



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

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DO SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO  
ARMADO NO CUSTO DE UMA HABITAÇÃO RESIDENCIAL TÉRREA**

**ÍTALO BRUNO DE FARIA MEDEIROS**

**POMBAL – PB**

**2023**

ÍTALO BRUNO DE FARIA MEDEIROS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DO SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO  
ARMADO NO CUSTO DE UMA HABITAÇÃO RESIDENCIAL TÉRREA

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. Me. Luiz Ricardo da  
Silva Linhares

POMBAL – PB

2023

M488a Medeiros, Ítalo Bruno de Faria.

Análise comparativa entre o uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea / Ítalo Bruno de Faria Medeiros. – Pombal, 2023.

50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)  
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e  
Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Me. Luiz Ricardo da Silva Linhares”.

Referências.

1. Engenharia de custos. 2. Construção civil. 3. Minimização de desperdícios.
4. Análise de custos. I. Linhares, Luiz Ricardo da Silva. II. Título.

CDU 624:338.5 (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.

ITALO BRUNO DE FARIA MEDEIROS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO NO CUSTO DE UMA HABITAÇÃO RESIDENCIAL TÉRREA**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (ITALO BRUNO DE FARIA MEDEIROS) **APROVADO** em 01 de dezembro de 2023 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  
 LUIZ RICARDO DA SILVA LINHARES  
Data: 07/12/2023 10:16:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Luiz Ricardo da Silva Linhares  
(Orientador – UFCG)



Assinado digitalmente por Eduardo  
Morais de Medeiros  
Razão: Eu atesto a precisão e a  
integridade deste documento  
Localização: Pombal/PB  
Data: 2023.12.07 06:37:05-03'00'

Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros  
(Membro Interno – UFCG)

Documento assinado digitalmente  
 RIVALDO DA SILVA FILHO  
Data: 07/12/2023 08:12:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Rivaldo da Silva Filho  
(Membro Externo – UNIFIP CENTRO UNIVERSITÁRIO)

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Sandra e Givanildo, pelo empenho,  
abdicações e por todo o apoio, a eles sou  
grato.*

## **AGRADECIMENTOS**

É com imensa gratidão que venho por meio deste texto agradecer a todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. À medida que este árduo percurso se encaminha para o fim, sinto uma profunda sensação de dever cumprido, e de dívida com aqueles que tornaram tudo isso possível.

Primeiramente, expresso minha gratidão à minha mãe, Sandra Gomes de Faria, que sempre esteve ao meu lado. Agradeço por todo amor e proteção, por sua presença constante, segurando a minha mão nos momentos mais turbulentos, e por me conceder a força necessária para seguir adiante durante todo esse processo. Ao meu pai, Givanildo Vicente Medeiros, por todos os ensinamentos, pelo o empenho incansável que dedicou para que pudesse alcançar meus objetivos. Apesar de ambos não tenho tido as mesmas oportunidades, não mediram esforços e fizeram abdições para viabilizar a minha formação acadêmica. Expresso minha profunda gratidão, sem esse apoio, isso não seria possível.

À minha avó materna, Maria de Fátima, que sempre me apoiou, agradeço por tudo, por cuidar de mim, por cada conselho e por cada gesto de amor.

À Jeane Patrícia, expresso minha profunda gratidão, por todo o apoio, por me ajudar nos momentos que mais precisei, por todo o encorajamento e por cada gesto que sempre serão singulares em minha vida.

A todos os meus amigos e futuros colegas de profissão agradeço por fazerem parte de toda esta jornada e torna-la mais agradável, em especial, Francisco Cláudio, Pedro Júlio, Vinícius Lamark e Felipe Rodrigues.

Ao meu orientador, Me. Luiz Ricardo, pela oportunidade de ser seu orientando, expresso minha sincera gratidão por todos os conhecimentos compartilhados e os valiosos ensinamentos repassados.

Por fim, aos meus professores e colaboradores da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, campus Pombal, pelo papel fundamental que fizeram para com a minha preparação como engenheiro civil. Muito obrigado a todos.

## **Análise comparativa entre o uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

*Comparative analysis between the use of the structural masonry and reinforced concrete construction system in the cost of a single-story residential dwelling.*

Autor Ítalo Bruno de Faria Medeiros, e-mail: italofariaeng@gmail.com

Orientador Prof. Me. Luiz Ricardo da Silva Linhares, e-mail: luiz.ricardo@ufcg.edu.br

---

### **RESUMO**

A análise de custo é um dos fatores importantes para obter êxito na busca por um sistema construtivo seguro e eficiente, minimizando desperdícios. Diante isto, o presente trabalho tem como objetivo comparar os orçamentos necessários para a construção da estrutura de uma edificação residencial térrea, abordando os insumos e a mão de obra, para os sistemas estruturais em concreto armado e em alvenaria estrutural. Para realizar essa pesquisa, utilizou-se os *softwares* Revit e TQS para a modulação e geração das estruturas. Após a concepção estrutural, foram feitas análises estruturais em ambos os sistemas, a fim de garantir a segurança estrutural do projeto. Em seguida, foi elaborado o quantitativo dos materiais e calculado os custos com base no banco de dados de preços de insumos e serviços do SINAPI, referente ao estado do Rio Grande do Norte. Ao concluir o processo, obteve-se uma economia de 47,69% em relação ao sistema comparado. Dessa forma, com os resultados desta pesquisa foi possível observar que, para este caso, o sistema em alvenaria estrutural pode ser uma alternativa altamente viável e eficiente, na busca pela redução de custos e minimização de desperdícios.

**Palavras-chave:** Construção. Desperdícios. Custos.

### **ABSTRACT**

A cost analysis is one of the important factors in achieving success in the search for a safe and efficient construction system, minimizing waste. Therefore, the present study aims to compare the budgets required for the construction of the structure of a single-story residential building, addressing the inputs and labor, for reinforced concrete and structural masonry systems. To conduct this research, the Revit and TQS software were used for the modeling and generation of the structures. After the structural design, structural analyses were performed on both systems to ensure the project's structural safety. Subsequently, the quantity of materials was elaborated, and costs were calculated based on the price database of inputs and services from SINAPI, referring to the state of Rio Grande do Norte. Upon completion of the process, a 47.69% cost saving was achieved compared to the compared system. Thus, with the results of this research, it was possible to observe that, in this case, the structural masonry system can be a highly viable and efficient alternative in the pursuit of cost reduction and waste minimization.

**Keywords:** Construction. Waste. Costs.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil consiste em uma das áreas com as atividades industriais mais fortemente relacionadas com o desenvolvimento e crescimento do país, sendo responsável por cerca de 6,9% do PIB nacional e pela criação de 10% dos empregos formais, de acordo com o IBGE em 2022. No atual cenário da construção, a busca por redução de custos e a exigência de certificação da qualidade para participação em licitações têm impulsionado as empresas do setor a buscar alternativas de métodos construtivos mais eficientes (Euphrosino, 2022).

Diante desse aspecto, dentre as alternativas de técnicas construtivas, a técnica de construção em alvenaria estrutural mostra-se uma alternativa economicamente vantajosa e altamente eficiente quando comparada ao método tradicional de concreto armado moldado no local (Rodrigues, 2023).

Esse elemento, é composto pela junção de diferentes materiais, como as unidades de alvenaria (blocos), argamassa, betão de enchimento e armaduras que em conjunto lhe conferem resistência a outras cargas além do seu peso próprio. A economia não se deve apenas à integração da alvenaria e da estrutura em uma única etapa, mas também à redução na utilização de materiais como madeira, aço e concreto, à aplicação de revestimentos com menor espessura e à execução mais rápida, reduzindo também a geração de resíduos em obra (Rodrigues, 2023).

O sistema em concreto armado, por sua vez, constituído por vigas, pilares e lajes, com alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, ainda é o mais utilizado no Brasil. A grande difusão e permanência desse método no mercado é consequência, principalmente, da disponibilidade de materiais e exigência por uma mão de obra menos qualificada (Martino, 2022).

Já a alvenaria estrutural, tem como estrutura as próprias paredes, com blocos de concreto ou cerâmica e exigem mão de obra mais qualificada, o que torna o sistema menos difundido. Apesar disso, a sua vantagem econômica serviu como estímulo para algumas empresas construtoras adotarem o sistema (Ferreira, 2023).

Mediante o exposto, o presente trabalho buscou analisar os impactos associados às estruturas em alvenaria estrutural e em concreto armado. Para isso, foi selecionado uma casa térrea como objeto de pesquisa e aplicado duas situações distintas de modelo estrutural: alvenaria estrutural e concreto armado. O foco principal da pesquisa foi realizar uma análise comparativa dos custos envolvidos nos orçamentos de ambas as estruturas.



Realizar-se-á, ainda, a análise da eficiência construtiva de cada sistema em termos de tempo, recursos e mão de obra necessária. Para isso foi feita a concepção estrutural de ambas as técnicas construtivas. A partir disso, fez-se o levantamento de materiais, custo e tempo de execução estimado.

Ademais, é imprescindível evidenciar que esta pesquisa é relevante não somente pela busca de economia dos custos da obra, mas também pela procura de produtividade, racionalização e garantia de qualidade. Os resultados aqui obtidos poderão fornecer fundamentos para o processo concepção estrutural de uma habitação, e contribuir, dessa forma, para a disseminação de boas práticas e o aumento da qualidade das construções de pequeno porte nos municípios do país.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O objeto deste trabalho, consiste na análise de custo da estrutura de uma casa térrea em alvenaria estrutural e em concreto armado. Assim, para o desenvolvimento desta pesquisa foram seguidas as seguintes etapas:

- i. Caracterização da habitação e do local de estudo;
- ii. Especificação dos materiais;
- iii. Análise dos processos construtivos;
- iv. Modulação, análise de cargas e dimensionamento da estrutura em alvenaria estrutural;
- v. Concepção da estrutura em concreto armado;
- vi. Análise estrutural;
- vii. Elaboração do orçamento e planejamento;
- viii. Comparação de custos: material, mão de obra e tempo de execução.

### **2.1. Caracterização da habitação**

Para o presente estudo optou-se pela escolha de um projeto de uma edificação residencial unifamiliar com área total construída de 116 m<sup>2</sup>. A habitação é composta por 01 pavimento com 03 quartos, 02 banheiros, sala de estar, sala de jantar integrada com a cozinha, garagem e área de serviço. Na cobertura, há um reservatório com capacidade de

5,00 m<sup>3</sup>, uma laje impermeabilizada com cobertura em telhas onduladas de cerâmica e platibanda. A planta baixa desta edificação encontra-se na Figura 1.

Figura 1 – Planta baixa da habitação



Fonte: Autor, 2023

## 2.2. Especificação dos materiais

### 2.2.1. Estrutura em concreto armado

Neste sistema, os principais materiais incluem concreto, aço e formas. Todos estes são empregados nas etapas de execução das fundações, pilares, vigas e lajes.

As lajes mais utilizadas nas edificações em concreto armado são as maciças, lisas e cogumelo, nervuradas e pré-moldadas (SILVA & CRUZ, 2017). Para esse sistema, foi adotada a laje pré-moldada com treliças tipo TR08, e preenchimento em EPS.

Nas fundações, como não é de interesse a definição da resistência do solo desta pesquisa, foi considerada uma situação em que são empregadas fundações rasas na concepção do projeto estrutural. Segundo Alva (2007), as fundações superficiais, também conhecidas como fundações rasas, são formadas especialmente por sapatas e radiers, tendo sua base como meio predominante para transmissão das cargas ao solo.

Os demais elementos estruturais, pilares e vigas, gera influência apenas no quantitativo de materiais, por meio de suas características geométricas.

Para todos os elementos estruturais, adotou-se uma resistência à compressão característica do concreto de 25 MPA e a classe de agressividade ambiental II.

## 2.2.2. Estrutura em alvenaria estrutural

Os componentes utilizados neste sistema consistem em blocos de concreto vazado, argamassa, graute e aço. Os blocos de concreto utilizados possuem dimensões correspondentes à família de blocos 10 x 30 e especificações de uso conforme descrito na ABNT NBR 6136. Desse modo, foi adotado o bloco vazado de concreto simples para a execução da alvenaria, o bloco tipo canaleta para a execução de vergas, contravergas e cintas, e o bloco compensador destinado para ajuste de modulação, com dimensões nominais (comprimento x largura x altura) dadas a seguir, tal como consta na norma citada neste parágrafo (Tabela 1).

- a. Bloco inteiro – 290 mm x 90 mm x 190 mm
- b. Meio bloco – 140 mm x 90 mm x 190 mm
- c. Bloco 2/3 – 190 mm x 90 mm x 190 mm
- d. Bloco 1/3 – 90 mm x 90 mm x 190 mm
- e. Canaleta inteira – 290 mm x 90 mm x 190 mm
- f. Meia canaleta – 140 mm x 90 mm x 190 mm

A Figura 2 mostra imagem com bloco inteiro, meio bloco, canaletas e peças compensadoras de concreto

Figura 2 - Ilustração do bloco inteiro, meio bloco, canaletas e peças compensadoras.



Fonte: Bastos, 2021

Quanto ao uso, ainda com base na norma mencionada anteriormente, considerou-se blocos da classe C com função estrutural e largura de 90 mm, designados para edificações de no máximo um pavimento e com resistência característica à compressão axial ( $f_{bk}$ ) maior ou igual a 3,0 MPA, de acordo com a NBR 6136 (ABNT,2016).

Para a argamassa destinada ao assentamento, foi prevista uma espessura de 10 mm de material em todas as juntas da alvenaria, com exceção da primeira fiada, para a qual foi adotada uma espessura de 5 mm para a junta horizontal. Além disso, a argamassa possui uma resistência à compressão de 4,5 MPA, o correspondente a 1,5 vezes a resistência característica do bloco, como limitado pela ABNT NBR 16868-1:2020.

Para as juntas de amarração foi adotado uma espessura de 10 mm, exceto as juntas horizontais da primeira fiada cuja espessura permite ter um valor mínimo de 5 mm, conforme determina a ABNT NBR 16868-2:2020 que trata da execução e controle de obras de alvenaria estrutural.

Quanto ao graute, adotou-se a resistência à compressão característica equivalente ao valor mínimo de 15 MPA.

Já o aço considerado para resistir aos esforços de tração, possui o módulo de elasticidade igual 210 GPA.

## **2.3. Análise dos processos construtivos**

### **2.3.1. Estrutura em concreto armado**

Barro e Melhado (2006, p. 72) descrevem os seguintes procedimentos para a criação da estrutura em concreto armado:

- montagem das fôrmas e armaduras dos pilares;
- montagem das fôrmas de vigas e lajes;
- concretagem dos pilares;
- montagem da armadura de vigas e lajes;
- concretagem de vigas e lajes;

De acordo com Barros e Melhado (2006, p. 72-73), a etapa de montagem das fôrmas e armaduras dos pilares está relacionada a: locação de ganchos de pé de pilar, os quais deverão circunscrever os painéis das faces; posicionamento das três faces do

pilar, nivelando e aprumando cada uma das faces com o auxílio de escoras inclinadas; posicionamento da armadura, com espaçadores, segundo o projeto; fechamento, nivelamento, prumo e escoramento da 4ª face.

Finalizada a etapa de montagem dos pilares, estes podem ser concretados sem que se tenha executado as fôrmas de vigas e lajes.

Após isso, têm início a montagem das fôrmas de vigas e lajes. Barros e Melhado (2006, p. 77) recomendam os seguintes procedimentos: montagem dos fundos de viga apoiados sobre os pontaletes, cavaletes ou garfos; posicionamento das laterais das vigas, das guias, dos travessões e pés-direitos de apoio dos painéis de laje; distribuição e fixação dos painéis de laje e colocação das escoras das faixas de laje; alinhamento das escoras e nivelamento das vigas e lajes; limpeza geral e liberação da fôrma para a colocação da armadura.

Ainda com base em Barros e Melhado (2006, p. 83), a colocação das armaduras nas fôrmas de vigas e lajes deve observar os seguintes procedimentos: antes de colocar a armadura da viga e da laje nas fôrmas, deve-se os espaçadores de acordo com o projeto; marcar as posições e montar a armadura nas vigas e lajes.

Os autores ainda recomendam os seguintes procedimentos para o lançamento do concreto nas vigas e lajes: lançar o concreto diretamente sobre a laje e espalhar com o auxílio de pás e enxadas; lançar o concreto nas vigas, sempre que possível, diretamente com a bomba, caso contrário, utilizar jericas e auxiliando com pás e enxadas; adensamento com vibrador e sarrafeamento do concreto; acabamento com desempenadeira e início da cura de laje logo que for possível andar sobre o concreto.

### **2.3.2. Estrutura em alvenaria estrutural**

Nesse sistema as etapas construtivas compreendem os serviços relacionados a infraestrutura e a superestrutura. Quanto a infraestrutura, o processo estão coligados exclusivamente a escavação das valas de fundação para o preenchimento em pedra argamassada.

Já em relação a superestrutura, segundo Amorim (2010), o processo executivo é dividido basicamente em duas etapas: marcação e elevação da alvenaria.

Para dar início ao processo de marcação, primeiramente, deve-se possuir a planta da primeira e segunda fiada da alvenaria.

Após estudo dos projetos, inicia-se a marcação da primeira fiada de alvenaria. Esta representa as fiadas ímpares da parede (Faria, 2004b). As principais etapas deste processo são descritas a seguir:

- esquadro e nível;
- locação dos eixos;
- assentamento dos blocos estratégicos;
- umedecimento da superfície;
- espalhamento da argamassa;
- assentamento dos blocos de primeira fiada;
- instalação dos escantilhões;

Além disso, segundo Manzione (2007, p. 100), as principais verificações a serem feitas na fase de marcações são:

- locação e conferência dos vãos das portas;
- checagem dos pontos a serem grauteados e assentamento de blocos com “janelas” para vazamento do graute;
- posicionamento dos conduítes elétricos;
- verificação geral das cotas.

Concluído a marcação, segue para a execução da primeira fiada. Tais processos se repetem para a segunda fiada da alvenaria. Esta, por sua vez, representa as fiadas pares da alvenaria.

Manzione (2007, p. 100) sugere as seguintes recomendações práticas durante a elevação das paredes:

- as contra-vergas deverão ser armadas, ultrapassando 30 cm a lateral do vão;
- o respaldo deverá ser feito em blocos canaletas, sendo perfeitamente niveladas e grauteadas antes da montagem da laje;
- as vergas de portas e janelas devem ser previstas em projeto e avançarão 10 cm para a lateral do vão;

O autor ainda afirma que as lajes podem ser moldadas *in loco* na obra ou executadas através da colocação de elementos pré-moldados.

## 2.4. Modulação, dimensionamento e análise estrutural da estrutura em alvenaria estrutural

### 2.4.1. Modulação

A modulação da estrutura é considerada uma etapa fundamental, já que os blocos não devem ser cortados, sendo necessário distribuí-los de maneira adequada para preencher toda a parede sem evitar perdas ou eventuais reparos de enchimento que elevem o custo da obra (RAMALHO; CORREA; 2003).

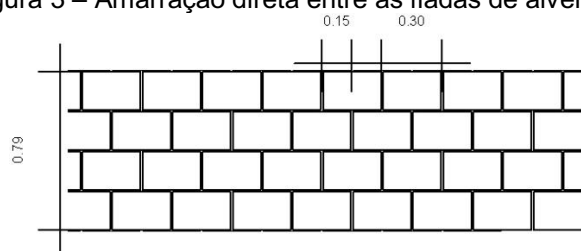
Para realizar este processo foram seguidos os critérios da ABNT NBR 16868-1:2020 que estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria. No que se refere a modulação, a norma estabelece que a interação de elementos de alvenaria adjacentes deve ser considerada quando há a necessidade de assegurar a distribuição das cargas entre esses elementos. Nesses casos, faz-se o uso das amarrações diretas.

Com base nesses preceitos, foi verificada uma defasagem das juntas verticais a uma distância de 50%, ou uma superposição de no mínimo 9 cm e no mínimo  $\frac{1}{4}$  do comprimento dos blocos. Tais medidas, permitem que seja garantido a resistência de cisalhamento das interfaces e, assim, torne possível a interação de paredes.

O mesmo processo foi admitido nas amarrações de alvenarias em cantos e em bordas (amarração “L”, “t” e “X”), para também permitir a uniformização de tensões nas paredes.

Para melhor visualização da amarração, pode ser observada a Figura 3.

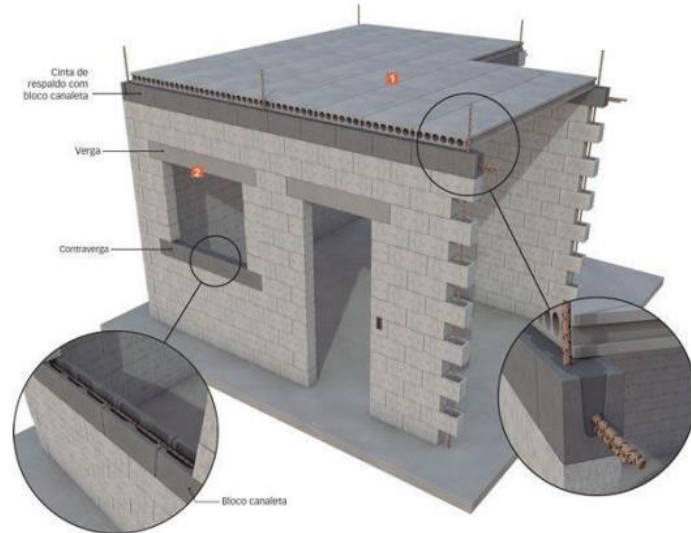
Figura 3 – Amarração direta entre as fiadas de alvenaria



Fonte: Autor, 2023

Em locais onde os esforços de tração são superiores a resistência do bloco foi empregado o uso de blocos do tipo canaleta, como demonstrado na Figura 4.

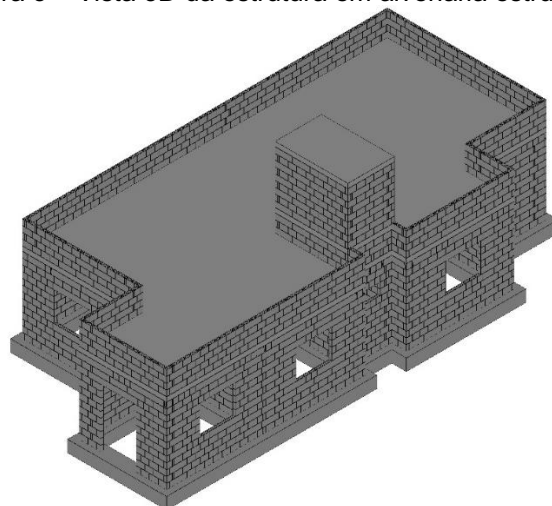
Figura 4 – Locais com esforços de tração



Fonte: Bastos, 2021

Na Figura 5, pode ser melhor observado a modulação final da estrutura em blocos de concreto estrutural, feita no Revit.

Figura 5 – Vista 3D da estrutura em alvenaria estrutural



Fonte: Autor, 2023

## 2.4.2. Dimensionamento

Neste item será exposto o processo realizado para o dimensionamento da estrutura em blocos de concreto vazado.



Para tal fim, foi considerado o dimensionamento dos elementos da alvenaria submetidos apenas a compressão simples.

Os blocos possuem espessura de 9 cm e para tanto, de acordo com a norma NBR 6136, o uso de blocos com função estrutural classe C e largura nominal de 9 cm, é permitido para edificações de no máximo um pavimento (ABNT, 2016).

De início, a presente tarefa se dedicou a definir os aspectos construtivos da habitação, com o intuito de garantir a conformidade com a arquitetura proposta. Para o pavimento térreo, foi considerado paredes estruturais apoiadas diretamente sobre vigas de fundação. A edificação ainda conta com cobertura de laje treliçada que será apoiada diretamente sobre as paredes. A laje para o barrilete é também do tipo treliçada e deverá ser lançando sobre paredes com 90 cm de altura.

Para a análise de cargas, foram levadas em conta as seguintes ações:

- a. ações permanentes;
- b. ações variáveis;
- c. ações excepcionais.

As ações permanentes do projeto incluem o peso próprio (PP) e peso do revestimento ( $P_{rev}$ ), das paredes e lajes. O cálculo de ambos os parâmetros foi baseado na Equação 1.

$$PP = P_{rev} = (\text{espessura} \times \text{comprimento} \times \text{altura} \times \text{peso específico}) \quad (1)$$

Para as paredes, foi adotado o peso específico para a alvenaria de blocos de concreto vazados de 14 KN/m<sup>3</sup>, dado na ABNT NBR 16868-1:2020. Já o material do revestimento escolhido, que é argamassa de cimento e areia, possui peso específico equivalente a 2100 kgf/m<sup>3</sup>, conforme definido pela ABNT NBR 6120:2019.

A espessura adotada para o revestimento em cada face da parede corresponde a 2 cm. Já a altura, foi estabelecida com valor igual a 2,60 m. Os comprimentos das paredes foram definidos com base em hipóteses básicas de dispersão das ações verticais e no critério de interação de paredes, como consta na ABNT NBR 16868-1:2020.

Já no que diz respeito as ações variáveis, estas foram definidas conforme as particularidades do projeto e a norma de ações para o cálculo de estrutura de edificações,

a ABNT NBR 6120:2019. No caso das lajes, como se trata de uma cobertura, com acesso apenas para manutenção, o valor definido para a carga foi de 100 Kg/m<sup>2</sup>.

Além dos esforços solicitantes, os parâmetros geométricos de altura efetiva ( $h_{ef}$ ), espessura efetiva ( $e$ ) e área bruta da seção transversal, e coeficientes de ponderação das ações e das resistências, também foram levados em consideração para o cálculo do dimensionamento.

A altura efetiva da parede foi considerada igual a altura da parede, medida tomada para os casos em que há travamentos que restringem os deslocamentos horizontais das extremidades superior e inferior das alvenarias, como estabelece a NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

De acordo com essa norma ainda, a espessura efetiva de uma parede sem enrijecedores corresponde à sua espessura, não sendo considerados os revestimentos. Nesse caso, a espessura efetiva adotada foi igual a 9 cm. O mesmo ocorre com a seção resistente, que sempre é calculada desconsiderando os revestimentos.

Em relação aos coeficientes de ponderação, o coeficiente ponderador da resistência da alvenaria ( $\gamma_m$ ) foi igual a 3,0, pois nos casos de habitações térreas com o índice de esbeltez menor ou igual a 30, é somente admitido paredes não armadas se  $\gamma_m = 3,0$ , como consta na NBR 16868-1 (ABNT, 2020). O coeficiente de ponderação para combinações normais de ações ( $\gamma_f$ ) adotado foi 1,4, parâmetro para edificações do tipo 2, conforme está descrito na Tabela 7 da norma Alvenaria Estrutural - Parte 1.

### **2.4.3. Análise estrutural**

#### **2.4.3.1. Esforços atuantes**

Foram analisadas todas as ações que produzam efeitos significativos para a segurança da estrutura, de modo a atender os estados limites último e de serviço. Tais ações categorizam-se em: ações permanentes, ações variáveis e ações excepcionais (Bastos, 2021).

Das ações permanentes que agem sobre a estrutura, foram consideradas:

- a. ações das lajes;
- b. peso próprio das paredes.

Ainda de acordo com Bastos (2021), as ações permanentes são aquelas que apresenta pequenas variações ao longo do tempo, dentre elas, as cargas provenientes de elementos construtivos fixos.

– Ações das lajes

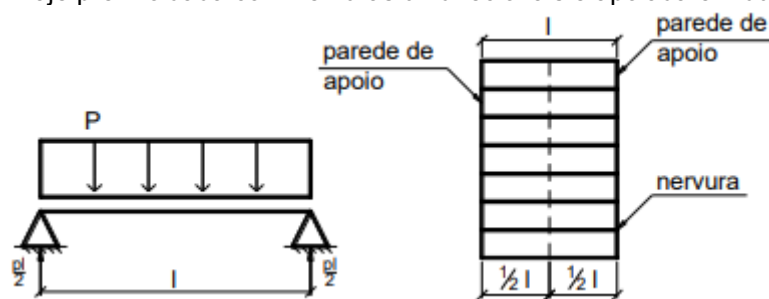
Das ações que atuam sobre as lajes da edificação, estas são provenientes de:

- a) Cargas permanentes: peso próprio e peso do revestimento;
- b) Cargas variáveis.

Para o sistema de laje pré-moldada simplesmente apoiada na borda, a carga da laje sobre a parede é igual  $PL/2$ , sendo  $P$  a carga que atua sobre a laje, e  $L$  o vão da laje na direção das nervuras unidirecionais (Bastos, 2021)

Isso pode ser visualizado de forma mais clara, na Figura 6.

Figura 6 - Laje pré-moldada com nervuras unidirecionais e apoiada em duas bordas.



Fonte: Bastos, 2021

– Peso próprio das paredes

Já o peso próprio da parede, é dado por unidade de comprimento, e equivale a soma da carga de alvenaria com a carga de revestimento (Bastos, 2021).

Para cada elemento, o cálculo da carga foi obtido com base na Equação 2:

$$g_{pp} = \gamma \cdot e \cdot h \cdot L \quad (2)$$

onde,

$\gamma$ : peso específico;

$e$ : espessura;

$h$ : altura;

$L$ : comprimento.

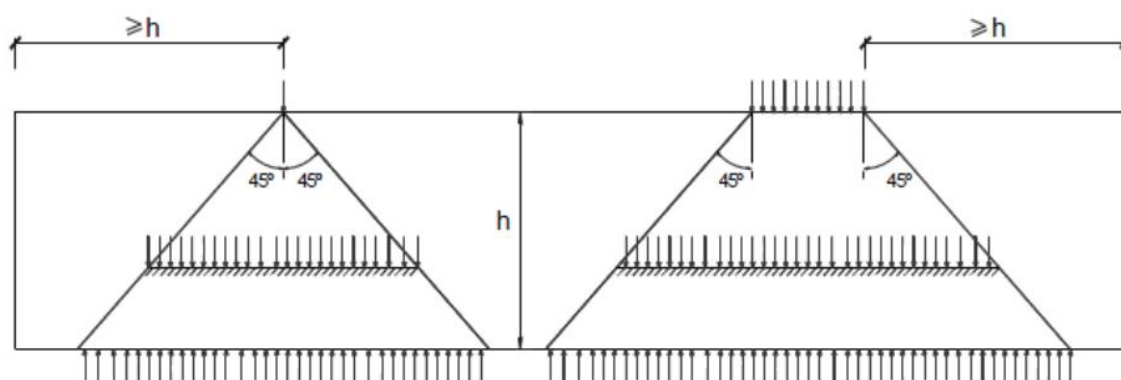
Já as ações excepcionais não foram consideradas, pois não há esforços que atuem de tal maneira, considerando as prescrições da norma NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

Assim, foram consideradas apenas as ações verticais para o dimensionamento da estrutura.

### 2.4.3.2. Caminho dos esforços

Para as dispersões das cargas verticais sobre os trechos de alvenarias, considerou-se uma inclinação de  $45^\circ$ , em relação ao plano horizontal, como demonstrado na Figura 7. Além disso, nas interações entre paredes, as dimensões das aberturas foram desconectadas da área da parede no dimensionamento. Tais medidas, seguem as prescrições da norma NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

Figura 7 – Caminho dos esforços sobre a alvenaria



Fonte: ABNT NBR 16868-1:2020

No que diz respeito a distribuição das cargas verticais nas paredes, existem diferentes métodos, que possuem vantagens e desvantagens (Ramalho e Corrêa, 2007). Dentre tais métodos, podem ser adotados a análise de paredes isoladas, grupos isolados de paredes e grupos de paredes com interação (Bastos, 2021).

Para esse caso, a interação entre paredes foi encarada com base em grupos isolados de paredes, os quais consistem em um conjunto de paredes solidárias com limite nas aberturas (portas e janelas) adjacentes. Dessa forma, as forças de interações, foram desconsideradas nas aberturas, de modo que, o grupo trabalha isoladamente.

Para o cálculo dos esforços que agem nos grupos de paredes, deve-se obter o comprimento total das paredes que formam o grupo, bem como, o somatório das cargas que agem sobre elas (Bastos, 2021). Com base nisso, o esforço vertical pôde ser calculado, em cada grupo.

## 2.5. Dimensionamento de fundação da estrutura em alvenaria estrutural

Para o cálculo das dimensões de concreto foram aplicadas fórmulas constatadas na ABNT NBR 6118:2023. O primeiro passo baseou-se em determinar a largura do bloco, a partir Equação 3.

$$B = \frac{1,05 \times q}{\sigma_{adm} \times 100} \quad (3)$$

onde,

B: base do bloco de fundação (cm);

q: valor da carga (kgf/cm<sup>2</sup>);

$\sigma_{adm}$ : tensão admissível do solo (kgf/cm<sup>2</sup>).

O valor mínimo exigido pela norma é 35 cm, dessa forma, caso o valor obtido seja menor, é recomendado utilizar bloco com base de 35 cm (ABNT, 2023).

Em seguida, foi calculado a altura do bloco, com base na Equação 4.

$$H \geq 0,5 \times (B - b) \quad (4)$$

onde,

H: altura do bloco de fundação (cm);

B: base do bloco de fundação adotada (cm);

b: largura do bloco estrutural (cm).

Vale salientar que, a altura do bloco não pode ser superior a 50 cm e nem inferior a 80% de B, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023).

Posteriormente, foi feito o cálculo da resistência a tração do bloco de fundação, de acordo com a Equação 5.

$$Z = \frac{1,05 \times q \times (B - b)}{4 \times H} \quad (5)$$

onde,

Z: tração resistida pelo bloco;

q: valor da carga (kgf/cm<sup>2</sup>);

B: base do bloco de fundação adotada (cm);

b: largura do bloco estrutural (cm).

H: altura do bloco de fundação (cm).

Com isso, na Equação 6, calculou-se o esforço de tração no concreto, a fim de verificar se a resistência de tração do bloco de fundação seria capaz de suportar a tensão de tração gerada, sem a necessidade de armaduras.

$$\sigma_t = \frac{Z}{H \times L} \quad (6)$$

onde,

$\sigma_t$ : tensão de tração no concreto (kgf/cm<sup>2</sup>);

Z: tração resistida pelo bloco;

H: altura do bloco de fundação (cm);

L: comprimento do bloco de fundação (cm).

Para que isso seja possível, o valor da tração de concreto deve atender a condição estabelecida na Equação 7.

$$\sigma_t < \frac{f_{ck}}{30} \quad (7)$$

onde,

$\sigma_t$ : tensão de tração no concreto (kgf/cm<sup>2</sup>);

$f_{ck}$ : resistência característica do concreto à compressão (kgf/cm<sup>2</sup>).

O valor adotado para a resistência característica do concreto à compressão foi de 120 kgf/cm<sup>2</sup>.

## 2.6. Concepção da estrutura em concreto armado

Nesse método, o sistema estrutural é constituído de elementos de lajes treliçadas, vigas, pilares e sapatas feitos em concreto armado. O processo de modelagem da estrutura foi realizado com o TQS.

O referido *software* é amplamente utilizado para elaboração de projetos de estruturas, abrange desde a fase de concepção e análise estrutural, até o detalhamento final para execução em obra (Ferreira, 2011).

Inicialmente, foi definido o Modelo IV para o processamento da estrutura no software. Essa configuração inicial se enquadra dentro as etapas fundamentais da concepção, pois descreve como irá ocorrer o comportamento dos esforços e dos deslocamentos. Conforme Barboza (2019), os modelos estruturais têm o objetivo de prever o comportamento da estrutura, analisando os esforços atuantes e os deslocamentos provocados por estes.

Logo em seguida, foram inseridos os pavimentos: fundação, térreo, cobertura e barrilete, com os respectivos níveis de 0,00 m, 1,00 m, 3,60 m e 4,50 m.

As características dos materiais foram determinadas, posteriormente. Para fundações, pilares e vigas, como resistência característica à compressão do concreto, foi adotado um valor de 25 Mpa. Já a classe de agressividade ambiental selecionada foi a CA-II, ao considerar a edificação situada em meio urbano.

O lançamento dos elementos estruturais e das cargas foi feito a partir do projeto arquitetônico, de modo a não interferir na arquitetura, que possui espessura total da parede acabada de 15 cm, um pavimento com pé direito de 2,60 m e um reservatório elevado com o volume de 5,00 m<sup>3</sup> a uma altura de 4,50 m do nível do terreno.

Todos os pilares foram lançados, inicialmente, com seções transversais de 15 x 30 cm, respeitando o limite de área mínima para pilar. Conforme a ABNT NBR 6118:2023, a área mínima de um pilar não pode ser inferior a 360 cm<sup>2</sup>.

Já as vigas foram concebidas de modo a priorizar o lançamento sobre as alvenarias. De acordo Silva & Cruz (2017), o posicionamento das vigas deverá ser feito sempre que possível sobre as paredes, com o intuito de evitar, principalmente, resíduos de carga da laje sobre a parede. Todas as vigas, também foram lançadas inicialmente com seção transversal de 15 x 30 cm.

Por fim, foi feito o posicionamento das lajes definido, basicamente, pelo arranjo das vigas. Foi adotada uma laje treliçada do tipo TR08, com uma espessura total de 12 cm, encerrando o lançamento estrutural.

As cargas consideradas nas estruturas são decorrentes do peso próprio do elemento estrutural, peso do revestimento, peso das alvenarias e a sobrecarga. O TQS já faz automaticamente a inserção da carga de peso próprio do elemento em concreto armado, conforme a NBR 6120.

No *software*, há também um banco de dados com cargas provenientes de paredes, compreendendo alvenaria e revestimento, e uma opção para escolha da altura da parede, que multiplicará a carga por área, resultando em uma carga por unidade de comprimento.

Com base nisso, foi realizada a definição de carregamentos em viga, considerando altura da parede em cada vão como o pé direito do pavimento menos a altura da viga sobreposta a alvenaria.

Nas lajes, foi feita a adição de sobrecarga manualmente de acordo a ABNT NBR 6120:2019. Para a laje da cobertura, foi adotado um peso de revestimento de 0,11 KN/m<sup>2</sup> e uma sobrecarga de 1,0 KN/m<sup>2</sup>, totalizando uma carga de 1,11 KN/m<sup>2</sup>. Quanto a laje do barrilete, foi considerada apenas a carga proveniente do peso da água, assim, ao saber do peso específico da água, que é igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>, foi calculado a capacidade de volume do reservatório de 5,00 m<sup>3</sup>, resultando em uma carga de 5000 Kg.

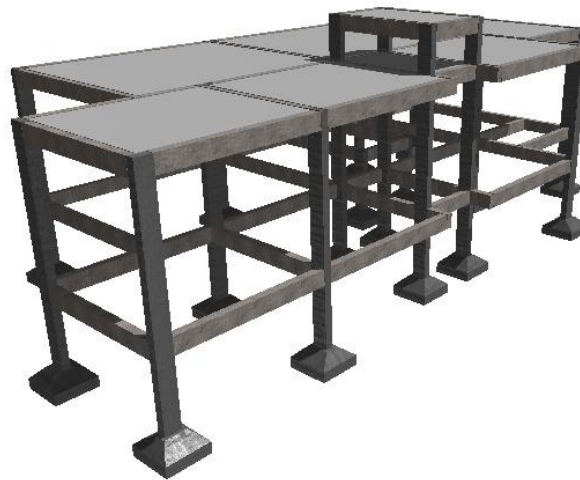
Após essas etapas, seguiu-se para o processamento da estrutura no *software*. A análise da estrutura foi feita a partir do Modelo IV, como mencionado anteriormente. Para todos os demais critérios de análise, foram mantidos em concordância com o default do *software*, tendo em vista que estão de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023).

Ao ser processada a estrutura, é gerado todos os esforços e dimensionados os elementos estruturais. Além disso, foram gerados os relatórios de quantitativo de materiais tomados como base para o orçamento de projeto estrutural.

Na Figura 8, é possível observar a vista 3D da concepção da estrutura em concreto armado projetada no *software*.



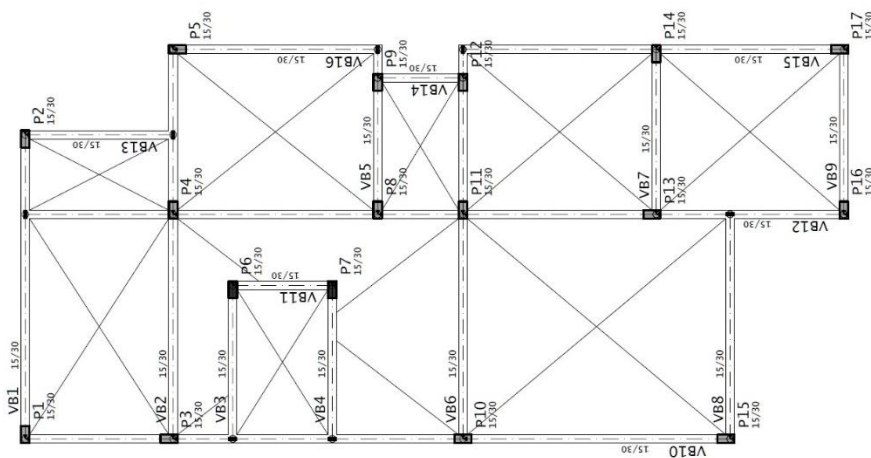
Figura 8 – Vista 3D da estrutura em concreto armado



Fonte: Autor, 2023

A planta de forma do pavimento térreo, extraída do *software* é representada na Figura 9.

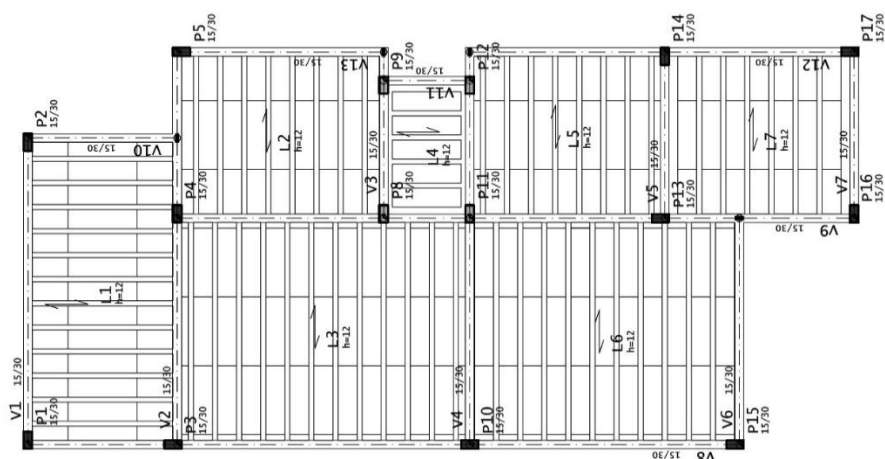
Figura 9 – Planta de formas do pavimento térreo



Fonte: Autor, 2023

Já a representação da planta de forma do pavimento da cobertura extraída do *software* pode ser vista na Figura 10.

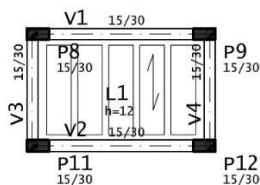
Figura 10 – Planta de formas da cobertura



Fonte: Autor, 2023

E na Figura 11, é possível visualizar a representação da planta de forma do barrilete.

Figura 11 – Planta de formas do barrilete



Fonte: Autor, 2023

## 2.7. Elaboração do orçamento e planejamento

Nesta etapa, foi realizado o levantamento de quantitativos e o plano de execução de obra para a viabilização dos orçamentos, bem como, comparação de custos com materiais, mão de obra e tempo de execução.

Do tipo de orçamento, foi considerado o orçamento analítico, uma das formas mais eficazes de estimativas de custos da obra, tendo em vista que apresenta maior nível de detalhes e, assim, garante uma melhor precisão do custo real do empreendimento.

Para esse modelo, os preços unitários são obtidos através da composição de custos. Assim, tanto os custos diretos (com materiais, equipamentos e mão de obra) quanto os custos indiretos (com escritório central, salários administrativos, impostos, lucros, etc.) são incluídos (Mattos, 2006).

Todos os materiais foram orçados de acordo com o banco de dados de referências de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

(SINAPI), com a referência de preços do mês julho de 2023, para o estado do Rio Grande do Norte.

Esse mecanismo, é fornecido pela Caixa Econômica Federal, sendo que mensalmente há disponibilização de custos de composições de serviços e preços para aquisição de materiais e equipamentos, e contratação de serviços e mão-de-obra (CAIXA, 2020).

Para o levantamento do quantitativo de materiais da estrutura em alvenaria estrutural, foi utilizado o Revit. O mecanismo de parametrização do programa permite a caracterização de todos os elementos do projeto, o que faz com que sejam extraídos com máxima precisão o quantitativo de materiais, bem como, as suas especificações (Vieira, 2020). Dessa forma, além do levantamento da quantidade de materiais, realiza-se a caracterização de cada item do projeto, estabelecendo critérios precisos para a escolha do tipo de material.

Quanto a estrutura em concreto armado projetada no TQS, foi utilizado como base o próprio relatório do quantitativo de materiais do *software*, gerado ao processar a estrutura. Nesse relatório, são fornecidos os quantitativos de materiais, bem como, as especificações referentes a formas, concreto e aço.

Já no que diz respeito ao planejamento, considerou-se os critérios relacionados a equipe de trabalho, jornada de trabalho e tempo de execução de cada etapa.

Em relação à mão de obra, foram consideradas duas equipes com frentes de trabalho distintas. A Equipe 1 de trabalho irá atuar para o desenvolvimento da estrutura de concreto armado, e pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 – Equipe 1 de trabalho

Profissional	Quantidade (un)
Ajudante	1
Armador	1
Carpinteiro	1
Pedreiro	1

Fonte: O Autor, 2023

Enquanto a Equipe 2, representada na Tabela 2, será responsabilizada pela construção da estrutura em alvenaria estrutural. Tal divergência, se dá pela simplificação das atividades.

Profissional	Quantidade (un)
Pedreiro	1
Servente	1

Fonte: O Autor, 2023

Para definir os prazos das atividades foi necessário elaborar uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP), para ambos os sistemas estruturais. Dessa forma, é possível abranger todos os serviços, o que facilita a elaboração do panorama de obra com prazo de execução das atividades.

O tempo de serviço foi estimado utilizando a tabela do SINAPI, que fornece correlações entre serviços e mão de obra. Essa relação é encontrada nas composições de cada serviço e são dadas pelos coeficientes de mão de obra, os quais fornecem o tempo para um trabalhador realizar uma atividade de acordo com a quantidade de serviço necessária.

Com a disposição de todos os serviços existentes nos projetos, pôde ser criado um cronograma de obra.

Por fim, prosseguiu-se para determinação de custos, objeto de estudo desta pesquisa, que possibilita a comparação das despesas totais da estrutura em concreto armado e em alvenaria estrutural.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. Resultados do dimensionamento da alvenaria submetida a compressão simples**

Através da análise estrutural foi feito o levantamento das cargas, que se resume a:

- carga variável na laje;
- carga permanente da laje;
- carga permanente da alvenaria.

Para as ações permanentes que atuam sobre as lajes da edificação, obteve-se um valor de 138,68 kgf/m<sup>2</sup> para o peso próprio da estrutura e 100 kgf/m<sup>2</sup> para o peso do revestimento, considerando uma laje treliçada tipo TR08, adotada para esse sistema.

Em relação as ações acidentais, considerou-se uma sobrecarga de 100 kgf/m<sup>2</sup>, como consta na norma NBR 6120, tendo em vista o acesso da cobertura apenas para manutenção ou inspeção (ABNT, 2019).

Com esses dados, pôde-se obter a carga total da laje de 338,68 kgf/m<sup>2</sup>, assim como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Quadro da carga total da laje

CÁLCULO DA CARGA ATUANTE NA LAJE	
CARGAS NAS LAJES DO PAV. COBERTURA	VALOR
Peso Próprio da laje (Kgf/m <sup>2</sup> )	138,68
Peso do revestimento (Kgf/m <sup>2</sup> )	100
Sobrecarga de utilização (Kgf/m <sup>2</sup> )	100
TOTAL PERMANENTE (Kgf/m <sup>2</sup> ):	239
TOTAL VARIÁVEL (Kgf/m <sup>2</sup> ):	100
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>338,68 Kgf/m<sup>2</sup></b>

Fonte: Autor, 2023

Ao tratar da carga permanente da parede, levou-se em consideração o valor para o peso específico da alvenaria de blocos vazados de concreto de 1400 kg/m<sup>3</sup>, e do revestimento de 2100 kg/m<sup>3</sup>.

Para cada grupo de parede, o cálculo da carga foi obtido com base na Equação 4, citada anteriormente. As cargas nos grupos de paredes provenientes das lajes foram calculadas de acordo a área da laje que se apoia no grupo. Tais valores, podem ser melhor observados no Figura 12.

Figura 12 – Representação dos grupos de paredes



Fonte: Autor, 2023

Com isso, foram somadas as cargas permanentes das paredes e das lajes, com a carga variável, e obtido a carga total nos grupos de paredes. Os resultados, encontram-se pormenorizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Quadro de peso próprio dos grupos de paredes

CÁLCULO DAS CARGAS TOTAIS NOS GRUPOS DE PAREDES						
GRUPO DE PAREDES	ÁREA DA LAJE (m <sup>2</sup> )	CARGA PERM. DA LAJE (Kgf/m <sup>2</sup> )	CARGA VAR. NA LAJE (Kgf/m <sup>2</sup> )	CARGA PERM. NO GRUPO (Kgf)	CARGA VAR. NO GRUPO (Kgf)	CARGA TOTAL NO GRUPO (Kgf)
G01	10,23	238,68	100,00	2441,70	1023,00	3464,70
G02	4,79			1143,28	479,00	1622,28
G03	8,60			2052,65	860,00	2912,65
G04	9,17			2188,70	917,00	3105,70
G05	2,66			634,89	266,00	900,89
G06	10,67			2546,72	1067,00	3613,72
G07	7,51			1792,49	751,00	2543,49
G08	16,32			3895,26	1632,00	5527,26
G09	2,26			539,42	226,00	765,42
G10	4,83			1152,82	483,00	1635,82
Área Total (m <sup>2</sup> )	77,04	<b>Carga Total (Kgf)</b>		<b>18387,91</b>	<b>7704,00</b>	<b>26091,91</b>

Fonte: Autor, 2023

O maior esforço obtido é 55,27 KN e corresponde as ações que agem sobre o Grupo 08. Esse valor de carga foi usado para o cálculo da resistência de todos os blocos da estrutura, uma vez que, ela fornece uma resistência suficiente para suportar os esforços que afetam as demais paredes.

Após a obtenção das cargas e dado os parâmetros geométricos de altura efetiva ( $h_{ef}$ ), espessura efetiva ( $e$ ) e área bruta da seção transversal, coeficientes de ponderação das ações e das resistências, procedeu-se os cálculos para o dimensionamento e definição da resistência do bloco.

Primeiramente, foi calculado o índice de esbeltez da parede, dado pela Equação 9, cujo resultado foi igual a  $\lambda = 29$ , maior que o limite do índice de esbeltez para paredes não armada equivalente a  $\lambda = 24$ . Entretanto, segundo a norma NBR 16868-1, pode-se admitir paredes não armadas, desde que o coeficiente ponderador da resistência da alvenaria seja considerado igual a  $\gamma_m = 3,0$ .

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \quad (8)$$

Em seguida, para determinar a resistência da parede, dado pela Equação 10, foi necessário o cálculo do redutor da resistência devida à esbeltez da parede.

$$f_k = \frac{\gamma_f \cdot \gamma_m \cdot N_k}{1 \cdot L \cdot e \cdot R} \quad (9)$$

onde,

L: comprimento efetivo da parede

R: redutor da resistência devida à esbeltez da parede.

A equação para o cálculo de redutor da resistência é dada pela Equação 11. Nesse contexto, o valor obtido foi igual a 0,6233.

$$R = 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40 \cdot t_{ef}} \right)^3 \quad (10)$$

Posteriormente, considerando o comprimento efetivo (L) da parede obtido para o Grupo 08 de 16,32 m, obteve-se um valor para a resistência de parede igual 0,17 Mpa.

A NBR 16868-1 (item 6.2.2.3) preconiza que no caso de alvenaria de bloco de 190 mm de altura e junta de argamassa de 10 mm, o valor da resistência característica a compressão da alvenaria corresponde a 70% da resistência característica de compressão simples do prisma (ABNT, 2020). O que gerou um valor da resistência de prisma de 0,24 MPa.

Para chegar-se à resistência do bloco, bastou somente multiplicar esse resultado pelo fator de eficiência prisma/bloco que possui valor igual a 0,70, conforme também determina a norma. Dessa maneira, finalizou-se o dimensionamento da alvenaria, com um resultado para resistência de bloco igual 0,35 MPA, inferior a resistência mínima de 3,0 MPA que, diante a isto, foi adotada para a escolha do bloco estrutural.

### **3.2. Resultados do dimensionamento da fundação da estrutura em alvenaria estrutural**

Para o cálculo da base do bloco, foi considerado o valor da maior carga proveniente do grupo 8 de paredes igual à  $0,034 \text{ kgf/cm}^2$ . Além disso, foi adotado uma tensão admissível do solo de  $2 \text{ kgf/cm}^2$ , obtendo um valor igual a  $1,785 \cdot 10^{-5}$ .

$$B = \frac{1,05 \times 0,034}{2 \times 100}$$
$$B = 1,785 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Dessa forma, adotou-se o valor mínimo exigido pela norma, do bloco com base de 35 cm.

Em seguida, foi calculado a altura do bloco, considerando a base do bloco de fundação adotada e o bloco estrutural de 9 cm. Dessa forma, obteve-se um valor igual à 13 cm.

$$H = 0,5 \times (35 - 9)$$
$$H = 13 \text{ cm}$$

Sabendo que, a altura do bloco não pode ser superior a 50 cm e nem inferior a 80% de B, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), admitiu-se um bloco com altura igual à 30 cm.

Com as dimensões do bloco de fundação encontradas, obteve-se a resistência a tração do bloco de fundação.

$$Z = \frac{1,05 \times 0,034 \times (35 - 9)}{4 \times 30}$$
$$Z = 7,735 \times 10^{-3} \text{ kgf}$$

Com isso, a resistência de tração do bloco de fundação foi de  $2,58 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_t = \frac{7,735 \times 10^{-3}}{30 \times 100}$$
$$\sigma_t = 2,58 \times 10^{-6} \text{ kgf/cm}^2$$

Logo, é possível afirmar que o valor da resistência a tração do concreto suporta os esforços de tração da estrutura, uma vez que  $\sigma_t < f_{ck}/30$ .



$$2,58 \times 10^{-6} < \frac{120}{30}$$

$$2,58 \times 10^{-6} < 4$$

### 3.3. Quantitativo de materiais

A partir desses dados, foi feita uma análise a fim de quantificar o custo total com insumos e serviços tanto para a estrutura em concreto armado quanto para a alvenaria estrutural.

#### 3.3.1. Estrutura em Concreto armado

Os dados de quantitativos de materiais da estrutura em concreto armado foram gerados após o processamento da estrutura no TQS, no relatório de resumo estrutural.

Para o consumo de concreto, o *software* forneceu um volume total de 17,69 m<sup>3</sup>. O resumo da quantidade de concreto consumida, em m<sup>3</sup>, por pavimento é apresentado na Tabela 3.

Pavimento	Volume (m <sup>3</sup> )
Fundação	3,32
Térreo	4,47
Cobertura	9,24
Barrilete	0,66

Fonte: O Autor, 2023

Já em relação ao quantitativo de fôrmas, o valor atribuído foi equivalente a 169,65 m<sup>2</sup> de material. A Tabela 4, apresenta dados resumidos do consumo relativo à área de fôrmas para cada pavimento.

Pavimento	Área (m <sup>2</sup> )
Fundação	10,92
Térreo	78,26
Cobertura	73,07
Barrilete	7,4

Fonte: O Autor, 2023

Quanto ao quantitativo de aço para pilares, o valor total é de 314,0 kg, como representado na Tabela 5.

Tabela 5 – Consumo de aço para pilares

Pavimento	Unidade de massa (Kg)
Térreo	157,0
Cobertura	144,0
Barrilete	14,0

Fonte: O Autor, 2023

Já a Tabela 6, dispõe do resumo do quantitativo de aço para vigas, o qual apresentou um valor total de 623,67 kg.

Tabela 6 – Consumo de aço para vigas

Pavimento	Unidade de massa (Kg)
Fundação	153
Térreo	223,67
Cobertura	220,63
Barrilete	26,37

Fonte: O Autor, 2023

Em relação ao quantitativo dos elementos que compõem a laje treliçada, foram retirados o peso de aço e o número de blocos de EPS. O peso de aço atribuído foi igual a 23 kg. Esse valor é correspondente ao total de aço em vigotas treliçadas usadas para compor as nervuras das lajes pré-moldadas, conforme consta na Quadro 3.

Quadro 3 – Consumo de aço para vigotas treliçadas

Item	Tipo	Qtd
1	Barrilete	
1.1	AÇO CA 50 / 6.3 mm	3,00 kg
2	Cobertura	
2.1	AÇO CA 60 / 5.0 mm	20,00 kg

Fonte: Autor, 2023

Dos blocos em EPS, usados para o preenchimento das lajes, foram totalizadas 244 unidades, distribuídos entre os pavimentos cobertura e barrilete, como demonstrado na Quadro 4.

Quadro 4 – Consumo de aço para vigotas treliçadas.

Item	Tipo	Qtd
1	Barrilete	
1.1	EPS LEV UNIDIRECIONAL H08/33/120	5
2	Cobertura	
2.1	EPS LEV UNIDIRECIONAL H08/33/120	239

Fonte: Autor, 2023

Noutra via, para determinar o volume de valas de baldrames e sapatas foi considerado uma distância de 15 cm das faces laterais dos elementos estruturais e um espaço de 5 em relação ao fundo da vala. Tais medidas, visam o permitir a instalação de fôrmas e a preparo da parte inferior da vala com camada de concreto magro. Obteve-se, diante disso, um resultado de 6,9 m<sup>3</sup> para a escavação de vala para sapatas, e 12,32 m<sup>3</sup> de escavação de vala para vigas.

### 3.3.2. Estrutura em Alvenaria estrutural

Para este sistema estrutural, os dados de consumo de materiais gerados a parti da modelagem da estrutura no Revit, consistem em unidades de blocos de concreto, área de paredes, volume de valas de fundação e volume de blocos de pedra argamassada.

Através da metodologia BIM aplicada no *software*, que permite a extração de tabelas de quantitativos com especificações relativas a cada elemento utilizado na concepção do projeto estrutural, tornou-se possível observar o número de blocos usados na estrutura, de acordo com o tipo e o pavimento. Os valores encontram-se pormenorizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Tabela de Blocos de Concreto Vazado

Id	Discriminação	Qtd
B01	Bloco de Concreto – Meio – Família 10 x 30 – Classe C	116
B02	Bloco de Concreto – Inteiro – Família 10 x 30 – Classe C	4299
B03	Bloco de Concreto – Dois Terços – Família 10 x 30 – Classe C	282
B04	Bloco de Concreto – Meia Canaleta – Família 10 x 30 – Classe C	558
B05	Bloco de Concreto – Compensador A – Família 10 x 30 – Classe C	4
B06	Bloco de Concreto – Compensador B – Família 10 x 30 – Classe C	364

Fonte: Autor, 2023

Acerca das áreas de paredes, foi crucial a identificação no projeto de cada unidade de alvenaria, seguindo a classificação dada no Quadro 5. A identificação é dada pela nomenclatura PAR1 que, nesse caso, se refere a parede 1, por exemplo. Os dados de áreas são obtidos desconsiderando as aberturas geradas pelas esquadrias, e encontram-se representados na tabela.

Quadro 5 – Área de paredes do pavimento térreo.

ID	ÁREA DE PAREDES DO PAVIMENTO TÉRREO
PAR1	5,32 cm <sup>2</sup>
PAR2	3,74 cm <sup>2</sup>
PAR3	9,92 cm <sup>2</sup>
PAR4	18,31 cm <sup>2</sup>
PAR5	6,00 cm <sup>2</sup>
PAR6	4,26 cm <sup>2</sup>
PAR7	10,47 cm <sup>2</sup>
PAR8	9,69 cm <sup>2</sup>
PAR9	14,09 cm <sup>2</sup>
PAR10	6,99 cm <sup>2</sup>
PAR11	7,01 cm <sup>2</sup>
PAR12	8,35 cm <sup>2</sup>
PAR13	7,74 cm <sup>2</sup>
PAR14	3,87 cm <sup>2</sup>
PAR15	7,76 cm <sup>2</sup>
PAR16	15,17 cm <sup>2</sup>
PAR17	22,51 cm <sup>2</sup>
PAR18	7,54 cm <sup>2</sup>
Total	168,73 cm <sup>2</sup>

Fonte: Autor, 2023

No Quadro 6, foram reunidos o total destes valores por pavimento, a fim de facilitar a visualização e os cálculos do tempo de execução e orçamento, tendo em vista que os serviços em alvenaria são mensurados por metro quadrado de parede.

Quadro 6 – Total de área de paredes.

PAVIMENTO	TOTAL DE ÁREA DE PAREDES
Térreo	168,73 cm <sup>2</sup>
Cobertura	41,04 cm <sup>2</sup>
Barrilete	14,69 cm <sup>2</sup>

Fonte: Autor, 2023

Para determinar o volume de escavação da vala de fundação, foi considerada a seção transversal de dimensões 49 x 40 cm em todo o perímetro da estrutura, o que resultou em um valor total igual a 13,16 m<sup>3</sup>. Esses dados consideram o tamanho necessário da fundação para resistir aos esforços.

O espaço vazio será preenchido por concreto ciclópico, o que irá constituir a fundação. Em razão disso, será necessário, também, um volume de 13,16 m<sup>3</sup> deste material.

### 3.4. Tempo de execução

O tempo de execução possibilita uma estimativa de custo da mão de obra, fator que expressa um valor significativo no orçamento final. Para obter um resultado preciso é necessário englobar todas as etapas de construção.

Nesse sentido, foi criada uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) com o intuito de reunir todas as atividades que serão necessárias. Os serviços incluem as seguintes etapas: infraestrutura, composta pela execução de fundações, e superestrutura, resumida a produção dos elementos estruturais dos pavimentos térreo, cobertura e barrilete.

Cada etapa da construção pode ser observada nas EAP de cada sistema estrutural. O Quadro 7, demonstra a Estrutura Analítica de Projeto para o método construtivo em concreto armado, que teve como fundamento a composição paramétrica para execução de estruturas de concreto armado, para edificação habitacional unifamiliar térrea, dada pelo SINAPI.

Quadro 7 – EAP da estrutura em concreto armado

ITEM	Descrição
1	Fundação
1.1	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA
1.2	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA
1.3	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME
1.4	PREPARO DE FUNDO DE VALA
1.5	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME
1.6	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA
1.7	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA
1.8	CONCRETAGEM DE SAPATAS
1.9	CONCRETAGEM DE VIGAS
1.10	ALVENARIA DE EMBASAMENTO
2	Térreo
2.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES
2.5	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA
2.7	CONCRETAGEM DE PILARES
3	Cobertura
3.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES
3.2	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA
3.4	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA
3.5	CONCRETAGEM DE PILARES
3.6	CONCRETAGEM DE VIGAS
3.7	CONCRETAGEM DE LAJES
4	Barrilete

**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

4.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES
4.2	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA
4.4	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA
4.5	CONCRETAGEM DE PILARES
4.6	CONCRETAGEM DE VIGAS
4.7	CONCRETAGEM DE LAJES

Fonte: Autor, 2023

Com base nessas atividades foi estimado o tempo de serviço para execução da estrutura, obtendo um resultado de 72 dias, considerando a equipe de trabalho constada na Tabela 1 e a jornada de trabalho de 8 horas por dia, de segunda a sexta. O Quadro 8, demonstra o procedimento de cálculo realizado a partir das composições do SINAPI, com os coeficientes de tempo de serviço para cada atividade.

Quadro 8 – Tempo de execução da estrutura em concreto armado.

ITEM	Código	Descrição	UNID	QTD	ARMADOR	CARPINTEIRO	PEDREIRO	SERVENTE	UNID / COMP	PROFISSIONAL PRINCIPAL	DURAÇÃO (HORAS)	DURAÇÃO (DIAS)
1	Fundação											
1.1	99059	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	m	64,00	-	0,71	-	0,36	h / m	CARPINTEIRO	22,80	2,9
1.2	96523	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_06/2017	m <sup>3</sup>	6,9	-	-	1,19	4,15	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	28,61	3,6
1.3	96527	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_06/2017	m <sup>3</sup>	12,32	-	-	1,46	3,05	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	37,61	4,7
1.4	101619	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL. AF_08/2020	m <sup>3</sup>	2,53	-	-	2,49	3,74	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	9,46	1,2
1.5	96530	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m <sup>2</sup>	55,31	-	1,57	-	-	h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	86,62	10,8

**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

1.6	96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRAD A, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m <sup>2</sup>	10,92	-	4,37	-	-	h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	47,73	6,0
1.7	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	3,32	-	-	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	27,91	3,5
1.8	96556	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	m <sup>3</sup>	3,32	-	-	4,91	3,30	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	16,29	2,0
1.9	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	376,67	0,09	-	-	-	h / kg	ARMADOR	33,52	4,2
1.10	101165	ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020	m <sup>3</sup>	3,32	-	-	10,26	5,13	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	34,07	4,3
2 Térreo												
2.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	22,95		1,13			h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	25,82	3,2
2.2	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	314,39	0,04				h / kg	ARMADOR	12,32	1,5
2.3	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	1,15			2,46	7,38	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	8,48	1,1
3 Cobertura												
3.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	35,10		1,13			h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	39,49	4,9

**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

3.2	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	37,97		1,12			h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	42,53	5,3
3.3	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	220,63	0,04				h / kg	ARMADOR	8,65	1,1
3.4	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADE NSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	1,76			2,46	7,38	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	12,98	1,6
3.5	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM B ALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADE NSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	2,92	-	-	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	24,55	3,1
3.6	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM B ALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADE NSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	4,56	-	-	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	38,34	4,8
4 Barrilete												
4.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	3,24		1,13			h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	3,65	0,5
4.2	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	4,16		1,12			h / m <sup>2</sup>	CARPINTEIRO	4,66	0,6
4.3	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	26,37	0,04				h / kg	ARMADOR	1,03	0,1
4.4	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADE NSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,16			2,46	7,38	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	1,18	0,1



**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

4.5	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM B ALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,30	-	-	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	2,52	0,3
4.6	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM B ALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,21	-	-	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	1,77	0,2
<b>Total</b>											<b>71,6</b>	

Fonte: Autor, 2023

Para a estrutura em alvenaria estrutural, foi seguido o mesmo método. A estrutura analítica de projeto para esse sistema encontra-se no Quadro 9. Posteriormente, após a definição das atividades, foi estimado o tempo de execução total, contudo, levou-se em consideração que os serviços seriam realizados pela equipe 2 de construção. Já em relação a jornada de trabalho, segue a mesma adotada para o sistema estrutural em comparação.

Quadro 9 – EAP da estrutura em alvenaria estrutural

ITEM	Descrição
1	Fundação
1.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA PARA VIGA BALDRAME
1.2	CONCRETO CICLÓPICO
2	Térreo
2.1	ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO
2.2	CONCRETAGEM DE LAJES
3	Cobertura
3.1	ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO
4	Barrilete
4.1	ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO
4.2	CONCRETAGEM DE LAJES

Fonte: O autor, 2023

A conclusão da obra foi estimada para um tempo de 30 dias reduzindo em 50% o tempo de construção da estrutura, conforme consta no Quadro 10, o que demonstra outra vez ser uma alternativa vantajosa para o sistema convencional de estruturas em concreto armado.

Quadro 10 – Tempo de execução da estrutura em alvenaria estrutural.

ITEM	Código	Descrição	UNID	QTD	PEDREIRO	SERVENTE	UNID / COMP	PROFISSIONAL PRINCIPAL	DURAÇÃO (HORAS)	DURAÇÃO (DIAS)
1 Fundação										
1.1	96524	ESCAVAÇÃO MECANIZADA PARA VIGA BALDRAME COM MINI-ESCAVADEIRA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_06/2017	m <sup>3</sup>	13,16	3,24	2,31	h / m <sup>3</sup>	SERVENTE	30,45	3,8
1.2	102487	CONCRETO CICLÓPICO FCK = 15MPA, 30% PEDRA DE MÃO EM VOLUME REAL, INCLUSIVE LANÇAMENTO. AF_05/2021	m <sup>3</sup>	13,16	1,67	6,47	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	21,98	2,7
2 Térreo										
2.1	103316	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	168,73	0,73	0,37	h / m <sup>2</sup>	PEDREIRO	123,17	15,4
2.2	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	4,56	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	16,28	2,0
3 Cobertura										
3.1	103316	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	41,04	0,73	0,37	h / m <sup>2</sup>	PEDREIRO	29,96	3,7
4 Barrilete										
4.1	103316	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	14,69	0,73	0,37	h / m <sup>2</sup>	PEDREIRO	10,72	1,3
4.2	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,21	3,571	8,41	h / m <sup>3</sup>	PEDREIRO	0,75	0,1
									<b>Total</b>	<b>29,2</b>

Fonte: Autor, 2023

### 3.5. Levantamento de custos

Após a definição da quantidade demandada de serviços e materiais, procedeu-se o orçamento de ambos os projetos.

Como já informado, para realizar esse processo, foi utilizado o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) do Rio Grande do Norte, do mês de julho de 2023.

Dessa forma, baseando-se na tabela do tempo de execução da estrutura em concreto armado, que descreve os serviços, bem como, a sua proporção, foi possível verificar que o custo total da obra orçado em R\$ 72.173,50 reais.

No Quadro 11, segue as informações de custo de cada etapa de serviço detalhada para a obra.

Quadro 11 – Custo total da estrutura em concreto armado.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	VALOR UNI	VALOR TOTAL
1 Fundação						
1.1	99059	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	m	64,00	58,41	3738,24
1.2	101619	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL. AF_08/2020	m <sup>3</sup>	2,53	315,13	797,28
1.3	96530	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m <sup>2</sup>	55,31	206,95	11446,40
1.4	96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRAD A, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m <sup>2</sup>	10,92	376,73	4113,89
1.5	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM B ALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	3,32	925,02	3071,07
1.6	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	3,32	262,3	870,84
1.7	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	m <sup>3</sup>	3,32	500,34	1661,13
1.8	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	376,67	15,05	5668,88
1.9	101165	ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020	m <sup>3</sup>	3,32	918,87	3050,65
2 Térreo						
2.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	22,95	158,92	3647,21

**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

2.5	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	314,39	13,34	4193,96
2.7	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	1,15	907,59	1043,73
3	Cobertura					
3.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	35,10	158,92	5578,09
3.2	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	37,97	240,51	9132,16
3.4	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	220,63	13,34	2943,20
3.5	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	1,76	907,59	1597,36
3.6	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	2,92	952,02	2779,90
3.7	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	4,56	952,02	4341,21
4	Barrilete					
4.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	3,24	158,92	514,90
4.2	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m <sup>2</sup>	4,16	240,51	1000,52
4.4	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	26,37	13,34	351,78
4.5	103669	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,16	907,59	145,21

**Análise comparativa entre o uso sistema construtivo em alvenaria estrutural e concreto armado no custo de uma habitação residencial térrea**

Ítalo Bruno de Faria Medeiros

4.6	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,30	952,02	285,61
4.7	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,21	952,02	199,92
Custo total:						72173,15

Fonte: Autor, 2023

Em sequência, deu-se início ao cálculo do total de custo da estrutura em blocos de concreto estrutural, utilizando também como referência a tabela do tempo de execução da estrutura. Após efetuado todos os cálculos, constatou-se que as despesas totais atingiram um valor de R\$ 34.419,60 reais, conforme está representado.

No Quadro 12 está representado as atividades a serem realizadas, bem como, a quantidade de serviço que será necessária, e o respectivo custo para cada etapa da construção.

Quadro 12 – Custo total da estrutura em alvenaria estrutural.

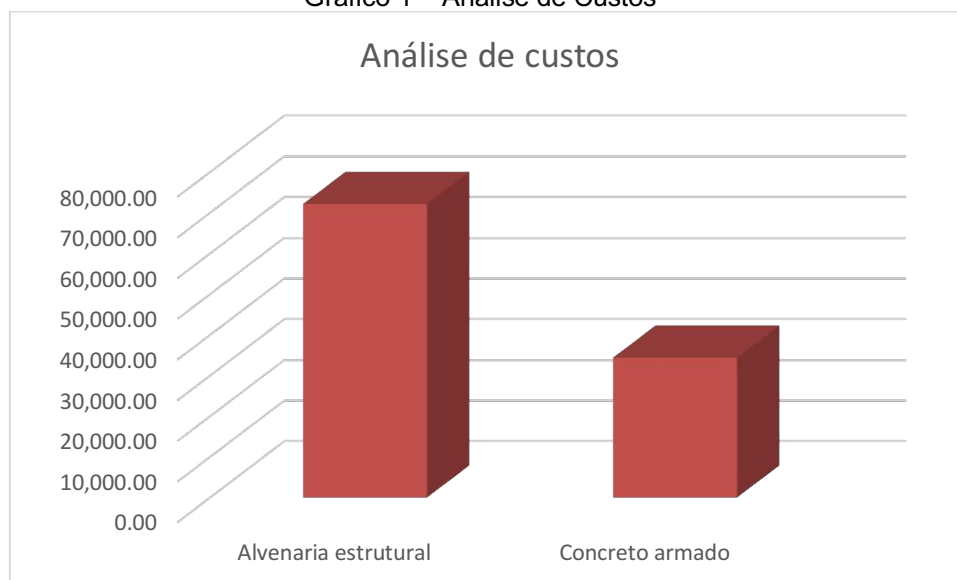
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	VALOR UNI	VALOR TOTAL
<b>1</b> Fundação						
1.1	99059	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	m	64,00	58,41	3738,24
1.2	96524	ESCAVAÇÃO MECANIZADA PARA VIGA BALDRAME COM MINI-ESCAVADEIRA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_06/2017	m <sup>3</sup>	13,16	178,33	2346,64
1.3	102487	CONCRETO CICLÓPICO FCK = 15MPA, 30% PEDRA DE MÃO EM VOLUME REAL, INCLUSIVE LANÇAMENTO. AF_05/2021	m <sup>3</sup>	13,16	583,60	7679,59
<b>2</b> Térreo						
2.1	103316	ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	168,73	71,79	12113,13
2.2	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	4,56	952,02	4341,21
<b>3</b> Cobertura						
3.1	103316	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	41,04	71,79	2946,26
<b>4</b> Barrilete						

4.1	103316	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m <sup>2</sup>	14,69	71,79	1054,60
4.2	103682	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	m <sup>3</sup>	0,21	952,02	199,92
Custo total:						34419,60

Fonte: Autor, 2023

Concluindo, os resultados apontam para uma vantagem do sistema em alvenaria estrutural nos custos da estrutura, para este caso, se mostrando uma alternativa altamente eficiente. Isso fica evidente no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Análise de Custos



Fonte: Autor, 2023

#### 4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou analisar o impacto do uso de sistemas estruturais alternativos. Os resultados obtidos demonstram significativa relevância, e são consistentes com estudos anteriores que demonstram a eficácia do sistema em alvenaria estrutural na economia de custos da obra.

Um dos principais efeitos, foi que o uso da alvenaria estrutural resultou em redução de 47,69% no custo total da estrutura, o que sugere que esse sistema pode ser uma alternativa economicamente viável.

A redução de custos pode ser atribuída ao quantitativo e custo mais baixo dos materiais de alvenaria, bem como a um tempo de construção mais curto devido à simplicidade do sistema.

Este último fato, é comprovado pela redução em, aproximadamente, 50% do tempo esperado para o fim da obra. Enquanto o tempo estimado para a conclusão da construção em concreto armado é de 72 dias, com a adoção de alvenaria estrutural, esse prazo é reduzido para apenas 30 dias. Essa prerrogativa ressalta, também, a redução de despesas quando se trata, principalmente, de gastos com a mão de obra.

Além disso, é possível visualizar uma demanda reduzida dos serviços, vista de forma mais clara, na estrutura analítica de projeto criada para ambos os contextos. Na análise do sistema em alvenaria estrutural, a integração da alvenaria e da estrutura em uma única etapa, reduz serviços de fabricação de fôrmas e concreto, e armação dos elementos estruturais.

No que se refere ao consumo de fôrmas, é evidente os elevados custos com a fabricação e montagem do material. O que é uma vantagem para o sistema alternativo cuja estrutura despreza o uso do material em grande parte das etapas construtivas. Isso evita gastos na obra e reduz a taxa de desperdícios de materiais, uma vez que, nas obras ocorre perdas das chapas de madeira e, na maior parte das vezes, os materiais não são reaproveitados em construções futuras.

Cabe ressaltar, também, que nestes casos a mão de obra do carpinteiro não se torna altamente necessária, visto que os serviços com fôrmas são praticamente dispensáveis.

Sendo assim, pode-se afirmar que a presente pesquisa se mostra eficaz ao buscar fornecer fundamentos para a escolha da alternativa mais viável para construção da estrutura de uma habitação residencial térrea, que garanta rapidez na execução e redução no custo. No entanto, cabe ao engenheiro escolher qual o sistema mais adequado para seu projeto. Pois, é válido reconhecer que além do custo, existem outras questões que devem ser verificadas em uma obra, como as condições de segurança.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON. Pesquisa setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. **Associação Brasileira Para Reciclagem de Resíduos da**

**Construção**, São Paulo, p. 1-104, 8 jun. 2022. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.

AMORIM, Lucas Freitas. **Estudo do Proceso de Planejamento da Execução no Sistema de Alvenaria Estrutural em Obras de Múltiplos Pavimentos**. 2010. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Versão Ampliada e atualizada em 2006: Mercia Maria S. Bottura de Barros e Viviane Miranda Araújo, a partir do texto original de 1988. Apostila da disciplina PCC – 2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I

BARBOZA, Sergio Lessa Costa. **Comparação de programas computacionais para o dimensionamento de estruturas de concreto armado**. 2019. 85 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº307 de 05/07/02 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. 8ª Ed. Brasília: CAIXA, 2020. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1\\_SINAPI\\_Metodologias\\_e\\_Conceitos\\_8\\_Edicao.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1_SINAPI_Metodologias_e_Conceitos_8_Edicao.pdf)

CORDEIRO, Ana Regina Jafra. Desenvolvimento de uma ferramenta móvel para auxílio na gestão de resíduos de construção civil em canteiros de obra. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16464>.



EUPHROSINO, Camila Augusto; JACINTHO, Ana Elisabete Paganelli Guimarães de Avila; PIMENTEL, Lia Lorena; CAMARINI, Gladis; FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli.

FARIA, M. S. (Coord.). **Alvenaria com blocos de concreto**: ferramentas para melhorar a qualidade e a produtividade da sua obra. Recife: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2004<sup>a</sup>. Prática recomendada PR – 3. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/downloads>>.

FERREIRA, Bernardo da Costa e Silva. **Análise comparativa entre dois programas de cálculo estrutural: CAD/TQS e SAP 2000**. 2011. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

FERREIRA, Ludmila. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UMA CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E CONVENCIONAL**. 2023. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2023.

MARTINO, G. O que é e como funciona o concreto armado? ArchDaily Brasil, 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/975732/o-que-e-e-como-funciona-o-concreto-armado>> ISSN 0719-8906>. Acesso em: 02 de jul. de 2023.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. 2. ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2007.

MONCAYO, Winston Junior Zumaeta. Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado. 2011. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

Tijolos de solo-cimento usados para Habitação de Interesse social (HIS) em mutirão: estudo de caso em olaria comunitária. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Campinas, SP, v. 27, n. 1, p. 0-13, mar. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2021-47087>.

TQS INFORMÁTICA LTDA. Manual usuário: dominando os sistemas CAD/TQS – visão geral e exemplo completo. v.2. São Paulo: TQS Informática, 2017a.

RAMALHO, Marcio A.; CORREA, Marcio R. S. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural 1ª. ed. São Paulo - SP: Editora Pini Ltda, 2003. 169 p.

VIEIRA, Tayna Teixeira; FIGUEIREDO, Karoline Vieira. Vantagens de planejar uma obra com a plataforma BIM, REVIT. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 17, n. 17, p. 10-19, ago. 2020. ISSN 2595-6531.