

CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
TAINÃ PEREIRA MARTINS

**COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURA EM CONCRETO  
ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS  
EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CAMBORIÚ/SC**

LAGES  
2021

TAINÃ PEREIRA MARTINS

**COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURA EM CONCRETO  
ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS  
EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CAMBORIÚ/SC**

Trabalho de graduação apresentado na  
disciplina de Metodologia Científica do Curso de  
Engenharia Civil do Centro Universitário  
FACVEST.

Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos

LAGES  
2021

TAINÃ PEREIRA MARTINS

**COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURA EM CONCRETO  
ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS  
EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CAMBORIÚ/SC**

Trabalho de graduação apresentado na  
disciplina de Metodologia Científica do Curso de  
Engenharia Civil do Centro Universitário  
FACVEST.

Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC \_\_\_/\_\_\_/2021. Nota \_\_\_\_\_

---

Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos

LAGES  
2021

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Darlei e Léia, pelo exemplo de pessoas que são, pela motivação e força, e por terem investido na minha educação desde o princípio e até hoje;

À minha futura esposa, Andriélly, por toda a ajuda nos momentos mais difíceis, pelo seu companheirismo, amor e dedicação de todos os dias;

À minha irmã, Gabriela, pelo interesse no meu crescimento profissional, pelo tempo que passamos juntos durante esta caminhada;

Aos demais familiares que estiveram por perto quando necessitei de colaboração e ajuda;

Ao meu orientador de Trabalho de Conclusão de Curso, Professor Aldori dos Anjos, pela paciência e dedicação no início deste propósito;

# **COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CAMBORIÚ/SC**

MARTINS, Tainã, Pereira<sup>1</sup>  
Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Para a execução de um projeto na construção civil, que atenda às necessidades econômicas, estruturais e arquitetônicas, é necessário conhecer os diferentes tipos de sistemas construtivos disponíveis no mercado, suas características, insumos e determinados custos. Esta pesquisa disserta sobre a comparação de custos de uma edificação de três pavimentos, no bairro Rio Pequeno na cidade de Camboriú, estado de Santa Catarina. A obra está sendo executada originalmente em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos. Com base no projeto de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos, disponibilizado pela construtora proprietária do empreendimento, foi desenvolvido no Software TQS, o projeto estrutural de Concreto Armado, a fim de comparar o custo entre os sistemas construtivos. Com o auxílio de planilhas orçamentárias do Excel, foram levantados os quantitativos de insumos necessários para a execução em ambos os sistemas, os custos unitários e global. Observou-se que, neste projeto, o sistema de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos levou vantagem em relação à economia de materiais. Foram apresentados fatores econômicos que podem ter influência na diferença de custo entre os sistemas, também se enunciou a ideia de que não há como garantir, de modo geral, qual o método construtivo é o mais vantajoso, apenas qual foi o mais econômico no projeto estudado, pois existem muitos fatores que podem influenciar esse custo, como a necessidade arquitetônica ou estrutural e a região onde será implantado o projeto.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil; Alvenaria Estrutural; Concreto Armado; Projeto; Custos; Quantitativos, Comparativo.

<sup>1</sup>MARTINS, Tainã, Pereira do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

<sup>2</sup>Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos.

# **COST COMPARISON BETWEEN REINFORCED CONCRETE STRUCTURE AND STRUCTURAL MASONRY OF CERAMIC BLOCKS IN A RESIDENTIAL BUILDING IN CAMBORIÚ / SC**

MARTINS, Tainã, Pereira<sup>1</sup>  
Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos<sup>2</sup>

## **ABSTRACT**

For the execution of a civil construction project that meets economic, structural and architectural needs, it is necessary to know the different types of construction systems available on the market, their characteristics, inputs and certain costs. This research discusses about the cost comparison of a three floor building in the Rio Pequeno neighborhood in the city of Camboriú, state of Santa Catarina. Originally the build is being perform in structural masonry. Based on the Structural Masonry project, made available by the construction company that owns the project, the structural project of Reinforced Concrete was developed in Software TQS, in order to compare the cost between the construction systems. With the aid of budget spreadsheets in Excel, the quantities of inputs needed for execution in both systems, the unit and global costs, were collected. It was observed that, in this project, the Structural Masonry system had an advantage in terms of saving materials. Economic factors that may have an influence on the cost difference between the systems were presented, as well as the idea that there is no way to guarantee, in general, which constructive method is the most advantageous, only which was the most economical in the studied project , as there are many factors that can influence this cost, such as the architectural or structural need and the region where the project will be implemented.

**Keywords:** Civil engineering; Structural Masonry; Reinforced concrete; Project; Costs; Quantitative; Comparative

<sup>1</sup>MARTINS, Tainã, Pereira do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

<sup>2</sup>Prof. Me. Aldori Batista dos Anjos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Figura 1: Construções que utilizaram o conceito de alvenaria com função resistente.....	17
Figura 2: Edifício Monadnock, em Chicago.....	17
Figura 3: Tipos de blocos cerâmicos estruturais.....	19
Figura 4: Modulação da primeira fiada.....	21
Figura 5: Modulação da 2ª fiada.....	22
Figura 6: Dimensões reais e dimensões nominais dos blocos.....	23
Figura 7: Dimensões reais entre faces de blocos.....	23
Figura 8: Fiadas 1 e 2 e elevação de uma parede sem juntas a prumo.....	23
Figura 9: Fachada do empreendimento padrão.....	30
Figura 10: Planta de implantação do empreendimento padrão.....	30
Figura 11: Planta baixa do empreendimento padrão.....	31
Figura 12: Ilustração da planta de elevação da parede do projeto em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos.....	32
Figura 13 Planta baixa 1ª fiada do projeto em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos.....	32
Figura 14: Planta baixa 2ª fiada do projeto em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos.....	33
Figura 15: Marcação da primeira fiada do pavimento térreo.....	33
Figura 16: Disposição dos pontos de graute da primeira fiada.....	34
Figura 17: Grauteamento das vergas.....	35
Figura 18: Cintas já grauteadas.....	35
Figura 19: Montagem da Laje (Pré-moldada com EPS), conduítes parcialmente instalados.....	36
Figura 20: Fachada lateral do empreendimento.....	36
Figura 21: Execução do reboco externo.....	36
Figura 22: Planta de forma do pavimento tipo para estrutura convencional em concreto armado.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantitativo de blocos estruturais para um pavimento.....	38
Tabela 2: Quantitativo de blocos estruturais para três pavimentos.....	39
Tabela 3: Quantitativo de graute para um pavimento.....	39
Tabela 4: Quantitativo de graute para três pavimentos.....	40
Tabela 5: Quantitativo de argamassa para um pavimento.....	40
Tabela 6: Quantitativo de argamassa para três pavimentos.....	40
Tabela 7: Resumo de aço da alvenaria estrutural para um pavimento.....	41
Tabela 8: Resumo de aço da alvenaria estrutural para três pavimentos.....	41
Tabela 9: Custo global da estrutura em alvenaria estrutural.....	41
Tabela 10: Quantitativo de blocos de vedação para um pavimento.....	42
Tabela 11: Quantitativo de blocos de vedação para três pavimentos.....	42
Tabela 12: Quantitativo de argamassa de assentamento para um pavimento.....	42
Tabela 13: Quantitativo de argamassa de assentamento para três pavimentos.....	42
Tabela 14: Quantitativo de aço para um pavimento.....	43
Tabela 15: Quantitativo de aço para três pavimentos.....	43
Tabela 16: Quantitativo de concreto para um pavimento.....	43
Tabela 17: Quantitativo de concreto para três pavimentos.....	43
Tabela 18: Custo global da estrutura em concreto armado.....	44

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparativo de custos por insumo entre os métodos construtivos.....	44
Gráfico 2: Comparativo de custo global entre os sistemas construtivos.....	45
Gráfico 3: Custo percentual por etapas da Alvenaria Estrutural com Bloco Cerâmico.....	45
Gráfico 4: Custo percentual por etapa da Estrutura em Concreto Armado (CABC).....	45

## LISTA DE SIGLAS

AEBC - Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos;  
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
CABC - Concreto Armado com Vedação em Blocos Cerâmicos;  
cm – Centímetros;  
EPS – Poliestireno Expandido;  
 $f_{ck}$  - Resistência Característica do Concreto à Compressão;  
Kg – Quilograma;  
 $\text{kgf/mm}^2$  - Quilograma força por milímetro quadrado;  
m – Metros;  
 $\text{m}^2$  - Metro Quadrado;  
 $\text{m}^3$  - Metro Cúbico;  
mm – Milímetros;  
MPa – Megapascal;  
NBR – Norma Brasileira;  
QTD. – Quantidade.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 JUSTIFICATIVA .....	15
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
4.1 Alvenaria Estrutural .....	16
4.1.1 Breve Histórico .....	16
4.1.2 Apresentação do Sistema Construtivo .....	18
4.1.3 Modulação.....	20
4.1.3.1 Modulação Horizontal.....	22
4.1.3.2 Modulação Vertical .....	24
4.1.4 Vantagens e Desvantagens .....	24
4.2 Estrutura convencional em concreto armado .....	26
4.2.1 Breve Histórico .....	26
4.2.2 Apresentação do Sistema Construtivo .....	27
4.2.3 Vantagens e Desvantagens .....	28
5 METODOLOGIA.....	29
5.1 Apresentação do Objeto de Estudo.....	29
5.2 Projeto de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos .....	31
5.2.1 Pavimento Tipo .....	31
5.3 Projeto de Concreto Armado .....	37
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	38
6.1 Quantitativos de insumos e custos de serviços.....	38
6.1.1 Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos (AEBC).....	38

6.1.2 Concreto armado com vedação de blocos cerâmicos (CABC).....	42
6.1.3 Gráficos comparativos.....	44
7 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

Em meio à pandemia de Covid-19, o Brasil vive um momento de grande alta nos preços de materiais utilizados na construção civil. Vários são os fatores que influenciam esse aumento, o real desvalorizado perante ao dólar, o que eleva o valor de materiais importados, além disso, o aço e o cimento que tiveram produção interrompida no início da pandemia, após a retomada das atividades não alcançaram o patamar produtivo anterior à crise sanitária. Como a construção civil foi considerada atividade essencial pelo Governo Federal em maio de 2020, a demanda por esses produtos cresceu, elevando e muito os preços. Com isso, busca-se no mercado alternativas de métodos construtivos que possuam menor custo, mas que mantenham a segurança, qualidade e durabilidade de métodos tradicionais.

Segundo Albuquerque (1999), ao fazer a concepção estrutural, o engenheiro tem de ter em mente vários aspectos, tais como: manter a estética e a funcionalidade do projeto arquitetônico, ideia aproximada dos esforços atuantes na estrutura, métodos construtivos e custos. A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infraestrutura da região. Mesmo assim, o engenheiro de estruturas tem de buscar, entre todas as possibilidades, a estruturação mais econômica para o seu projeto.

De acordo com Araújo; Mutti (2005, apud OLIVER, 2016, p. 14), dentre os métodos construtivos, os mais utilizados para execução de edifícios no Brasil são o método que utiliza a Alvenaria Estrutural de Bloco Cerâmico e o que utiliza estruturas de concreto armado, juntamente com a alvenaria convencional.

A comparação de custos foi realizada entre os sistemas estruturais de concreto armado com fechamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural de Bloco Cerâmico em um edifício residencial na cidade de Camboriú. O objeto de estudo foi um edifício residencial de três pavimentos, de médio padrão. Devido à preocupação de executar uma edificação para a classe média, com o menor custo possível, sem deixar de atender à segurança, qualidade e durabilidade da edificação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Comparar o custo entre os métodos construtivos de concreto armado com fechamento de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Descrever cada um dos métodos construtivos, suas vantagens e desvantagens;
- Levantar dados para quantificar os materiais utilizados em cada um dos métodos;
- Avaliar e comparar o custo entre os métodos construtivos;
- Analisar os resultados obtidos.

### **3 JUSTIFICATIVA**

A presente pesquisa tem como tema “COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ESTRURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CAMBORIÚ/SC”, sendo importante esse estudo para entender cada um dos métodos construtivos e comparar os resultados que indicam qual método é o mais viável financeiramente neste determinado projeto.

A pesquisa poderá contribuir para a comunidade acadêmica por meio de uma revisão da literatura que abordará conceitos ligados ao tema e que poderá ser uma fonte para futuras pesquisas. Para a sociedade como um todo, a pesquisa contribuirá para que construtores e investidores possam compreender cada método construtivo e comparar seus custos.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Apresentam-se, a seguir, um breve histórico e as características dos dois sistemas construtivos, também são citadas as vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas.

### **4.1 Alvenaria Estrutural**

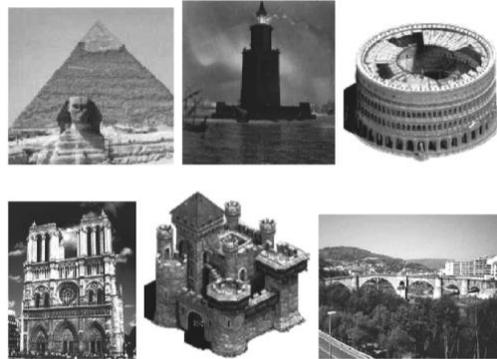
Iniciando pela Alvenaria Estrutural, é descrito um breve histórico do sistema, apresentando as principais obras onde existiram os primeiros registros da alvenaria sendo utilizada como estrutura. É descrito o sistema, de acordo com a NBR 16868-1/2021, ilustrando imagens para facilitar o entendimento.

#### **4.1.1 Breve Histórico**

A alvenaria é um sistema construtivo muito tradicional, tendo sido muito utilizada desde o início da atividade humana de executar estruturas para os mais variados fins. Com a utilização de blocos de diversos materiais, como argila, pedra e outros, foram produzidas obras que desafiaram o tempo, atravessando séculos ou mesmo milênios e chegando até nossos dias como verdadeiros monumentos de grande importância histórica (CORRÊA; RAMALHO, 2003, p. 2).

As principais construções que marcam a humanidade, pelos aspectos estruturais e arquitetônicos, eram compostas por unidades de blocos de pedra ou cerâmicos intertravados com ou sem um material ligante, como pode ser visto em construções como pirâmides do Egito, o Farol de Alexandria, o Coliseu Romano, a Catedral de Notre Dame, pontes e Castelos, figura 1 (SÁNCHEZ, 2013, p. 1).

**Figura 1:** Construções que utilizaram o conceito de alvenaria com função resistente.

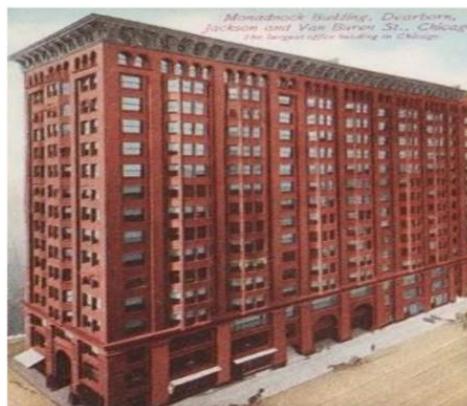


Fonte: Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural/organização Emil Sánchez.

Também segundo Sánchez (2013, p. 2), o uso da alvenaria estrutural tem milhares de anos de existência e iniciou com a utilização do conhecimento empírico. Os exemplos mais expressivos do seu uso na Antiguidade são as catedrais, obras magníficas, existentes até hoje em excelente estado de conservação.

Segundo Corrêa; Ramalho (2003, p. 2), construído em Chicago de 1889 a 1891, o edifício Monadnock (figura 2) tornou-se um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural. Com seus 16 pavimentos e 65 m de altura, foi considerado uma obra ousada, como se explorasse os limites dimensionais possíveis para edifícios de alvenaria. Entretanto, por causa dos métodos empíricos de dimensionamento empregados até então, as paredes na base têm 1,80 m de espessura. Acredita-se que se fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, essa espessura seria inferior a 30 cm.

**Figura 2:** Edifício Monadnock



Fonte: Chuckman, 2010.

Outro marco importante na história das construções em alvenaria, segundo o autor citado anteriormente, é um edifício construído em 1950, por Paul Haller, na Basileia, Suíça. O edifício, com 13 pavimentos e 42 m de altura, foi executado em alvenaria estrutural não-armada. A espessura das paredes é de 15 cm, para paredes internas, e 37,5 cm, para as paredes externas.

O sistema construtivo em alvenaria é utilizado no Brasil desde que os portugueses aqui desembarcaram no início do século XVI. Entretanto, a alvenaria com blocos estruturais, que pode ser encarada como um sistema construtivo mais elaborado e voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais, demorou muito a encontrar o seu espaço. A cronologia das edificações realizadas com blocos vazados estruturais é um pouco controversa, mas pode-se supor que os primeiros edifícios construídos no Brasil tenham surgido em 1966, em São Paulo. Dessa forma, apesar de sua chegada tardia, o sistema acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edificações residenciais e também industriais. Com um desenvolvimento mais lento a princípio e bem mais rápido nos últimos anos, o sistema acabou sendo muito bem aceito, o que se pode perceber principalmente quando se considera o número de empresas produtoras de blocos, tanto de concreto como cerâmicos, existentes na atualidade (CORRÊA; RAMALHO, 2003, p. 4-5).

#### **4.1.2 Apresentação do Sistema Construtivo**

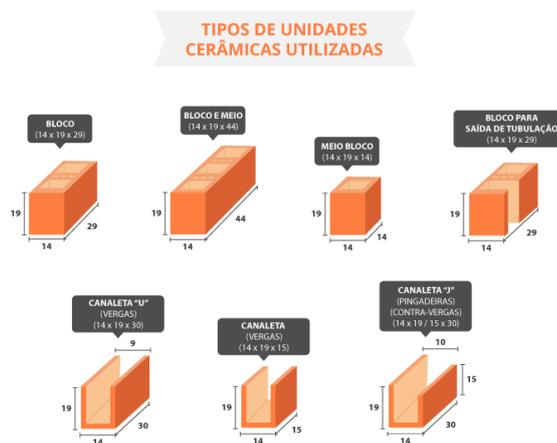
A alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos resistentes compostos por blocos, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas, além de seu peso próprio, de acordo com (PENTEADO, 2003, p. 53).

Entende-se por um componente da alvenaria uma entidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, ou unidades; argamassa; graute e armadura (Corrêa; Ramalho, 2003: pág. 6-8).

O mesmo autor define os principais componentes da alvenaria estrutural:

**Unidades:** como componentes básicos da alvenaria estrutural, as unidades são as principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura. Quanto ao material componente, as unidades mais utilizadas no Brasil para edificações de alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização: unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcários. Quanto à forma, as unidades podem ser maciças ou vazadas, sendo denominadas tijolos ou blocos, respectivamente. Os modelos de blocos cerâmicos são apresentados na figura 3:

**Figura 3:** Tipos de Blocos Cerâmicos Estruturais



Fonte: Sienge, 2017.

**Argamassa:** argamassa de assentamento possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações. Usualmente composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa deve reunir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para o desempenho de suas funções.

**Graute:** o graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios. Dessa forma, pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria à

compressão ou permitir que as armaduras colocadas combatam tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de resistir.

**Armaduras:** as barras de aço utilizadas nas construções em Alvenaria Estrutural são as mesmas utilizadas nas estruturas de Concreto Armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da Alvenaria Estrutural.

Já os elementos são uma parte suficientemente elaborada da estrutura, sendo formados por pelo menos dois dos componentes anteriormente citados. Como exemplo de elementos podem ser citados: paredes, pilares, cintas, vergas, etc. (CORRÊA; RAMALHO, 2003, p. 6).

#### **4.1.3 Modulação**

Cavalheiro (1999, apud MELO; CARVALHO, 2018, p. 5), define o projeto da alvenaria estrutural como sendo um sistema racionalizado, por exigir a integração dos projetos complementares na concepção estrutural e por não permitir adaptações e remoções no momento da execução, evitando assim desencontro de projetos. No projeto, devem constar o posicionamento e as orientações das modulações, descrevendo os elementos que devem ser usados em cada trecho de parede, assim como devem ser executadas as amarrações entre as alvenarias e pontos de reforço e grauteamento, proporcionando um claro entendimento na hora da execução.

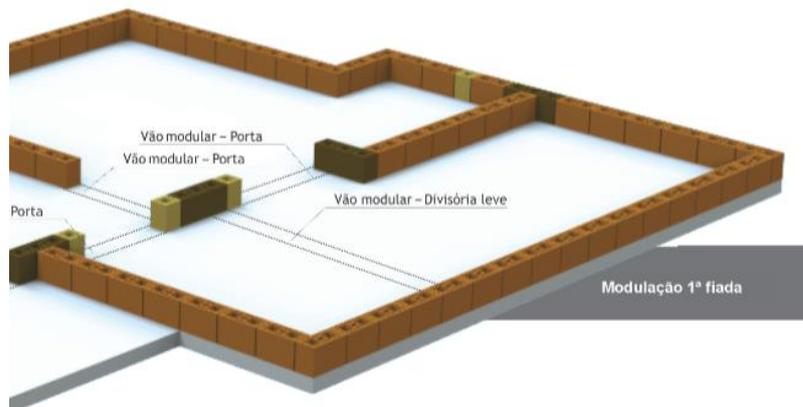
A modulação é um procedimento absolutamente fundamental, de acordo com a NBR 15873/2010, para que uma edificação em alvenaria estrutural possa resultar econômica e racional. Se as dimensões de uma edificação não forem moduladas, como os blocos não devem ser cortados, os enchimentos resultantes certamente levarão a um custo maior e uma racionalidade menor para a obra em questão. O fato de as paredes estarem trabalhando isoladas, consequência praticamente inevitável dos enchimentos, faz com que a distribuição das ações entre as diversas paredes de um edifício seja feita de forma a penalizar em demasia alguns elementos e

consequentemente a economia do conjunto. Dessa forma, pode-se concluir que uma obra de alvenaria estrutural, que se pretenda racionalizada, deve apresentar todas as suas dimensões moduladas. Ajustes até podem ser realizados, mas em pouquíssimos pontos e apenas sob condições muito particulares (CORRÊA; RAMALHO, 2003, p. 13-14).

Um dos aspectos mais importantes é a definição do tipo de bloco a ser empregado no projeto. A coordenação modular permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares, por meio de um reticulado especial de referência (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999).

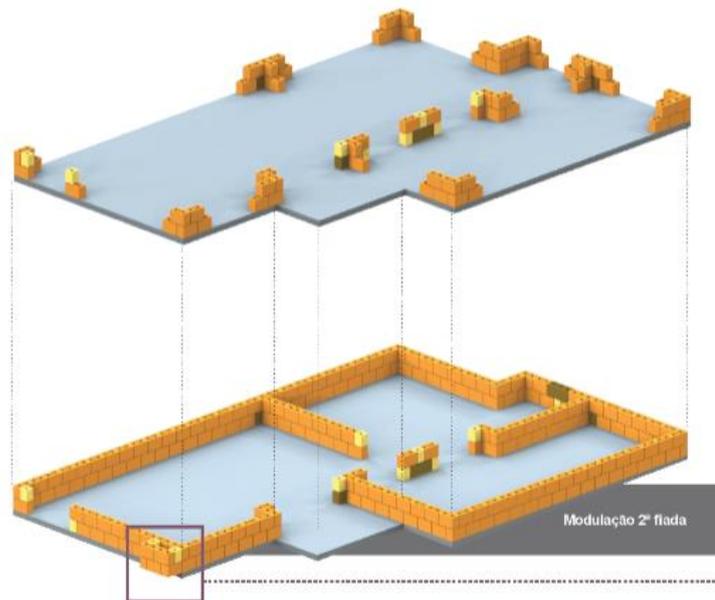
Essa malha modular com medidas baseadas no tamanho do componente a ser usado é obtida mediante o traçado de um reticulado de referência, com um módulo básico escolhido (dimensões reais do bloco mais a espessura das juntas, cabendo salientar que, usualmente, os módulos são de 15 cm ou 20cm), ilustrada nas figuras 4 e 5 (MOHAMAD; MACHADO; JANTSCH, 2018).

**Figura 4:** Modulação da primeira fiada



Fonte: Mohamad; Machado; Jantsch, 2018

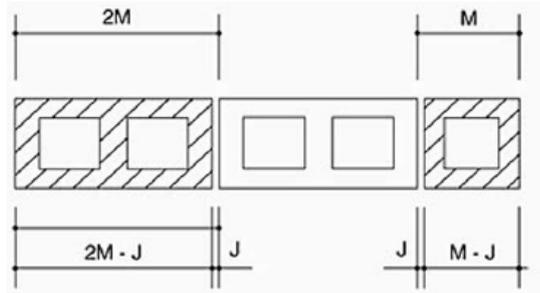
**Figura 5:** Modulação da 2ª fiada



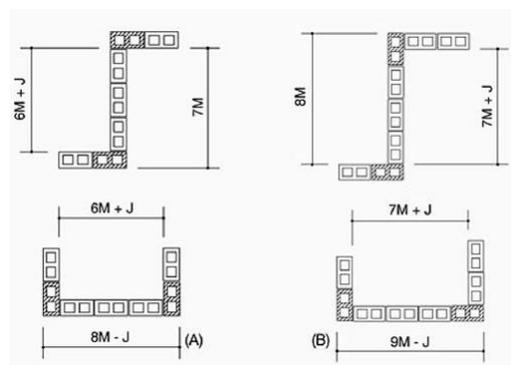
Fonte: Mohamad; Machado; Jantsch, 2018

#### 4.1.3.1 Modulação Horizontal

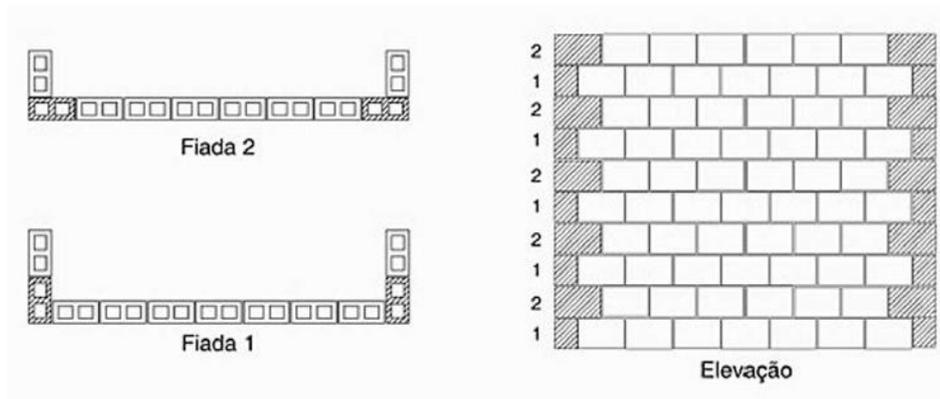
O primeiro conceito a ser aqui abordado é o das dimensões reais. Quando se adota um determinado módulo, aqui chamado de  $M$ , esse módulo refere-se ao comprimento real do bloco mais a espessura de uma junta, aqui chamada de  $J$ . Portanto, conforme se apresenta na figura 6, o comprimento real de um bloco inteiro será  $2M - J$  e o comprimento real de um meio bloco será  $M - J$ . Considerando-se as juntas mais comuns, que são de 1 cm, tem-se que os comprimentos reais dos principais blocos serão seus comprimentos nominais (15, 20, 30, 35, 45 cm, etc.) diminuídos de 1 cm (14, 19, 29, 34, 44 cm, etc.). Entretanto, não são tão raros blocos preparados para juntas de 0,5 cm, principalmente nas famílias de módulo 15 cm. Nesse caso, os comprimentos reais seriam de 14,5 cm, 29,5 cm e 44,5 cm. Então, as dimensões reais de uma edificação entre faces dos blocos, conforme ilustra a figura 7, ou seja, sem se considerar os revestimentos, serão sempre determinadas pelo número de módulos e juntas que se fizerem presentes no intervalo. A figura 8 ilustra a primeira e segunda fiada de uma parede e a elevação da mesma.

**Figura 6:** Dimensões reais e dimensões nominais dos blocos

Fonte: Corrêa; Ramalho, 2003.

**Figura 7:** Dimensões reais entre faces de blocos

Fonte: Corrêa; Ramalho, 2003.

**Figura 8:** Fiadas 1 e 2 e elevação de uma parede sem juntas a prumo.

Fonte: Corrêa; Ramalho, 2003.

Corrêa; Ramalho, (2003, p. 23) apresenta a importância de entender as características geométricas da utilização da alvenaria e os aspectos das modulações horizontal e vertical, para que o sistema possa obter a economia e racionalidade esperada.

#### 4.1.3.2 Modulação Vertical

A modulação vertical raramente provoca mudanças significativas no arranjo arquitetônico (CORRÊA; RAMALHO, 2003, p. 21).

#### 4.1.4 Vantagens e Desvantagens

Segundo Corrêa; Ramalho (2003, p. 10), as principais vantagens da alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais de concreto armado, em ordem decrescente de importância:

a) Economia de formas:

Quando existem, as formas se limitam às necessárias para a concretagem das lajes. São, portanto, formas lisas, baratas e de grande reaproveitamento.

b) Redução significativa nos revestimentos:

Por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa. Usualmente o revestimento interno é feito com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície dos blocos. No caso dos azulejos, eles também podem ser colados diretamente sobre os blocos.

c) Redução nos desperdícios de material e mão de obra:

O fato de as paredes não admitirem intervenções posteriores significativas, como rasgos ou aberturas para a colocação de instalações hidráulicas e elétricas, é uma importante causa da eliminação de desperdícios. Assim, o que poderia ser encarado como uma desvantagem, na verdade implica a virtual eliminação da possibilidade de improvisações, que encarecem significativamente o preço de uma construção.

d) Redução do número de especialidades:

Deixam de ser necessários profissionais como armadores e carpinteiros.

e) Flexibilidade no ritmo de execução da obra:

Se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado.

Corrêa; Ramalho (2003), também apresenta algumas desvantagens do sistema:

a) Dificuldade de se adaptar arquitetura para um novo uso:

Fazendo as paredes parte da estrutura, obviamente não existe a possibilidade de adaptações significativas no arranjo arquitetônico. Em algumas situações isso se torna um problema bastante sério. Estudos realizados demonstram que ao longo de sua vida útil uma edificação tende a sofrer mudanças para se adaptar a novas necessidades de seus usuários. No caso da alvenaria isso não só é inconveniente como tecnicamente impossível na grande maioria dos casos.

b) Interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações:

A interferência entre os projetos é muito grande quando se trata de uma obra em alvenaria estrutural. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto arquitetônico e a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle cuidadoso desses furos, condiciona de forma marcante os projetos de instalações elétricas e hidráulicas.

c) Necessidade de uma mão de obra bem qualificada:

A alvenaria estrutural exige uma mão de obra qualificada e apta a fazer uso de instrumentos adequados para sua execução. Isso significa um treinamento prévio da equipe contratada para sua execução. Caso contrário, os riscos de falhas que comprometam a segurança da edificação crescem sensivelmente.

## 4.2 Estrutura convencional em concreto armado

Primeiramente, é apresentado um breve histórico do sistema construtivo, citando os principais nomes que ajudaram a desenvolver esse método em todo o mundo e sua evolução com o passar dos anos. Também é apresentado seu primeiro registro no Brasil e onde foi utilizado. Após, é descrito o sistema, apresentando as vantagens e desvantagens.

### 4.2.1 Breve Histórico

De acordo com Bastos (2006), o concreto armado surgiu por volta de 1850, com a necessidade de reunir a resistência à compressão e durabilidade da pedra com as resistências mecânicas do aço para construir grandes edifícios.

Já Porto; Fernandes (2015, p. 14 -15) descrevem a história do concreto armado no Mundo e também no Brasil:

- **Tempos Romanos:** Uso de material semelhante ao concreto nas construções. Na recuperação das ruínas das termas de Caracala, em Roma, foram utilizadas barras de bronze introduzidas na argamassa de pozzolana para construção de vãos muito extensos.
- **1824:** O empreiteiro escocês Josef Aspdin desenvolveu um processo para produção do cimento Portland, nome dado devido à semelhança da cor do cimento com pedras calcárias da ilha de Portland, Inglaterra.
- **1849:** O engenheiro francês Joseph-Louis Lambot desenvolveu, no sul da França, um barco, utilizando argamassa de cimento, areia e fios de arame introduzidos nessa massa.
- **1961:** O paisagista e horticultor francês Joseph Monier, ao conhecer o novo produto de Lambot, depara-se com a solução para os problemas de umidade e durabilidade que enfrentava com seus vasos cerâmicos e de madeira, culminando na ideia de fabricação de vasos e caixas de concreto armado nas mais diversas formas.
- **1877:** O advogado americano Thaddeus Hyatt realiza uma série de ensaios com construções de concreto armado e publica os resultados. Hyatt foi o grande precursor do concreto armado e mostrava

compreender profundamente o funcionamento do aço com o concreto e posicionamento desejável das barras para que colaborassem na resistência.

- **1878:** Monier consegue novas patentes, expandindo a divulgação do concreto armado por outros países.
- **1945:** A partir desse ano, após a segunda Guerra Mundial, o concreto começa a ser utilizado em escala mundial.

Segundo Vasconcelos (1985), pouco se sabe sobre o início do concreto armado no Brasil. A mais antiga notícia sobre seu emprego data de 1904, no Rio de Janeiro. Em uma publicação do professor Antônio de Paula Freitas (1904). Diz-se que o cimento armado (como o material era denominado naquela época) foi utilizado pela primeira vez no Brasil em construções habitacionais de Copacabana pela chamada “Empreza de Construções Civis”, sob responsabilidade do engenheiro Carlos Poma. Essa empresa obteve em 1892 uma patente para utilização do cimento armado, uma variante do sistema Monier.

#### **4.2.2 Apresentação do Sistema Construtivo**

Os edifícios convencionais em concreto armado são aqueles produzidos com estruturas de vigas, pilares e lajes de concreto armado moldados no local (BARROS e MELHADO, 1998).

Segundo Araújo (2003, p. 1) o concreto armado se caracteriza pela associação do concreto com barras de aço, sendo que o funcionamento conjunto desses materiais só é possível graças à aderência.

O concreto armado é o material construtivo de maior utilização em todo o mundo, destacando-se pelo seu ótimo desempenho, facilidade de execução e economia. Seu emprego é relativamente recente e sua primeira aplicação foi em um ramo fora da construção civil (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 13).

Também segundo Porto; Fernandes (2015, p. 13) o concreto possui, em seu interior, barras de aço para melhorar o seu comportamento. Isso acontece porque ele apresenta uma certa deficiência quanto à resistência aos esforços de tração – característica presente nos diversos elementos estruturais feitos desse material.

Entende-se como estrutura convencional aquela em que as lajes se apoiam em vigas (tipo laje-viga-pilar), ou seja, a estrutura é formada fundamentalmente por lajes,

vigas e pilares (ALBUQUERQUE, 1999). É o sistema construtivo mais difundido também no Brasil.

Segundo a NBR 6118/2014, os pilares são elementos lineares de eixo reto, dispostos na vertical que recebem basicamente esforços de compressão, oriundos do peso próprio da estrutura além de outras cargas. Já as vigas são elementos lineares basicamente dispostos na horizontal nas quais o esforço preponderante é o de flexão. Por fim, a laje ou placa é um elemento estrutural laminar de superfície plana sujeito principalmente a ações normais ao seu plano e normalmente constituem os pisos dos edifícios (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p.74-75).

#### 4.2.3 Vantagens e Desvantagens

Segundo Nunes; Junges (2008), as principais vantagens do sistema convencional em concreto armado são:

- a. Mão de obra treinada:** como foi e ainda é o sistema mais utilizado há abundância de mão de obra qualificada.
- b. Maior rigidez:** a existência de muitas vigas forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento (Albuquerque, 1999).
- c. Rearranjo arquitetônico:** possibilidade de alterações no layout já que as paredes têm função apenas de vedação.

As principais desvantagens do sistema são:

- a. Cronograma de construção associado à cura do concreto:** O cronograma da construção está ligado à cura do concreto para poder-se trabalhar sobre o pavimento recém concretado e para o levantamento da alvenaria de vedação.
- b. Perda de material e geração de entulho:** o sistema não pode ser considerado racional pelo alto índice de perda de material durante o processo construtivo, como por exemplo, a necessidade de realizar rasgos nas paredes para a instalação de tubulações hidráulicas e elétricas.
- c. Recortes na estrutura:** a presença de grande número de vigas, além de causar alto consumo de formas, não favorece o reaproveitamento de formas e diminui a produtividade da construção.

## 5 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado como foi desenvolvida a pesquisa da coleta de dados para o presente estudo de caso, que tem como objetivo principal comparar os custos dos métodos construtivos propostos. Foram criadas siglas para cada processo construtivo deste estudo, a fim de facilitar a comparação e a leitura: Concreto Armado com Vedação em Blocos Cerâmicos (CABC) e Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos (AEBC).

Após ser definida a edificação, o projeto arquitetônico e o projeto de alvenaria estrutural foram fornecidos pela construtora proprietária do empreendimento, já o projeto estrutural de concreto armado foi elaborado com o auxílio do software TQS, utilizando a mesma planta arquitetônica do projeto de alvenaria estrutural. Todos os parâmetros, análise, dimensionamento e detalhamento do projeto foram seguidos de acordo com as NBR 6118/2014. Foram quantificados e comparados os serviços referentes aos seguintes itens: aço, argamassa de assentamento, blocos (unidades), concreto/graute e formas.

O tempo de execução foi considerado igual para ambos os métodos, assim como os materiais utilizados na fundação, lajes (definida como: pré-fabricada com poliestireno, EPS. H = 15cm), escadas e revestimentos de parede, como reboco e pintura, logo não sendo relevantes para a pesquisa. Também não foram considerados características peculiares de cada sistema construtivo, como instalações hidráulica e elétrica.

Realizou-se o levantamento do quantitativo de ambos os projetos e, com o auxílio de planilhas orçamentárias do software Excel, foram comparados os custos unitários e global de cada um dos sistemas construtivos.

### 5.1 Apresentação do Objeto de Estudo

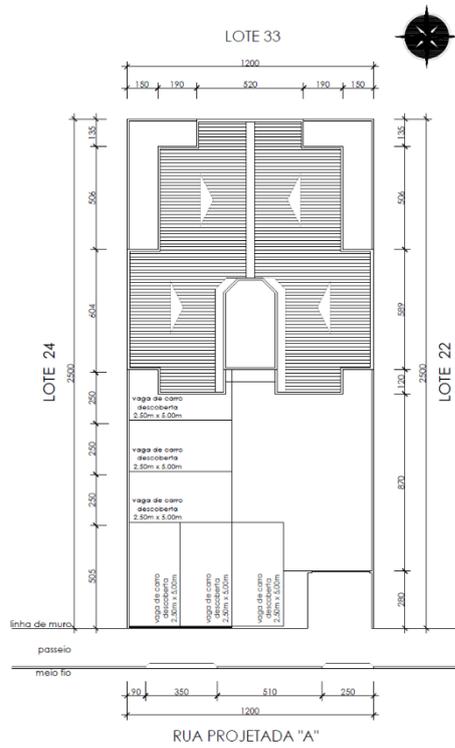
O empreendimento padrão é um edifício residencial multifamiliar, localizado no bairro Rio Pequeno, na cidade de Camboriú/SC. O empreendimento é composto por três pavimentos tipo e pavimento caixa d'água. Os pavimentos tipo possuem dois apartamentos cada, os apartamentos têm um total de 60,54m<sup>2</sup> de área útil e o pavimento possui 131,12m<sup>2</sup> de área construída. A figura 9 apresenta a perspectiva da fachada e as figuras 10 e 11, a implantação e a planta baixa, respectivamente.

**Figura 9:** Fachada do empreendimento padrão



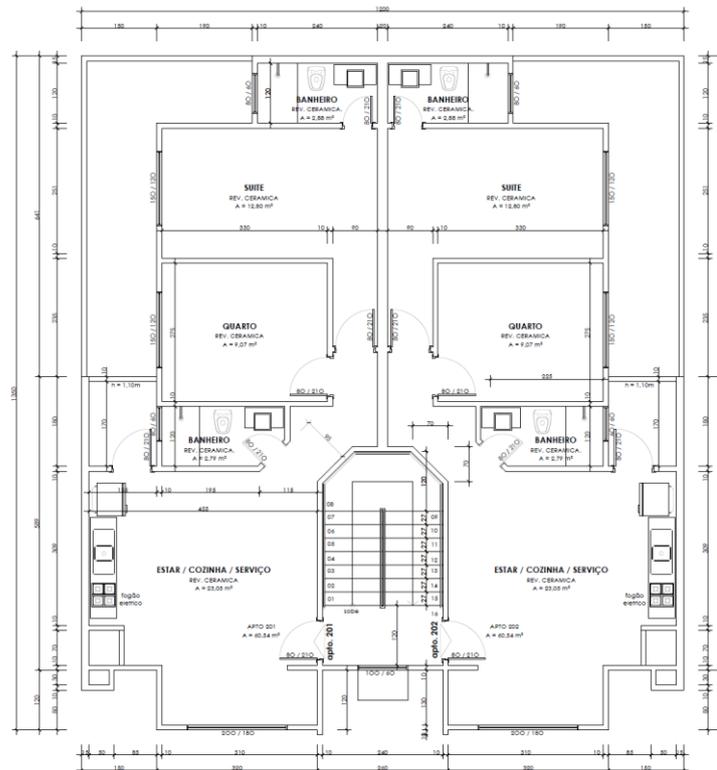
Fonte: O Autor

**Figura 10:** Planta de implantação do empreendimento padrão



Fonte: O Autor

**Figura 11:** Planta baixa do empreendimento padrão



Fonte: O Autor

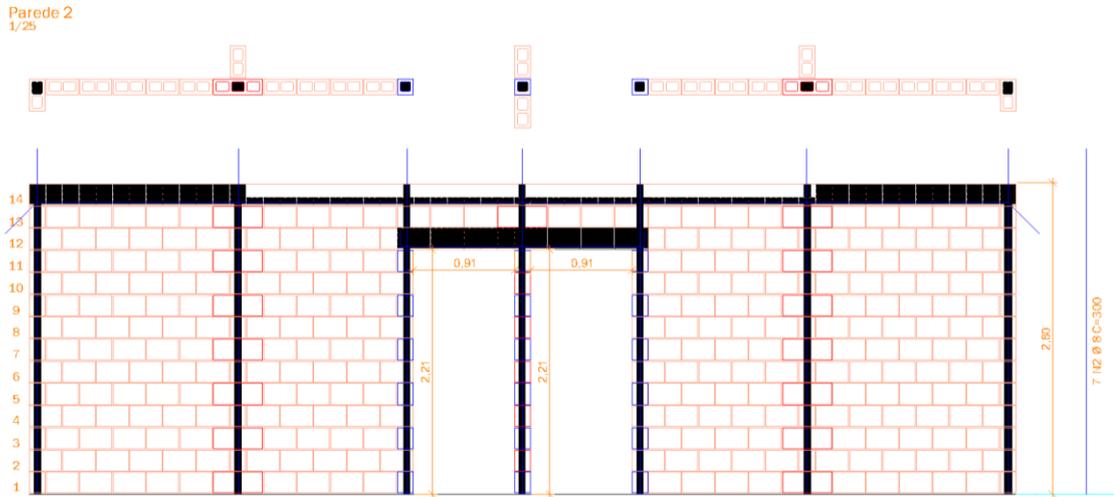
## 5.2 Projeto de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos

O projeto original do empreendimento foi executado em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos (AEBC). Foi definido pelo projetista a utilização dos blocos com resistência de 6 e 9 MPa. Foram considerados os quantitativos e custos referentes aos pavimentos térreo e tipo com base no projeto.

### 5.2.1 Pavimento Tipo

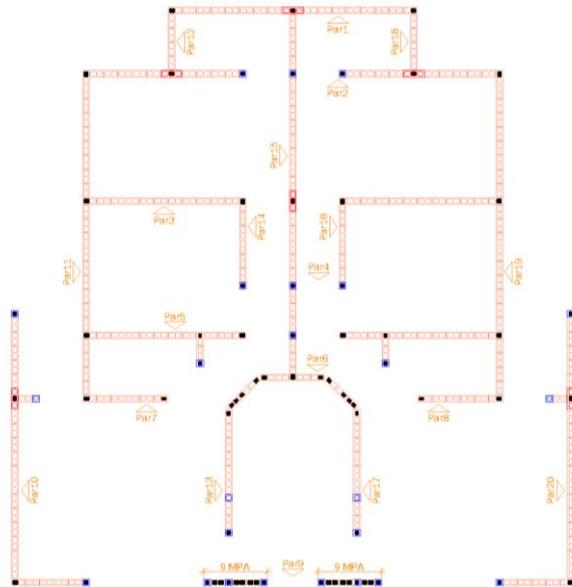
A seguir serão apresentadas características do pavimento térreo e dos pavimentos tipo do empreendimento, composto por 6 apartamentos. Na figura 12 pode-se visualizar a planta de elevação de uma das paredes. Já nas figuras 13 e 14 são apresentadas as plantas da primeira e segunda fiada, respectivamente. Esses detalhamentos são importantes para definir a correta modulação e amarração dos blocos e também a definição de onde são os pontos de graute (representados em preto).

**Figura 12:** Ilustração da planta de elevação da parede



Fonte: O Autor

**Figura 13:** Planta baixa 1ª fiada

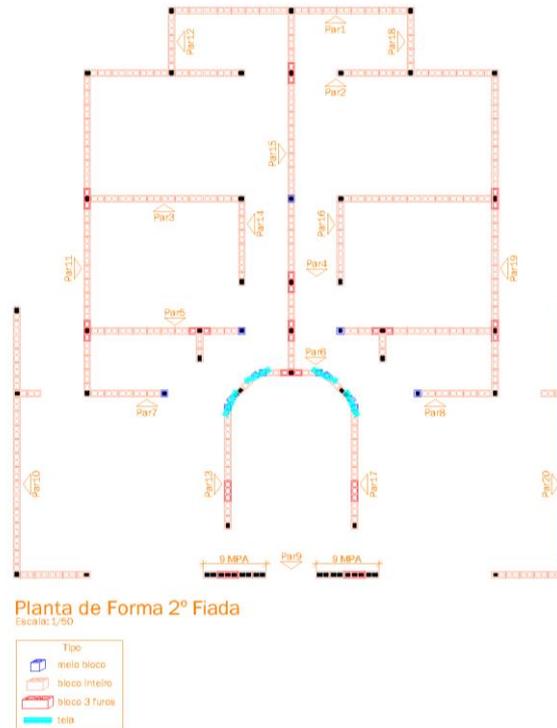


Planta de Forma 1º Fiada  
Escala: 1/50



Fonte: O Autor

**Figura 14:** Planta baixa 2ª fiada



Fonte: O Autor

Essa foi a modulação definida para as duas primeiras fiadas, seguindo a alternância entre elas (terceira fiada igual à primeira, quarta fiada igual à segunda, e assim sucessivamente), até a 13ª fiada, sendo essa a última antes do bloco canaleta (cinta). A figura 15 ilustra a marcação da primeira fiada dos blocos in loco.

**Figura 15:** Marcação da primeira fiada do pavimento térreo.



Fonte: O autor

Os blocos utilizados no empreendimento foram os da família 19 cm, com  $f_{ck}$  (resistência característica do concreto à compressão) de 6 e 9 MPa. O graute utilizado foi o de  $f_{ck}$  30MPa. Foram inseridas barras de aço CA50 (aço para concreto armado com resistência de 50 kgf/mm<sup>2</sup> ou 500 MPa), de 8mm de diâmetro, verticalmente nos pontos de graute (pilaretes), definidos em projeto. Na figura 16 é possível visualizar a disposição das barras já locadas nos pontos.

**Figura 16:** Disposição dos pontos de graute na modulação da primeira fiada.



Fonte: O autor

Já as barras de aço utilizadas horizontalmente nos blocos canaleta (vergas, contravergas e cintas) são CA50 de diâmetro 10mm. Na figura 17, é possível observar o momento da concretagem de vergas e na figura 18, as canaletas (cintas) da última fiada já grauteadas, faltando apenas a montagem da laje.

**Figura 17:** Grauteamento das vergas



Fonte: O autor

**Figura 18:** Cintas já grauteadas



Fonte: O autor

**Figura 19:** Montagem da Laje (Pré-moldada com EPS), conduítes parcialmente instalados



Fonte: O autor

**Figura 20:** Fachada lateral do empreendimento



Fonte: O autor

**Figura 21:** Execução do reboco externo



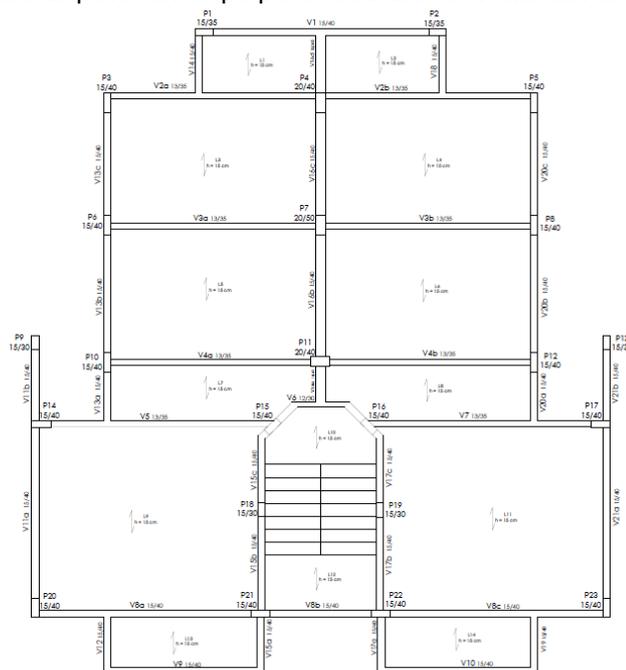
Fonte: O autor

### 5.3 Projeto de Concreto Armado

Devido ao objeto de estudo ter sido executado originalmente em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos (AEBC), precisou-se desenvolver um projeto estrutural em Concreto Armado com vedação em blocos cerâmicos (CABC), com o auxílio do software TQS, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço, conforme recomenda a NBR 6118/2014, e considerando as cargas de acordo com a NBR 6120/2019 a fim de obter resultados confiáveis. Chegando então à planta de forma ilustrada na figura 19.

Utilizou-se a mesma planta arquitetônica do projeto em Alvenaria Estrutural de blocos cerâmicos (AEBC), para elaborar o projeto de Concreto Armado com vedação em blocos cerâmicos (CABC) utilizando as mesmas dimensões do projeto originalmente executado. O  $f_{ck}$  do concreto adotado no projeto foi o de 25 MPa para pilares, vigas e laje. Com o auxílio do TQS, obteve-se a concepção da estrutura e foram calculados seu carregamento e pré-dimensionamento. Posteriormente, conferiu-se a estabilidade da estrutura, detalhou-se o projeto e foram contabilizados os consumos.

**Figura 22:** Planta de forma do pavimento tipo para estrutura convencional em concreto armado



Fonte: o autor

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será apresentado o quantitativo de insumos referente a cada um dos sistemas construtivos analisados, demonstrando os custos unitários e o custo global referentes aos insumos utilizados em cada um dos métodos. Também serão comparados e analisados os resultados obtidos com o auxílio das planilhas do Excel.

### 6.1 Quantitativos de insumos e custos de serviços

A partir dos projetos e planilhas auxiliares, obteve-se o resultado do levantamento de insumos necessários para a execução de cada um dos sistemas construtivos apresentados. Aliando o quantitativo de cada material aos respectivos preços da região, apresenta-se o comparativo de custos.

#### 6.1.1 Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos (AEBC)

O quantitativo dos materiais utilizados nesse sistema foi obtido através dos projetos fornecidos pela empresa proprietária do empreendimento. Primeiramente, foi realizado o levantamento das quantidades de blocos, seguindo as diferentes resistências dos mesmos, as quais são especificadas em projeto. Além dos blocos, foram quantificados os blocos canaletas, que têm sua função estrutural adquirida através do uso de graute e treliças metálicas posicionadas em seu interior. Os resultados são apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Quantitativo de blocos estruturais para um pavimento

BLOCO	DIMENSÕES (cm)	QTD.	RESISTÊNCIA (Mpa)	Preço Unitário	Preço Total
Inteiro	14x19x29	3023	6	R\$ 1,45	R\$ 4.383,35
Bloco e Meio	14x19x44	115	6	R\$ 2,25	R\$ 258,75
Meio	14x19x14	207	6	R\$ 1,10	R\$ 227,70
J	14x19x29 (J)	127	6	R\$ 1,70	R\$ 215,90
J	14x19x14 (J)	2	6	R\$ 1,63	R\$ 3,26
Canaleta	14x19x29 (canaleta)	208	6	R\$ 1,72	R\$ 357,76
Canaleta	14x19x14 (canaleta)	6	6	R\$ 1,85	R\$ 11,10
Canaleta	14x7x29 (canaleta)	188	6	R\$ 1,54	R\$ 289,52
Inteiro	14x19x29	76	9	R\$ 1,71	R\$ 129,96
Bloco e Meio	14x19x44	8	9	R\$ 2,44	R\$ 19,52
Meio	14x19x14	41	9	R\$ 1,21	R\$ 49,61
J	14x19x29 (J)	13	9	R\$ 1,92	R\$ 24,96

Canaleta	14x19x29 (canaleta)	8	9	R\$ 2,16	R\$ 17,28
Canaleta	14x19x14 (canaleta)	1	9	R\$ 2,00	R\$ 2,00
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 5.990,67</b>

Fonte: Autor

Tabela 2 – Quantitativo de blocos estruturais para três pavimentos

BLOCO	DIMENSÕES (cm)	QTD.	RESISTÊNCIA (Mpa)	Preço Unitário	Preço Total
Inteiro	14x19x29	9069	6	R\$ 1,45	R\$ 13.150,05
Bloco e Meio	14x19x44	345	6	R\$ 2,25	R\$ 776,25
Meio	14x19x14	621	6	R\$ 1,10	R\$ 683,10
J	14x19x29 (J)	381	6	R\$ 1,70	R\$ 647,70
J	14x19x14 (J)	6	6	R\$ 1,63	R\$ 9,78
Canaleta	14x19x29 (canaleta)	624	6	R\$ 1,72	R\$ 1.073,28
Canaleta	14x19x14 (canaleta)	18	6	R\$ 1,85	R\$ 33,30
Canaleta	14x7x29 (canaleta)	564	6	R\$ 1,54	R\$ 868,56
Inteiro	14x19x29	228	9	R\$ 1,71	R\$ 389,88
Bloco e Meio	14x19x44	24	9	R\$ 2,44	R\$ 58,56
Meio	14x19x14	123	9	R\$ 1,21	R\$ 148,83
J	14x19x29 (J)	39	9	R\$ 1,92	R\$ 74,88
Canaleta	14x19x29 (canaleta)	24	9	R\$ 2,16	R\$ 51,84
Canaleta	14x19x14 (canaleta)	3	9	R\$ 2,00	R\$ 6,00
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 17.972,01</b>

Fonte: Autor

Quanto ao consumo de graute, o mesmo é adquirido em sacos e produzido in loco para diminuir os custos. Esse material atende à resistência de 30 MPa, especificada em projeto. O seu consumo, considerando pilaretes e canaletas (vergas, contravergas e cintas de amarração), é dado pelas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Quantitativo de graute para um pavimento

LOCAL DE APLICAÇÃO	QTD. (1 pavto)	GRAUTE (m³)	RESISTÊNCIA (Mpa)	PREÇO UNITÁRIO/M³	PREÇO TOTAL
Pilarete	72	0,70	9	R\$ 2.488,50	R\$ 1.737,97
Canaleta	553	0,56	9	R\$ 2.488,50	R\$ 1.393,56
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 3.131,53</b>

Fonte: Autor

Tabela 4 – Quantitativo de graute para três pavimentos

LOCAL DE APLICAÇÃO	QTD. (3 pavtos)	GRAUTE (m <sup>3</sup> )	RESISTÊNCIA (Mpa)	PREÇO UNITÁRIO/M <sup>3</sup>	PREÇO TOTAL
Pilarete	216	2,10	9	R\$ 2.488,50	R\$ 5.213,91
Canaleta	1659	1,68	9	R\$ 2.488,50	R\$ 4.180,68
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 9.394,59</b>

Fonte: Autor

Já a argamassa utilizada na execução da alvenaria é industrializada. O consumo foi levantado a partir do volume exigido por cada tipo de bloco. As tabelas 5 e 6 apresentam este quantitativo.

Tabela 5 – Quantitativo de argamassa para um pavimento

BLOCO	QTD.	ARGAMASSA 10 MPa (m <sup>3</sup> )	PREÇO UNITÁRIO/M <sup>3</sup>	PREÇO TOTAL	
Inteiro	3023	2,720	R\$ 300,00	R\$ 816,00	
Bloco e Meio	115	0,127	R\$ 300,00	R\$ 37,95	
Meio	207	0,130	R\$ 300,00	R\$ 39,12	
J	127	0,062	R\$ 300,00	R\$ 18,67	
J	2	0,001	R\$ 300,00	R\$ 0,21	
Canaleta	208	0,200	R\$ 300,00	R\$ 60,00	
Canaleta	6	0,170	R\$ 300,00	R\$ 51,00	
Canaleta	188	0,165	R\$ 300,00	R\$ 49,50	
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 1.072,45</b>

Fonte: Autor

Tabela 6 – Quantitativo de argamassa para três pavimentos

BLOCO	QTD.	ARGAMASSA 10 MPa (m <sup>3</sup> )	PREÇO UNITÁRIO/M <sup>3</sup>	PREÇO TOTAL	
Inteiro	9069	8,160	R\$ 300,00	R\$ 2.448,00	
Bloco e Meio	345	0,380	R\$ 300,00	R\$ 113,85	
Meio	621	0,391	R\$ 300,00	R\$ 117,37	
J	381	0,187	R\$ 300,00	R\$ 56,01	
J	6	0,002	R\$ 300,00	R\$ 0,63	
Canaleta	624	0,600	R\$ 300,00	R\$ 180,00	
Canaleta	18	0,510	R\$ 300,00	R\$ 153,00	
Canaleta	564	0,495	R\$ 300,00	R\$ 148,50	
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 3.217,36</b>

Fonte: Autor

Além dos materiais já citados, quantificou-se o consumo de aço pertinente à alvenaria estrutural, sendo esse material utilizado verticalmente nos pontos de graute

(pilaretes), enquanto as treliças são posicionadas horizontalmente nas vergas, contravergas e cintas de amarrações. As tabelas 9 e 10 apresentam um resumo desse quantitativo.

Tabela 7 – Resumo de aço da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos para um pavimento

<b>AÇO</b>	<b>BITOLA (mm)</b>	<b>COMPRIMENTO (m)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO (barra12 m)</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
50 A	8	245	69	R\$ 68,90	R\$ 1.406,71
50 A	10	220	84	R\$ 47,90	R\$ 878,17
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 2.284,88</b>

Fonte: Autor

Tabela 8 – Resumo de aço da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos para três pavimentos

<b>AÇO</b>	<b>BITOLA (mm)</b>	<b>COMPRIMENTO (m)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO (barra12 m)</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
50 A	8	735	69	R\$ 68,90	R\$ 4.220,13
50 A	10	660	84	R\$ 47,90	R\$ 2.634,50
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 6.854,63</b>

Fonte: Autor

Devido ao fato de a fundação e as lajes serem consideradas iguais para os dois sistemas, optou-se por não realizar o quantitativo de insumos desses itens e, conseqüentemente, seus custos, sendo esses irrelevantes para o estudo, pois não apresentaram diferenças.

A partir de todos os quantitativos de insumos e respectivos preços, pôde-se calcular o valor global do sistema construtivo. A tabela 09 apresenta o valor.

Tabela 9 – Custo global da estrutura em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos

<b>INSUMO</b>	<b>CUSTO POR PAVTO</b>	<b>CUSTO P/ 3 PAVTOS</b>
BLOCOS	R\$ 5.990,67	R\$ 17.972,01
GRAUTE	R\$ 3.131,53	R\$ 9.394,59
ARGAMASSA	R\$ 1.072,45	R\$ 3.217,35
AÇO	R\$ 2.284,88	R\$ 6.854,63
FORMAS	R\$ 756,00	R\$ 2.268,00
<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 13.235,53</b>	<b>R\$ 39.706,58</b>

Fonte: Autor

### 6.1.2 Concreto armado com vedação de blocos cerâmicos (CABC)

O quantitativo dos materiais utilizados na estrutura de concreto armado foi levantado a partir do projeto estrutural elaborado através do software TQS, sendo esses materiais, as formas, aço e concreto. Já para quantificar a alvenaria de vedação e a argamassa, foi utilizado como base as dimensões do projeto de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. A solução ocorreu pela facilidade e ganho de tempo no processo, sendo utilizado o layout do modelo de alvenaria estrutural, subtraindo as áreas dos pilares e vigas presentes no modelo de concreto armado. O bloco cerâmico adotado foi o de 14x19x29. As canaletas foram consideradas apenas nas vergas e contravergas das paredes. As tabelas 10, 11, 12 e 13 apresentam esse quantitativo.

Tabela 10 – Quantitativo de blocos de vedação para um pavimento

<b>BLOCO</b>	<b>DIMENSÕES (cm)</b>	<b>QTD.</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Inteiro	14x19x29	4120	R\$ 0,93	R\$ 3.831,60
Canaleta	14x19x29 (canaleta)	64	R\$ 2,16	R\$ 138,24
			<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 3.969,84</b>

Fonte: Autor

Tabela 11 – Quantitativo de blocos de vedação para três pavimentos

<b>BLOCO</b>	<b>DIMENSÕES (cm)</b>	<b>QTD.</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Inteiro	14x19x29	12360	R\$ 0,93	R\$ 11.494,80
Canaleta	14x19x29 (canaleta)	192	R\$ 2,16	R\$ 414,72
			<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 11.909,52</b>

Fonte: Autor

Tabela 12 – Quantitativo de argamassa de assentamento para um pavimento

<b>BLOCO</b>	<b>QTD.</b>	<b>ARGAMASSA 10 MPa (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO/M<sup>3</sup></b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Inteiro	4120	0,93	R\$ 300,00	R\$ 279,00
Canaleta	64	2,16	R\$ 300,00	R\$ 648,00
			<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 927,00</b>

Fonte: Autor

Tabela 13 – Quantitativo de argamassa de assentamento para três pavimentos

<b>BLOCO</b>	<b>QTD.</b>	<b>ARGAMASSA 10 MPa (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO/M<sup>3</sup></b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Inteiro	12360	2,79	R\$ 300,00	R\$ 837,00
Canaleta	192	6,48	R\$ 300,00	R\$ 1.944,00
			<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 2.781,00</b>

Fonte: Autor

Por fim, foram determinados os materiais necessários para a execução da estrutura de concreto armado. O consumo de concreto tem um custo de R\$320,00/m<sup>3</sup>. Com relação ao aço, obteve-se um consumo médio através do resumo apresentado pelo software utilizado. As tabelas a seguir apresentam esses quantitativos e custos.

Tabela 14 – Quantitativo de aço para um pavimento

<b>AÇO</b>	<b>BITOLA (mm)</b>	<b>COMPRIMENTO (m)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO (barra12 m)</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
60 B	5	30	4,73	R\$ 32,21	R\$ 80,53
50 A	6.3	910	222,95	R\$ 68,90	R\$ 5.224,92
50 A	8.0	98	38,71	R\$ 47,90	R\$ 391,18
50 A	10	70	43,17	R\$ 70,90	R\$ 413,58
50 A	12.5	18	17,34	R\$ 129,90	R\$ 194,85
50 A	16.0	10	15,78	R\$ 209,90	R\$ 174,92
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 6.479,98</b>

Fonte: Autor

Tabela 15 – Quantitativo de aço para três pavimentos

<b>AÇO</b>	<b>BITOLA (mm)</b>	<b>COMPRIMENTO (m)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO (barra12 m)</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
60 B	5	90	17,49	R\$ 32,21	R\$ 241,58
50 A	6.3	2730	923,16	R\$ 68,90	R\$ 15.674,75
50 A	8.0	294	145,77	R\$ 47,90	R\$ 1.173,55
50 A	10	210	164,64	R\$ 70,90	R\$ 1.240,75
50 A	12.5	54	98,25	R\$ 129,90	R\$ 584,55
50 A	16.0	30	56,82	R\$ 209,90	R\$ 524,75
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 19.439,93</b>

Fonte: Autor

Tabela 16 – Quantitativo de concreto para um pavimento

<b>PILARES (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VIGAS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO/M<sup>3</sup></b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
4,784	8,08	R\$ 320,00	R\$ 4.116,48
		<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 4.116,48</b>

Fonte: Autor

Tabela 17 – Quantitativo de concreto para três pavimentos

<b>PILARES (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VIGAS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO/M<sup>3</sup></b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
14,352	24,24	R\$ 320,00	R\$ 12.349,44
		<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 12.349,44</b>

Fonte: Autor

Quanto as formas, adotou-se o valor de R\$20,00/m<sup>2</sup>, sendo esse o valor de chapas compensadas plastificadas de 14 mm de espessura. Os valores foram considerados apenas para pilares e vigas, sendo que a laje por ser igual nos dois sistemas foi desconsiderada. Levando-se em conta todos os quantitativos apresentados anteriormente, pôde-se calcular o custo global do sistema construtivo.

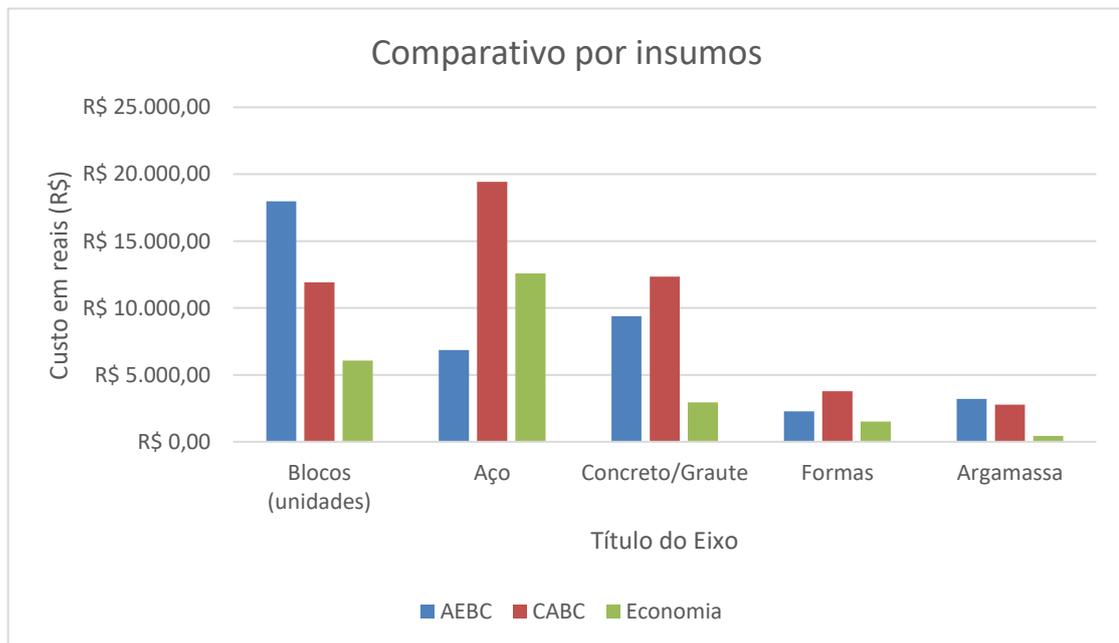
Tabela 18 – Custo global da estrutura em concreto armado

	<b>BLOCOS CERÂMICOS</b>	<b>ARGAMASSA</b>	<b>AÇO</b>	<b>CONCRETO</b>	<b>FORMAS</b>	<b>TOTAL</b>
1 pavto	R\$ 3.969,84	R\$ 927,00	R\$ 6.479,98	R\$ 4.116,48	R\$ 1.260,00	<b>R\$ 16.753,30</b>
3 pavtos	R\$ 11.909,52	R\$ 2.781,00	R\$ 19.439,93	R\$ 12.349,44	R\$ 3.780,00	<b>R\$ 50.259,89</b>

Fonte: Autor

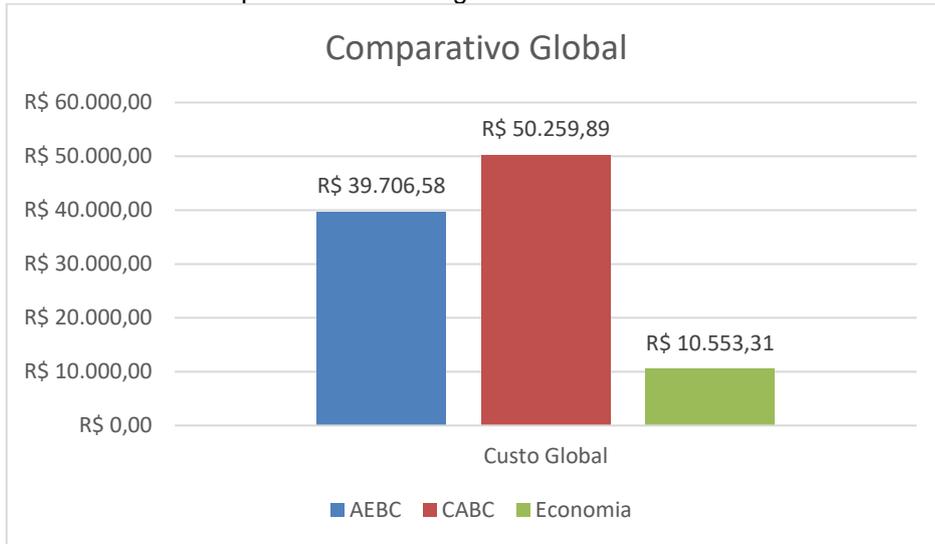
### 6.1.3 Gráficos comparativos

Gráfico 1: Comparativo de custos por insumo entre os métodos construtivos



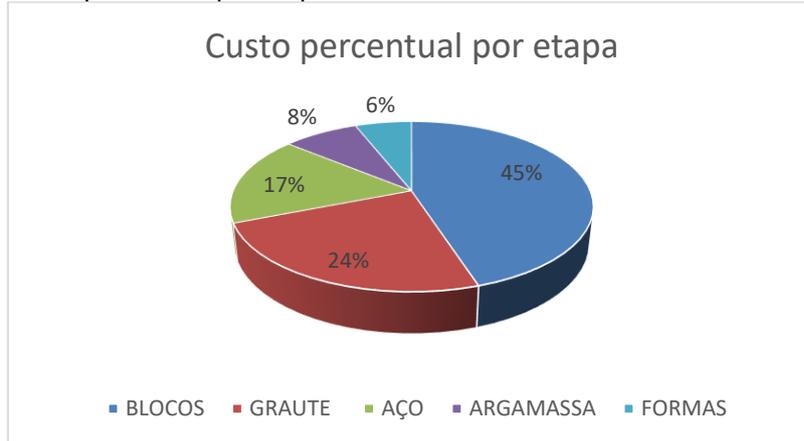
Fonte: Autor

Gráfico 2: Comparativo de custo global entre os sistemas construtivos



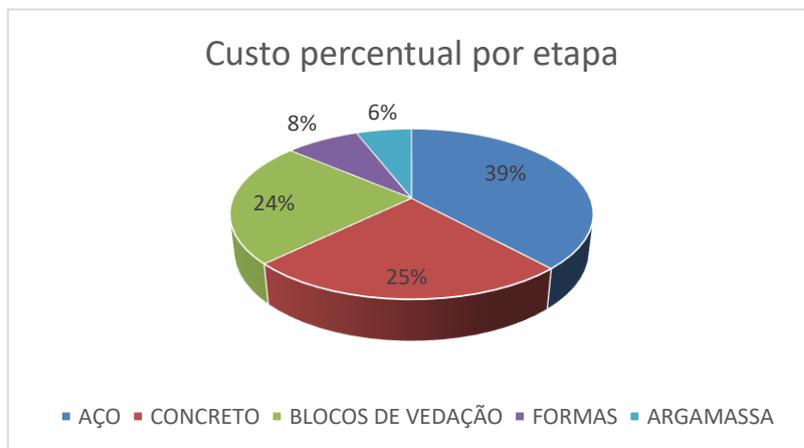
Fonte: Autor

Gráfico 3: Custo percentual por etapa da Alvenaria Estrutural de Bloco Cerâmico (AEBC)



Fonte: Autor

Gráfico 4: Custo percentual por etapa da Estrutura em Concreto Armado (CABC)



Fonte: Autor

## 7 CONCLUSÃO

A crise sanitária causada pela pandemia de Covid-19 provocou a escassez de material disponível no mercado, devido à parada das indústrias no início da pandemia. Levando-se em consideração que o setor da construção civil não parou, a retomada ainda não conseguiu suprir a demanda acumulada. Tal situação aliada à desvalorização do real perante ao dólar elevaram muito o custo de matéria-prima importada.

Com a alta competitividade do mercado imobiliário, em conjunto ao déficit habitacional e a crise econômica brasileira, um processo construtivo que garanta rapidez, racionalidade e baixos custos, apresenta grande relevância no mercado. De acordo com os resultados observados neste trabalho, pode-se afirmar que o método de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos (AEBC) para o empreendimento em questão apresentou uma economia em torno de 21% em relação ao método de Concreto Armado com Vedação de Bloco Cerâmico (CABC) e conforme Wendler (2001), a economia de uma obra em alvenaria estrutural pode variar entre 15 e 20% do custo total da obra. O aço foi o insumo em que a diferença de custo foi mais expressiva, devido ao grande aumento no valor desse material nos últimos meses.

É indiscutível que cada projeto possui suas particularidades, as quais devem ser analisadas, para que atenda às necessidades econômicas, estruturais e arquitetônicas. Por isso, a avaliação de um profissional capacitado e a realização de um orçamento detalhado, é de suma importância para que haja a maior economia possível na execução de um projeto.

O estudo aplica-se ao edifício multifamiliar executado no Bairro Rio Pequeno, na cidade de Camboriú, entretanto não se pode generalizar o resultado, devido às grandes variações no custo de insumos e mão de obra em cada região.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira. **Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado**. 1999. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- ARAÚJO, Hércules Nunes; MUTTI, Cristine do Nascimento. **Construindo em Alvenaria Estrutural**. Núcleo de pesquisa em construção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**: de acordo com a nova NBR 6118/2014. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1**: Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos: Parte 1 – Projeto. Rio de Janeiro, 2021. 70 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019. 61 p.
- BARROS, M. M. S. B. de; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 1998. Departamento de engenharia civil, EPUSP, São Paulo, 1998.
- BASTOS, P. S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil, UNESP, Bauru, 2006.
- LIMA, T. **Vale a pena utilizar a alvenaria estrutural?**. Sienge, 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- MOHAMAD, G.; MACHADO, D. W.N.; JANTSCH, A. C. A. **Alvenaria Estrutural: construindo o conhecimento**. São Paulo: Edgard Blücher, 2017.
- NUNES, C. C.; JUNGES, E. **Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial em Cuiabá-MT**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, 2008.
- OLIVER, B.G. **Estudo comparativo de custos entre um edifício executado em alvenaria estrutural e em concreto armado**. 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de

Curso - Centro Tecnológico de Joinville, Curso de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural**. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S.G. **Curso básico de concreto armado**. Conforme NBR 6118/2014. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SÁNCHEZ, E. **Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural/organização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

VASCONCELOS, A. C. **Módulo de elasticidade ou de deformação?**. TQSNews. n. 40, 2015. Disponível em: [www.tqs.com.br/tqsnews/news](http://www.tqs.com.br/tqsnews/news). Acesso em: 10 abr. 2021.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto**. Apostila do Curso de alvenaria estrutural da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), São Paulo, 1999. 92 p.