

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE ESTRUTURAS
CONVENCIONAIS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL.
COMPARATIVE COST ANALYSIS BETWEEN CONVENTIONAL
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND STRUCTURAL MASONRY.**

Gabriel Toaiari Xavier *

Hugo Medeiros de Oliveira **

RESUMO

Com os avanços das tecnologias e estudos em volta da construção civil, viu-se necessidade de implementação de técnicas construtivas, onde o custo reduzido, maior produtividade, menores desperdícios e a sustentabilidade, fossem o foco das construtoras. Busca-se, neste cenário, um sistema construtivo que equilibre a qualidade com menores custos. Objetivo desse estudo é, através do estudo de viabilidade econômica de alguns autores, fazer uma análise comparativa, por meio da revisão bibliográfica. Foram selecionados cinco projetos, com foco a comparação de viabilidade econômica entre: o concreto armado e alvenaria estrutural, de modo a servir como subsídio a profissionais, no auxílio da busca do método que mais se adapta a realidade no qual ele está inserido. A alvenaria estrutural se mostra, em alguns casos, uma alternativa à altura dessas necessidades, como resultado, foi observado que, primariamente, os custos para implementação da alvenaria estrutural são menores. No contexto global, os custos podem ser reduzidos em 20%. Porém, vale ressaltar que, a localidade (fácil acesso a insumos específicos), presença de mão de obra qualificada e o prazo de execução do empreendimento, devem ser levados em consideração na hora de adotar o sistema que mais se adapta à realidade do profissional.

Palavras-chave: Sistema Construtivo. Alvenaria Estrutural. Concreto Armado.

ABSTRACT

With the advances in technologies and studies around civil construction, there was a need to implement construction techniques, where reduced cost, greater productivity, less waste and sustainability, were the focus of construction companies. In this scenario, a constructive system that balances quality with lower costs is sought. The objective of this study is, through the economic feasibility study of some authors, to carry out a comparative analysis, through a literature review. Five projects were selected, focusing on the comparison of economic feasibility between: reinforced concrete and structural masonry, in order to serve as a subsidy for professionals, in helping them to search for the method that best adapts to the reality in which they are inserted. Structural masonry is, in some cases, an alternative to meet these needs, as a result, it was observed that, primarily, the costs for implementing structural masonry are lower. In the global context, costs can be reduced by 20%. However, it is noteworthy that the location (easy access to specific inputs), presence of qualified labor and the term of execution of the project must be taken into account when adopting the system that best adapts to the professional's reality.

* Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – gabrieltoaiari98@gmail.com – Graduando em Engenharia Civil

** Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – prof.hugo.oliveira@doctum.edu.br – Orientador do trabalho

Keywords: Constructive System. Structural masonry. Reinforced Concrete.

1. Introdução

Conforme Diniz (2017, p. 09), “A construção civil está em constante renovação técnica e à procura de métodos construtivos cada vez mais otimizados a fim de aumentar sua produtividade, reduzir custos e beneficiar o gerenciamento de obras”.

Além disso, segundo Hofmann (2002) busca-se no cenário atual uma técnica construtiva que tenha alta produção e um custo reduzido, atendendo às necessidades principalmente da população de baixa renda. Enquadra-se neste contexto a busca por materiais alternativos e por processos ou sistemas construtivos mais eficientes.

Segundo Jacoby (2011), existem várias formas e materiais disponíveis para se executar a alvenaria estrutural como: blocos em concreto, blocos cerâmicos e sílico-calcário.

Com a necessidade de implementação de projetos mais eficientes e com menores custos, notou-se a necessidade, deste estudo, de comparar resultados obtidos por outros autores, a fim de estudar a viabilidade econômica entre dois sistemas estruturais: concreto armado e alvenaria estrutural. Este trabalho busca a comparação entre os métodos construtivos citados, de modo a servir como fonte de pesquisa a profissionais, no auxílio da busca do método que mais se adapta a realidade do cenário no qual ele está inserido.

Pereira et al. (2014), indica que a alvenaria estrutural representa uma economia no orçamento de uma construção, redução no tempo de execução e menor desperdício, em relação ao concreto armado.

Segundo Abece (1998), a otimização dos processos construtivos se deve a padronização dos materiais, sendo condição básica para os menores custos, alta produtividade e melhor qualidade, além do fato de, através dela, ser possível um grau de industrialização nas obras, transformando-as em uma linha de montagem, obtendo uma melhor escalabilidade, melhor produtividade da mão de obra e mais competitividade. Especificamente no concreto armado, esta padronização propicia ganhos para o contexto global da obra. Todos os outros elementos que serão construídos sobre ela seguem automaticamente o padrão pré-estabelecido no projeto estrutural.

Com a necessidade de equilibrar a produtividade com a sustentabilidade, viu-se a necessidade de uma renovação técnica na construção civil, onde a redução dos custos e o gerenciamento administrativo fossem também o foco (NUNES 2008).

O presente trabalho tem o intuito de estudar tecnicamente ambos os sistemas construtivos, tendo-se a necessidade de um estudo amplo a fim de analisar qual sistema construtivo possui menores custos relacionados a mão de obra, execução do projeto, logística facilitada e sustentabilidade.

Busca-se entender qual sistema tem uma melhor viabilidade econômica comparando o sistema convencional, onde as vigas e os pilares são de concreto armado, com o método de alvenaria estrutural de blocos em concreto, onde as paredes exercem o papel de estrutura da edificação. Buscando estabelecer uma comparação e conclusão acerca de qual sistema é economicamente mais viável, sustentável, e tem um menor desperdício de matéria prima, dentro das condições analisadas.

2. Referencial Teórico

2.2. Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural surgiu a séculos atrás, sendo um dos sistemas mais antigos empregados na construção civil. Este método permitiu a construção dos mais diversos tipos de edificações, como palácios, templos e pirâmides. Com a utilização de blocos de pedra ou de outros materiais, como a argila, as construções, no passado, foram planejadas de forma empírica, com avanços baseados em tentativas e erros (Beckenkamp, 2013, p.14).

Segundo Manzione (2007), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo que tem um alto grau de racionalidade, que suporta e organiza os outros subsistemas da edificação.

Como definido por Tauil e Nese (2010), na alvenaria estrutural não se utiliza pilares e vigas, pois as paredes atuam como elemento portante, ou seja, compõem também a função estrutural da edificação, distribuindo as cargas ao longo da edificação.

Dentre as vantagens da utilização deste sistema construtivo, Corrêa; Ramalho (2003) destacam que, devido ao fato de a concretagem ficar restrita somente a construção de lajes, existe uma grande economia de formas, pois na alvenaria estrutural não é necessária sua utilização. Por ser uma construção racional, o controle

na execução e a qualidade dos blocos são alguns dos requisitos, ocasionando uma redução significativa na espessura do revestimento, gerando uma redução de custos. Quando se elimina a possibilidade de rasgos na alvenaria, para a instalações elétricas e hidráulicas há uma redução no desperdício de materiais. Outra vantagem, é a redução no número de especialistas, devido ao fato de não existir a necessidade da contratação de profissionais como armadores e carpinteiros.

O autor, Corrêa; Ramalho (2003), destaca também algumas desvantagens quanto a implementação deste sistema construtivo. As paredes são autoportantes, o que impossibilita o rearranjo arquitetônico, sendo um fator limitante que pode dificultar vendas e comprometer a segurança durante sua vida útil. A alvenaria autoportante exige mão de obra qualificada, para que não haja falhas que, futuramente, comprometam a segurança do utilizador.

De acordo com o Fórum da Construção (2017), observa-se que a alvenaria estrutural é uma evolução da utilização de tijolos convencionais, blocos cerâmicos e de concreto, sem a função estrutural, porém necessita de profissionais tecnicamente qualificados e uma boa interação entre os projetos da obra e foco no processo de produção.

Basicamente existem 3 (quatro) tipos de blocos utilizados na alvenaria estrutural: bloco cerâmico, bloco de sílico calcário, bloco de concreto celular.

Figura 1 Alvenaria estrutural bloco de concreto.



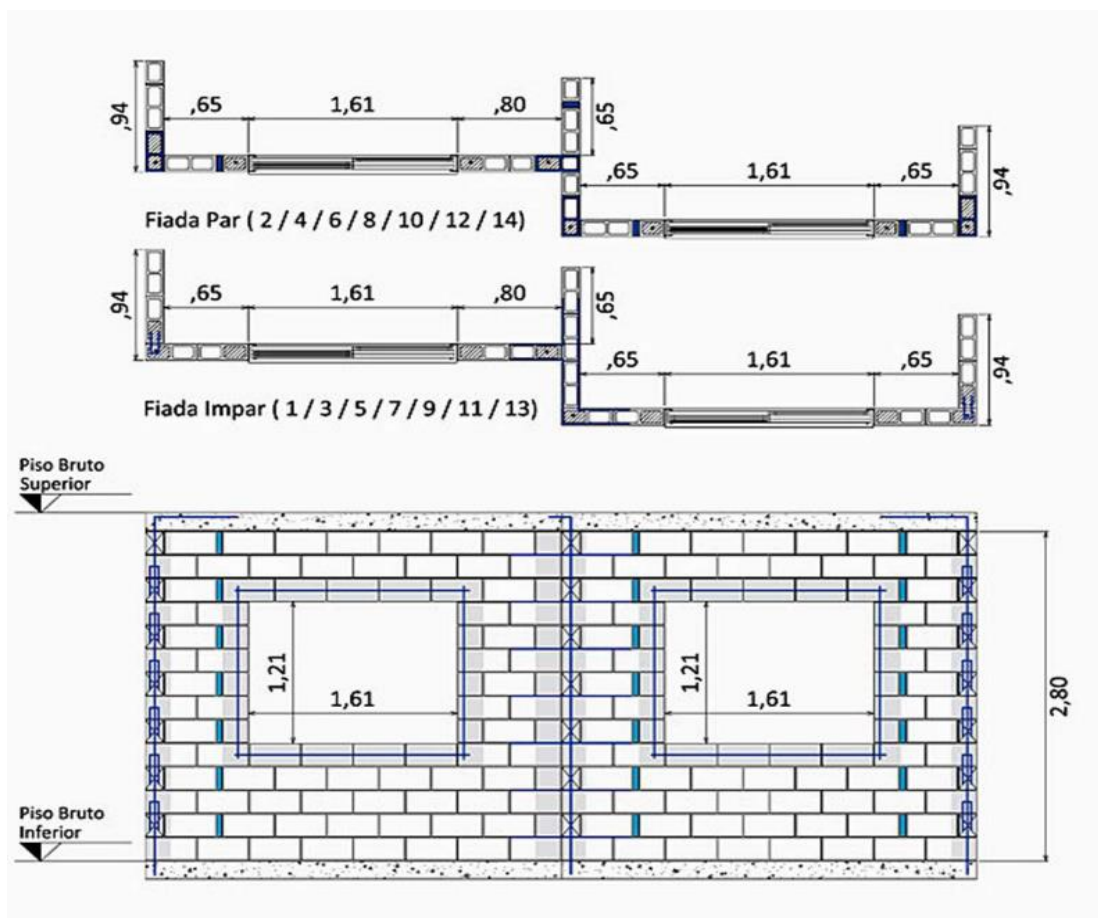
Fonte: <https://silplanconstrutora.com.br/alvenaria-estrutural.html>

Existem diferentes formas de se classificar a alvenaria estrutural, tendo a atenção para as armações e grauteamento dos blocos quando houver. Os três tipos de alvenaria estrutural retratadas por Tauil; Nesse (2010), são:

Alvenaria não armada: Não recebe graute. Os reforços em aço (barras, fios e telas) servem somente para razões construtivas (vergas de portas, vergas e contravergas de janelas e outros reforços para aberturas) e para evitar patologias provenientes da acomodação da estrutura, efeitos térmicos, de ventos e concentração de tensões.

De acordo com a ABNT (NBR 16818-1, 2020, item 3.14, p. 3), neste tipo de alvenaria estrutural, não há armadura dimensionada para resistir a esforços solicitantes, sendo somente utilizada para fins construtivos ou amarrações necessárias, são feitos de blocos vazados de concreto, assentados com argamassa.

Figura 2 Alvenaria não armada



Fonte: Tauil e Nese (2010)

Alvenaria armada ou parcialmente armada: Recebe reforços de aço em algumas localidades. Devido a concepção estrutural, utiliza-se as armaduras passivas

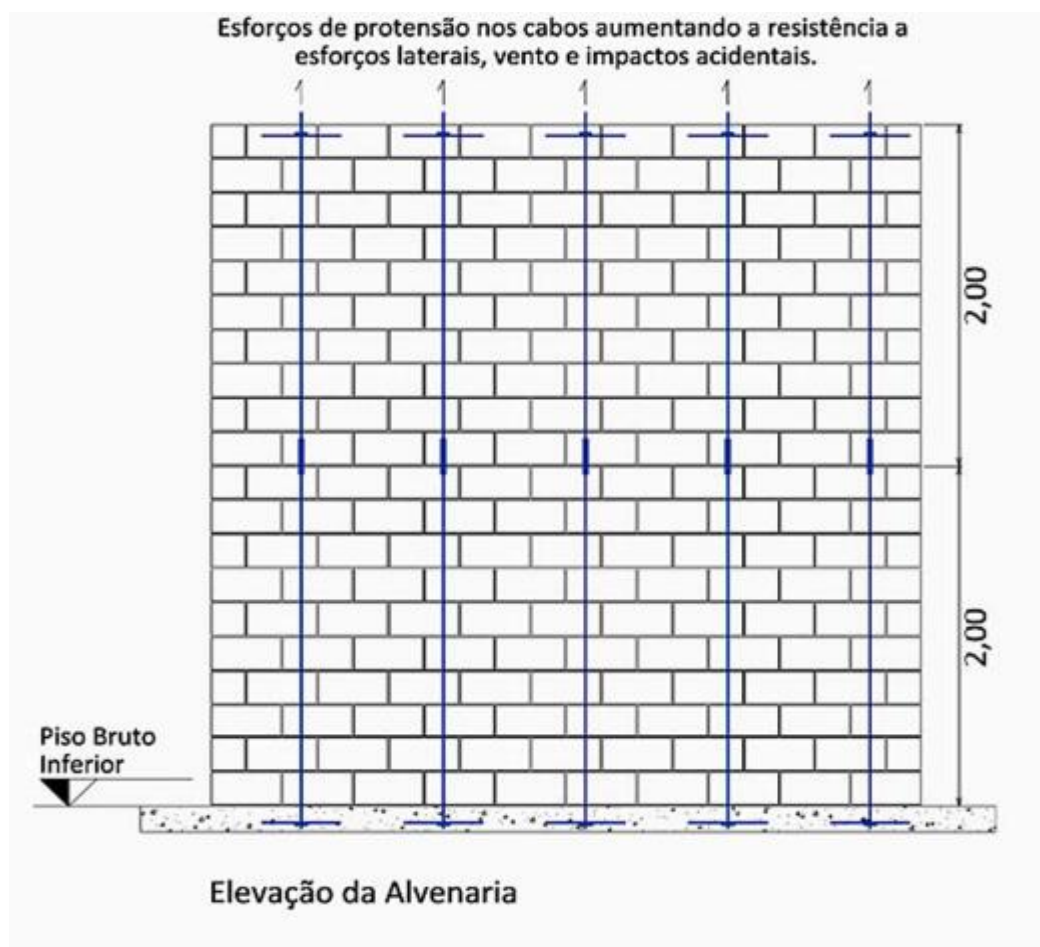
de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além da realização do preenchimento de todas as juntas verticais.

De acordo com a ABNT (NBR 16818-1, 2020, item 3.13; 3,14, p. 3), algumas ou todas as paredes utilizam armaduras passivas, com a finalidade de combater a esforços solicitantes, sendo concebida de blocos vazados, assentados com argamassa, e que no seu interior está localizado armaduras.

Alvenaria Protendida: Reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão, é pouco utilizada devido ao elevado custo para o padrão de construção.

De acordo com a ABNT (NBR 16818-1, 2020, item 3.15, p. 3), a alvenaria protendida é o elemento de alvenaria onde se utiliza armaduras ativas pré-tensionadas com a finalidade de aumentar o desempenho, durabilidade e força da alvenaria estrutural, suportando assim esforços laterais elevados, mesmo quando esbeltas.

Figura 3 Alvenaria protendida.



Fonte: Tauli e Nese (2010).

2.2. Concreto armado

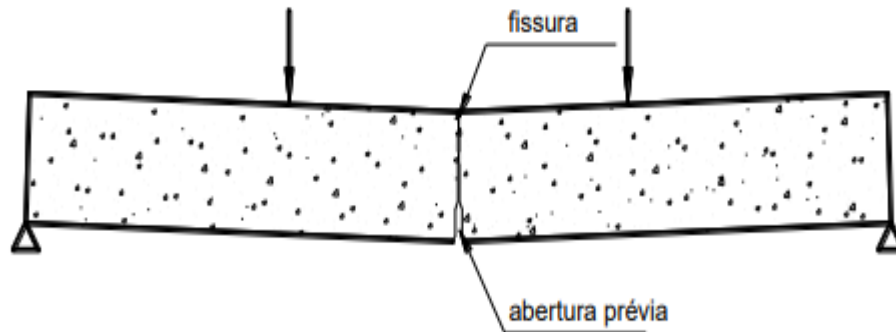
A inserção do concreto armado no Brasil, iniciou-se em 1901, no Rio de Janeiro, com a construção da galeria de água, já em 1904 houve a construção de casas e sobrados. A primeira ponte a ser construída com a utilização de concreto armado foi em 1908, com vão de 9 metros. O primeiro edifício em São Paulo foi construído em 1907, sendo um dos mais antigos do Brasil em 'cimento armado' e a partir de 1924 todos os cálculos estruturais passaram a ser feitos no Brasil, destaca-se o engenheiro Emílio Baumgart.

Conforme Bastos (2019), o concreto, assim como as pedras naturais, tem uma alta resistência à compressão, o que faz dele um excelente material para inserção em elementos submetidos a compressão, como exemplo, os pilares. Entretanto, possui baixa resistência à tração, restringindo sua utilização em elementos que sofrem, total ou parcialmente à tração, como exemplo, vigas e lajes. O concreto armado alia as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência a compressão, ao fogo e a água) com as do aço (boa ductilidade, excelente resistência a tração e a compressão) o que permite uma maior liberdade para os mais variados tipos de obra (Bastos, 2019).

Segundo Albuquerque (1999), entende-se como estrutura convencional aquelas onde há existência de lajes, vigas e pilares (onde as lajes apoiam-se nas vigas e subsequente aos pilares). Este é o sistema mais difundido no Brasil.

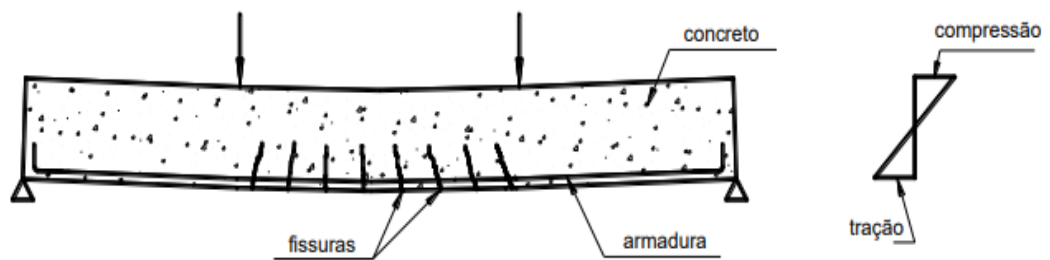
Considerando o exemplo de uma viga bi apoiada, conforme Figura 4, aplicando-se gradativamente forças pontuais na borda superior desta viga, não existindo armaduras, ocorrerá uma ruptura abrupta logo após o aparecimento de fissuras, pois a tensão de tração atingiu a resistência do concreto a esta solicitação. Com a inserção de armaduras passivas, que combatem a tração na flexão, chamadas de armaduras positivas, conforme mostrado na figura 5, faz-se com que haja um aumento expressivo na resistência à tração na flexão, impedindo uma ruptura abrupta, após o aparecimento de fissuras (Bastos, 2019).

Figura 4 Viga bi apoiada sem armadura ativa.



Fonte: Bastos (2019).

Figura 5 Viga bi apoiada com armadura ativa



Fonte: Bastos (2019).

Dentre as normas que estabelecem diretrizes para o concreto armado, destaque-se: ABNT NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento), ABNT NBR 16697:2018 (Cimento Portland - Requisitos), ABNT NBR 5738:2015 Versão corrigida: 2016 (Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova), ABNT NBR 5739:2018 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos), ABNT NBR 9062:2017 (Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado).

Por ser o sistema mais difundido no Brasil, existe uma grande capacidade técnica, ou seja, mão de obra qualificada, segundo Nunes (2008), neste método, a alvenaria é utilizada somente para fins de vedação. Desta forma existe uma maior liberdade na alteração do layout do ambiente. Por outro lado, o prosseguimento na construção dos pavimentos superiores está condicionado à cura do concreto. Devido a maior recorrência de rasgos na alvenaria, para instalação de tubulações, hidráulicas e elétricas, ocorre um alto índice de desperdício de material e aumento no volume de

entulho, por isso este sistema dificilmente se encaixa em alternativa racional (Albuquerque, 1999).

Figura 4 Concreto Armado



Fonte: www.portalvirtuahab.paginas.ufsc.br

3. Metodologia

Esta pesquisa tem caráter comparativo, com objetivo de obter informações acerca dos custos envolvidos nos métodos construtivos adotados, considerando uma gama de casos específicos. O método de pesquisa utilizado favorece uma livre análise, possibilitando diversas posições no decorrer da pesquisa, não obrigando a atribuir uma resposta única e universal a respeito do objeto.

O estudo deste trabalho será fundamentado em resultados de 5 (cinco) projetos, adotados após pesquisas bibliográficas, em que, na sua concepção, trabalham acerca das características dos sistemas construtivos, suas vantagens e desvantagens, bem como o custo unitário de serviços e materiais. Foram utilizados a quantificação dos serviços relativos à mão de obra, consumo de concreto, consumo de aço, consumo de blocos para a alvenaria estrutural e utilização de formas. Para esta pesquisa não será levado em consideração os custos referentes a fundação, instalações elétricas e hidráulicas. Favorecendo também uma análise comparativa.

Os projetos adotados são:

- Projeto 01: Idealizado por Beckenkamp (2013), consiste em um empreendimento de 08 pavimentos.
- Projeto 02: Idealizado por Hoffmann (2002), consiste em um condomínio de 23 prédios, sendo 12 (doze) em alvenaria estrutural, 3 (três) em alvenaria estrutural de blocos em concreto e 8 (oito) em concreto armado, com vedação em blocos cerâmicos.
- Projeto 03: Idealizado por Jacoby e Pelisser (2011), consiste em um condomínio de 08 (oito) blocos, com 4 (quatro) pavimentos e 4 (quatro) apartamentos por pavimento.
- Projeto 04: Idealizado por Nunes e Junges (2008), consiste em um edifício com térreo e 3 (três) pavimentos, com 4 (quatro) apartamentos por pavimento.
- Projeto 05: Idealizado por Diniz (2017), consiste em um edifício de quatro pavimentos, do tipo residencial multifamiliar.

4. Análises e resultados

Foi realizada uma revisão sistêmica de resultados e avaliações, encontrados por outros autores, com a finalidade de integrar e aumentar no estudo o poderio estatístico.

4.1. Projeto 01

Idealizado por Beckenkamp (2013). O edifício exemplo adotado está localizado em Santa Cruz do Sul, estado do Rio Grande do Norte, um empreendimento residencial de 8 pavimentos, porém, para a elaboração do estudo foi considerado com 5 pavimentos. A autora explica que esta consideração se deve aos limites impostos para a versão educacional do software. Utilizou-se da ferramenta CAD/TQS® para realização do dimensionamento estrutural, informam-se que todas as normas regentes para dimensionamento e projeto estrutural, para ambos os sistemas construtivos, foram criteriosamente seguidos. Não apresenta os resultados relativos à mão de obra.

O consumo de aço para a obra em questão teve uma variação muito pequena, enquanto o empreendimento em concreto armado teve uma utilização de 16.115,49Kg (R\$ 116.737,08), a realizada em alvenaria estrutural utilizou de 14.981,54Kg (R\$

112.322,42), tendo uma variação de 1.133,95Kg (R\$ 4.414,66, que representa em uma queda de 7,04%). O consumo de concreto sofreu uma significativa redução, totalizando 58,52m³ (concreto armado 142,07m³, alvenaria estrutural 83,55m³), equivalente a 41,19% ou R\$10.983,51 de diferença entre os sistemas construtivos. Verificou-se também uma redução na utilização de formas, existe uma expressiva variação, entre os dois sistemas construtivos estudados anteriormente, no empreendimento construído em concreto armado há possibilidade de reutilização dessas formas, por possuir repetição de elementos estruturais. Totalizando uma diferença de 876,49m² (representando uma queda de 33,07% ou R\$ 36.000,27), o consumo de ambos foi de: concreto armado 2.650,61m² (R\$ 207.324,52), alvenaria estrutural de 1.774,12m² (R\$ 171.327,25). Os custos relativos à alvenaria, para ambos os sistemas construtivos, foi de: para o concreto armado R\$ 38.863,66 e para a alvenaria estrutural R\$ 57.080,13.

Ao comparar os dados obtidos pela autora, o orçamento total, relativo da alvenaria estrutural foi reduzido em 4,29%, em relação aos valores levantados pelo projeto em concreto armado.

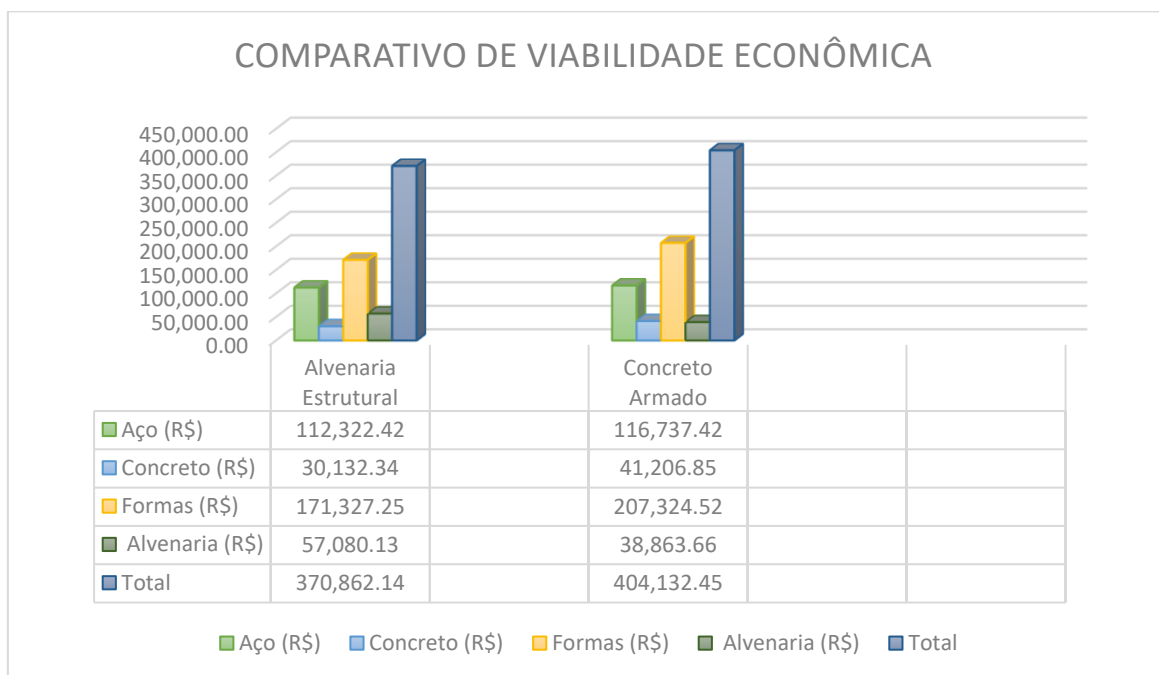


Gráfico 01: Quantitativo de materiais.

Fonte: Dados retirados da pesquisa de Beckenkamp (2019).

4.2. Projeto 02

Idealizado por Hoffmann (2002). Este comparou os custos entre um edifício executado em concreto armado, com vedação vertical de blocos cerâmicos, com alvenaria estrutural, com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural, com blocos de concreto. Houve facilidade no levantamento, por se tratar de empreendimentos no mesmo condomínio, que faz parte de um programa social da Caixa Econômica Federal. Ao todo foram executados 23 edifícios, sendo 12 (doze) em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, 3 (três) em alvenaria estrutural de blocos em concreto e 8 (oito) edifícios em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos. Utilizou-se os resultados somente do empreendimento concreto armado e alvenaria estrutural de blocos em concreto.

O consumo de aço para o empreendimento em concreto armado foi de 7.697,035Kg, com valor agregado de R\$ 7.004,30, em alvenaria estrutural de blocos de concreto 7.245,92Kg equivalente a R\$ 6.593,79, comparando-se, há uma redução de 451,11Kg equivalente a R\$ 410,51, quando comparamos o consumo de concreto há uma redução de 3.081,72m³ que equivalem a R\$3.492,23, os custos do consumo de concreto foi relatado pelo autor como sendo R\$/m³ 139,08, portanto o consumo de concreto foi de aproximadamente para, a alvenaria estrutural de blocos em concreto 126,29m³ e para concreto armado 148,45m³, uma redução de aproximadamente 1,39%, o custos relativos da mão de obra, para os serviços medidos, concreto armado foi de R\$26.109,193 enquanto o construído em alvenaria estrutural de blocos em concreto foi de R\$18.510,70. Os custos relativos à alvenaria, para a elaboração em alvenaria estrutural foi de R\$ 26.972,34 e para a construção do edifício realizado em concreto armado o custo foi de R\$ 17.358,53.

Ao comparar os dados obtidos pelo autor, o orçamento total, relativo da alvenaria estrutural foi reduzido em 1,05%, em relação aos valores levantados pelo projeto em concreto armado.

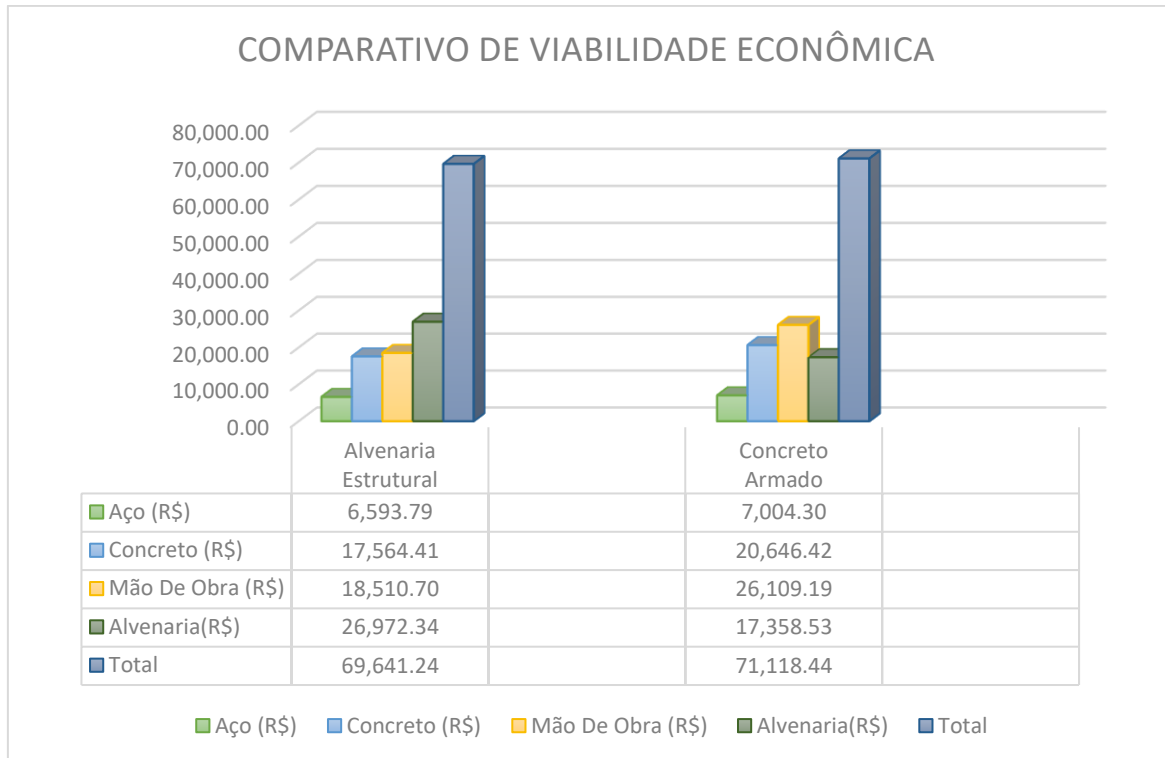


Gráfico 02: Quantitativo de materiais.

Fonte: Dados retirados da pesquisa de Hoffman (2002).

4.3. Projeto 03

Idealizado por Jacoby e Pelisser (2011). Este explica que o edifício adotado faz parte de um condomínio composto por oito blocos, possuindo quatro pavimentos com quatro apartamentos por pavimento, com total de 16 apartamentos por bloco, possuindo cada bloco 1028,18 m², utilizou-se do software AltoQi Eberick V6 Gold para elaboração do projeto em concreto armado, já para a elaboração do construído em alvenaria estrutural foi realizado a modelagem tridimensional no software SketchUp 8.0 e o AutoCad 3d 2010 serviu para quantificação dos blocos.

Informam que por não ser necessária a utilização de vigas, pilares na alvenaria estrutural, ficando somente necessária sua utilização em escadas e lajes, gerou uma redução de 45% neste insumo, porém há necessidade de aplicação de graute em regiões de detalhes construtivos e em reforços estruturais de paredes mais solicitadas. Na alvenaria estrutural houve uma solicitação de 146,32m³ (Concreto + Graute) que representa um total de R\$33.080,72, comparando com o concreto armado, que requer 205,76m³ de concreto, não sendo necessário a utilização de graute, chegando a R\$48.595,71, com uma redução no orçamento de R\$15.514,99.

Já para o aço teve uma redução de 37% em seu valor total, para o sistema construtivo em alvenaria estrutural foi desembolsado uma quantia de R\$ 21.345,86 (6.353,39kg), enquanto o concreto armado teve que investir R\$ 34.137,36 (10.351,27Kg). A utilização de formas na alvenaria estrutural representou R\$42.363,27, já o concreto armado R\$ 64.393,86, com uma redução de R\$ 22.030,59 no seu valor final. O quantitativo de alvenaria para ambos os sistemas construtivos foi de, para o concreto armado R\$ 32.996,25 e alvenaria estrutural de R\$ 75.543,98.

Ao comparar os dados obtidos pela autora, o orçamento total, relativo da alvenaria estrutural foi reduzido em 2,5%, em relação aos valores levantados pelo projeto em concreto armado.

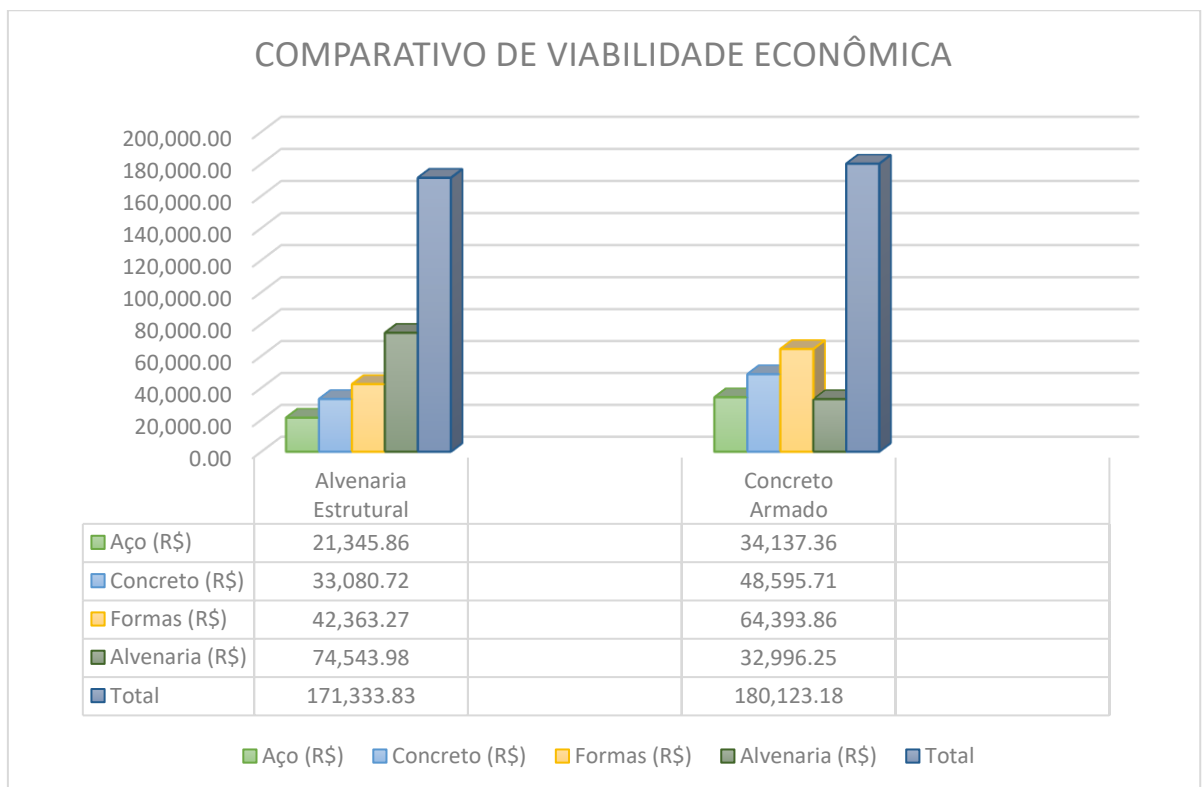


Gráfico 03: Quantitativo de materiais.

Fonte: Dados retirados da pesquisa de Jacoby e Pelisser (2011)

4.4. Projeto 04

Idealizado por Nunes e Junges (2008). O edifício é composto por térreo e três pavimentos, possuindo 4 apartamentos por pavimento, com exceção do térreo que conta com um apartamento a menos, dando lugar a uma área de lazer. Os autores Nunes e Junges (2008), informam que o projeto arquitetônico foi cedido a eles por uma construtora de sua região, informam também que todas as normas vigentes para

construção e projeto dos dois tipos de sistema estrutural foram devidamente seguidas. Os autores não informam separadamente os valores para concreto armado de estrutura, alvenaria, mão de obra, consumo de aço e concreto, portanto adotou-se o valor passado no projeto para comparação. A estrutura convencional de concreto armado teve um orçamento de R\$ 254.312,31, tendo uma diferença de 26,38% maior em relação alvenaria estrutural que teve um custo de R\$187.235,63, quando comparados há uma diferença de R\$67.076,68.

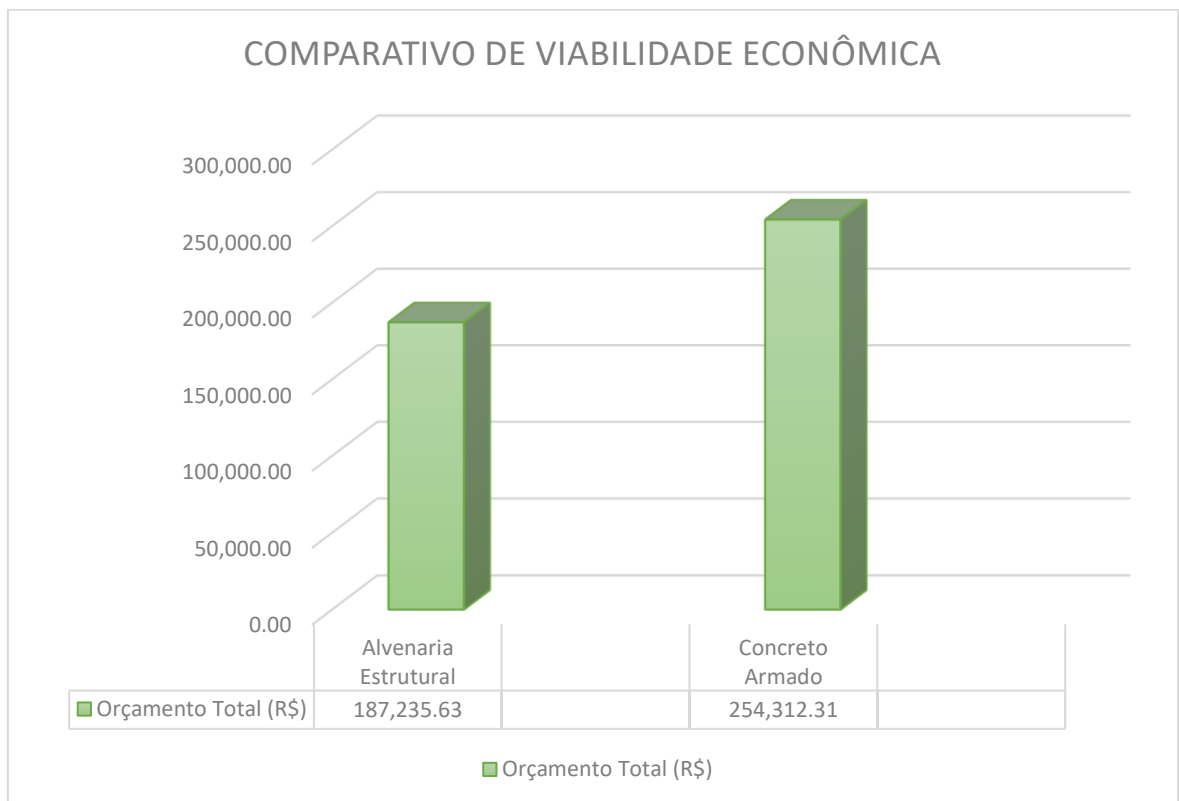


Gráfico 04: Quantitativo de materiais.

Fonte: Dados retirados da pesquisa de Nunes e Junges (2008)

4.5. Projeto 05

Idealizado por Diniz (2017). O objeto de comparação é um edifício de quatro pavimentos do tipo residencial multifamiliar, totalizando 624,12 m², foi cedido ao autor pelo escritório MBuiate Engenharia de Estruturas LTDA.

Segundo Diniz (2017), os custos para alvenaria estrutural serão retirados de um projeto já realizado, no qual foi cedido a autora para realização desse comparativo. Utilizou do software CYPECAD, ficando somente a sua responsabilidade a elaboração do projeto estrutural para concreto armado. Informa também que todas as normas

vigentes para elaboração de ambos os sistemas construtivos foram rigorosamente seguidas. O pavimento tipo do empreendimento conta com área de 624,12m², possuindo quatro pavimentos.

Para este empreendimento o quantitativo de materiais foi bem detalhado, o custo dos insumos para a construção em alvenaria estrutural foi da seguinte forma: o valor gasto com a utilização do aço em alvenaria estrutural foi R\$ 25.717,43 (5.573,69Kg), uma queda de R\$ 22.150,58 em relação ao concreto armado, que foi de R\$ 47.868,01 (8.176,53Kg, teve uma redução de 2.602,84Kg). Com relação às formas, a alvenaria estrutural teve um orçamento de R\$ 8.267,15, uma queda de R\$ 11.573,86 quando comparado com concreto armado que teve seu orçamento de R\$ 19.841,01. No insumo concreto, a alvenaria estrutural, teve um orçamento, com a utilização de graute, quando necessário, de R\$ 25.968,32, uma queda de R\$ 4.764,51 em relação ao concreto armado que foi R\$ 30.732,83. Já para a mão de obra os valores encontrados pela autora foram, R\$ 65.374,52 para alvenaria estrutural e R\$ 73.335,74 para o concreto armado. Para ambos os sistemas construtivos, o consumo de alvenaria foi de: R\$ 33.780,04 para concreto armado, e R\$ 35.061,53 para alvenaria estrutural.

Ao comparar os dados obtidos pelo autor, o orçamento total, relativo da alvenaria estrutural foi reduzido em 12,34%, em relação aos valores levantados pelo projeto em concreto armado.

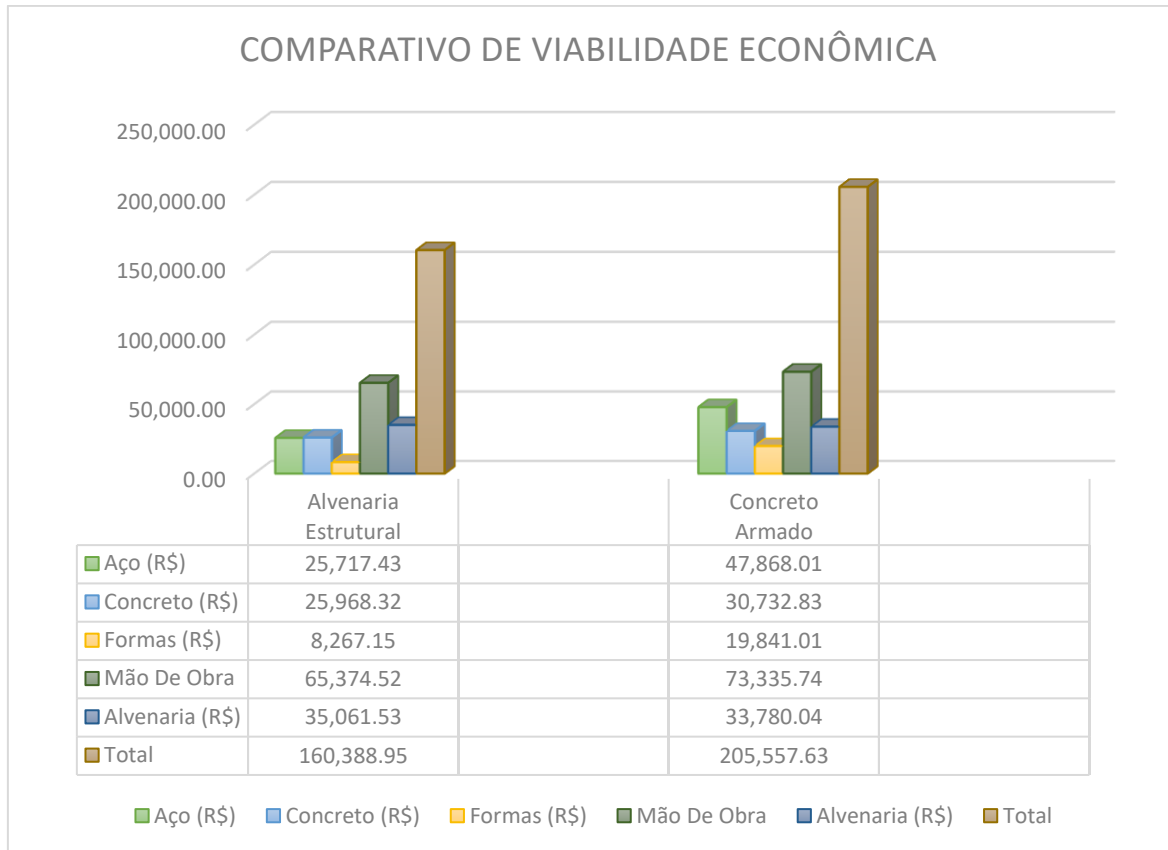


Gráfico 05: Quantitativo de materiais.

Fonte: Dados retirados da pesquisa de Diniz (2017).

5. Considerações Finais

O aumento da competitividade e a utilização de sistemas construtivos que equilibrem os custos com a qualidade do projeto, menores desperdícios e favorecimento da sustentabilidade, tem levado a profissionais estudarem a implementação da alvenaria estrutural, devido a sua racionalização e inicialmente seus menores custos. Porém sua implementação depende de fatores adversos, como a localidade (que define a facilidade de acesso e aos custos dos blocos utilizados) e mão de obra capacitada.

Através das pesquisas realizadas, os autores dissertam que a industrialização está ligada a organização da atividade produtiva, que a implantação de elementos pré-fabricado, é um fator crítico para o processo construtivo industrializado, porém o passo primário a se dar é a padronização dos mesmos, otimizando as técnicas construtivas e eliminando os desperdícios.

Os dados levantados nesta pesquisa mostraram que a alvenaria estrutural tem uma significativa redução no consumo de concreto, variando de 8,06% à 41,19%, para

as formas esta redução varia de 20,63% à 41,17%, o consumo de aço também mostrou uma redução em relação ao concreto armado, variando de 3,02% a 30,10%. Mesmo com a necessidade de mão de obra qualificada para a implementação da alvenaria estrutural, este não foi um fator limitante para os projetos utilizados, sua redução em relação ao concreto armado foi de 5,73% à 17,02%. Com relação ao custo dos blocos, para a alvenaria, que requer utilização de blocos específicos, houve um aumento no orçamento, este aumento varia de 1,87% à 38,6%. Porém, mesmo com esse aumento, de um modo geral, a alvenaria estrutural se mostrou mais econômica quando se comparam os valores globais.

É válido ressaltar que o prazo de execução, a localidade, a facilidade de acesso a mão de obra e aos insumos necessários para a implementação de empreendimentos concebidos em alvenaria estrutural, são fatores altamente discutíveis para o estudo de implementação em projetos futuros. Estes são fatores que devem ser levados em consideração. Há ainda o fator arquitetônico, algumas obras inviabilizam a elaboração em alvenaria estrutural, devido a suas particularidades e imposições arquitetônicas.

No sistema construtivo convencional, observa-se um maior desperdício de materiais, considerando a prática usual, de realização de rasgos na alvenaria, para a imposição do projeto elétrico e hidráulico. Tais perdas acabam se convertendo em custo, o que faz com que os valores referentes ao sistema construtivo convencional, em concreto armado, se tornem ainda menos vantajosos.

É importante ressaltar que este trabalho não generaliza os resultados encontrados, cada projeto tem seu nível de particularidade, que deve ser analisado para a adoção do sistema construtivo que mais se adapta à realidade dos construtores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2015 Versão corrigida:2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16818-1: Alvenaria estrutural – parte 1: projeto. Item 3.14, p. 3. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16818-1: Alvenaria estrutural – parte 1: projeto. Item 3.14, p. 3. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16818-1: Alvenaria estrutural – parte 1: projeto. Item 3.14; 3.15, p. 3. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16818-1: Alvenaria estrutural – parte 1: projeto. Item 3.13, p. 3. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE), 1998. *A revolução dos custos*. Disponível em: <https://site.abece.com.br>. Acesso em: 16 de outubro de 2021.

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de. *Análise de Alternativas Estruturais Para Edifícios em Concreto Armado*. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Acesso em: 16 de março de 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio Dos Santos. *Fundamentos do concreto armado*. 1. ed. Bauru, 2003.

BECKENKAMP, Cláudia Maria. *DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL E ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE UM EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL VERSUS CONCRETO ARMADO*. Santa Cruz Do Sul, 2013.

DINIZ, Caroline Ribeiro. *Análise comparativa entre custos de uma edificação construída em alvenaria estrutural e redimensionada em concreto armado*. Uberlândia, 2017.

DINIZ, Caroline Ribeiro. *Análise comparativa entre custos de uma edificação construída em alvenaria estrutural e redimensionada em concreto armado*. Uberlândia, 2017.

FORUM DA CONSTRUÇÃO, 2017. *Blocos utilizado na alvenaria estrutural*. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br>. Acesso em: 16 de outubro de 2021.

HOFFMANN, Alisson Da Silva. *COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO ARMADO E EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICOS E DE CONCRETO*. Florianópolis, 2002.

JACOBY, Pablo Cardoso; Pelisser, Fernando. *COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EXECUTADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO*. Santa Catarina, 2011.

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

NUNES, Claudio Cruz; Junges, Elisabeth. *COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO PARA EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CUIABÁ-MT*. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, n. 07, p. 3-8, outubro 2008.

PEREIRA, T. S., et al. *ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA DE VEDAÇÃO COMUM*. 8º EnTec - Encontro de Tecnologia da UNIUBE, p. 01-02, outubro 2014.

RAMALHO, Marcio; CORRÊA, Márcio. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Pini, 2003.

TAUIL, Carlos Alberto; Nesse, Flávio José Martins. *Alvenaria Estrutural*. São Paulo: Pini, 2010.