** 79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ERTEL, T. **Análise do Comportamento Estrutural de Edifícios em Concreto Armado Considerando a Influência do Travamento das Vigas Baldrame.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Curso de Engenharia Civil, Santa Maria – RS, 2016.

FIGUEIREDO, E. J. P. **“Avaliação do Desempenho de Revestimentos para Proteção da Armadura contra a Corrosão através de Técnicas Eletroquímicas - Contribuição ao Estudo de Reparo de Estruturas de Concreto Armado”**. Tese (Mestrado) 1º. e 2º. Volumes. São Paulo. 1994.

FLORES, K.B. **Alvenaria Convencional x Alvenaria Estrutural: Vantagens e Desvantagens**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Cuiabá, 2018.

FLORES, M. B. **Comparação entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) para habitações unifamiliares**. 2023. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. São Paulo, 2001.

FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto: solicitações normais**. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro. 1981.

GABRIEL, A. **Método de dosagem ABCP: análise do Slump em relação ao consumo de água e cimento**. 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2023.

IMIANOWSKY, G. W.; WALENDOWSKY, M. A. **Os principais aços carbono utilizados na construção civil**. 21f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UNIFEBE, Brusque, 2017.

LIMA, A. A. G. **Avaliação dos processos de recebimento e armazenamento dos materiais constituintes do concreto armado: um estudo de caso na cidade de**

Ipueiras-CE. 2022. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Crateús, 2022.

LUCHESI, R.; CARLESSO, G. C. **Estimativa da capacidade de carga/tensão admissível de sapatas a partir de diferentes métodos de cálculo e suas implicações práticas: estudo de caso do município de Chapecó/SC**. In.: XII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul. **Anais...** Joinville, 2019.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

MARTINS, M. E. S.; FILGUEIRA FILHO, A. C. Avaliação das manifestações patológicas no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local para edificações habitacionais. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, v. 3, n. 1, p. 72-80, 2021.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e Materiais**. São Paulo: Editora Ibracon, 2008.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

MOREIRA, F. J. M.; DE ARAUJO, J.; J. L. **Estudo dos tipos de fundações: sapatas**. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2018.

NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**, 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PEREIRA, C. **Viga Baldrame: O que é e como executar**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/viga-baldrame/>. Acesso em: 26 de agosto de 2023.

PEREIRA, C.; **Fundações Rasas ou Superficiais. Escola Engenharia, 2017.** Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-rasas/>. Acesso em: 26 de agosto de 2023.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado.** Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da UFRG, Belo Horizonte, 1997.

RIBEIRO, N. M. M. **Patologias estruturais decorrentes da fundação.** 2021. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas de Primavera do Leste, Primavera do Leste, 2021.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção.** PINI ed. São Paulo: 1995.

RODRIGUES, T. C. R. **Gerenciamento de resíduos em uma obra habitacional de médio porte na cidade de Uberlândia-MG:** análise e proposição de melhorias. 2022. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SAHADE, R. **Avaliação do Sistema de Recuperação de Fissuras em alvenaria de vedação.** Dissertação (Mestrado em Habilitação). Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo. São Paulo, 2005.

SAMPAIO, V. E. P. **Elaboração de um manual referente a tipologia das fissuras em alvenarias como ferramenta para auxiliar no diagnóstico das manifestações patológicas de edificações com validação por meio de estudo de caso.** 73f. TCC [Graduação] – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Fatecs. Brasília: Centro Universitário de Brasília - Uniceub, 2019.

SANTOS, T. **Viga baldrame: entenda tudo sobre a estrutura fundamental de uma casa.** 2017. Disponível em: https://www.homify.com.br/livros_de_ideias. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SENA, V. L.; VIANA, A. J. F. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado**. AlfaUnipac, 2021.

SESI (Serviço Social da Indústria). **Manual de segurança e saúde no trabalho para escavação na indústria da construção**. Brasília: SESI/DN, 2019.

SILVA, A. F. P. **Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso**. 2018. Disponível em <http://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80613.pdf>. Acesso em 14 de setembro de 2023.

SILVA, A. S. **Estrutura de concreto armado e sua aplicabilidade, patologias e erros na execução e na concretagem de pilares e vigas**; uma revisão de literatura. Ademir Souza da Silva. – Arapiraca AI, 2021.

SILVA, C. C.; DIAS, W. M. **Fundação feita com sapata isolada**: levantamento em obras de residências populares de Jaciara MT. EDUVALE, 2020.

SILVA, M. J. M. **Análise numérica de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão**. Campinas, SP, [s.n], 2018.

SILVA, P. E. V.; MOREIRA, R. R. **Projeto de alvenaria de vedação – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575**. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SOUZA, E. M. C. **Alvenaria de vedação racionalizada com blocos cerâmicos em edificações – estudo de caso**. 2011. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de concreto**. v. 2, 4 ed., Porto Alegre, Ed. Globo, 1984.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VALAMIEL, O.; MARTINS, G.; CALDEIRA, P. H. A.; LADIR, S. J., A.; VIEIRA, A. C. **Análise de fissuras em alvenaria de vedação – Estudo de caso.** UEMG – Unidade de João Monlevade Research, Society and Development, vol. 8, núm. 12, Universidade Federal de Itajubá, Brasil, 2019.

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. **Fundações.** Rio de Janeiro, Coppe/Ufreg. (2004).

WOLMER, W. R. S. **Identificação de incoerências normativas em uma residência autoconstruída no município de Pombal–PB.** 2023. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023.