



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA BAHIA
IFBA – CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA
DIRETORIA DE ENSINO – DEN
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL – CENC

DANIEL SULLIVAN DA SILVA ANTUNES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS – PLACAS
DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS E ALVENARIA ESTRUTURAL**

Vitória da Conquista – Bahia

2023

A636e Antunes, Daniel Sullivan da Silva

Estudo comparativo entre dois sistemas construtivos: placas de concreto pré – moldadas e alvenaria estrutural. / Daniel Sullivan da Silva Antunes. -- Vitória da Conquista : IFBA, 2023.

51 f.: il.: color.

Orientador: Joaz de Souza Batista

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista, 2023.

1. Construção civil . 2. Sistemas construtivos. 3. Produtividade. I. Batista, Joa de Souza. II. Título.

CDD: 690

Catálogo na fonte: Sônia Iraína Roque Andrade – CRB 5/1203
IFBA – Campus Vitória da Conquista – BA

DANIEL SULLIVAN DA SILVA ANTUNES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS – PLACAS
DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS E ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Joaz de Souza Batista

Vitória da Conquista – Bahia

2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150 - Bairro Zabelê - CEP 45078-900 - Vitória da Conquista - BA - www.portal.ifba.edu.br

FORMULÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO-

DANIEL SULLIVAN DA SILVA ANTUNES

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS – PLACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS E ALVENARIA ESTRUTURAL.

A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em 21 de dezembro de 2023, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Engenheiro Civil, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus Vitória da Conquista.

Data da Aprovação: 21 de dezembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Joaz de Souza Batista (Presidente)

IFBA Campus Vitória da Conquista

Prof. **Franklin Delano Porto Júnior** (Examinador)

IFBA Campus Vitória da Conquista

Prof. **Lucas Gomes Sousa Silva** (Examinador)

Examinador Externo



Documento assinado eletronicamente por **JOAZ DE SOUZA BATISTA, Membro da Unidade**, em 05/03/2024, às 14:22, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **FRANKLIN DELANO PORTO JUNIOR, Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - EBTT**, em 05/03/2024, às 16:28, conforme decreto nº 8.539/2015.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **3430356** e o código CRC **5DA71A4C**.

23281.008119/2023-11

3430356v2

Criado por [joazbatista](#), versão 2 por [joazbatista](#) em 05/03/2024 14:08:14.



Documento assinado digitalmente
LUCAS GOMES SOUSA SILVA
Data: 06/03/2024 11:46:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

RESUMO

A pesquisa conduzida analisou dois sistemas construtivos distintos: as placas de concreto pré-moldadas e a alvenaria estrutural, com o intuito de comparar o tempo de execução e as vantagens e desvantagens inerentes a cada um desses métodos construtivos. Os empreendimentos selecionados estavam localizados em Vitória da Conquista, Bahia, e possuíam plantas arquitetônicas semelhantes. Foram construídas um total de 291 casas utilizando o sistema de placas pré-moldadas e 28 edificações com alvenaria estrutural. Revelouse que o prazo médio de execução para o sistema de placas pré-moldadas foi de 27,81 horas de trabalho por lote, enquanto para a alvenaria estrutural, esse tempo foi de 36,9 horas por lote. Assim, é importante ressaltar que as casas construídas com alvenaria estrutural possuíam uma área 30% maior. Quando aplicamos a Razão Unitária de Produção (RUP) para avaliar a produtividade dos serviços, a alvenaria estrutural demonstrou maior eficiência, apresentando uma produtividade 23,5% superior em comparação com o sistema de placas pré-moldadas. As principais discrepâncias observadas nos serviços residem no fato de que as placas pré-moldadas tiveram um prazo de execução menor, enquanto a alvenaria estrutural exibiu uma produtividade mais elevada. É relevante destacar que diversos fatores podem influenciar esses resultados, como as condições locais, a ocorrência de chuvas e a disponibilidade de materiais. Além disso, é fundamental levar em conta os valores de referência estabelecidos no mercado, como o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e o TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), para avaliar a produtividade dos serviços em relação aos padrões do setor. Os resultados obtidos nesta pesquisa oferecem uma base sólida de informações que podem auxiliar na escolha do sistema construtivo mais apropriado, levando em consideração fatores como o prazo de execução, a produtividade e a área total da construção. Sendo assim, é importante ressaltar que a tomada de decisão definitiva deve ser precedida por uma análise mais detalhada e minuciosa, que leve em consideração as particularidades de cada projeto em questão. Palavras-chave: Construção civil. Sistemas Construtivos. Produtividade.

ABSTRACT

This research analyzed two distinct construction systems: precast concrete panels and structural masonry, aiming to compare execution time and the inherent advantages and disadvantages of each method. The selected housing developments were located in Vitória da Conquista, Bahia, and featured similar architectural layouts. A total of 291 houses were built using the precast concrete panel system, while 28 buildings were constructed with structural masonry. The average execution time per lot for the precast system was 27.81 working hours, compared to 36.9 hours per lot for the masonry system. It is important to note that the structural masonry houses had a 30% larger floor area. When applying the Unit Production Rate (RUP) to assess service productivity, structural masonry demonstrated greater efficiency, with a productivity rate 23.5% higher than the precast concrete panel system. The main discrepancies between the methods were that the precast system had a shorter execution time, while structural masonry exhibited higher productivity. Various factors may influence these results, including local conditions, rainfall, and material availability. Additionally, it is essential to consider industry benchmarks such as SINAPI (National System of Construction Costs and Indexes) and TCPO (Price Composition Table for Budgets) to evaluate productivity against sector standards. The findings of this study provide a solid information base to support the selection of the most suitable construction system, considering factors such as execution time, productivity, and total building area. Therefore, it is important to emphasize that the final decision should be preceded by a more detailed analysis that considers the specific characteristics of each project.

Keywords: Civil construction; Construction systems; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema completo de paredes	177
Figura 2 - Sistema de paredes no contorno.....	177
Figura 3 - Montagem e assentamento da placa.....	18
Figura 4 - Solda dos painéis	19
Figura 5 - Junção dos painéis	19
Figura 6 - Içamento e posicionamento da laje	200
Figura 7 - Alvenaria armada.....	211
Figura 8 - Alvenaria não armada	222
Figura 9 - Assentamento dos blocos.....	245
Figura 10 - Etapas da pesquisa	277
Figura 11 - Produtividade para o serviço de execução de alvenaria estrutural (SINAPI).....	30
Figura 12 - Produtividade para o serviço de revestimento cerâmico	43
Figura 13 - Produtividade para o serviço de gesso desempenado	433
Figura 14- Prazo de execução para paredes de concreto	445

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões mais adotadas para os painéis	16
Tabela 2 - Ciclo de montagem das unidades em placas pré-moldadas	32
Tabela 3 - Ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural	34
Tabela 4- Média de dias e horas da execução das paredes e lajes	36
Tabela 5 - Razão unitária de produção (RUP).....	37
Tabela 6 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em paredes de placas pré-moldadas	38
Tabela 7 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em alvenaria estrutural	39
Tabela 8 - Razão unitária de produção (RUP) do revestimento interno para placas pré-moldadas	40
Tabela 9 - Razão unitária de produção (RUP) do revestimento interno para alvenaria estrutural	400
Tabela 10 - Produtividade para o serviço de execução de alvenaria estrutural	411
Tabela 11 - Índices de produtividade 1	42
Tabela 12 - Índices de produtividade 2	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ciclo de montagem das unidades em placas pré-moldadas	33
Gráfico 2 - Ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural	355
Gráfico 3 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em paredes de placas pré-moldadas	388

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

ABCIC: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

EPS: Poliestireno Expandido, também conhecido como isopor, é um material de isolamento térmico.

Hh: Homens x hora, uma unidade de medida que representa o tempo de trabalho humano.

MPa: Megapascal, uma unidade de medida de pressão utilizada para indicar a resistência do concreto.

NBR: Norma Brasileira, referente às normas técnicas brasileiras.

NBR NM: Norma Brasileira de Métodos de Ensaio, parte das normas técnicas.

RUP: Razão Unitária de Produção, usada para avaliar a produtividade dos serviços na construção civil.

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, usado para o levantamento de custos.

SINDUSCON: Sindicato da Indústria da Construção Civil.

TCPO: Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, uma referência para cálculos de custos na construção civil.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
1.2 OBJETIVO	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	12
2.REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
2.2 ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO	14
2.3 PLACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS	16
2.3.1 Processo de execução.....	18
3 ALVENARIA ESTRUTURAL COMO MÉTODO CONSTRUTIVO.....	20
3.1 COMPONENTES DO SISTEMA ALVENARIA ESTRUTURAL	22
3.2 PROCESSO DE EXECUÇÃO.....	24
3.3 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 PAREDES (ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO) E LAJES	27
4.2 REVESTIMENTO INTERNO.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 PAREDES (ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO) E LAJES	32
5.2 REVESTIMENTO INTERNO.....	37
5.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS	48

1.INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Devido ao aumento considerável da procura pelos serviços da construção civil dos últimos anos, a pesquisa por métodos que reduzam o prazo para entrega do produto, não deixando em segundo plano a sua qualidade e buscando o menor custo, se faz cada vez mais presente. A industrialização da construção civil é uma tendência irreversível, na qual eficiência, racionalização e sustentabilidade andam atreladas ao maior treinamento da mão de obra envolvida, à facilidade do gerenciamento dos custos e ao maior desempenho estrutural das construções (SANTANA, 2012).

Nesse contexto, surgem as estruturas pré-moldadas. A utilização de elementos pré-moldados é uma das soluções para a industrialização da construção civil. Esse sistema construtivo retira grande parte dos processos executivos da obra, como concretagem, montagens de formas e desformas, cura, escoramento, para um local cujas condições são controladas, obtendo ganhos de qualidade e, posteriormente, no canteiro de obras, produtividade. Pode-se destacar, dentre as várias vantagens atribuídas ao uso de elementos pré-moldados de concreto, o uso otimizado de materiais, menor tempo de construção, economia na mão de obra e sustentabilidade, em comparação ao sistema em convencional (ACKER, 2002; ABCIC, 2019).

A alvenaria estrutural é o processo construtivo em que paredes possuem função de resistir às cargas, substituindo os pilares e vigas utilizados em construções habituais. Uma das vantagens da alvenaria estrutural é que as edificações construtivas neste sistema tendem a apresentar menor custo que prédios em estrutura convencional (ROMAN et al., 1999).

Em comparação com estruturas tradicionais, por exemplo, o sistema apresenta significativa redução no uso de fôrmas, que se limitam às lajes, quando estas são moldadas in loco. Outro grande fator está associado aos revestimentos, podendo-se aplicar uma camada fina de gesso colocada rigorosamente sobre os blocos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A produtividade na construção civil pode ser entendida como a eficácia na conversão de insumos em resultados em um processo de construção. Os elementos essenciais a serem otimizados são a força de trabalho e o tempo. Portanto, ao abordar a produtividade na indústria

da construção, o foco principal está na relação entre a mão de obra e os materiais utilizados, em relação aos resultados obtidos (LAFATE, 2022).

Diante disso, este trabalho tem por objetivo estudar as características técnicas e econômicas dos sistemas construtivos de placas de concreto pré-moldadas e alvenaria estrutural.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Comparar prazos e produtividade de serviços específicos entre os sistemas construtivos de placas de concreto pré-moldadas e alvenaria estrutural.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Analisar o tempo de execução dos sistemas construtivos de placas de concreto pré-moldadas e alvenaria estrutural;
- ✓ Realizar a comparação da RUP entre os sistemas;
- ✓ Comparar valores encontrados com os valores de referência em tabelas consolidadas como SINDUSCON-BA/SINAPI;
- ✓ Investigar as vantagens e desvantagens na escolha de cada método construtivo, considerando os serviços avaliados e as dificuldades de execução.

1.3 JUSTIFICATIVA

Comparando a construção civil a outros segmentos, verifica-se, de uma maneira geral, falhas no sistema de controle de qualidade, desperdícios de matéria-prima e grande demora na execução do processo na totalidade. Diante da urgência em estudar novas tecnologias, a fim de reduzir os custos e prazos da obra e, conseqüentemente, aumentar sua produtividade, mostrou-se necessário o estudo comparativo dentre os dois sistemas construtivos como alternativas a serem implementadas na execução de edificações residenciais (EL DEBS, 2000).

Tanto a utilização de pré-moldados, quanto de alvenaria estrutural são sistemas encontrados como alternativa para a redução do prazo e do custo no processo de execução da edificação, além de se mostrarem melhores sistemas na questão de diminuição de desperdícios

de materiais e controle da qualidade do produto, visto que, o processo tende a ser mais enxuto, controle de qualidade mais acentuado, planejamento dos processos, otimização na utilização de materiais, abertura para inserção de novas tecnologias e emprego de máquinas e equipamentos, além da valorização e qualificação da mão de obra.

1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O trabalho está estruturado em capítulos para melhor entendimento das ideias. O capítulo 1 trata-se da Introdução, onde são apresentadas as considerações iniciais, com exposição dos pormenores de toda a pesquisa. O segundo capítulo, intitulado "Referencial Teórico", é dedicado a apresentar o embasamento conceitual do estudo. Sendo abordados temas como a "industrialização da construção civil", "elementos pré-fabricados de concreto" e "placas de concreto pré-moldadas", e detalhes sobre o "processo de execução".

No terceiro capítulo, intitulado "alvenaria estrutural", são apresentados os "componentes do sistema alvenaria estrutural" e o "processo de execução" relacionado a essa técnica construtiva. Além disso, foi discutida a "produtividade na construção civil".

O quarto capítulo, denominado de "materiais e métodos", apresenta detalhes sobre as "paredes (estruturais e de vedação) e lajes" utilizados na pesquisa, bem como os procedimentos adotados para o "revestimento interno". No quinto capítulo, denominado "resultados e discussões", são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, com ênfase em "paredes (estruturais e de vedação) e lajes", seguidos de análises e discussões.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A evolução no setor da construção civil ocorreu em diversas fases ao longo dos anos, sendo cada uma delas marcada por uma diversidade de métodos, de tecnologias e de arquiteturas próprias. Na atualidade, verifica-se uma significativa organização em alguns subsetores, nos quais são encontrados modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial (SERRA; PEREIRA; PIGOZZO, 2005).

De acordo com Serra, Pereira e Pigozzo (2005), a industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais devem ser entendidos, analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios

de produção. A industrialização da construção civil se trata da aplicação, de maneira racional e mecanizada, de materiais, de meios de transporte e de técnicas construtivas, a fim de garantir uma maior produtividade (ABCIC, 2013).

Almeida (2015) explica que o *boom* da industrialização no setor da construção civil ocorreu no período pós, Primeira Guerra e intensificou-se no período pós, Segunda Guerra. A devastação causada por ambas desencadeou a escassez de moradias, de hospitais, de escolas e de demais edificações, além da inexistência de mão de obra qualificada na Europa. Assim, com a necessidade por suprir a demanda de edificações dos mais variados tipos, a busca por métodos de construção mais rápidos e mais econômicos tomou grande proporção e os empresários, então, viram-se obrigados a levar para a indústria o máximo de operações necessárias, a fim de reduzir os processos, já que formar mão de obra especializada demandaria um tempo e um custo elevado. A necessidade da grande produtividade, de redução de mão de obra e de custos deu início à propagação dos elementos industrializados.

Sirtoli (2015) afirma que, no Brasil, não houve devastação causada por guerras mundiais, então não houve necessidade de construção em larga escala. Entretanto, a preocupação com a racionalização e com a industrialização de sistemas construtivos iniciou-se no fim da década de 50.

Na atualidade, a industrialização na construção civil vai além dos processos de fabricação, mas abrange também os processos de transporte, de montagem, as metodologias de inspeção e de controle, a criação de novos materiais e equipamentos e, principalmente, o controle das consequências desses processos ao meio ambiente. O processo industrial na concepção de edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir que seja mais durável, econômica, com versatilidade arquitetônica, estruturalmente segura e sustentável (SIRTOLI, 2015).

Os elementos industrializados dividem-se em pré-moldados e pré-fabricados, ambos produzidos fora do local definido para utilização. A diferença entre eles está no controle de qualidade sobre cada um, visto que os pré-moldados são submetidos a um menor rigor durante a produção, enquanto os pré-fabricados são produzidos em instalações que possuem condições mais rigorosas de controle de qualidade em relação aos pré-moldados. A produção é em escala industrial, com manuais e especificações técnicas, além de mão de obra treinada e qualificada. As instalações de produção de peças pré-fabricadas são definitivas, geralmente industriais, contendo laboratórios de análise e de ensaios, a fim de garantir maior qualidade do produto. (SIRTOLI, 2015).

Apesar de uma crescente demanda na aplicação de sistemas industrializados, provocada em sua maioria pelo investimento de capital externo no Brasil, esse tipo de tecnologia ainda é atrasado no país. Mesmo que crescente, o avanço ainda é lento em relação às inovações das edificações, já que ainda se opta pelas construções artesanais, marcadas pela produtividade baixa (ALMEIDA, 2015).

Almeida (2015) defende que, apesar do potencial que as construções industriais apresentam, seu uso ainda é pouco difundido no Brasil. A cultura nacional tem muita desconfiança e dúvidas, fator que impede o desenvolvimento apropriado e que inibe o potencial dos sistemas pré-fabricados, uma vez que os investimentos necessários são elevados e importados de outros países. Com isso, só se tornam viáveis quando há maior demanda. Vale salientar ainda que há ausência de incentivo às pesquisas para o aprimoramento de técnicas, que demandam muitas vezes compatibilidade para a tipologia brasileira e há dificuldade em se adaptarem às normativas e aos programas governamentais.

Sirtoli (2015) defende que a forma mais efetiva de industrializar o setor da construção civil é transferir o trabalho realizado nos canteiros para fábricas permanentes e modernas. A produção numa fábrica possibilita processos de produção mais eficientes e mais racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, etc.

Conforme Brumatti (2008), “evoluir no sentido de aperfeiçoar-se como indústria é o caminho natural da construção civil”. Portanto, industrialização da construção civil é sinônimo de evoluir e a aplicação de elementos industrializados é um dos caminhos para essa evolução, com controle de qualidade, racionalização, aumento da produtividade e redução de custos. Dentro desse cenário de evolução da industrialização na construção civil, em busca de um produto com maior qualidade, a partir de um processo eficaz, surgiram as construções pré-fabricadas.

2.2 ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

É evidente que as estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas em concreto estrutural têm garantido seu espaço no ramo da construção civil (SOTOMAYOR, 2017). No entanto, conforme Almeida (2015) há muita discussão em torno da diferença entre pré-fabricado e pré-moldado. Basicamente, diferenciam-se em relação ao grau de industrialização e o controle de qualidade.

A diferença entre elementos pré-moldados e elementos pré-fabricados, consoante a NBR 9062 (ABNT, 2017), é baseada nas seguintes definições:

- Elementos Pré-Moldados - aqueles produzidos no local da obra, em fábricas de canteiro, ou seja, nas proximidades do local de utilização, geralmente no próprio canteiro de obras. Esses elementos são moldados e concretados in loco.
- Elementos Pré-Fabricados - aqueles produzidos em instalações industriais fora do local de uso, como fábricas especializadas na produção de elementos de concreto. Esses elementos são fabricados em condições controladas e posteriormente transportados para o local de utilização.

Assim, conforme a norma, pré-moldado é um conceito mais amplo, utilizado para definir qualquer elemento executado fora de sua localização definitiva. Em contrapartida, pré-fabricação é um processo executado em local que permite condições mais rigorosas de controle e que, conseqüentemente, de forma geral, produz peças de maior qualidade (CUNHA, 2016).

Conforme a ABCIC (2013), a pré-fabricação é um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa (instalação industrial), são montados na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação.

El Debs (2000) classifica o concreto pré-moldado de diferentes formas, sendo as principais em relação ao peso e, também, em relação ao local de produção desses elementos. Quanto ao seu local de produção, os elementos pré-moldados dividem-se em:

- a) Pré-moldado de fábrica: executado em instalações permanentes distantes da obra, dessa forma, deve ser considerado o transporte do elemento da fábrica ao local de montagem.
- b) Pré-moldado de canteiro: executado em instalações temporárias nas proximidades da obra. Existe a tendência de possuir baixa capacidade de produção. Não possui tantos problemas com transporte e com impostos referentes à produção industrial, no entanto, está sujeito a ter menor qualidade.

Em relação à carga, El Debs (2000) divide esses elementos pré-moldados em dois tipos:

- a) Pré-moldado pesado: necessita de equipamentos especiais para montagem e para transporte.
- b) Pré-moldado leve: não necessita de equipamentos especiais para montagem e transporte, podendo esta tarefa ser manual ou pode haver o improvisado dos equipamentos.

Diante das circunstâncias, no presente trabalho, será utilizada apenas a denominação pré-moldado nos próximos capítulos, quando se referir a elementos fabricados fora do seu local de utilização.

2.3 PLACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS

As placas de concreto pré-moldadas consistem em um sistema construtivo que visa prover o fechamento externo e interno da edificação. É uma tecnologia classificada como industrializada, uma vez que pode ser produzida em usina, personalizada conforme as peculiaridades da estrutura e, posteriormente, é transportada a obra para ser montada (SOUZA; RUFINO, 2017).

De acordo com Borges (2018) esse sistema é amplamente empregado na Europa para construção de edificações uni e multifamiliares, além de construção de hotéis e hospitais (BORGES, 2018). Acker (2002) complementa que esse tipo de estrutura é usado na execução de núcleos centrais, poços de elevadores, paredes de contraventamento.

Ainda de acordo com Acker (2002), os painéis pré-moldados garantem mais produtividade à obra, já que é uma construção industrializada, contribuem ainda para minimização de desperdícios no canteiro e já dispõe de superfícies adequadas para o recebimento direto da pintura. Ademais, apresentam ótimas condições termoacústicas e resistência ao fogo que pode chegar a seis horas.

A espessura e o comprimento dos painéis variam conforme as características do projeto e dos critérios e equipamentos utilizados na fábrica, além dos requisitos estruturais como estabilidade estrutural, isolamento termoacústico e resistência às chamas (BORGES, 2018). A Tabela 1 apresenta as dimensões mais adotadas para os painéis.

Tabela 1 - Dimensões mais adotadas para os painéis

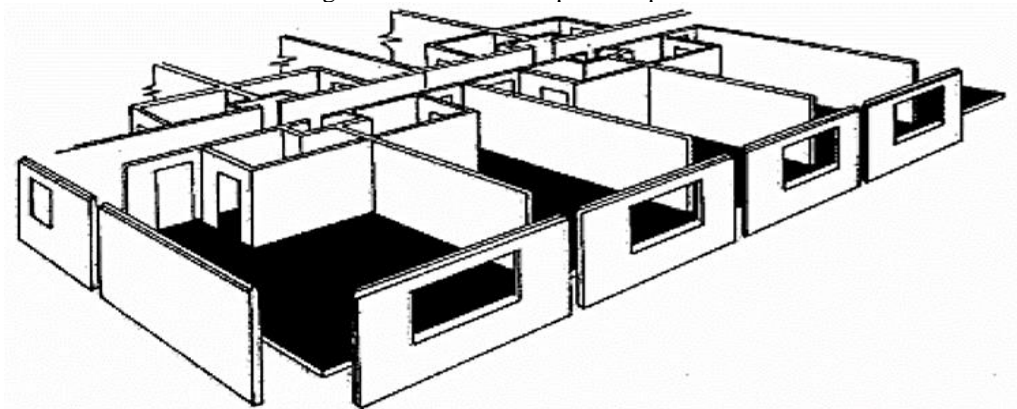
Aplicação	Espessura (mm)	Comprimento máximo (m)	Altura (m)
Painéis estruturais: Com lajes armadas em duas direções Com lajes armadas em uma direção	180 – 240 150 - 200	6,00 – 14,00 6,00 – 14,00	3,00 – 4, 50 3,00 – 4,50
Painéis não estruturais	80 -150 (180)	6,00 – 14,00	3,00 – 3,30
Poços de elevador e escada	180 - 200	6,00 – 14,00	3,00 – 4,00

Fonte: adaptado de ACKER (2002).

Souza e Rufino (2017) explicam que os painéis se distinguem quanto à sua estrutura física, uma vez que podem ser fabricados em concreto simples ou em concreto armado. Quando executados em concreto simples, são denominados painéis não estruturais, quando projetos em concreto armado são chamados de painéis estruturais, já que apresentam efeito ativo na transferência das cargas para vigas e fundações.

Acker (2002) complementa que o sistema pode ainda se dividir em duas categorias: o sistema completo de paredes e o sistema de paredes no contorno. No sistema completo de paredes, todas as paredes são executadas em painéis pré-moldados de concreto, apresentando ou não função estrutural (Figura 1).

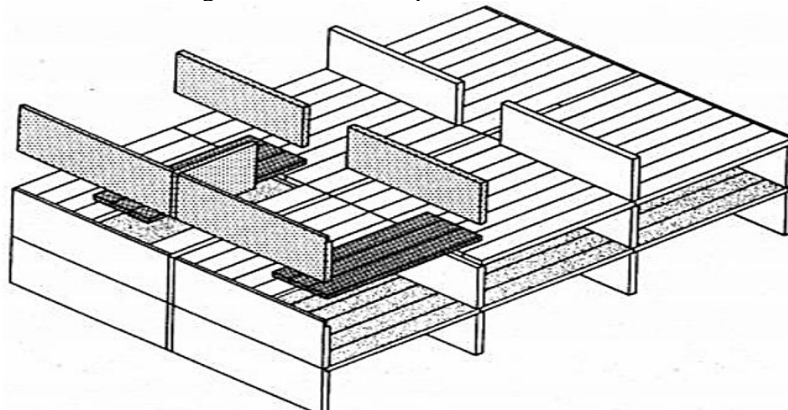
Figura 1 - Sistema completo de paredes



Fonte: adaptado de ACKER (2002).

No sistema paredes no contorno, também chamado de envelope, somente as paredes nos contornos da edificação são executadas em painéis pré-moldados de concreto, resultando assim em grandes espaços livres na construção, permitindo então que modificações futuras sejam realizadas (Figura 2) (BORGES, 2018).

Figura 2 - Sistema de paredes no contorno



Fonte: adaptado de ACKER (2002)

Outro tipo de sistema existente é o composto de parede e de esqueleto, presentes em edificações nos centros das cidades, que necessitam exercer tripla função, com estacionamento no subsolo, galerias no primeiro andar e apartamentos residenciais nos demais andares, o que ocasiona em vãos e cargas diferentes na estrutura, gerando a necessidade da presença de uma estrutura em esqueleto no subsolo e térreo e podendo adotar o sistema de paredes nos demais andares (BORGES, 2018).

Conforme Borges (2018), essa variedade de sistemas construtivos destaca a complexidade presente no planejamento e na execução de edifícios, pois cada um deles se adapta a diferentes demandas e especificidades. O uso de paredes estruturais, vigas, lajes e pilares, seja em alvenaria ou concreto, proporciona soluções diversas para as exigências de cada projeto.

2.3.1 Processo de execução

Após a execução das estruturas das fundações, as placas são transportadas e erguidas para a obra, com auxílio de um guindaste, sendo assim posicionadas sobre uma camada de argamassa de assentamento e feito o escoramento para manter o prumo (Figura 3). É possível fazer a execução de uma residência de até 60 m² em apenas um dia (SOUZA; RUFINO, 2017).

Figura 3 - Montagem e assentamento da placa



Fonte: Silva (2013)

Os painéis são ligados através de solda elétrica (Figura 4), a partir de armaduras ao longo de suas extremidades deixadas no processo de execução dos painéis.

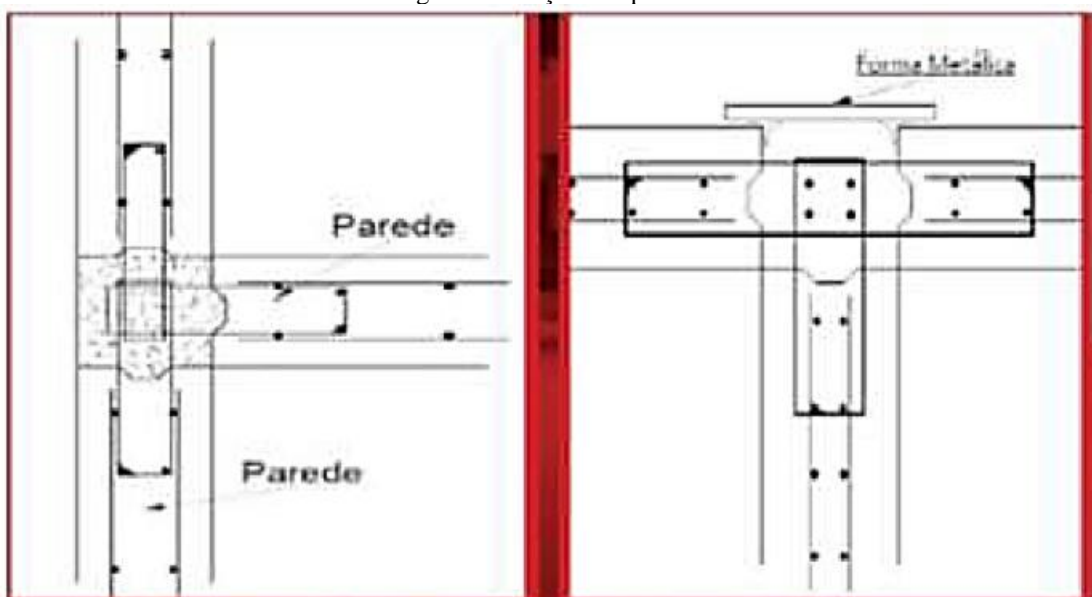
Figura 4 - Solda dos painéis



Fonte: SINAT (2016)

Logo após, é possível preencher as juntas das paredes, fazendo assim o preenchimento com graute (Figura 5).

Figura 5 - Junção dos painéis



Fonte: Oliveira e Santos (2021)

Ao finalizar este processo nas junções das placas, são formados os pilares recebendo um tratamento especial com selante flexível de polietileno (OLIVEIRA; SANTOS, 2021).

Como próximo passo, tem-se a laje (Figura 6), que pode ser maciça ou nervurada, podendo ser moldada *in loco* ou pré-moldada, ou podendo optar sem laje apenas com forro de PVC (OLIVEIRA; SANTOS, 2021).

Figura 6 - Içamento e posicionamento da laje



Fonte: SINAT (2016)

3. ALVENARIA ESTRUTURAL COMO MÉTODO CONSTRUTIVO

A alvenaria estrutural é um método de construção onde as paredes são executadas com blocos de concreto ou cerâmico que, além de desempenharem a função de vedação, compõem a estrutura da edificação e suportam as cargas do peso das próprias paredes, da laje, da cobertura e da ocupação (RODRIGUES, 2018).

A alvenaria estrutural consiste em um conjunto de peças aplicadas coladas, formando então uma série de elementos unidos, resultando assim uma estrutura rígida. Ao contrário do método convencional, onde as alvenarias aplicam-se para delimitar os espaços, na alvenaria estrutural elas foram a estrutura do próprio sistema, suportando todas as cargas da construção (MIRANDA; SILVA, 2014).

Guedes (2016) salienta que o sistema demanda o emprego de paredes autoportantes e lajes e elimina a necessidade da execução de vigas e pilares. O projeto de dimensionamento é feito através do método racional, garantindo que a alvenaria não suporte apenas seu peso

próprio, mas também o peso da edificação e distribua corretamente as cargas (CAVALHEIRO, 1998).

Na alvenaria estrutural, a resistência à compressão simples é o principal parâmetro de análise. Desta forma, os elementos que compõe a alvenaria e a argamassa responsável pela junção entre as unidades, sofrem influência desta propriedade (ISHIKAWA, 2003, p. 30).

Dessa forma, é importante destacar que nesse sistema as alvenarias se classificam como resistentes e não resistentes, ou seja, nem todas possuem função importante. As resistentes destinam-se a suportar as cargas, as não resistentes por sua vez suportam somente seu peso próprio, tendo sido aplicadas frequentemente para o embutimento de prumadas hidráulicas (GUEDES, 2016).

Consoante a NBR 16868 (ABNT, 2020), a alvenaria estrutural se classifica entre armadas e não armadas. A alvenaria armada usa (Figura 7) de armaduras passivas aplicadas a fim de resistir às cargas de tração. As cargas de tração são geradas por cargas horizontais, como as que resultam das ações dos ventos e desaprumos. Quando essas cargas superam os resistidos pela alvenaria, faz-se necessária a aplicação de armaduras verticais, em geral, uma barra por furo.

Schimitz e Martins (2017, p. 21) defendem ainda a alvenaria protendida, a qual é um “elemento de alvenaria em que são utilizadas armaduras ativas impondo uma pré-compressão antes do carregamento”. Nonato (2013) destaca que o sistema é pouco utilizado, uma vez que o custo para protensão é elevado.

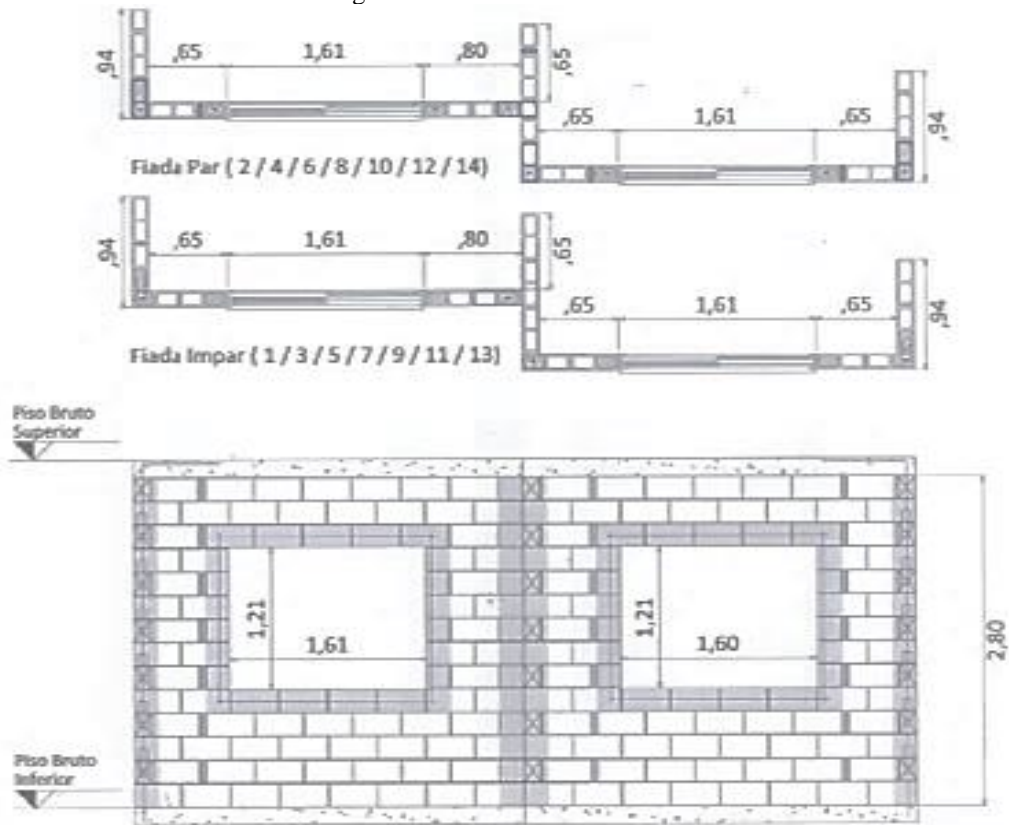
Figura 7 - Alvenaria armada



Fonte: PINHEIRO (2018)

A alvenaria não armada (Figura 8) consiste no sistema sem aplicação do graute. As armaduras são empregadas somente em elementos como vergas e contravergas, visando minimizar manifestações patológicas, como fissuras resultantes da acomodação da estrutura (NONATO, 2013).

Figura 8 - Alvenaria não armada



Fonte: TAUIL; NESSE (2010)

Nonato (2013) descreve que, a escolha por utilizar a alvenaria estrutural não armada dependerá das características específicas de cada projeto, como altura do edifício, sobrecargas, localização geográfica e outros fatores que impactam na segurança e desempenho da construção.

3.1 COMPONENTES DO SISTEMA ALVENARIA ESTRUTURAL

Os elementos que compõem o sistema de alvenaria estrutural, segundo Wosniak (2021), são os blocos, a argamassa e o graute. Ramalho e Corrêa (2003) destacam ainda a armadura como um desses componentes. Sabbatini (2003) destaca que a qualidade das obras em alvenaria estrutural depende da qualidade dos materiais empregados, são eles os blocos de concreto ou cerâmicos vazados, a argamassa de assentamento e, além disso, da mão de obra.

Os blocos são os componentes essenciais responsáveis pela resistência da estrutura. Esses podem ser de concreto ou cerâmicos, maciços ou vazados. Suas principais propriedades devem ser a alta resistência à compressão, vedação, resistência contra incêndios, estabilidade dimensional, durabilidade contra intempéries, aderência a argamassas, absorção adequada e modulação (BALDUINO, 2016).

Vale ressaltar que, como os blocos são responsáveis pela resistência global do sistema, a estrutura apresentará mais resistência quanto mais resistente for o bloco (VIAPIANA, 2009). Quanto ao bloco de concreto, a capacidade de resistência à compressão varia conforme os critérios de dosagem, bem como o índice de absorção. O processo de cura é um requisito essencial na resistência à compressão dos blocos, a qual deve ser avaliada aos 28 dias. Os blocos estão disponíveis no mercado em classes de resistência de 4,5MPa a 16MPa. O bloco de resistência 4,5MPa só pode ser usado em paredes sem fins estruturais, não exposta a intempéries. As características dos blocos devem atender às determinações da NBR 6136 (SAHARA, 2017).

Quanto aos blocos cerâmicos, a resistência à compressão mínima dos blocos na área bruta deve atender aos valores determinados pela NBR 15270 (ABNT, 2017), os blocos estruturais são classificados em tipo C, D e F, e devem atender respectivamente as resistências de 4MPa, 7MPa e 10MPa. O ensaio de resistência à compressão destes blocos deve seguir método prescrito e especificado na NBR 15270 (ABNT, 2017).

A argamassa, por sua vez, consiste em um elemento de ligação para unir os blocos, ademais, atua na transferência de esforços entre eles e acomoda pequenas deformações do conjunto, tornando a resistência uma característica secundária (NONATO, 2013). Wosniak (2021) explica que a argamassa se compõe por cimento, cal e areia, ou somente cimento e areia.

Santos (2010) destaca que para a argamassa alcançar suas funções básicas ela precisa ser produzida com trabalhabilidade que permita uma fácil aplicação, um mecanismo de retenção de água em relação ao meio exposto, uma resistência mecânica de acordo com projeto ou segundo valor mínimo da norma, além de uma boa aderência à superfície a ser assentada.

O graute é um concreto fluido e fino, formado por concreto, água e agregados, aplicado para preencher os espaços vazios da alvenaria, com intuito de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente (NBR 16868-1, 2020). Conforme Pinheiro (2018), a resistência a compressão do graute combinada com as propriedades mecânicas dos blocos e argamassas garantirão a resistência à compressão do sistema em alvenaria.

Armaduras utilizadas em estruturas de alvenaria estrutural têm a mesma função que barras empregadas no sistema de concreto armado convencional. Faz-se necessária para resistir

esforços de tração e compressão, combater a retração e garantir travamento. Além disso, são usadas em juntas das argamassas de assentamento (DINIZ, 2017).

Porém, como se trata do sistema de alvenaria estrutural, essas armaduras devem trabalhar de forma monolítica, o que obriga que sejam revestidas por grautes. As barras de aço, então, devem ser posicionadas de forma que não se desloquem durante o lançamento do graute, mantendo as distâncias de projeto entre as barras e faces internas dos blocos. As armaduras também devem atender as regulamentações da NBR 7480 (DELLATORRE, 2014).

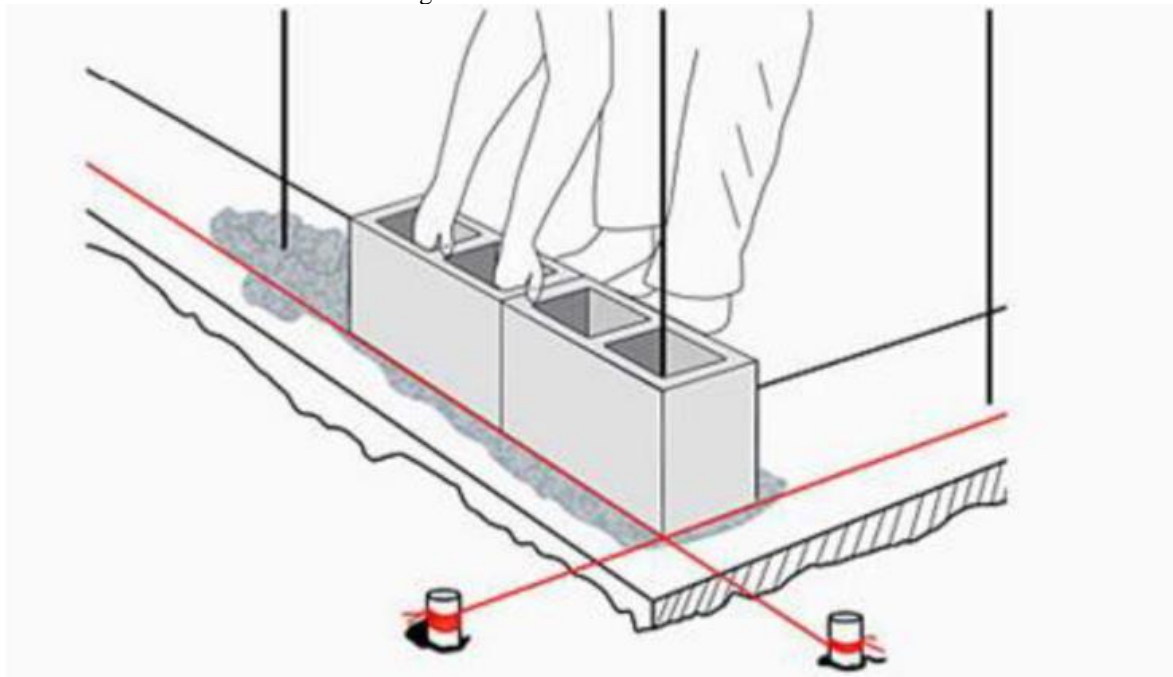
3.2 PROCESSO DE EXECUÇÃO

Para a construção ser de maior qualidade e segurança, o sistema construtivo deverá ser um processo racional e deve-se seguir rigorosamente o projeto, manter a qualidade dos blocos, organização do espaço onde está construindo e maior controle dos processos, pois assim levará um aumento na economia por gerar uma maior produtividade com menor mão de obra (CAMPOS, 2012). Sendo assim, Prado et al. (2022) apresentam as seguintes etapas para execução da alvenaria estrutural: serviços preliminares; marcação; instalações.

Quanto aos serviços preliminares, nesta etapa haverá a limpeza do ambiente e preparação do canteiro de obras. Após a preparação, há o processo para a locação e elevação da alvenaria, como também a disposição dos materiais que serão utilizados durante toda a construção (CAMPOS, 2012).

Quanto à marcação, depois da fundação pronta, deve-se demarcar a obra com a primeira fiada de blocos. Toda a alvenaria deverá estar no eixo, principalmente o esquadro e o nível nesta etapa (Figura 9), pois este esquadro e o nível contribuem muito para a qualidade de toda a construção. Todos os módulos devem ser dispostos exatamente como no projeto de modulação e atentar-se à superfície onde serão colocados os pontos de graute (PASTRO, 2007, p. 18).

Figura 9 - Assentamento dos blocos



Fonte: Tauil e Nesse (2010)

Os ângulos e junções das paredes também merecem atenção especial, ao serem pontos de encontro de duas, três ou quatro paredes, e com isso devem se encaixar, conforme a modulação proposta (PRADO et al., 2022).

Um elemento muito importante e responsável por enrijecer a estrutura, além dos pontos de graute verticais, são as canaletas “U” que servem de cintas e de vergas e contravergas para janelas e portas. São usadas para evitar as trincas diagonais em volta das esquadrias, pois onde há esquadrias não há área de alvenaria, ficando um ponto sem estrutura. Existe também o perfil “J” utilizado para ancorar a cinta de suporte de parede à laje (PASTRO, 2007).

Quanto às instalações, nessa etapa é necessária uma atenção maior quanto à locação de itens hidráulicos e elétricos, por deverem ser colocados conforme especificação de projeto (CAMPOS, 2012).

Para o controle e correta execução da construção, deve-se seguir esta norma brasileira NBR 8798 (ABNT, 1985) que especifica a execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

3.4 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil, a noção de produtividade está estreitamente ligada à capacidade de cumprir o cronograma da edificação. Portanto, vai além disso, envolvendo a avaliação se os insumos empregados nas etapas estão alinhados com as quantidades planejadas. Permitindo não apenas medir o tempo investido nas tarefas, mas também identificar se houve desperdícios (FERREIRA; VIEIRA, 2023).

Conforme Ferreira e Vieira (2023), a eficiência da produtividade está diretamente relacionada à economia de tempo e recursos. Quando se utiliza menos tempo e insumos, a produtividade é maior; a presença de desperdício de materiais ou atrasos nas entregas impactam negativamente na rentabilidade da obra.

Sendo assim, é essencial compreender a relevância dos indicadores ao administrar os custos, o que, por sua vez, contribui para aumentar os lucros da empresa de construção. A qualidade do empreendimento também sofre influência direta da produtividade, uma vez que atrasos e retrabalhos podem prejudicar a qualidade final da construção. Portanto, é imperativo direcionar esforços para o controle das atividades da obra e a análise de métricas relacionadas à lucratividade.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os empreendimentos analisados estão inseridos no município de Vitória da Conquista, localizado na região sudoeste do estado da Bahia. Foram selecionadas como objeto de estudo por estarem situadas no mesmo bairro, o que facilitou a coleta dos dados, além de possuírem plantas semelhantes.

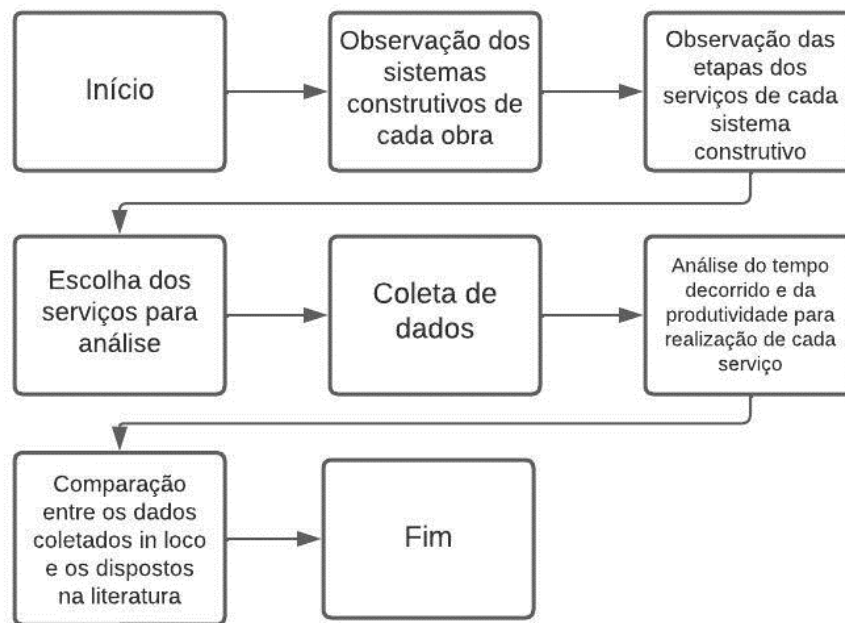
Foram produzidas 291 (duzentas e noventa e uma) unidades adotando o sistema construtivo de placas pré-moldadas. Essas casas possuem 44,30 m², sendo constituída por sala, cozinha, área de serviço, um banheiro social e dois quartos. Foram executadas 28 edificações utilizando o método de alvenaria estrutural. Cada casa com 57,69 m², possuindo sala, cozinha, área de serviço, um banheiro social, um quarto e uma suíte.

Foi observado que os dois empreendimentos que estavam sendo realizados continham áreas e cômodos semelhantes, mas os métodos construtivos adotados para cada um se diferenciavam. Dessa forma foi investigado os serviços executados em cada obra e assimilado aqueles com mais distinção entre eles.

Com essas tarefas levantadas, se avançou para a fase de coleta de dados referente ao tempo decorrido e a equipe disposta para cada atividade. Após essas etapas em campo, foi dada continuidade à pesquisa fazendo a análise dos dados coletados, analisando a produtividade de cada serviço e comparando com dados encontrados na literatura para validação.

As etapas da pesquisa estão apresentadas no fluxograma da Figura 10.

Figura 10 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Como forma de escolha dos serviços para análise, levaram-se em consideração aqueles que tiveram um maior impacto comparando os dois métodos construtivos, ou seja, os serviços em que se notou diferenças mais significantes entre um sistema e o outro. As etapas de serviço que pouco dependem do método construtivo escolhido, como fundações, telhado, entre outras, não foram consideradas. Assim sendo, foram avaliadas as seguintes etapas: paredes estruturais e de vedação, lajes e revestimento interno.

4.1 PAREDES (ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO) E LAJES

Paredes, tanto as estruturais quanto as de vedação, são itens importantes na construção civil, proporcionando estabilidade e segurança às edificações. Elas constituem elementos-chave na distribuição de cargas verticais e horizontais, além de auxiliarem na resistência sísmica das construções (MOTA, 2021).

No que se refere às lajes, essas estruturas horizontais desempenham um papel crucial na distribuição das cargas das edificações, tornando-se parte integral do sistema estrutural. Lajes bem projetadas e executadas contribuem significativamente para a segurança, a durabilidade e o desempenho das construções, oferecendo também isolamento térmico e acústico. Portanto, tanto as paredes quanto as lajes são componentes essenciais em qualquer projeto de construção, demandando atenção detalhada no seu dimensionamento, materiais e execução (MOTA, 2021).

Nas edificações executadas com placas de concreto pré-moldadas, a montagem das paredes e lajes prosseguia da seguinte forma: marcação das posições das placas de parede (por meio de fixação de cantoneiras de ferro e esticamento de linhas diretamente sobre a fundação), montagem das placas (conferindo esquadro, prumo e alinhamento e seguindo a ordem estabelecida em projeto), ligação das placas (processo de soldagem entre as placas e a barra de vergalhão utilizado para ponto de grauteamento) e grauteamento dos pontos de encontro das placas.

Após a montagem das paredes e grauteamento das mesmas, seguia-se com o içamento das placas de laje, no qual a ordem de içamento era dada de acordo o projeto, e os encontros das placas de laje também eram soldadas e grauteadas. Cada casa é formada por 20 placas de concreto (14 placas de parede e 6 de laje). Para o processo de içamento das paredes e lajes de concreto, utilizou o auxílio de um caminhão Munck.

Vale ressaltar que durante todo o processo, o controle de qualidade estava presente (desde os ensaios realizados no concreto utilizado para fabricação das placas (Slump Test – Abatimento de tronco de cone, NBR NM 67:1998), como posicionamento da armadura, esquadro e nível das mesmas durante o processo de fabricação). Esse serviço foi executado por uma equipe formada por: 2 serventes comuns, 1 pedreiro, 1 soldador (mão de obra própria) e 1 caminhão munck alugado e seu operador (mão de obra terceirizada).

O Slump Test, também conhecido como ensaio de abatimento do tronco de cone, é um teste usado para avaliar a consistência do concreto fresco. Ele é regido pela norma técnica brasileira NBR NM 67:1998, que estabelece os procedimentos para a realização desse ensaio. O teste envolve o uso de um tronco de cone para medir o grau de deformação do concreto quando submetido a uma certa carga. A NBR NM 67:1998 fornece diretrizes específicas para a condução desse ensaio, incluindo o equipamento necessário, as etapas de execução e os critérios de aceitação dos resultados. Portanto, esse ensaio é relevante na avaliação das propriedades do concreto utilizado na fabricação das placas pré-moldadas ou pré-fabricadas.

Nas unidades adotadas a alvenaria estrutural como sistema construtivo, as etapas do serviço eram as seguintes: marcação e paginação dos blocos estruturais, elevação das paredes e

grauteamento dos pontos previstos em projeto. Havia a conferência de esquadro, nível e prumo das paredes durante todo o processo de elevação das paredes, além dos ensaios obrigatórios por norma dos blocos estruturais e grautes (NBR 7184:92 – Determinação da resistência à compressão) utilizados para a execução do serviço.

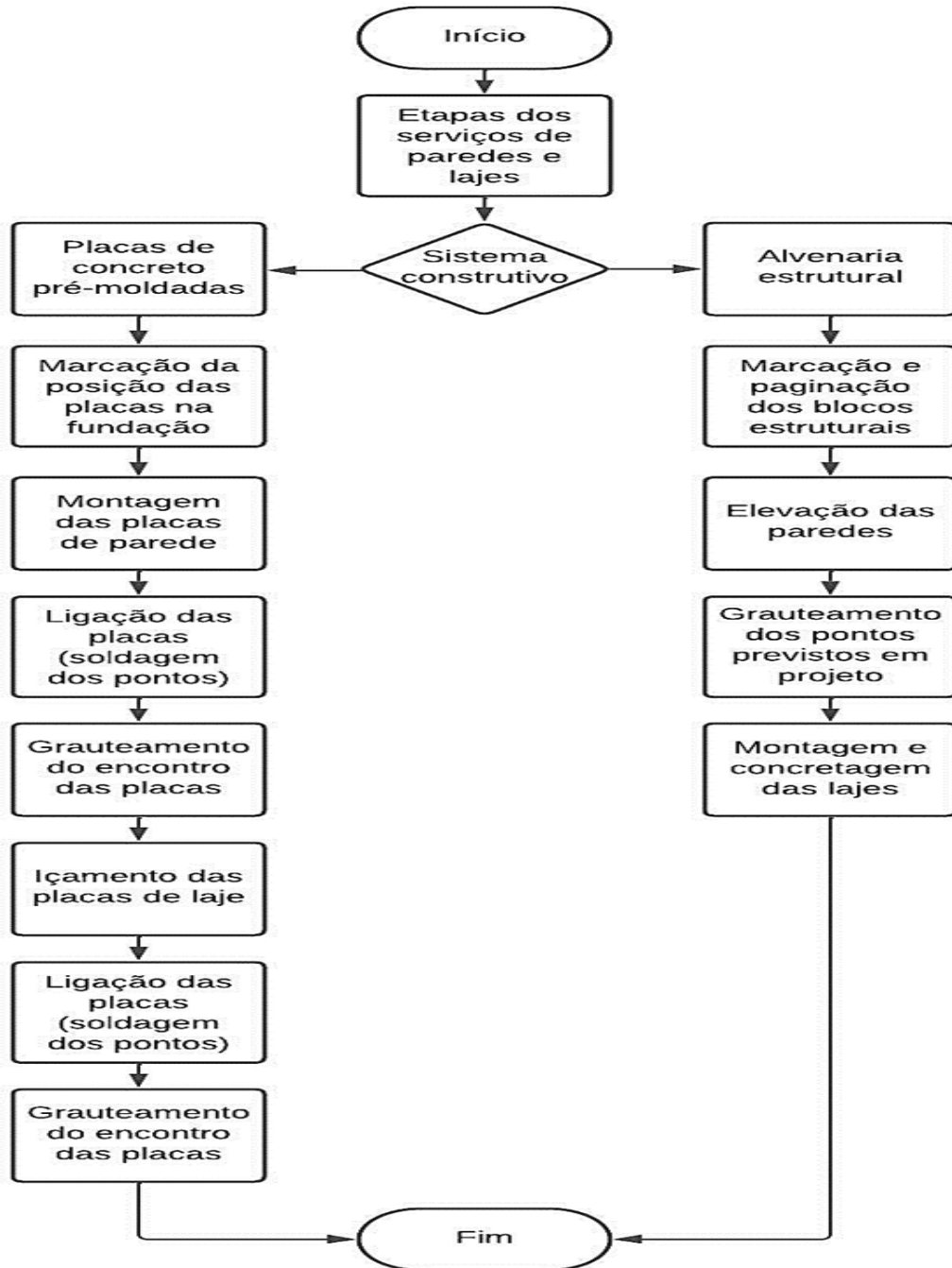
Após conferência do posicionamento das armaduras e da limpeza e grauteamento dos pontos previstos em projeto, seguia com a concretagem das lajes. Na obra em estudo foi realizada lajes nervuradas com vigotas, e o preenchimento feito com lajotas em EPS. Para a execução desta etapa, a equipe utilizada era formada por 2 pedreiros e 1 ajudante (mão de obra terceirizada).

A partir do levantamento feito em obra, com as informações obtidas através do engenheiro responsável pelo acompanhamento e fiscalização das obras com sua equipe, foram obtidos os prazos referentes às etapas de execução das paredes e lajes de uma residência, onde considera que:

- O serviço se inicia a partir da liberação da fundação para a marcação das placas de concreto ou dos blocos estruturais para alvenaria;

As etapas são compostas por marcação, elevação da alvenaria (alvenaria estrutural) ou montagem de placas (placas pré-moldadas), grauteamento, içamento da laje (placas pré-moldadas) ou concretagem da laje (alvenaria estrutural), conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Etapas dos serviços



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para realizar a análise de produtividade, foi utilizado como indicador a Razão Unitária de Produção (RUP), no qual Souza (2006) propõe a inserção de um novo modelo para a padronização e mensuração da produtividade. A RUP relaciona o esforço humano, obtido em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado, e é calculado a partir da fórmula 1:

$$RUP = \frac{\text{Quantidade de profissionais (un.)} * \text{tempo (h)}}{\text{Quantidade de serviço (m}^2\text{)}}$$

Então, com os dados referentes a quantidade de profissionais em cada equipe, a média do tempo para executar uma unidade de cada sistema construtivo, e a área de cada unidade, obteve-se a RUP de cada método, a fim de comparar com os dados encontrados na literatura.

4.2 REVESTIMENTO INTERNO

Inicialmente, as construções em placas de concreto pré-moldadas não iriam necessitar de camada de revestimento interno em argamassa ou gesso, porém, por conta do aparecimento de algumas imperfeições nelas (grauteamento nos encontros das placas, bolhas na superfície dos painéis), o revestimento foi necessário.

Para corrigir essas imperfeições, foram realizadas correções nas áreas propensas a saliências, abrangendo os encontros das placas devido ao grauteamento e nas próprias placas decorrentes da fabricação. Essa correção foi denominada de "regularização das placas". A equipe responsável por aplicar o revestimento cerâmico nas paredes hidráulicas das áreas molhadas, como banheiro, cozinha e área de serviço, também efetuou esses reparos. Após essa etapa, as paredes tornaram-se aptas para receber a pintura.

Nos casos das construções em alvenaria estrutural, optou-se por utilizar o gesso desempenado diretamente sobre os blocos como revestimento interno. A aplicação de revestimento cerâmico foi restrita às paredes hidráulicas das áreas molhadas (banheiros, cozinha e área de serviço).

Para avaliar a produtividade dos serviços, procedeu-se ao acompanhamento da produção e à análise das planilhas de medição para pagamento dos empreiteiros, permitindo a obtenção da quantidade produzida em um determinado período. Os dados diários de produtividade e na área de revestimento interno da edificação, calculou-se o prazo médio de execução dos revestimentos internos nas obras em placas de concreto pré-moldado e em alvenaria estrutural.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o levantamento realizado em campo, foi possível analisar os dados e fazer a comparação dos serviços nos sistemas construtivos escolhidos para a pesquisa. A seguir estão expostos os períodos necessários para a realização dos ciclos de serviço para cada sistema construtivo.

5.1 PAREDES (ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO) E LAJES

Na Tabela 2 são apresentados os ciclos para o sistema construtivo de placas de concreto pré-moldadas:

Tabela 2 - Ciclo de montagem das unidades em placas pré-moldadas

Quadra	Lote	Execução das paredes e lajes		
		Início	Fim	CICLO DE DIAS
7	14 E 15	21/01/2022	31/01/2022	7
7	16 E 17	01/02/2022	11/02/2022	9
7	18 E 19	14/02/2022	18/02/2022	5
7	20 E 21	21/02/2022	25/02/2022	5
7	22 E 23	02/03/2022	11/03/2022	8
7	24 E 25	14/03/2022	18/03/2022	5
7	26 E 27	21/03/2022	25/03/2022	5
7	28 E 29	28/03/2022	04/04/2022	6
7	30 E 31	05/04/2022	11/04/2022	5
7	32 E 33	12/04/2022	21/04/2022	8
7	34 E 35	25/04/2022	29/04/2022	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A tabela 2 apresenta informações relacionadas ao ciclo de montagem das unidades construídas com placas pré-moldadas em uma obra específica. Ela está organizada conforme os lotes das unidades, incluindo o início e o fim da execução das paredes e lajes de cada lote, bem como o número de dias necessários para concluir essa etapa.

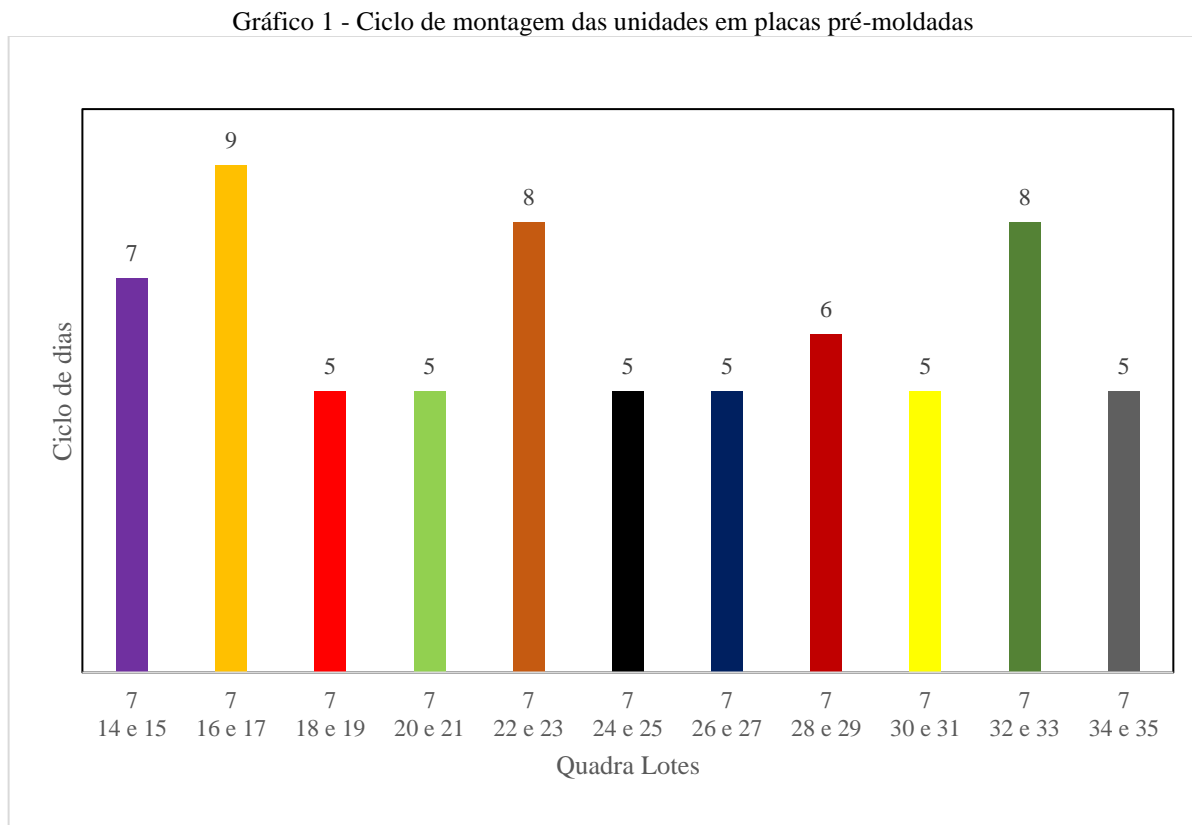
Ao analisar a tabela 2, é possível observar que o ciclo de montagem varia de lote para lote, com diferenças no tempo de execução. Alguns lotes, como o 18 E 19 e o 24 E 25, foram concluídos em apenas 5 dias, indicando uma maior eficiência na execução das paredes e lajes. Os lotes como o 16 E 17 e o 32 E 33 demandaram mais tempo, com ciclos de 9 e 8 dias, respectivamente.

Segundo Saldanha (2021), essa variação no tempo de execução pode ser influenciada por diversos fatores, como o tamanho e a complexidade das unidades, as condições climáticas, a disponibilidade de mão de obra e a logística de entrega de materiais. Destaca-se que a análise

desses ciclos pode servir para identificar oportunidades de otimização do processo construtivo, visando a redução do prazo de execução e, conseqüentemente, um aumento da produtividade.

Além disso, a tabela 2 fornece informações valiosas para o planejamento e o controle da obra, permitindo acompanhar o andamento da montagem das unidades e fazer ajustes quando necessário. A análise desses dados contribui para uma gestão mais eficiente do cronograma e recursos da construção.

Para melhor visualização, a seguir esses dados foram apresentados no Gráfico 1.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural é um indicador que descreve o tempo necessário para concluir a execução das paredes e lajes em um determinado lote ou unidade de um empreendimento. Esse ciclo é uma métrica importante na construção civil, ao afetar diretamente o prazo de entrega da obra, a produtividade da mão de obra e o uso eficiente dos recursos (MAINIERI, 2023).

Conforme Maineri (2023), a análise do ciclo de montagem na alvenaria estrutural é essencial para o planejamento e o controle da obra. Permite acompanhar o progresso da construção, identificar gargalos e oportunidades de otimização, além de auxiliar na gestão do cronograma e recursos. Um ciclo de montagem mais eficiente contribui para o cumprimento

dos prazos e a redução de custos na construção civil.

A tabela 3 traz a apresentação do ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural do presente trabalho.

Tabela 3 - Ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural

Quadra	Lote	Execução das paredes e lajes		
		Início	Fim	Ciclo de dias
7	4, 5 E 6	20/10/2021	03/11/2021	11
7	7, 8 E 9	04/11/2021	18/11/2021	10
7	10, 11 E 36	19/11/2021	08/12/2021	14
7	37, 38 E 39	09/12/2021	24/12/2021	12
7	40, 41 E 42	27/12/2021	14/01/2022	15
7	43, 44 E 45	17/01/2022	01/02/2022	12
7	46, 47 E 48	02/02/2022	17/02/2022	12

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

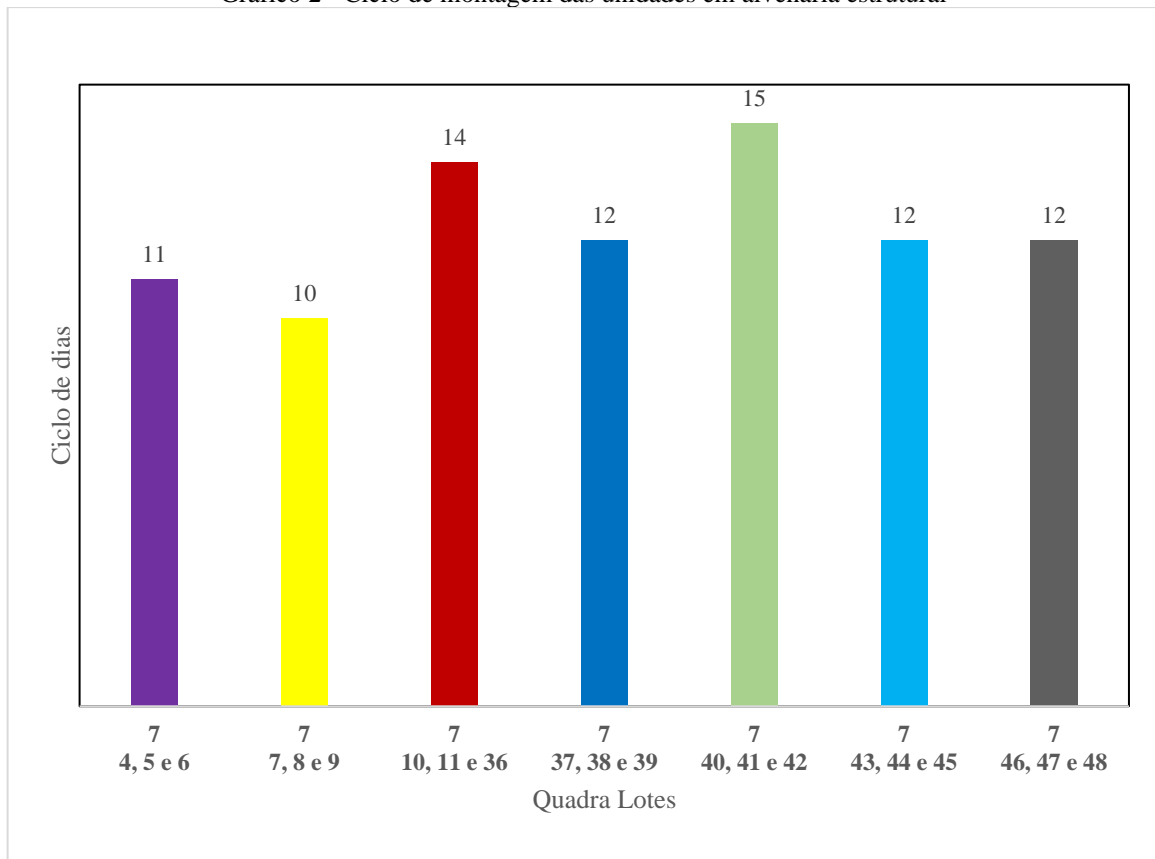
A Tabela 3 apresenta o ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural em um empreendimento específico, com base em informações das quadras e lotes. O ciclo de montagem é representado em dias, indicando o período de início e término da execução das paredes e lajes de cada unidade.

Uma análise dos dados revela que o ciclo de montagem varia de lote para lote. Alguns lotes, como o lote 10, 11 e 36, apresentam um ciclo de 14 dias, enquanto outros, como o lote 7, 8 e 9, têm um ciclo de 10 dias. O lote 40, 41 e 42 possui o ciclo mais longo, com 15 dias. Essa variação nos ciclos pode ser atribuída a diferentes fatores, como a disponibilidade de mão de obra, a complexidade da execução, condições climáticas, entre outros.

Segundo Maineri (2023), a análise desses ciclos é essencial para o planejamento e controle da obra. Permite identificar quais lotes ou unidades têm uma montagem mais eficiente e quais podem ser otimizados. Além disso, ajuda na gestão do cronograma e recursos, contribuindo para o cumprimento dos prazos e a eficiência da construção.

Ainda conforme Maineri (2023), é importante ressaltar que, assim como no caso das placas pré-moldadas, o ciclo de montagem é uma métrica que influencia diretamente a produtividade da obra e o uso eficiente dos recursos, tornando-se um indicador relevante na construção civil. Para melhor visualização, a seguir esses dados são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Ciclo de montagem das unidades em alvenaria estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para as unidades residenciais construídas com as placas de concreto, coletaram-se dados referentes a 11 ciclos de execução da montagem das paredes e lajes. Com isso, notou que o prazo médio de execução de um ciclo foi de 6,18 dias; com desvio padrão na ordem de 1,54 dias e coeficiente de variação 24,87%. Considerando que cada ciclo foi formado pela execução de 2 lotes, nota-se que o prazo médio de execução de um lote foi de 3,09 dias; ou seja, 27,81 horas. Foi constatado, por meio de acompanhamento dos serviços, que os principais motivos para haver ciclos mais demorados foram as chuvas e a baixa produtividade da mão de obra.

Para as edificações executadas por meio da alvenaria estrutural, foram reunidos dados relacionados a 7 ciclos do serviço. Obteve o prazo médio de execução de um ciclo na ordem de 12,29 dias, com desvio padrão de 1,70 dias e coeficiente de variação de 13,87%. Sabendo que cada ciclo corresponde a três lotes executados, o prazo médio de execução de um lote foi de 4,1 dias, ou seja, 36,9 horas. Com o auxílio de planilhas alimentadas de acordo a produção diária do serviço, os fatores causadores dos ciclos mais longos de execução foram as chuvas, retrabalhos, falta de materiais e atraso no horário programado para chegada do caminhão betoneira para concretagem da laje.

Os dados referentes à média de dias e horas para execução de um lote estão presentes na Tabela 4.

Tabela 4- Média de dias e horas da execução das paredes e lajes

Execução das paredes e lajes				
	Média		Desvio padrão (dias)	Coeficiente de variação
	Dias	Horas		
Placas pré-moldadas	3,09	27,81	1,54	24,87
Alvenaria estrutural	4,10	36,90	1,70	13,87

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao comparar os dois sistemas construtivos, é evidenciado uma redução do prazo médio de execução entre as placas de concreto pré-moldados e alvenaria estrutural. Em horas trabalhadas, o sistema de placas pré-moldados se mostrou 32,69% mais rápido de executar do que a alvenaria estrutural.

É importante salientar a diferença das áreas entre as casas analisadas, onde as edificações em alvenaria estrutural apresentam uma área 30% maior (57,69 m²) do que as de placas pré-moldadas (44,30 m²).

Além disso, há a diferença na quantidade de profissionais trabalhando em cada sistema construtivo. Nas edificações em placas pré-moldadas, a equipe era formada por 2 profissionais e 2 ajudantes. Já nas residências em alvenaria estrutural, a equipe era constituída por 2 profissionais e 1 ajudante.

Considerando que nas casas em placas pré-moldadas a área era menor e a equipe alocada para fazer o serviço maior do que nas casas em alvenaria estrutural, percebe que estes foram condições que ajudaram a chegar no prazo médio de execução entre os sistemas construtivos. Houve ainda fatores como a chuva e atrasos que afetaram a produtividade, mas essas causas foram comuns em ambos os métodos.

No estudo de Rodrigues e Matuti (2018), ao comparar casas construídas com um sistema de "blocos rápidos" e casas com um sistema de alvenaria estrutural, ficou evidente que o tamanho da área construída nas casas de "blocos rápidos" era menor do que nas casas de alvenaria estrutural. Além disso, a equipe de construção atribuída ao método dos "blocos rápidos" era numericamente superior em comparação com a equipe que trabalhou nas casas de alvenaria estrutural. Essas condições tiveram relevância na determinação do prazo médio de execução entre os dois sistemas construtivos.

Utilizando a Razão Unitária de Produção (RUP) para conferir a produtividade dos

serviços, foi possível observar os resultados de cada sistema avaliado. A Tabela 5 apresenta o cálculo para cada um.

Tabela 5 - Razão unitária de produção (RUP)

Razão unitária de produção				
	Horas trabalhadas	Quantidade de profissionais	Quantidade de serviço (m ²)	RUP
Placas pré-moldadas	27,81	4,00	44,30	2,51
Alvenaria estrutural	36,90	3,00	57,69	1,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Analisando o índice, percebe-se que quanto menor ele for, melhor é a produtividade do serviço. Assim sendo, adotar a alvenaria estrutural como sistema construtivo se mostrou melhor nesse aspecto, sabendo que a produtividade foi 23,5% melhor do que o sistema de placas pré-moldadas.

5.2 REVESTIMENTO INTERNO

O revestimento interno em construção civil é uma etapa fundamental do processo de acabamento das edificações. A cobertura das superfícies internas de paredes e lajes tem como objetivo melhorar a estética, durabilidade e funcionalidade dos ambientes construídos. Os revestimentos internos podem variar amplamente em termos de materiais e técnicas utilizadas, dependendo das necessidades específicas do projeto e das preferências estilísticas (LOURENÇO et al., 2014).

Conforme Lourenço et al. (2014), dentre os principais materiais utilizados para o revestimento interno, destacam-se o gesso, a cerâmica, o azulejo, a pintura, o papel de parede e o revestimento vinílico, entre outros. A escolha dos materiais e técnicas deve considerar fatores como o ambiente em que serão aplicados, a durabilidade desejada, o orçamento disponível e a estética pretendida.

A tabela 6 traz a apresentação dos prazos de execução do revestimento interno das unidades em paredes de placas pré-moldadas.

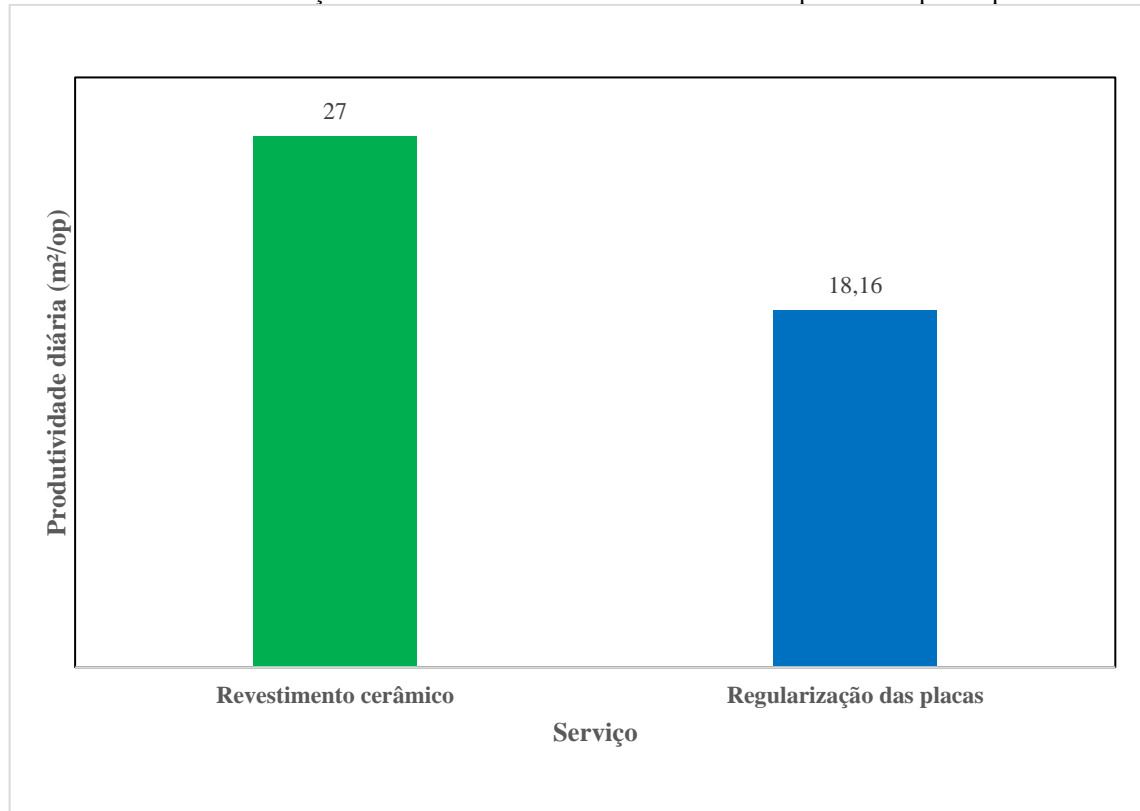
Tabela 6 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em paredes de placas pré-moldadas

Execução de revestimento interno						
Etapas	Ambientes	Produção diária (m ²)	Número de operários	Produtividade diária (m ² /operário)	Área de revestimento (m ²)	Execução de 1 unidade (dias)
Revestimento cerâmico	Banheiros; Cozinha (parede hidráulica); Área de serviço (parede hidráulica)	54,00	2	27,00	108,00	2
Regularização das placas	Placas internas	18,16	1	18,16	36,32	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para melhor visualização, a seguir esses dados são apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em paredes de placas pré-moldadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A execução do revestimento interno nas unidades construídas com o sistema de alvenaria estrutural é uma etapa essencial do processo de acabamento. Geralmente, o revestimento interno é aplicado diretamente sobre os blocos de alvenaria, e nesse contexto, o gesso desempenado é uma escolha comum para essa finalidade. Essa etapa é fundamental para

melhorar a estética e a funcionalidade das unidades, ao mesmo tempo que contribui para o isolamento térmico e acústico, criando ambientes mais confortáveis para os ocupantes.

A tabela 7 traz a apresentação dos prazos de execução de revestimento interno das unidades em alvenaria estrutural do presente trabalho.

Tabela 7 - Prazos de execução do revestimento interno das unidades em alvenaria estrutural

Execução de revestimento interno						
Etapas	Ambientes	Produção diária (m²)	Número de operários	Produtividade diária (m²/op)	Área de revestimento (m²)	Execução de 1 unidade (dias)
Gesso desempenado	Sala; Dormitórios; Cozinha; Áreas de serviço	33,00	1	33,00	165,00	5
Revestimento cerâmico	Banheiros; Cozinha (parede hidráulica); Área de serviço (parede hidráulica)	40,75	2	20,38	122,25	3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A Tabela 7 fornece informações importantes sobre os prazos de execução do revestimento interno nas unidades construídas com o sistema de alvenaria estrutural. Ela se divide em duas etapas: a aplicação de gesso desempenado em ambientes como sala, dormitórios, cozinha e áreas de serviço, e a aplicação de revestimento cerâmico em ambientes como banheiros, paredes hidráulicas da cozinha e área de serviço.

Analisando a tabela 7, essa apresenta dados relacionados à produção diária, incluindo a quantidade de metros quadrados de revestimento aplicados, o número de operários envolvidos e a produtividade diária, calculada em metros quadrados por operário. Especificando a área total de revestimento a ser aplicada em cada unidade e o prazo de execução para finalizar o revestimento interno de uma unidade habitacional. Esses dados são essenciais para compreender a eficiência da mão de obra e o tempo necessário para concluir essa fase crítica da construção.

Na tabela 8 há a apresentação Razão Unitária de Produção (RUP) do revestimento interno para placas pré-moldadas, especificamente para as etapas de aplicação do revestimento cerâmico e regularização das placas.

Tabela 8 - Razão Unitária De Produção (RUP) do revestimento interno para placas pré-moldadas

Razão Unitária De Produção				
	Horas trabalhadas	Quantidade de profissionais	Quantidade de serviço (m ²)	RUP
Revestimento cerâmico	9,00	2,00	54,00	0,33
Regularização das placas	9,00	1,00	18,16	0,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para o revestimento cerâmico, a RUP indica que, em média, para a realização de 1 metro quadrado do serviço de revestimento cerâmico, em 1 hora trabalhada, é necessário 0,33 profissional. Ou seja, em média, 1 profissional produziu cerca de 3 m² em 1 hora de trabalho. A RUP para a regularização das placas é de 0,50, o que indica que a produção média de 1 profissional para esse serviço é de 2 m² a cada hora trabalhada.

Através da análise da RUP, é possível identificar áreas que podem ser alvo de melhorias para aumentar a eficiência do processo construtivo, considerando fatores como custo, tempo e qualidade, conforme as teorias da produtividade na construção civil. Além disso, a RUP pode ser utilizada para dimensionar as equipes para cada serviço de forma mais otimizada.

Vale ressaltar que a RUP do revestimento interno (Tabela 9) para as unidades em alvenaria estrutural é uma métrica que avalia a produtividade das etapas de aplicação do gesso desempenado e do revestimento cerâmico. Ela considera o tempo de trabalho, o número de profissionais envolvidos e a quantidade de serviço realizado.

Tabela 9 - Razão Unitária De Produção (RUP) do revestimento interno para alvenaria estrutural

Razão Unitária De Produção				
	Horas trabalhadas	Quantidade de profissionais	Quantidade de serviço (m ²)	RUP
Gesso desempenado	9,00	1,00	33,00	0,27
Revestimento cerâmico	9,00	2,00	40,75	0,44

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Comparando os valores da RUP referentes à execução do revestimento interno em cada sistema construtivo, nota-se que a produtividade foi maior nas unidades de placas pré-moldadas (RUP = 0,33) do que nas unidades em alvenaria estrutural (RUP = 0,44). Além disso, caso todas as placas de concreto tivessem tido um acabamento melhor na etapa de produção, o serviço de regularização das placas poderia ser dispensado, diminuindo, assim, o prazo de execução de

revestimento interno.

Já ao estudar os valores somados dos indicativos da RUP entre os dois sistemas, nota-se que a produtividade dos serviços de revestimento interno foi melhor nas unidades de alvenaria estrutural (RUP = 0,71), com uma diferença de 13,8% comparado com os serviços nas unidades de placas pré-moldadas (RUP = 0,83).

5.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Com a produtividade encontrada a partir da Razão Unitária de Produção dos serviços em cada sistema construtivo estudado, é possível compará-las com os valores de referência dispostos no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e na Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO) para os serviços de alvenaria estrutural e revestimentos internos.

Foi elaborada a Tabela 10 com os dados retirados da TCPO, para melhor visualização. Nela é observado que a produtividade no serviço do pedreiro e servente somados é de 1,6.

Tabela 10 - Produtividade para o serviço de execução de alvenaria estrutural

Código	Componentes	Unid.	Consumos	
04222.	Alvenaria de peças de concreto - estrutural			
04222.8.1	Alvenaria estrutural com blocos de concreto, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3 - tipo 3 - unidade: m ³			
			Dimensões (cm)	
			14 X 19 X 39	19 X 19 X 39
			Espessura da parede (cm)	
			14	19
			04222.8.1.1	04222.8.1.2
	Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3	m ³	0,0134	0,0182
	Pedreiro	h	0,8	0,8
	Servente	h	0,8	0,8
	Bloco de concreto estrutural - bloco inteiro	un	12,9	12,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A Figura 11 apresenta a composição analítica do serviço de alvenaria estrutural com blocos de concreto pela SINAPI, onde os índices de pedreiro e servente somados resultam em um valor de 1,24.

Figura 11 - Produtividade para o serviço de execução de alvenaria estrutural (SINAPI)

89470 ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM), M2						
FBK = 4,5 MPA, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO. AF_10/2022						
I	25070 BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	CR	10,2040000	3,14	32,04
I	38589 MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	CR	1,4600000	1,79	2,61
I	38591 BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 34 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	CR	1,4600000	2,87	4,19
I	38597 CANALETA DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	CR	0,9700000	3,53	3,42
C	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,6200000	30,60	18,97
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,6200000	21,47	13,31
C	88715 ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA M3	CR		0,0168000	612,24	10,28
EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO						
COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019						
	EQUIPAMENTO	:		0,01	0,0118119 %	
	MATERIAL	:		61,17	72,1119774 %	
	MAO DE OBRA	:		23,62	27,8525868 %	
	OUTROS	:		0,02	0,0236239 %	
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		84,82	100,0000000 % - ORIGEM DE PREÇO: CR	

Fonte: SINAPI (abril, 2023).

Em acordo com a análise em campo, os resultados de produtividade encontrados apresentaram variações significativas em relação aos valores previstos no TCPO e na SINAPI. Essas diferenças podem ser atribuídas a fatores como a falta de materiais percebida durante a obra e os atrasos na produção devido às condições climáticas, que impactaram a produtividade dos serviços.

Para uma melhor compreensão e visualização das discrepâncias, a tabela 11 a seguir resume os índices de produtividade encontrados no TCPO, na SINAPI e os valores obtidos em campo para o serviço de execução de alvenaria estrutural:

Tabela 11 - Índices de produtividade 1

Índices de produtividade			
Serviço	TCPO	SINAPI	Campo
Execução de alvenaria estrutural	1,60	1,24	1,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A Figura 12 e a Figura 13 apresentam a composição analítica do serviço de revestimento cerâmico e gesso desempenado de acordo a SINAPI, com índices de pedreiro e servente de 0,425 e 0,434, respectivamente.

Figura 12 - Produtividade para o serviço de revestimento cerâmico

87257	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÃO M2					
	ES 60X60 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10 M2. AF 02/2023 PE					
I	1292 PISO EM CERAMICA ESMALTADA EXTRA, PEI MAIOR OU IGUAL A 4, FORMATO MAIOR QU M2	CR	1,0691000	62,40	66,71	
	E 2025 CM2					

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1

3332 de 3944

PCI.818.01 - CUSTOS DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICO

DATA DE EMISSÃO:13/04/2023 23:34:16

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 115,15%(HORA) 71,22%(MÊS)

ABRANGENCIA: NACIONAL

DATA REFERENCIA TECNICA: 13/04/2023

VÍNCULO : CAIXA REFERENCIAL

I	1381 ARGAMASSA COLANTE AC I PARA CERAMICAS	KG	C	9,1300000	0,80	7,30
I	34357 REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	KG	CR	0,1410000	4,69	0,66
C	88256 AZULEJISTA OU LADRILHISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,2892000	30,45	8,80
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,1356000	21,47	2,91
	MATERIAL	:		78,20	90,5225351 %	
	MAO DE OBRA	:		8,18	9,4774649 %	
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		86,38	100,0000000 % - ORIGEM DE PREÇO: CR	

Fonte: SINAPI (abril, 2023).

Figura 13 - Produtividade para o serviço de gesso desempenado

87418	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES, ESPESSURA M2					
	DE 0,5CM. AF 03/2023					
I	3315 GESSO EM PO PARA REVESTIMENTOS/MOLDURAS/SANCAS E USO GERAL	KG	CR	9,6632100	0,86	8,31
C	88269 GESSEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,3297900	30,38	10,01
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,1044300	21,47	2,24
	MATERIAL	:		11,90	57,8330894 %	
	MAO DE OBRA	:		8,66	42,1669106 %	
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		20,56	100,0000000 % - ORIGEM DE PREÇO: CR	

Fonte: SINAPI (Abril, 2023).

De acordo o levantamento de dados, o índice encontrado para o serviço de revestimento cerâmico foi de 0,44 quando executado em alvenaria estrutural e de 0,33 quando executado nas unidades em placas pré-moldadas. Para o de gesso desempenado, o valor da produtividade encontrada foi de 0,27, executado nas edificações em alvenaria estrutural. O de revestimento cerâmico se aproximou bastante do encontrado na literatura, mas o serviço de gesso desempenado se mostrou mais produtivo. A tabela 12 a seguir apresenta esses dados de forma resumida, para melhor visualização.

Tabela 12 - Índices de produtividade 2

Índices de produtividade			
Serviço	SINAPI	Campo (Alvenaria Estrutural)	Campo (placas pré-moldadas)
Revestimento cerâmico	0,425	0,44	0,33
Gesso desempenado	0,434	0,27	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os valores apresentados na tabela demonstram as diferenças entre a produtividade esperada com base nas referências (TCPO e SINAPI) e o que foi observado em campo. No caso da execução do serviço de alvenaria estrutural, a produtividade encontrada em campo foi menor do que as dispostas na literatura, com o valor encontrado em campo sendo 20% maior que o previsto no TCPO e 55% maior que a prevista na SINAPI. Já no serviço de revestimento cerâmico, a produtividade em campo nas unidades em alvenaria estrutural se aproximou bastante do valor encontrado na SINAPI, com uma diferença de 3,5% entre eles, mas considerando as casas em placas pré-moldadas, a produtividade no serviço de revestimento cerâmico foi melhor, com uma diferença de 22% da produtividade prevista na SINAPI.

Essa análise resumida destaca as variações significativas e reforça a importância de considerar as condições reais de execução em projetos de construção civil, uma vez que fatores como disponibilidade de materiais e condições climáticas podem afetar a produtividade dos serviços.

A referência ao trabalho de Souza et al. (2017) fornece um contexto importante para a análise da produtividade do serviço de paredes e lajes em placas pré-moldadas no presente estudo. Embora o trabalho aborde o mesmo sistema construtivo, é fundamental observar as diferenças nos parâmetros analisados em relação ao presente estudo.

O trabalho de Souza et al. (2017) concentrou-se principalmente na execução das paredes de concreto pré-moldadas e no serviço de graute, enquanto o presente estudo inclui a montagem das lajes em placas pré-moldadas. Essa diferença é relevante, uma vez que a montagem das lajes é uma etapa adicional que influencia o ciclo de execução.

Comparando os valores de ciclo encontrados no presente estudo com os resultados de Souza et al. (2017), é possível observar que o ciclo completo, considerando a montagem das lajes em placas pré-moldadas, apresentou um tempo maior de execução. Isso sugere que a inclusão da montagem das lajes aumenta a duração do ciclo em comparação com a execução das paredes e grauteamento isoladamente. Essa informação é relevante para uma análise mais abrangente da produtividade do sistema construtivo de placas pré-moldadas em projetos de construção civil.

Considerando que, em campo, a média do ciclo de dias foi de 3,09 dias (montagem das paredes, grauteamento e montagem das lajes) e na literatura encontrou-se o prazo de 2 dias (montagem das paredes e grauteamento) com um serviço a menos, pode-se dizer que o tempo de produção entre o coletado em campo e o encontrado na literatura se aproximam (Figura 14).

Figura 14- Prazo de execução para paredes de concreto

Etapa da execução	Data Inicial	Tempo (Dias úteis)	Data Final
Serviços preliminares	12/01/2017	4	17/01/2017
Infraestrutura	17/01/2017	4	20/01/2017
Supraestrutura 1º etapa	20/01/2017	10	06/02/2017
Fabricação dos painéis	17/01/2017	5	23/01/2017
Montagem das paredes	07/02/2017	1	07/02/2017
Grauteamento	08/02/2017	1	08/02/2017
Supraestrutura 2º etapa	09/02/2017	4	14/02/2017
Montagem das paredes platibanda e caixa d'agua	17/02/2017	1	17/02/2017
Grauteamento e laje caixa d'agua	17/02/2017	1	17/02/2017
Total em dias		31	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Fonte: Souza et al. (2017).

Dessa forma, é importante ressaltar que a comparação com os valores de referência deve levar em consideração as especificidades de cada obra e as condições locais, que podem influenciar na produtividade dos serviços.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, os resultados obtidos na pesquisa apresentaram uma comparação entre os sistemas construtivos de placas de concreto pré-moldadas e alvenaria estrutural. Foi constatado que o sistema de placas pré-moldadas apresentou um prazo médio de execução menor em relação à alvenaria estrutural, sendo 32,69% mais rápido.

No entanto, é importante mencionar que as edificações em alvenaria estrutural possuem uma área 30% maior em comparação às de placas pré-moldadas. Além disso, a equipe de trabalho alocada para cada sistema é distinta, sendo composta por dois profissionais e dois ajudantes, enquanto a alvenaria estrutural é composta por dois profissionais e um ajudante.

Ao analisar a produtividade dos serviços utilizando a Razão Unitária de Produção (RUP), a alvenaria estrutural se mostrou mais eficiente, apresentando uma produtividade 23,5% superior ao sistema de placas pré-moldadas.

Em relação ao revestimento interno, a produtividade foi menor nas unidades de placas pré-moldadas. No entanto, caso houvesse um melhor acabamento das placas na etapa de produção, seria possível reduzir o prazo de execução deste tipo de sistema construtivo e melhorar sua produtividade. Os serviços de revestimento interno tiveram uma diferença no valor da produtividade de 13,8% entre os sistemas construtivos analisados.

É importante ressaltar que os resultados obtidos devem ser analisados em conjunto com os valores de referência do mercado, como o SINAPI e o TCPO, levando em consideração as particularidades de cada obra e as condições locais, que podem influenciar na produtividade dos serviços.

Dessa forma, essa pesquisa fornece uma base de informações para auxiliar na escolha do sistema construtivo mais adequado, considerando fatores como prazo de execução, produtividade e área da construção. Cabe ressaltar que é necessário realizar uma análise mais aprofundada e considerar as necessidades e características específicas de cada projeto antes de decidir final.

Com base nas análises realizadas, é possível sugerir que pesquisas futuras explorem ainda mais a otimização da produtividade em ambas as abordagens. Uma área de interesse pode ser a investigação de estratégias para reduzir o prazo de execução e aumentar a eficiência dos serviços em placas pré-moldadas, considerando aspectos como o acabamento das placas na etapa de produção. Além disso, investigar o desempenho de sistemas construtivos em diferentes regiões geográficas e condições climáticas pode enriquecer a compreensão das variáveis que afetam a produtividade na construção civil. Essas pesquisas futuras podem contribuir para

aprimorar ainda mais a eficiência e a qualidade das construções no setor.

REFERÊNCIAS

- ABCIC. **Manual de Montagem das Estruturas Pré-fabricadas de concreto**. São Paulo. 2019.
- ABCIC. **Pré – fabricados de concreto**. Curso pré-fabricados abcic. Recife-12-11-2013.
- ABNT. **NBR 15270 - Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro. 2017.
- ABNT. **NBR 16868 – Alvenaria Estrutural**. Rio de Janeiro. 2020.
- ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. (FIP-2002). Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003).
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da construção industrializada**. 2015.
- ALMEIDA, L. R. de. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. Monografia (Especialista em Tecnologia e produtividade das construções). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone: NBR NM-67**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro. 2017.
- BALDUINO, G. M. **Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura aporticada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto – estudo de caso**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2016.
- BORGES, C. S. **Dimensionamento de painéis pré-moldados de concreto autoportante**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2018.
- BRUMATTI, D. O. **Uso de pré-moldado – estudo e viabilidade**. Monografia (Especialista em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória. 2008.
- CAIXA (Caixa Econômica Federal). **SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoiopoder-Publico/sinapi/default.aspx>>. Acesso em: 13 mai. 2023.
- CAMACHO, S. J. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Anais. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filhos, Ilha Solteira, SP, 2006.
- CAMPOS, Joao C. **Alvenaria Estrutural Especialização em Engenharia de Estruturas**, Lins – SP, 2012.

CAVALHEIRO, O. P. **Argamassa de assentamento: receita, dosagem ou adequação de traço?** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1, Goiânia. Anais... Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1998.

CUNHA, B. F. **Sistema pré-moldado de concreto: estudo de caso na universidade federal de Santa Catarina.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis. 2016.

DELLATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional.** Universidade Federal de Santa Maria. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Santa Maria. 2014.

DINIZ, C. R. **Análise comparativa entre custos de uma edificação construída em alvenaria estrutural e redimensionada em concreto armado.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2017.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** São Carlos: Escola da Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). 2000.

FERREIRA, D.G.; VIEIRA, A. G. O impacto da motivação na produtividade da construção civil. **Gestão e Gerenciamento**, [S.l.], v. 22, n. 22, set. 2023. ISSN 2447-1291.

GUEDES, D. M. **Resistências não-satisfatórias de elementos de alvenaria Estrutural: estudo de caso.** Monografia (bacharel em engenharia civil). Universidade Federal Do Paraná. Curitiba. 2016.

ISHIKAWA, P. H. **Propriedades de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MAINERI, N. **Projeto do sistema de produção de uma obra residencial em alvenaria estrutural.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2023.

MIRANDA, C. P. C.; SILVA, J. M. B. **Avaliação da aderência, bloco de concreto / argamassa com fibras kraft, de juntas de assentamento de alvenaria estrutural.** Monografia (bacharel em engenharia civil). Universidade Federal De Goiás. Goiânia. 2014.

MOTA, W. L. **Contribuição de lajes e paredes de vedação na resistência de um pórtico espacial de concreto armado frente a sismos na cidade de Fortaleza - CE.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2021.

NONATO, L. F. C. **Alvenaria estrutural e suas implicações.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2013.

OLIVEIRA, W. C.; SANTOS, R. O. G.. **Viabilidade do uso de placa pré-moldada de concreto em casas no estado do Tocantins.** Engineering Sciences, v.9, n.1, p.53-67, 2021.

PASTRO, Z. **Alvenaria Estrutural Sistema Construtivo.** Monografia (Monografia em engenharia civil) - USF. Itatiba, 2007.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré dimensionamento.** (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2018.

PRADO, A. M. et al. **Alvenaria estrutural com bloco de concreto: estudo do método executivo.** Artigo de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário UNA. 2022.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. **Projetos de edifícios de alvenaria de alvenaria estrutural.** 1.ed. 3. Tiragem. São Paulo. Pini. 2003.

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema. Extrema. 2018.

SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de vedações verticais.** Notas de aula do MBA em tecnologia e gestão na produção de edifícios. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/index.php?option=com_jumi&fileid=20&Itemid=96&lang=ptbr&cx=011662445380f=FORID%3A11&hl=ptbr&q=Tecnologia+de+produ%C3%A7%C3%A3o+de+veda%C3%A7%C3%B5es+verticais&g%3Dpt-br>. Acesso em: 07 set. 2022.

SAHARA. **Obras em alvenaria.** (2017). Disponível em: <<https://www.sahara.com.br/artefatos-vibro-moldado/blocos-de-concreto.php>>. Acesso em: 07 set. 2022.

SALDANHA, K.N.G. **Gestão da cadeia de suprimentos da construção:** uma proposta para a tomada de decisão na compra de materiais. Universidade do Minho, 2021.

SANTANA, R. A. **Coleção IOB da construção civil.** 1ª ed. São PAULO. 2012.

SANTOS, R. A. **Controle da qualidade da execução da alvenaria estrutural.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Da Bahia. Salvador. 2010.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.DE A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto.** 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos. 2005.

SINAT – SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS (Org.). **Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A.** Brasília: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – Pbpq-h, 2016.

SIRTOLI, A. S. C. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal De Santa Maria. Santa Maria. 2015.

SOTOMAYOR, C. R. G. **Gerenciamento e gestão da implantação e manutenção de uma central de pré-moldados em obra de edificações: estudo das vantagens e desvantagens.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.

SOUZA, F. M.; RUFINO, L. M. **Construção residencial unifamiliar em paredes de concreto pré-moldada: comparativo entre métodos tradicional (alvenaria em bloco cerâmicos) e**

pré-moldados. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Do Sul De Santa Catarina. Tubarão. 2017.

SOUZA, M.; TAISE, P. **Estratégias para elaboração do plano de ataque na construção civil.** (2015). Disponível em: <https://pmkb.com.br/artigos/estrategias-para-elaboracao-do-plano-de-ataque-na-construcao-civil/>. Acesso em: 7 set. 2022.

SOUZA, U.E. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão de produtividade na construção.** São Paulo: PINI, 2006.

TAUIL, C.A.; NESSE, F.J.M. **Alvenaria Estrutural: Metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, normas e ensaios.** São Paulo, Pini. 2010.

TCPO: **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos.** 13. ed. São Paulo: Pini, 2008. 640 p.

VIAPIANA, R. **Análise de resistência de prismas de blocos cerâmicos e de blocos de concreto com função estrutural.** Monografia (Bacharel em engenharia civil). Universidade Regional do Norte do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2009.

WOSNIAK, B. R. **Revisão sistemática da literatura de prismas de alvenaria estrutural produzidos com blocos de concreto e cerâmica.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pampa. Alegrete. 2021.