UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

LUIZ HENRIQUE BERTI

VITOR EYNG RAFAEL

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAL DE UMA OBRA DE PEQUENO PORTE EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM RELAÇÃO A ALVENARIA CONVENCIONAL

Tubarão

2019

LUIZ HENRIQUE BERTI

VITOR EYNG RAFAEL

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAL DE UMA OBRA DE PEQUENO PORTE EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM RELAÇÃO A ALVENARIA CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Charles Mendes de Souza, Esp.

Tubarão

2019

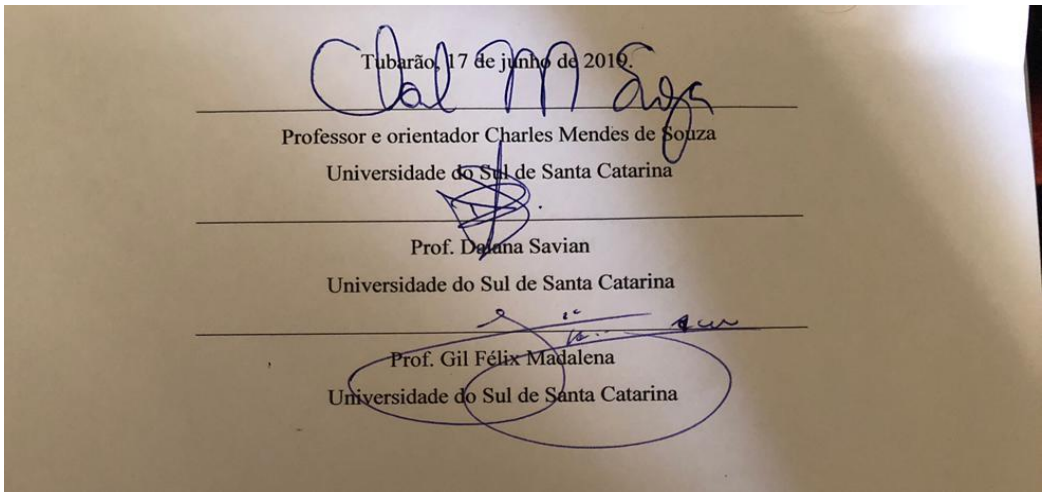
LUIZ HENRIQUE BERTI

VITOR EYNG RAFAEL

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAL DE UMA OBRA DE PEQUENO PORTE EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM RELAÇÃO A ALVENARIA CONVENCIONAL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 17 de junho de 2019.



Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, professores, amigos e colegas que sempre estiveram ao nosso lado em todos as situações nos apoiando, a fim de realizar mais esta etapa importante em nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaríamos de agradecer a Deus, por nos conceder está benção e saúde para poder realizar o curso e chegar até está etapa. Agradecemos nossos familiares, especialmente pais, mães e namoradas pelo apoio e suporte motivacionais, para realizar o curso e este trabalho de suma importância em nossas vidas.

Aos professores da graduação, por todo ensinamento concedido, e ao nosso orientador e professor, Charles Mendes de Souza, pelo suporte e apoio dedicado ao nosso trabalho.

A todos amigos e colegas que estiveram conosco nesta caminhada, muito difícil, porém extremamente compensatória, e gostaríamos de agradecer a faculdade por nos proporcionar a realização de um sonho que seria estudar Engenharia Civil.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” (Walter S. Landor).

RESUMO

O método construtivo em alvenaria estrutural está se tornando, cada vez mais, uma forma ideal para construções do Brasil, de modo que seu estilo construtivo acontece de maneira mais rápida e geralmente obtém um custo reduzido do que o método convencional em concreto armado. Isso se explica com o fato que sua fase de execução é mais simplificada, no entanto, precisam de uma atenção inicial especial, e o material construtivo necessita de um grande cuidado, a fim de reduzir desperdícios e possíveis perdas desnecessárias, colaborando, desta maneira, com os itens econômicos e ambientais que se faz importante em toda obra. Por tanto a presente pesquisa busca analisar os aspectos técnicos e construtivos, além de utilização de materiais, afim, de realizar uma análise detalhada de diferenciais econômicos em uma obra de dois pavimentos em dois métodos construtivos diferentes, que seriam uma obra em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e outra em concreto armado. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, além disso, foram realizadas visitas a obra e uma observação visual dos métodos aplicados, estudo de caso com informações fotográficas, em uma abordagem quantitativa, em estudo comparativo de nível descritivo. O diagnóstico dos resultados demonstra que a alvenaria estrutural leva ligeira vantagem em função de uma produção mais rápida, em comparação ao tempo proposto para a obra, pois, enquanto no concreto armado é indispensável levantar os pórticos, que seriam as estruturas entre viga e pilares para depois ocorrerem as etapas de fechamento, hidro e elétrico, na alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, essas etapas se realizam de maneira quase que simultânea. No quesito de acabamentos, a alvenaria estrutural se sobrepõe também pelo fato de permitir um acabamento mais preciso, evitando desperdícios e reduzindo o valor total da obra. Desta maneira, conclui-se que a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos acarreta e significantes vantagens construtivas e operacionais, em semelhança ao método construtivo em concreto armado, apesar disso, o método construtivo de alvenaria estrutural ainda tem insuficiências que apenas o concreto armado poderia suprir, partindo deste pressuposto em algumas situações apenas o concreto armado seria viável.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Concreto Armado. Comparativo. Orçamento.

ABSTRACT

The constructional method in structural masonry is increasingly becoming an ideal form for constructions in Brazil, so that its constructional method happens more quickly and generally obtains a reduced cost than the conventional method in reinforced concrete. This is explained by the fact that its execution phase is more simplified, however, need a special initial attention, and the constructive material needs great care in order to reduce waste and possible unnecessary losses, thus collaborating with the economic and environmental items that are important in every work. Therefore, the present research seeks to analyze the technical and constructive aspects, as well as the use of materials, in order to perform a detailed analysis of economic differentials in a two-floor work in two different construction methods, which would be a structural masonry with blocks ceramic and other in reinforced concrete. A bibliographic research was carried out. In addition, visits were made to the work and a visual observation of the applied methods, case study with photographic information, in a quantitative approach, in a comparative study of descriptive level. The diagnosis of the results shows that the structural masonry has a slight advantage due to a faster production, compared to the time proposed for the work, because while in the reinforced concrete it is indispensable to lift the frames, which would be the structures between beam and pillars for after the closing stages, hydro and electric, in the structural masonry with ceramic blocks, these steps are carried out simultaneously. In terms of finishing, structural masonry also overlaps with the fact that it allows a more precise finish, avoiding waste and reducing the total value of the work. In this way, it is concluded that the structural masonry of ceramic blocks entails and significant constructive and operational advantages, in similarity to the constructive method in reinforced concrete, nevertheless, the constructive method of structural masonry still has insufficiencies that only the reinforced concrete could supply, starting from this assumption in some situations only the reinforced concrete would be viable.

Key words: Structural masonry. Armed Concrete. Comparative. Budget.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Método construtivo de alvenaria em forma de arco 17
Figura 2 - Monadnock Building 18
Figura 3 - Bloco de 4 pavimentos em alvenaria estrutural 19
Figura 4 - Esforços atuantes em uma parede estrutural 22
Figura 5 - Classificação dos blocos cerâmicos 25
Figura 6 - Blocos cerâmicos com funções específicas 26
Figura 7 - Blocos vazados de concreto 27
Figura 8 - Assentamento dos blocos 30
Figura 9 - Concretagem dos pontos de graute 33
Figura 10 - Uso do grampo para amarração da parede 36
Figura 11 - Concretagem de laje em concreto armado 38
Figura 12 - Fachada condomínio residencial 43
Figura 13 - Planta baixa apartamento térreo 44
Figura 14 - Sapatas isoladas 45
Figura 15 - Pilares em concreto armado 46
Figura 16 - Execução de laje 47
Figura 17 - Aplicação de reboco 49
Figura 18 - Argamassa de assentamento 50
Figura 19 - Canteiro de obras em concreto armado 55
Figura 20 - Esquadrias em alvenaria estrutural 56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estimativa de custo total da obra 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de eficiência de diferentes tipos de unidades utilizadas em alvenaria estrutural 24
Tabela 2 - Traços e propriedades das argamassas normalizadas nos EUA 31
Tabela 3 - Faixas granulométricas de areias remendadas para graute 34
Tabela 4 - Faixa granulométrica recomendada para pedrisco utilizado em graute 34
Tabela 5 - Proporções usuais de graute para alvenaria estrutural 35
Tabela 6 - Planilha orçamentária de alvenaria estrutural 51
Tabela 7 - Planilha orçamentária de concreto armado 51
Tabela 8 - Custos aproximados entre as estruturas convencionais e alvenaria estrutural no Brasil 52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 13
1.2 OBJETIVOS 14
1.2.1 Objetivo geral 14
1.2.2 Objetivos específicos 15
1.3 RELEVÂNCIA SOCIAL 15
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 UMA BREVE HISTÓRIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL 16
2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL 19
2.3 TIPOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL 21
2.4 PRINCIPAIS ELEMENTOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL 22
2.4.1 Blocos de concreto e cerâmicos 22
2.4.1.1 Blocos cerâmicos 25
2.4.1.2 Blocos de concreto 26
2.4.2 Relevância da modulação 28
2.4.3 Argamassa de assentamento 28
2.4.4 Graute 32
2.4.5 Armaduras 35
2.5 ALVENARIA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO 36
2.5.1 Concreto 37
2.5.2 Principais componentes da estrutura 38
2.5.2.1 Laje 39
2.5.2.2 Viga 39
2.5.2.3 Pilar 39
2.6 VANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL 40
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 42
4 ESTUDO COMPARATIVO 43
4.1 OBRA EM ALVENARIA ESTRUTURAL 43
4.2 OBRA EM CONCRETO ARMADO 44
4.3 PARTES CONSTRUTIVAS ANALISADAS 48
4.4 ORÇAMENTO 50
4.5 ANÁLISE DE RESULTADOS 52

4.6 TEMPO UTILIZADO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS 53
4.6.1 Canteiro de obras 54
4.7 ACABAMENTOS 55
4.7.1 Esquadrias 56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 58
REFERÊNCIAS 60

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é considerada um sistema construtivo racional, com redução de custos e prazos de execução céleres. Essa técnica substitui os pilares e vigas por paredes resistentes a cargas, ou seja, não serve tão somente para vedar, mas resistem a cargas verticais, laterais decorrentes da ação dos ventos.

O método construtivo da alvenaria estrutural, vem cada vez mais se difundindo e aparecendo como opção construtiva em muitas empresas do Brasil. Portanto vale ressaltar que na indústria da construção brasileira o sistema construtivo convencional em concreto armado é ainda predominante, apesar de apresentar um enorme volume de desperdícios e baixa produtividade, devido a sua popularidade e familiaridade por parte dos trabalhadores da construção civil com esse sistema (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p.11),

> A principal vantagem da utilização da alvenaria estrutural reside numa maior racionalidade do sistema executivo, reduzindo-se o consumo de materiais e desperdícios que usualmente se verificam em obras de concreto armado convencional.

O custo benefício da obra é o que faz com que a escolha desse sistema estrutural venha crescendo fortemente na área da construção civil, empresas buscam reduzir custos, diminuir o prazo do término da obra e também a redução de desperdícios.

Diante do que foi apresentado, pretende-se com a presente pesquisa mostrar por quais razões a alvenaria estrutural se torna uma melhor escolha na hora de construir, analisando-a diante da sua redução de custos.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Atualmente no Brasil, a alvenaria estrutural solidifica-se e ganha força, tornando-se um dos principais métodos construtivos de nosso país. Apesar de ser um método tradicional, atualiza-se com frequência e, hoje, é procurado principalmente pela sua modernização, e por apresentar soluções para grande parte dos projetos.

Buscando reduzir custos e aumentar a eficiência nas obras, empresas vem investindo pesado afim de alcançar tais objetivos em seus empreendimentos. A redução de custo se torna essencial para que em tempos de crise, tanto a empresa quanto o comprador final fiquem satisfeitos.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p.24), “nos casos usuais, o acréscimo de custo para a produção da alvenaria estrutural compensa com folga a economia que se obtém com a retirada dos pilares e vigas.”.

No método da alvenaria estrutural, ela serve tanto para vedação quanto para suporte da estrutura, neste caso seu controle deve ser rigoroso. Em um comparativo entre as alvenarias de vedação e estrutural, a estrutural se torna mais cara por seu maior controle de qualidade e uma execução mais minuciosa. Porém este método construtivo se torna mais viável à medida em que se evita “incisões” na estrutura, abstendo-se de retrabalhos e entulhos já que é a alvenaria possui vazados para tubulações elétricas e hidráulica por exemplo.

A bibliografia tradicional pouco cita sobre a economia da alvenaria estrutural, frente a alvenaria convencional em concreto armado de dois pavimentos, dada a importância da pesquisa.

Por fim, o alvo da presente pesquisa é: **existe variação de custos de uma obra em alvenaria estrutural de dois pavimentos, comparativamente à obra similar edificada em alvenaria convencional de concreto armado.**

1.2 OBJETIVOS

Neste item, estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos que nortearam a execução deste trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os diferenciais econômicos de uma construção em alvenaria estrutural de dois pavimentos, em relação as obras do método construtivos convencionais em concreto armado do mesmo porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descreve o sistema construtivo em alvenaria estrutural e em alvenaria convencional de concreto armado, seus componentes e a potencial redução de desperdícios e de custos na construção civil.
- Identificar o tempo reduzido com este tipo de obra.
- Determinar a importância de um projeto bem elaborado como uma ferramenta eficaz para a redução de erros e desperdícios.
- Descrever quantitativamente os elementos que compõe a edificação.
- Comparativo de custos entre alvenaria estrutural e a alvenaria convencional em concreto armado.

1.3 RELEVÂNCIA SOCIAL

Alvenaria estrutural é um método inovador utilizado em vários países, inclusive no brasil, por suas grandes vantagens em questão de economia e rapidez de processo construtivo. Salientando que o método construtivo em alvenaria estrutural se torna eficaz e lucrativo a medida em que se utiliza mão de obra qualificada.

Contudo, o grande diferencial deste método construtivo não está somente ligado a economia, mas também a uma construção mais sustentável, sendo mais limpa e evitando entulhos exagerados, de forma a contribuir também com a sociedade em geral, isso caracteriza a relevância social da investigação.

Por tanto o estudo visa mostrar a economia de uma obra de dois pavimentos em alvenaria estrutural, afim de demonstrar sua importância, para que estudo e pesquisas sejam realizados, tornando cada vez mais produtivo e econômico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para a compreensão dos principais temas e termos científicos que serão abordados neste estudo, a revisão bibliográfica servirá de diretriz, fazendo-se a descrição do sistema construtivo de alvenaria estrutural, do sistema construtivo em alvenaria convencional em concreto armado, e pôr fim a sua redução de custos frente a outro método construtivo já existente.

2.1 UMA BREVE HISTÓRIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é algo que já se executa desde a antiguidade, dentre algumas obras importantes estão pontes, catedrais e monumentos que resistem até os dias atuais.

> 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. Outras edificações não têm grande importância histórica geral, mas, dentro do sistema construtivo estudado, acabaram se tornando marcos a serem mencionados. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2).

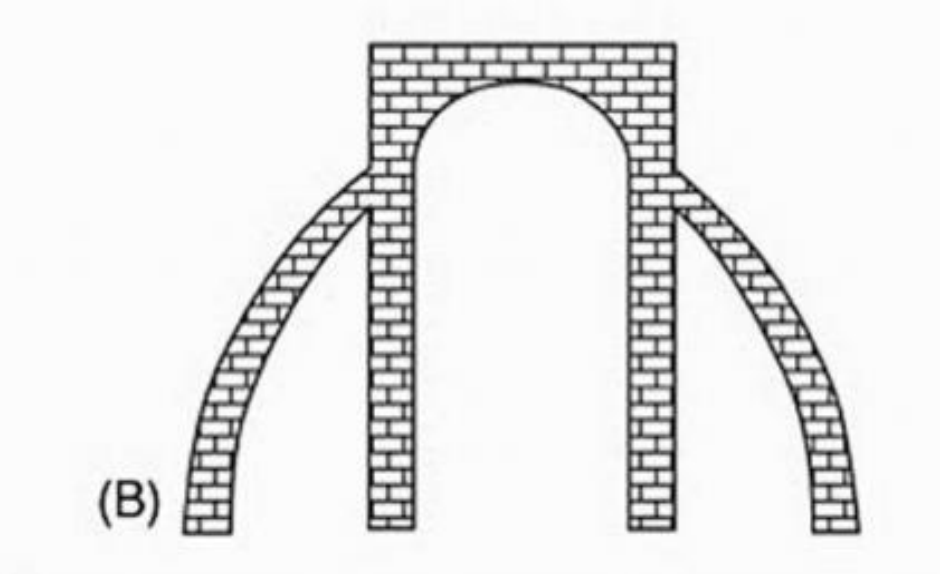
Para Ramalho e Corrêa (2003, p.1),

> O sistema estrutural se iniciou apenas com empilhamento de unidades, seja de tijolos ou de blocos, de forma a cumprir o projeto. Nessa fase sem muito conhecimento, alguns vãos eram criados, porém usam peças secundárias como exemplo madeiras ou pedras.

Além de apresentar diversos problemas, tais como serem executados com pequenas dimensões e falta de durabilidade.

Talvez o grande avanço da alvenaria estrutural tenha ocorrido na idade média com as construções de catedrais na época do renascimento, conforme mostra figura 1.

Figura 1 - Método construtivo de alvenaria em forma de arco



Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 2.

Antigamente, o conhecimento era aprendido pelas experiências dos construtores, transmitindo de geração em geração até, aproximadamente, o início do século XX.

> Entre 1700 e 1900, desenvolvem-se os conceitos de alvenaria armada e de edifícios altos resistentes. Na construção de Panthéon, em Paris, Gauthey estabelece as bases para o conceito de alvenaria armada. Surgem pontes em Paris, por Perronet, e Marc Brunnel executa o túnel sob o rio Tamisa, em Londres com as colunas de ventilação executadas com paredes de 75 cm de espessura armadas verticalmente com barras de **ø** 25 mm e com armaduras nas juntas horizontais. A igreja de Saint Jean de Montmartre, em Paris, é outro exemplo em alvenaria armada de tijolos furados constituindo paredes de 12 cm reforçadas com barras de aço verticais e de juntas. Entre 1889 e 1891 em Chicago, é construído o edifício Modadnock Building com 16 pisos e com paredes de espessura de 1,82m ao nível da base, dá início da construção em altura de edifícios em alvenaria resistente. (GOUVEIA; LOURENÇO; VASCOCELOS, 2007, p. 2).

O edifício Modadnock Building foi construído em Chicago entre 1889 e 1891 tem 16 pisos e paredes com espessura de 1,80m na base e 65m de altura, foi uma das obras mais ousadas para o padrão da época. Para Ramalho e Corrêa (2003, p.4), “Acredita-se que se fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, essa espessura seria inferior a 30 cm.”. A figura 2, traz uma imagem atual do edifício Modadnock Building, onde demonstra sua utilização plena, sem nenhum problema aparente, apesar da idade avançada.

Figura 2 - Monadnock Building

Fonte: Flickr, [s.d.].

Com o surgimento do concreto armado, foi possível realizar obras mais grandiosas e com grandes vãos, de tal maneira a deixar a alvenaria estrutural em segundo plano pela falta de cálculos e grandes custos de execução.

> A “moderna alvenaria estrutural” surgiu após a segunda guerra mundial devido à escassez de concreto e aço. Pesquisas realizadas na Suíça em 1951, pelo professor Paul Haller possibilitaram a construção de edifícios com espessuras de paredes entre 30 e 38 cm, sendo um marco para alvenaria moderna. A partir desta época outros pesquisadores também trabalharam com alvenaria estrutural, destacam-se os professores A.W. Henry e B.P. Sinhá que conduziram pesquisas em edifícios de escalas reais. Novas normas, procedimentos de cálculos surgiram. (MOHAMED *et. al.*, 2007 *apud* CORRÊA; CANTERLE, 2013, p. 2).

A partir de segunda guerra mundial, as pesquisas sobre este método construtivo se intensificaram tornando-a mais eficiente e aumentando sua rapidez. Segundo Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p. 10), “A partir de 1950, vários códigos de obras e normas contendo procedimentos de cálculos surgiram na Europa e América do Norte, fazendo com que a alvenaria estrutural experimentasse um crescimento marcante em todo mundo.”.

2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

O método construtivo de alvenaria estrutural no Brasil com blocos vazados é algo recente - final dos anos 1960. Mesmo sem existir muitos estudos ligados a esse tipo de construção na época, desde a sua introdução até os dias de hoje a alvenaria estrutural vem se mostrando uma técnica muito viável em nosso país.

> A cronologia das edificações realizadas com blocos vazados estruturais é pouco controversa, mas pode-se supor que os primeiros edifícios construídos no Brasil tenham surgido em 1966, em São Paulo. Foram executados com blocos de concreto e tinham apenas 4 pavimentos. Edifícios mais elevados foram construídos, também em são Paulo em 1972. O condomínio Central Parque Lapa tinha quatro blocos com 12 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto. Um pouco posterior é o edifício Muriti, em São Jose dos Campos, com 16 pavimentos, também foi executado em alvenaria armada de blocos vazados de concreto. Em alvenaria não armada apenas em 1977 se tem notícia dos primeiros edifícios, com nove pavimentos. 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. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5).

A figura 3 demonstra um prédio residencial de quatro pavimentos construída em alvenaria estrutural.

Figura 3 - Bloco de 4 pavimentos em alvenaria estrutural

Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 2.

O grande problema atribuído ao sistema construtivo da época era carência de pesquisas, e também a falta de conhecimento técnico que os profissionais da área tinham sobre o assunto, na década de 80 algumas construtoras tentaram investir nesta área, porém sem sucesso significativo.

> Após esta fase intensa e importantes pesquisas, os trabalhos em alvenaria estrutural escassearam e, poucos que foram realizados não obtiveram incentivos de empresas do porte. Mesmo assim, devido às grandes vantagens econômicas e à rapidez na construção, muitas construtoras passaram a executar obras com blocos de concreto. No entanto, conhecia-se pouco das técnicas construtivas ainda, e a inexperiência, por parte dos profissionais, impediu sua aplicação com vantagens, causando vários problemas para as edificações. (PRUDÊNCIO; OLIVEIRA; BEDIN, 2002, p. 11).

Porém, apesar dos problemas ocorridos no inicio da alvenaria estrutural no Brasil. Conforme Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p. 12),

> As vantagens econômicas proporcionadas pela alvenaria estrutural em relação ao sistema construtivo convencional, baseado em estruturas de concreto armado, incentivaram algumas construtoras a se manterem no sistema e a buscarem soluções.

A construção de residências e edifícios em alvenaria estrutural no Brasil vem cada dia mais se difundindo e vem ganhando interesse das comunidades técnicas e cientificas, mostrando vantagens nítidas na racionalização da construção. Ainda, segundo Ramalho e Correa (2003, p. intro),

> No Brasil é grande a preocupação com informações sobre sistemas construtivos. No campo do desenvolvimento tecnológico de blocos de concreto para alvenaria estrutural, um exemplo marcante aconteceu em 1990, quando o manual técnico de alvenaria foi lançado pela associação brasileira de construção.

No Brasil, a partir do século XXI com estabilização da economia começaram a surgir alguns programas sociais voltados a construção de moradias para pessoas de baixa renda, tal atividade aumentou a utilização da alvenaria estrutural pelo seu baixo custo e bom rendimento, um dos principais programas foi o Minha Casa Minha Vida.

> Concomitantemente, a partir de 2004, foram criadas várias medidas com o objetivo de dar segurança jurídica e econômica ao mercado privado de imóveis e estimular o setor da construção civil. Nessa época teve origem um processo de financeirização imobiliária, mediante a abertura do capital de empresas de construção civil na Bolsa de Valores. Essas empresas lastrearam seus papéis em estoque de terras e lançamentos imobiliários, obtendo vultosos lucros. (CARVALHO; STEPHAN, 2016, p. 286).

Observa-se, pois, que, a adoção da alvenaria estrutural na construção civil iniciou no Brasil em meados do século passado. Entretanto, com o surgimento de normas e técnicas inovadoras, atualmente percebe-se um olhar diferente para esta forma construtiva da Engenharia Civil.

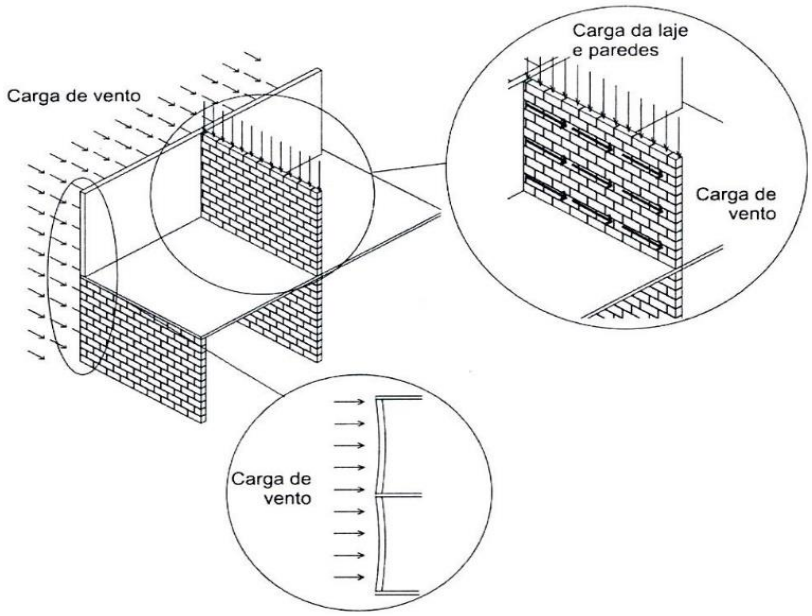
2.3 TIPOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo a literatura sobre alvenaria estrutural, concebida especialmente para blocos vazados de concreto, a alvenaria estrutural pode ser classificada em três categorias.

> **- Alvenaria estrutural não-armada:** aquela constituída de blocos assentados com argamassa podendo conter armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não consideradas na absorção dos esforços calculados; - **Alvenaria estrutural armada:** aquela onde as paredes são constituídas de blocos assentados com argamassa, cujas cavidades são preenchidas continuamente com graute que envolve uma quantidade suficiente de armaduras dimensionadas para absorver esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração;-- **- Alvenaria parcialmente armada:** aquela em que algumas paredes são construídas segundo as recomendações da alvenaria armada, e as demais de acordo com as prescrições da alvenaria estrutural não-armada. (PRUDÊNCIO; OLIVEIRA; BEDIN, 2002, p. 13).

Em um edifício as paredes de alvenaria devem ser dimensionadas para resistirem basicamente a quatro tipo de esforços: compressão, cisalhamento, flexões no plano e flexões fora do plano da alvenaria, a figura 4 mostra os tipos de esforços a que as alvenarias estão submetidas.

Figura 4 - Esforços atuantes em uma parede estrutural



Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p.14.

Conforme analisado, além das cargas atuantes dos ventos, o peso próprio também faz parte importe sobre os esforços a ser analisado.

2.4 PRINCIPAIS ELEMENTOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Para obter um bom desempenho e funcionalidade da alvenaria estrutural, irá depender da sua qualidade de execução e principalmente que todos componentes do sistema, executem seus papéis de forma correta. Segundo Mohamad (2015, p. 89), “as paredes de alvenaria são compostas pela união de diferentes materiais, como blocos (cerâmico ou de concreto), argamassas e grautes.”.

2.4.1 Blocos de concreto e cerâmicos

Blocos são todos tipos de alvenarias que trabalharam como elementos, que irá exercer funções estruturais, vedação e divisão de ambientes, podendo ser de cerâmico, ou

concreto, atendendo às recomendações específicas técnicas da norma NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos.

Blocos de concreto são usualmente mais utilizados, fator que se explica quanto a sua eficiência, na qual é a relação entre a resistência à compressão do prisma e da unidade. Ainda de acordo com Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p.21),

> A diferença observada entre os fatores de eficiência obtidos para os blocos de concreto de diferentes fabricantes pode ser explicada, principalmente, pelas diferenças entre geometrias destes blocos (formato, conicidade dos furos e espessura das paredes).

A tabela 1, demonstra os fatores de eficiência de diferentes tipos de unidades utilizadas em alvenaria estrutural, onde encontra-se diferenças quanto ao seu formato, podendo aumentar ou diminuir sua resistência, fato que deve ser levado em consideração pelo projetista.

Tabela 1 - Fatores de eficiência de diferentes tipos de unidades utilizadas em alvenaria estrutural

Unidade	Resistência da Unidade (MPA)*	Resistência do Prisma (MPA)**	Fator de Eficiência***
Bloco de concreto - Fábrica 1 Parede de 25mm	6,86	6,28	0,92
Bloco de concreto - Fábrica 1 Parede de 32mm	9,31	7,60	0,82
Bloco de concreto - Fábrica 2 Parede de 25mm	8,07	6,12	0,76
Bloco de concreto - Fábrica 3 Parede de 25mm	10,14	7,58	0,75
Bloco de concreto - Fábrica 4 Parede de 25mm	6,99	5,33	0,76
Bloco cerâmico Parede grossa	22,9	8,11	0,35
Tijolo cerâmico maciço	19,0	3,8	0,20
Tijolo cerâmico 21 furos p	7,0	2,8	0,40
Tijolo cerâmico 21 furos g	16,0	4,0	0,25
Blocos cerâmicos furos losangulares p	13,0	4,5	0,35
Blocos cerâmicos furos losangulares g	11,5	4,6	0,40

Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p.20.

Ainda no que se pode dizer sobre a resistência dos blocos, para Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p.21), “pode-se constatar que as unidades cerâmicas apresentaram fatores de eficiência sempre abaixo de 50%, e que os blocos de concreto apresentaram desempenhos muito superiores.”.

2.4.1.1 Blocos cerâmicos

Blocos cerâmicos são aqueles produzidos em argila vermelha, para queima se utiliza altas temperaturas, além da argila vermelha podem haver outros tipos de produtos em sua composição.

Segundo Coêlho (1998, p. 32),

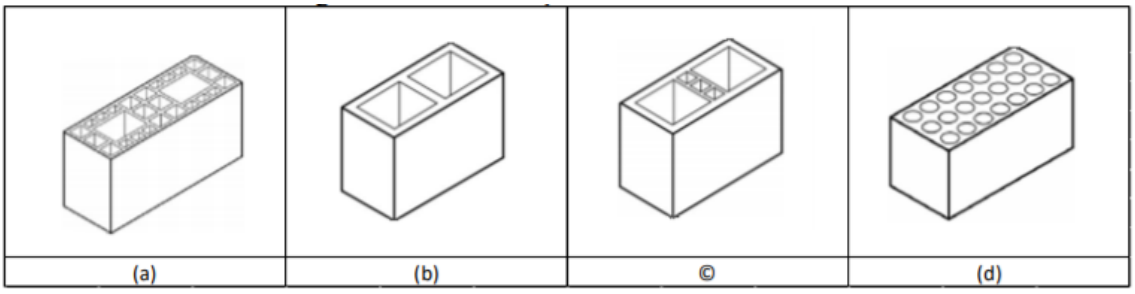
> São blocos produzidos a partir da argila, moldados, utilizando maquinas extrusoras, submetidos à secagem e à queima em temperaturas bastante elevadas. Os blocos cerâmicos apresentam uma porosidade desprezível devido a sinterização perfeita.

Já segundo Mohamad (2015, p. 91- 92),

> Os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possuem furos prismáticos perpendiculares à face que os contém, sendo produzidos para serem assentados com os furos na vertical. Os blocos cerâmicos classificam-se em: (a) bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas; (b) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças; (c) bloco cerâmicos estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) e (d) blocos cerâmicos estruturais perfurados.

Tal como os blocos de concreto, os blocos cerâmicos também possuem especificações (figura 5) sobre suas dimensões para utilização.

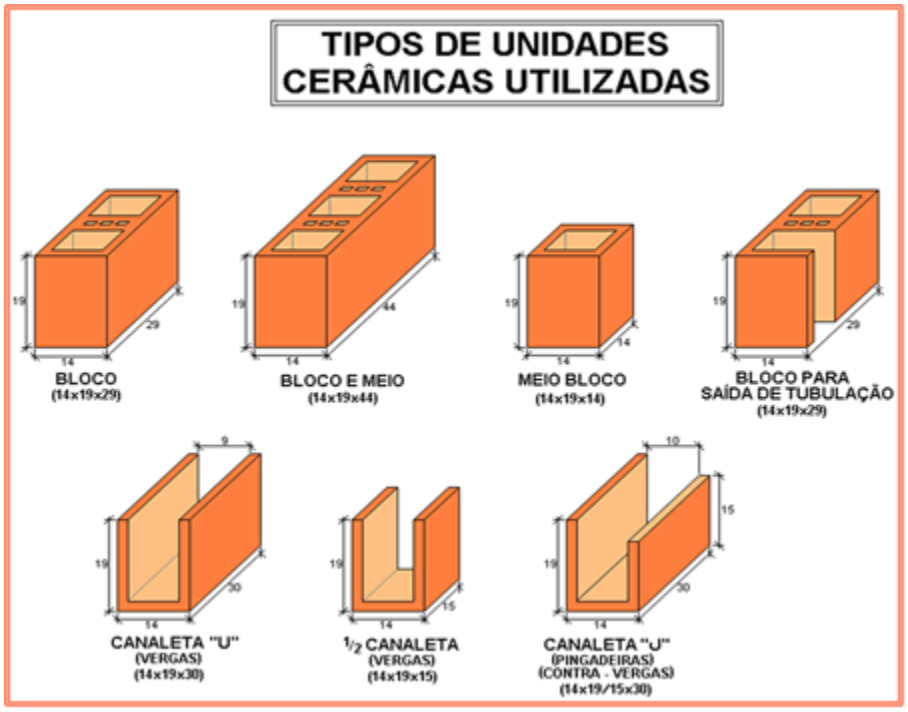
Figura 5 - Classificação dos blocos cerâmicos



Fonte: Mohamad, 2015, p. 92 *apud* Cichelero e Muraro, 2017, p.26.

Conforme dito por Mohamad (2015, p. 92), “os blocos e tijolos cerâmicos para alvenaria estrutural devem apresentar propriedades físicas (aspecto, dimensão, absorção de água, esquadro e planeza).”. Ainda sobre os blocos cerâmicos, existem tipos de uso específicos como podemos ver na figura 6.

Figura 6 - Blocos cerâmicos com funções específicas



Fonte: Pedreirão, [s.d.].

A utilização de blocos com funções especificas, assegura a afirmação na qual se aumenta lucro diminuindo retrabalhos e cortes desnecessários.

2.4.1.2 Blocos de concreto

Blocos de concreto são aqueles definidos e fabricados com uso do cimento Portland, agregado graúdo ou miúdo, adição de água e podendo, ou não, conter aditivos para melhor funcionalidade.

> São blocos obtidos pela mistura e cura do cimento Portland, agregados (areia e pedra) e água. Observa-se, ainda, que tais agregados podem ser substituídos, desde que atendam às especificações técnicas, por outros agregados leves, como argila expandida. O diâmetro máximo do agregado deve ser menor que ¼ da menor espessura da parede do bloco. É permitido uso de aditivos, desde que não acarretem efeitos prejudiciais devidamente comprovado por ensaios. (COÊLHO, 1998, p. 22).

Diferentes blocos podem ser utilizados em uma estrutura em alvenaria estrutural, dependendo do tipo de bloco a ser usado, existem dimensões usualmente utilizadas.

> A NBR 6136, que trata de blocos vazados de concreto para alvenaria estrutural, especifica duas larguras padronizadas: largura nominal de 15 cm, denominados blocos M-15, e largura nominal de 20 cm, denominados blocos M-20. Entretanto, segundo a norma, os comprimentos padronizados serão sempre de 20 e 40 cm e as alturas de 10 e 20 cm. A padronização adotada, em especial quanto ao comprimento, é adequada à largura de 20 cm, mas revela-se inadequada à largura de 15 cm. Os motivos dessa inadequação serão mostrados com detalhes nos itens seguintes. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14).

Segundo foi analisado, os blocos de concreto pré-fabricados por seus fornecedores possuem dimensões pré-determinadas e rigidamente controladas para o assentamento da alvenaria, a figura 6 representa alguns tipos de blocos de concreto encontradas no mercado.

Figura 7 - Blocos vazados de concreto

Fonte: Tudo Construção, 2017 *apud* Cichelero e Muraro, 2017, p.25.

Um dos requisitos importantes dos blocos de concreto se aplica quanto a sua qualidade, segundo Mohamad (2015, p. 100),

> Os compradores deverão verificar se os blocos tem arestas vivas e não apresentam trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção, não sendo permitida qualquer pintura que oculte defeitos.

Por tanto como foi citado acima por Mohamad, a verificação dos blocos precisa ser constante e precisa, de maneira a evitar utilizar blocos com algum problema, como trincas, fraturas ou outros defeitos que prejudiquem sua utilização.

2.4.2 Relevância da modulação

A modulação é um procedimento essencial para que uma obra em alvenaria estrutural possa obter economia e racionalidade, se as proporções da obra não obtiveram a modulação necessária, a obra se tornara mais cara, tal fato se explica quando a impossibilidade de cortar os blocos, tornando o gasto com enchimentos muito elevados.

> Estes custos mais elevados se verificam não só em relação à mão-de-obra para execução dos enchimentos propriamente ditos, mas também pelo seu efeito negativo no próprio dimensionamento da estrutura como um todo. 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. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14).

De tal maneira conclui-se que uma construção em alvenaria estrutural, que se pretenda racionaliza-la, precisa ter todas suas dimensões perfeitamente moduladas. Alguns reparos podem ser feitos, porém quanto menor forem os reparos maior sua economia (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.4.3 Argamassa de assentamento

A argamassa é um material de grande importância na construção de edificações em alvenaria estrutural, ela tem a função de ligar as unidades de alvenaria fazendo com que seja transferido os esforços entre elas. Para Mohamad (2015, p. 103), “A função principal da argamassa é transmitir todas as ações verticais e horizontais atuantes de forma a solidarizar as unidades formando uma estrutura única.” A argamassa também desempenha a função de absorver pequenas deformações e prevenir a passagem de água e vento para dentro da edificação.

Alguns materiais constituintes da argamassa são essenciais para o bom funcionamento, como também a utilização de certos aditivos quando necessário.

> A argamassa é o elemento de ligação das unidades de alvenaria em uma estrutura única, sendo normalmente constituída de cimento, areia e cal. é importante ressaltar, que embora as argamassas de assentamento, sejam compostas, na essência, pelos mesmos elementos constituintes do concreto, estas têm funções e empregos bastantes distintos. Assim, não é correto utilizar procedimentos iguais aos de produção de concreto para produzir as argamassas de qualidade. Enquanto no concreto o objetivo final é obter a maior resistência à compressão com menor custo, para as argamassas, o importante é que sejam aptas a transferir as tensões de maneira uniforme entre os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais dos mesmos. (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 2016, p.13).

Conforme Ramalho e Corrêa (2003, p. 8),

> Para o projetista é necessário o conhecimento da resistência media a compressão da argamassa, uma vez que a NBR 10837 especifica diferentes valores de tensão admissível à tração e ao cisalhamento para a alvenaria.

Para que a argamassa possa ter um bom desempenho e consiga cumprir corretamente com suas funções, será necessário reunir algumas características. Conforme Roman, Mutti e Araújo (2016, p. 13), “as principais e mais importantes propriedades para a argamassa são a trabalhabilidade, retentividade de água, tempo de endurecimento, liga, durabilidade e a resistência a compressão.”.

As funções primarias das juntas de argamassas em uma parede de alvenaria estrutural são de suma importância para a funcionalidade e bom desempenho.

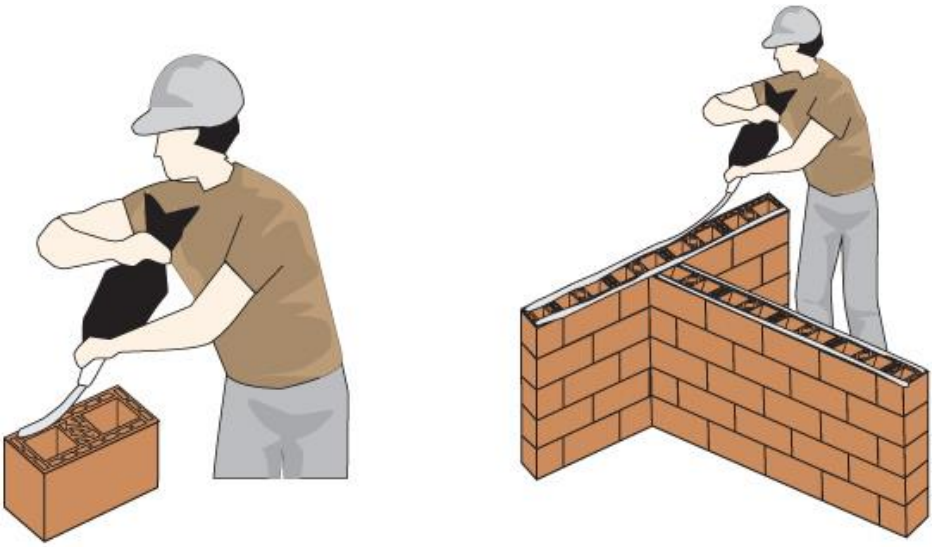
> - Unir solidamente as unidades de alvenaria e ajuda-las a resistir aos esforços laterais; - Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente das unidades; - Absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita; - Selar as juntas contra a penetração de água. (SABBATINI, 1984, p. 83).

Segundo Sabattini (1984, p. 83),

> A argamassa é empregada para unir componentes estruturais entre si, e, portanto, age como adesivo e selante. Por esta razão, a função primaria de uma argamassa de alvenaria é desenvolver uma completa, resistente e durável aderência entre as unidades de alvenaria.

Por tanto, a figura 8 é uma representação do uso da argamassa de assentamento, e de que maneira ela deve ser disposta sobre os blocos estruturais, para que possam ser mais resistentes, consequentemente aumentando sua duração.

Figura 8 - Assentamento dos blocos



Fonte: Selecta Soluções em Blocos, [s.d.].

Não existe um único tipo de argamassa que seja melhor para todos as aplicações possíveis, por isso existem alguns tipos de argamassa diferentes que são usadas para o assentamento de blocos. Existem classificações para argamassas.

> Argamassa de cal: constituída da mistura de cal e areia; Argamassa de cimento: feita com cimento Portland e adquire resistência com rapidez; Argamassa mista: constituída de cimento, cal e areia; Argamassa industrializada: Onde a cal é substituída por aditivos, plastificantes ou incorporadores de ar. (MOHAMAD, 2015, p. 107-108).

As normas americanas especificam quatro tipos de argamassas mistas, designadas pelas letras M, S, N e O, cujas proporções se encontram na tabela 2.

Tabela 2 - Traços e propriedades das argamassas normalizadas nos EUA

Tipo de Argamassa	Traço em volume			Resistência Média Esperada (MPA)
	Cimento	Cal	Areia	
M	1	0 - 1/4	*	17,2
S	1	1/2		12,4
N	1	1		5,2
O	1	2		2,4

Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p. 52.

Portanto, a escolha da argamassa para o projeto é extremamente importante, ao se falar em argamassas mistas é possível especificar seus tipos, existem algumas normas quanto a suas funções, dentre elas as normas americanas apresentam suas funcionalidades de acordo com a citação abaixo.

> - Argamassa tipo M: Recomendada para alvenarias em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, etc... Possui alta resistência a compressão e excelente durabilidade; - Argamassa tipo S: recomendada para alvenaria sujeita a esforços de flexão. É boa resistência a compressão e a tração na interface com a maioria dos tipos de unidades; - Argamassa tipo N: recomendada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. É de media resistência e boa durabilidade; - Argamassa tipo O: pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0,70 Mpa e não esteja exposta a meio agressivo. É de baixa resistência à compressão e convenientes para uso em paredes de interior geral. (PRUDÊNCIO; OLIVEIRA; BEDIN, 2002, p.52).

Conforme analisado, para escolha de um tipo especifico de argamassa, é necessário um balanço entre a necessidade geral, de modo a focar em algumas necessidades.

> - Não existe um único tipo de argamassa que seja melhor para todos os tipos de aplicações possíveis. – Não deve ser utilizada uma argamassa com resistência à compressão superior à necessária para atender as exigências estruturais de projeto. Esta última regra requer alguns cuidados na interpretação. Por exemplo, seria antieconômica e pouco pratica uma mudança continua do tipo de argamassa para as várias partes de uma mesma estrutura. (PRUDÊNCIO; OLIVEIRA; BEDIN, 2002, p.51).

A resistência a compressão da argamassa não é tão importante para resistência a compressão das paredes, mais significativo que a característica a resistência é a plasticidade,

que permite que as tensões sejam distribuídas uniformemente de uma unidade para outra (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.4.4 Graute

O graute é um material que é constituído pelos mesmos componentes do concreto, a sua diferença está na granulometria dos agregados e na sua relação água/cimento. O grauteamento como é chamado, deve ser utilizado para elevar a resistência a compressão da alvenaria sem aumentar a resistência do bloco, e isso é feito através do preenchimento dos vazios dos blocos onde se tem armaduras, utilizadas em pontos já previstos no projeto - figura 9.

> 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 proporcionar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas em seus vazios. Desta forma pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria a compressão ou permitir que as armaduras colocadas combatam tensões de tração que a alvenaria por si só não terá condições de resistir. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14).

Lembrando sempre que não se deve confundir graute com pilar convencional, pois a sua função não é trabalhar como um pilar. Quem define a resistência do graute é o calculista da estrutura e ela é feita relacionada a resistência do bloco.

Figura 9 - Concretagem dos pontos de graute

Fonte: Comunidade da Construção, [s.d.].

Na figura 9 pode ser visto a aplicação do graute através do preenchimento dos vazios dos blocos em pontos previstos na estrutura, lembrando que diferentemente do concreto o graute não necessita o uso do vibrador para ser feito seu adensamento.

Existem três propriedades que são de muita importância para o funcionamento correto do graute na sua aplicação.

> - Consistência: a mistura deve apresentar coesão e, ao mesmo tempo, ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos; - retração: a retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o graute e as paredes internas dos blocos; - resistência à compressão: a resistência à compressão do graute, combinada com as propriedades mecânicas dos blocos e da argamassa, definirá as características à compressão da alvenaria. (MOHAMAD, 2015, p. 107-108).

Se o graute for aplicado nos pontos corretos, a estrutura vai ter um aumento de desempenho muito bom, é interessante também fazer uma escolha correta dos materiais que serão usados na composição do traço. O graute tem como materiais utilizados em sua composição o cimento, areia, pedrisco, água e em alguns casos, pode ser inserido a cal na mistura. Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p. 58), trazem nas tabelas 3 e 4 as granulometrias para as areias e pedriscos que são recomendadas para o graute.

Tabela 3 - Faixas granulométricas de areias remendadas para graute

Granulometria - Percentagem retida acumulada nas peneiras

Abertura da Peneira (mm)	Tipo 1	Tipo 2
9,5	0	0
4,8	0 - 5	0
2,4	0 - 20	0 - 5
1,2	15 - 50	0 - 30
0,6	40 - 75	25 - 60
0,3	70 - 90	65 - 90
0,15	90 - 98	85 - 98
0,075	95 - 100	95 - 100

Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p. 58.

Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p. 58), dizem que

> São preferíveis as areias de granulometria tipo 1, dentre estas, as que possuem o modulo de finura entre 2,3 e 3,1, pois requerem menos cimento, sendo que os grautes com ela produzidos alcançam maior resistência e apresentam uma menor retração no endurecimento.

Tabela 4 - Faixa granulométrica recomendada para pedrisco utilizado em graute

Abertura da Peneira (mm)	% Retida Acumulada
12,5	0
9,5	0 - 15
4,8	70 - 90
2,4	90 - 100
1,2	95 - 100

Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p. 58.

Um ponto que se deve prestar atenção é a dosagem do graute, ela deve ser feita de forma correta para desempenhar todas as propriedades necessárias nesse material. Mohamad (2015, p. 1130), diz que “é recomendável que seja sempre realizado ensaios de prismas feitos

com material a ser utilizado na obra, para verificar se a especificação de materiais proporciona o resultado de resistência desejado.” Prudêncio, Oliveira e Bedin (2002, p. 59) demonstram através da tabela 5 as proporções utilizadas nos traços de graute para a alvenaria.

Tabela 5 - Proporções usuais de graute para alvenaria estrutural

Tipo de Graute	**Materiais Constituintes**		
	Cimento	**Areia**	**Brita 0**
Sem agregado graúdo	1	3 a 4	---
Com agregado graúdo	1	2 a 3	1 a 2

Fonte: Prudêncio, Oliveira e Bedin, 2002, p. 59.

O excesso de pontos para ser feito o grauteamento pode ser um problema para a alta eficiência e produtividade da obra. Conforme Manzione (2002, p. 21),

> Sob o aspecto de produtividade da alvenaria, a operação do grauteamento diminui o ritmo da produção, por isso é desejável que o calculista estrutural procure reduzir ao mínimo necessário o uso do graute, o que vai também gerar economia de material.

Por tanto, apesar do grauteamento ser importante em obras de alvenaria estrutural, não exagerar no uso dele, é de extrema importância, pois acarretaria em uma maior utilização de materiais, fato que não seria interessante em obras, que buscam reduzir custos.

2.4.5 Armaduras

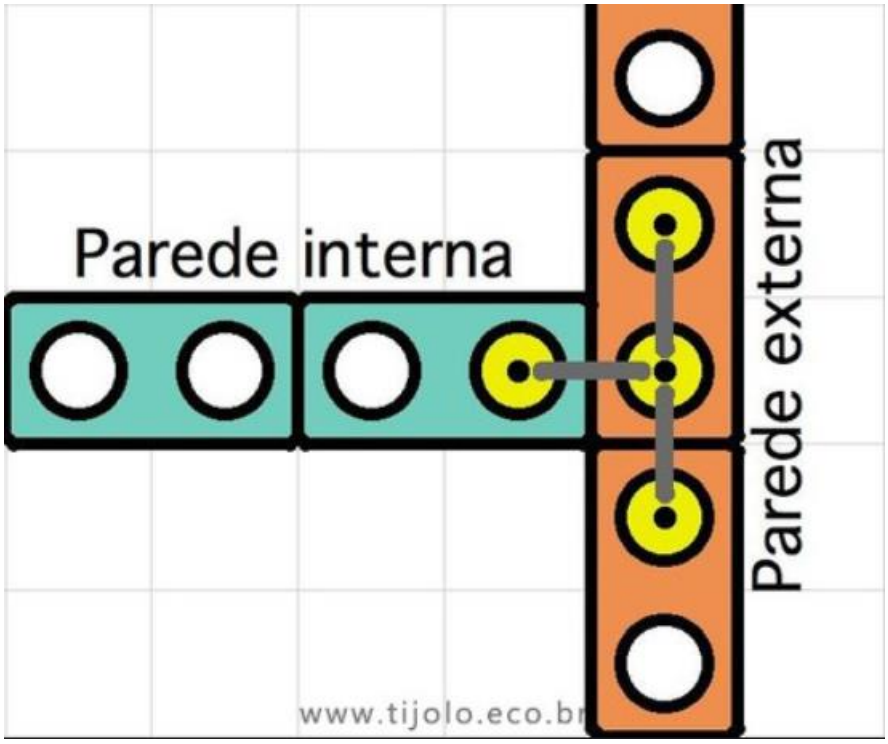
A armadura na alvenaria estrutural ela pode ter a função de absorver alguns esforços calculados na estrutura, e também existem armaduras que tem funções de amarração. As barras de aço trabalham junto com o graute para combater alguns esforços de tração.

> De fato, o aço nas estruturas de alvenaria acaba tendo sua capacidade pouco aproveitada na resistência à compressão, pois a tensão usualmente fica limitada a valores bem abaixo da tensão de escoamento do material. A imposição de limites relativamente baixos para as tensões no aço é explicada pela necessidade de se evitar

> uma fissuração excessiva, bem como garantir a aderência entre as barras de aço e o graute que as envolve. (RAMALHO; CORREA, 2003, p. 78).

Além destas funções estruturais realizadas pela armadura, ela também pode ser usada para a finalidade de amarração da parede e isso é feito através do uso de grampo, conforme mostrado na figura 10.

Figura 10 - Uso do grampo para amarração da parede



Fonte: Tijolo Ponto Eco, 2007.

Os grampos ajudam para que as tensões sejam geradas de forma uniforme na estrutura, e com isso evita-se patologias futuras na alvenaria.

2.5 ALVENARIA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO

O concreto armado começou a ser utilizado em torno do século XIX, quando se faziam construções com peças e artefatos naturais, tais como argila e pedra. Algumas sociedades conseguiram obras grandiosas sem auxilio dessa tecnologia, porém com a utilização dela seria muito mais fácil de executar. Com o passar dos tempos, e também por necessidade

de melhoria das técnicas, com o fim de aprimorar e garantir a segurança destas civilizações, se foi aprimorando novas técnicas e eficientes maneiras de construção para ampliação e delimitação de tal funcionalidade.

O concreto é um conjunto de materiais, que são compostos de cimento, brita, areia e água, podendo, ou não, ter aditivos, com a finalidade de melhorar a eficiência entre outros atributos, e também, capaz de suportar a cargas verticais e é resistente a compressão, porém baixa resistência a tração.

> O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de tração atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura – barras de aço), surge então o chamado "concreto armado", onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, no que pode ser auxiliado também por barras de aço (caso típico de pilares, por exemplo). No entanto, o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que é essencial e deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura, pois não basta apenas juntar os dois materiais para se ter o concreto armado. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre ambos o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta. Em resumo, pode-se definir o concreto armado como "a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes". De forma esquemática pode-se indicar que concreto armado é: Concreto armado = concreto simples + armadura + aderência. (BASTOS, 2006, p. 7).

2.5.1 Concreto

O concreto é um material que leva em sua composição o cimento, água, agregado miúdo – areia – agregado graúdo – pedra ou brita – e ar. Pode também conter algumas adições, como cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc., e pode ser também colocado alguns tipos de aditivos químicos que tem a função de melhorar ou modificar as suas propriedades. (BASTOS, 2006).

O concreto ele pode ser feito na obra ou usinado, em ambos os casos deve-se dar devida atenção a todos os materiais constituintes, desde a escolha correta dos materiais e do traço adequado até a estocagem dos mesmos, para que no final ele adquira as características desejadas.

A figura 11 ilustra o uso do concreto, sendo lançado em uma laje através de uma bomba lança de concreto, projetada com suas armaduras devidamente localizadas e dimensionadas, conforme esforços solicitados em projetos, atuantes na estrutura.

Figura 11 - Concretagem de laje em concreto armado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O concreto é projetado posteriormente à armadura de aço, já projetada através do engenheiro responsável, podendo ter várias formas geométricas e dimensões pretendidas.

2.5.2 Principais componentes da estrutura

De acordo com Carvalho e Filho (2007, p. 21), os componentes utilizados no método construtivo do concreto armado são “peças que compõem uma estrutura geralmente

com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais - vigas, lajes, pilares, etc. O modo como são arranjados pode ser chamado de sistema estrutural".

Quando se fala em concreto armado, é necessário que sejam entendidos os três principais elementos constituintes desse tipo de estrutura, tanto para obras grandes quanto para as pequenas. Estes elementos são: as lajes, as vigas e os pilares (BASTOS, 2006).

2.5.2.1 Laje

As lajes são os elementos planos que recebem grande parte dos esforços da estrutura em si, esses esforços podem ser de moveis, pessoas, pisos, paredes, pilares apoiados sobre as lajes, além também de seu peso próprio. Essas cargas são normalmente transmitidas para as vigas, mas também pode ser transmitida diretamente aos pilares (BASTOS, 2006).

2.5.2.2 Viga

Conforme a ABNT 6118/2014 (item 14.4.1.1), as vigas são "elementos lineares em que a flexão é predominante.".

As vigas podem ser ditas como elementos horizontais, no qual são responsáveis por receber os esforços das lajes, de outras vigas, paredes de vedação e pilares. Sua função é de vencer vãos e transmitir os esforços depositados nelas para os apoios, que normalmente são os pilares. As vigas possuem armaduras que geralmente são compostas por armaduras transversais e armaduras longitudinais (BASTOS, 2006).

2.5.2.3 Pilar

Segundo a ABNT 6118/2014 (item 14.4.1.2), os pilares são definidos como "elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são predominantes,".

Os pilares têm grande importância no funcionamento da estrutura, tanto na sua capacidade de resistir, quanto na segurança. São utilizados para transmitir todas cargas verticais da estrutura para a fundação, podendo também transmitir para outros elementos de apoio. São transmitidos para os pilares os esforços provenientes das vigas e das lajes (BASTOS, 2006).

2.6 VANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Como a construção civil passa por um constante momento de renovação, a alvenaria estrutural vem ganhando cada vez mais espaço no âmbito nacional e mundial. Após passar por uma etapa de renovação, ela apresenta várias vantagens em relação aos processos construtivos convencionais, pois pode reduzir os custos de uma obra, aumenta a produtividade, diminui desperdícios e ajuda no gerenciamento da obra.

> Inicialmente, deve-se ressaltar que a utilização da alvenaria estrutural, para os edifícios residenciais, parte de uma concepção bastante interessante que é a de transformar a alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura. Desta forma, pode-se evitar a necessidade da existência dos pilares e vigas que dão suporte a uma estrutura convencional. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5).

Em relação aos custos de uma obra de alvenaria estrutural, esta tende a ser mais em conta, em relação às obras convencionais de concreto armado, pois tem uma vasta economia na utilização de madeiras, aço, concreto.

> Quanto ao custo, normalmente é mais econômica em relação aos prédios estruturados, o que ocorre não só por se executarem estrutura e alvenaria numa só etapa, mas também devido à economia no uso de madeiras para formas, redução no uso de concreto e ferragem, menores espessuras de revestimentos, maior rapidez na execução. Além disso, a simplificação nas instalações, em que são evitados rasgos nas paredes, ocasionam menor desperdício de material do que o verificado em obras convencionais. (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999 *apud* CICHELERO; MURARO, 2017, p. 40).

No que diz respeito as vantagens econômicas, de acordo Mohamad (2015, p. 23), “a alvenaria estrutural possui diversas vantagens, na qual a econômica é umas das principais, em virtude da otimização de tarefas na obra, por meio de técnicas executivas simplificadas e facilidade de controle nas etapas de produção.” Deste modo diminui o retrabalho e consequentemente aumenta lucro.

Muito se discute quanto à altura em que os métodos construtivos são economicamente viáveis. Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 9-10), “no caso de altura, considerando-se parâmetros atuais do Brasil, pode-se afirmar que a alvenaria estrutural é adequada a edifícios de no máximo 15 ou 16 pavimentos.”

De acordo com a quantidade de pavimentos, pode-se ter uma ideia sobre a porcentagem de economia.

> Para prédios de até quatro pavimentos, acontece uma redução no custo da estrutura de 25% a 30%, quando comparado ao concreto armado. À medida que se aumenta o número de pavimentos essa redução diminui para valores em torno de 4% a 6%. Atualmente, os vários programas de apoio à construção de habitações populares para baixa renda, de até quatro pavimentos, têm levado as construtoras a adotarem o sistema construtivo em alvenaria estrutural como um método construtivo adequado aos padrões de exigências dos órgãos financiadores. (MOHAMAD, 2015, p. 24).

Por esses custos reduzidos significativos, a alvenaria estrutural se lança, como método construtivo ideal para aumento de lucros e produtividade.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia do tipo de pesquisa executada é posterior a discussão sobre a pesquisa científica, e mais especificamente sobre os estudos bibliográficos realizados. Pode-se, contudo, ressaltar que as investigações pautadas no rigor científico são de extrema importância para a construção do conhecimento, para a interpretação da realidade.

O método de procedimento se deu através do estudo de caso com abordagem quantitativa que, segundo Yin (2001, p. 56):

> O estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tantos estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa.

Entretanto, o pesquisador se torna parte importante no objeto da pesquisa. E é exatamente o que se pensou quando se idealizou o estudo minucioso e planejado e que, se torna muito importante no cenário atual social do Brasil. Até porque trata de redução de custos na construção civil, fato que atinge toda a sociedade. Então, para a resposta à hipótese de trabalho (problema) deste estudo, determinou-se a abordagem quantitativa em estudo de caso e comparativo de nível descritivo.

O estudo de caso foi feito em uma empresa, na cidade de Tubarão, em que se executa obras civis no modelo de alvenaria estrutural. Foram realizadas visitas técnicas, acompanhadas, ou não, de um Engenheiro ou Responsável pela obra, buscando observar e aprender todos seus métodos e sistema construtivos. As visitas foram efetuadas já na parte de revestimento da obra, sendo analisada a parte de acabamento do processo construtivo em alvenaria estrutural, buscando fazer um levantamento de dados, como execução e quantidade de material utilizado, segundo apontado nos objetivos deste trabalho. Deste modo analisando os custos e comparando com uma obra de alvenaria convencional no mesmo tamanho e modelo, chegando a uma conclusão de custos, seus prós e contras.

4 ESTUDO COMPARATIVO

4.1 OBRA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

O Condomínio Residencial, ilustrado na Figura abaixo, trata-se de um empreendimento multifamiliar que possui quatro apartamentos no total, sendo que a construção possui 2 pavimentos e garagem externa, todos contêm dois quartos, 2 banheiros, sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço e churrasqueira - Figura 12. O empreendimento não dispõe de elevador, pois como possui apenas dois andares não se faz necessário. As atividades na obra iniciaram em 2018, com previsão para término em 2019, a comercialização e preço final não serão comentados.

Figura 12 - Fachada condomínio residencial

Fonte: Mgf imóveis, 2019.

A planta baixa que segue abaixo na figura 13, demonstra como ficam dispostos os apartamentos do térreo e as vagas de garagem disponíveis.

Figura 13 - Planta baixa apartamento térreo

Fonte: Mgf imóveis, 2018.

Foram realizadas visitas periódicas na obra, e com ajuda do professor orientador e do engenheiro responsável da obra, foi possível entender um pouco mais sobre este método construtivo, de tal maneira a poder desenvolver um trabalho mais coeso e coerente.

4.2 OBRA EM CONCRETO ARMADO

A obra em concreto armado não será um estudo de caso real, e sim uma pesquisa bibliográfica utilizando-se o mesmo projeto, e analisando seus custos como se fosse realizado com método construtivo convencional. As etapas construtivas do estudo comparativo em concreto armado foram realizadas com informações fornecidas pelo autor do projeto estrutural, considerações realizadas pelos autores em visitas a obra e conceitos estudados de acordo com a revisão bibliográfica deste assunto. O item 4.2, no entanto busca caracterizar as etapas de construção em alvenaria convencional, buscando distinguir e identificá-las em comparação às fases de alvenaria estrutural. A fundação é o princípio para uma construção em concreto

armado, logo após a alvenaria de embasamento, os pilares e vigas, alteamento das alvenarias de vedação, instalações hidráulicas e elétricas, lajes podendo ser pré-moldada ou não, cobertura e a fase final que seria os acabamentos. A etapa primordial que seria a fundação utiliza-se como base o projeto estrutural, a classe do solo e o peso total que o empreendimento distribuirá ao solo, da mesma maneira de quando se executa o sistema construtivo em alvenaria estrutural, por tanto, até esta fase, o critério de projeto e execução, ainda é igual para os dois sistemas construtivos. A figura 14, demonstra a parte de finalização das sapatas isoladas.

Figura 14 - Sapatas isoladas

Fonte: Escola Engenharia, 2018.

As fundações podem ser rasas ou profundas, desta maneira o projetista define de acordo com o tipo de obra a ser executada, considerando sua carga prevista e o tipo de solo a ser instalada as fundações. As alvenarias de embasamento são as vigas provenientes continuadamente da fundação, aquelas que podem, ou não, ficar em contato direto com o solo dependendo da sua impermeabilização para melhor funcionamento e vida útil, por tanto, elas têm a atribuição de receber as primeiras cargas das paredes acima e as distribuir para a fundação.

Logo após as alvenarias de embasamento ficarem concluídas, é o momento de começar o levantamento da estrutura da construção, que são os pilares, as vigas e lajes, necessariamente nesta ordem, a figura 15 é uma estrutura de pilares em uma obra deste sistema construtivo, visitada pelos autores para um melhor entendimento sobre tema.

Figura 15 - Pilares em concreto armado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A alvenaria de fechamento, também conhecida como de vedação se trata das divisões de área da obra e a conclusão da parte externa da obra, não cumprindo função estrutural, apenas atribuindo com o peso total da obra, que podem ser utilizados vários materiais, como tijolo, gesso e, em algumas obras, em *drywall*. As instalações hidráulicas e elétrica devem ser estabelecidas e projetadas conforme o projeto arquitetônico, e por

consequência devem ser realizadas antes das fases finais da obra. Porém, se acontecer algum erro de projeto ou algo inesperado, pode-se mudar tal projeto, percebendo-se que estes projetos não apresentam interferência no estrutural da obra, podendo, assim, sofrer, ou não, mudanças. A cobertura será realizada após o fim da última laje da obra, a figura 16 mostra um dos passos realizado para execução de uma laje, em visita dos autores a uma obra na região.

Figura 16 - Execução de laje

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

O tipo material a ser aplicado para esta etapa é opção do projetista, porém, o mais correto, é ser executado com o custo benefício mais adequado. Já as etapas de acabamento geralmente são a última etapa a ser realizada, isto irá variar de acordo com cronograma de obra de cada empreendimento, contudo, também, são muitas vezes, as etapas mais caras e prolongadas da construção, sendo projetadas e ajustadas de acordo com o cliente e a construtora.

4.3 PARTES CONSTRUTIVAS ANALISADAS

Na comparação de custos entre os dois métodos construtivos, alguns itens foram desprezados, como por exemplo, viga de embasamento (viga baldrame), parte elétrica, instalações hidrossanitárias, lajes e escadas. Fato que se explica, com os gastos sendo muito próximos, em muitas vezes até iguais, por tanto não sendo um fato importante a ser estudado.

Como na alvenaria estrutural, as próprias paredes fazem sua função estrutural e no método construtivo convencional são utilizados vigas e pilares, para a estrutura resistir as cargas, nesta pesquisa será levado em consideração somente os itens que possuem grande diferença entra os dois métodos.

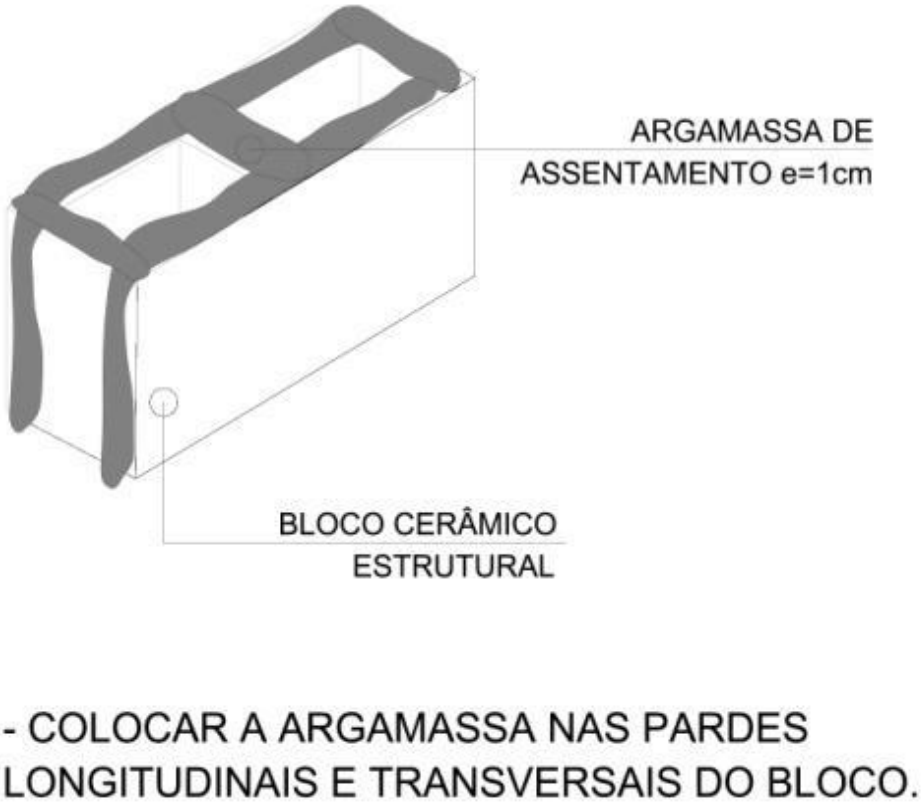
Uma das partes analisadas é o reboco que se trata de revestimento de parede feito com argamassa fina, podendo receber pintura diretamente ou ser aplicada uma massa corrida de acordo com previsto em projeto, por tanto se trata de revestir uma parede de tijolos com cimento para torná-la lisa e uniforme. Na alvenaria estrutural usualmente se utiliza uma quantidade menor de reboco, devido a diferença dos blocos utilizados e uma menor correção de prumo. Porém algumas empresas já conseguem diminuir essa quantidade nas estruturas de concreto armado. A figura 17, é uma figura do residencial em analise do estudo de caso, e demonstra a fase final da aplicação do reboco.

Figura 17 - Aplicação de reboco

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Argamassa de assentamento é um fator importante a ser analisado, entre as duas obras, fato que se explica com a utilização de uma quantidade menor na alvenaria estrutural, aplicando uma diferença significativa. Ela tem papel de unir os blocos de alvenaria, a aplicação é bastante fácil podendo ser feita com o auxílio de palheta ou até mesmo com uma bisnaga, dependendo da superfície a ser aplicada, que fica evidenciado na figura 18.

Figura 18 - Argamassa de assentamento



Fonte: Imaizumi Engenharia, 2018.

Outras partes analisadas na alvenaria estrutural, serão os blocos que tem papel estrutural, e o graute que serve como amarração dos blocos e leva aço e concreto de maneira a compor parte importante na obra, precisando de grande atenção e precisão. Já na obra do método construtivo em concreto armado, será quantificado as vigas e pilares, além das formas para tal, parte que não compõe a alvenaria estrutural, e vai ser de suma importância para comparação dos dois métodos.

4.4 ORÇAMENTO

Os orçamentos, que classificarão este item, serão analisados através de dois orçamentos produzidos para uma obra de dois pavimentos, em relação a dois métodos de construção. Os quantitativos de materiais foram realizados através do estudo dos projetos arquitetônicos, disponibilizados pelo engenheiro responsável.

Foram analisadas apenas as partes relevantes à pesquisa, já exemplificadas nos itens acima, o orçamento e pesquisa de preço foi realizada em empresas do ramo que se localizam na região, afim de chegar no valor mais próximo possível da obra em questão.

As tabelas 6 e 7 trazem os demonstrativos de preços comparativamente à duas obras, citadas nos itens 4.1 e 4.2 desta pesquisa. Que foram realizadas conforme projeto estrutural disponibilizados pelo autor do projeto, por tanto dois projetos foram fornecidos, com intuito de realizar a pesquisa.

Tabela 6 - Planilha orçamentária de alvenaria estrutural

Alvenaria Estrutural			
Material	**Quantidade Necessária**	**Custo**	**Valor Total**
Graute	5 m³	R$ 300,00 (m³)	R$1.500,00
Argamassa	10 m³	R$ 270,00 (m³)	R$2.700,00
Reboco	19 m³	R$ 270,00 (m³)	R$5.130,00
Aço 10mm	52 Barras	R$ 30,50 (und)	R$1.586,00
Bloco 14x19x29	10633 Blocos	R$ 1,40 (und)	R$14.886,20
Bloco 14x19x44	370 Blocos	R$ 2,10 (und)	R$777,00
Bloco 14x14x19	695 Blocos	R$ 1,00 (und)	R$695,00
			R$27.274,20

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 7 - Planilha orçamentária de concreto armado

Concreto Armado			
Material	**Quantidade Necessária**	**Custo**	**Valor Total**
Concreto C30	49 m³	R$ 305,00 (m³)	R$14.945,00
Argamassa	12 m³	R$ 270,00 (m³)	R$3.240,00
Reboco	25 m³	R$ 270,00 (m³)	R$6.750,00
Aço 10mm	958 Barras	R$ 30,50 (und)	R$29.219,00
Formas	392	R$ 7,80 (und)	R$3.057,60
Tijolo 11,5x14x24	7595	R$ 0,47 (und)	R$3.569,65
			R$60.781,25

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

De acordo com o analisado nas tabelas acima, os orçamentos de cada etapa da superestrutura são bem diferentes, retiramos outras partes que não seriam relevantes, porque os valores eram praticamente iguais nos dois métodos construtivos, como por exemplo sapatas,

mão de obra, entre outros. Porém é de se destacar, que, nos itens quantificados de cada método, como estrutura e revestimentos, os valores se alteram significativamente, pelo método de abordagem e concepção de projeto dos dois tipos já mencionados e exaltados posteriormente. A seguir, é apresentado o gráfico ilustrativo, buscando representar a diferença entre os valores na forma de porcentagem, das etapas de construção mencionadas e destacadas acima.

4.5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Analisando o pressuposto de que pouco existem estudos relacionados a comparação entre os métodos construtivos para obras de pequeno porte, é que surgiu essa pesquisa. A literatura normalmente mostra a viabilidade para obras acima de quatro pavimentos, Mohamad (2015) traz através da tabela 8 a economia que se é proporcionada ao se utilizar-se do método construtivo em alvenaria estrutural.

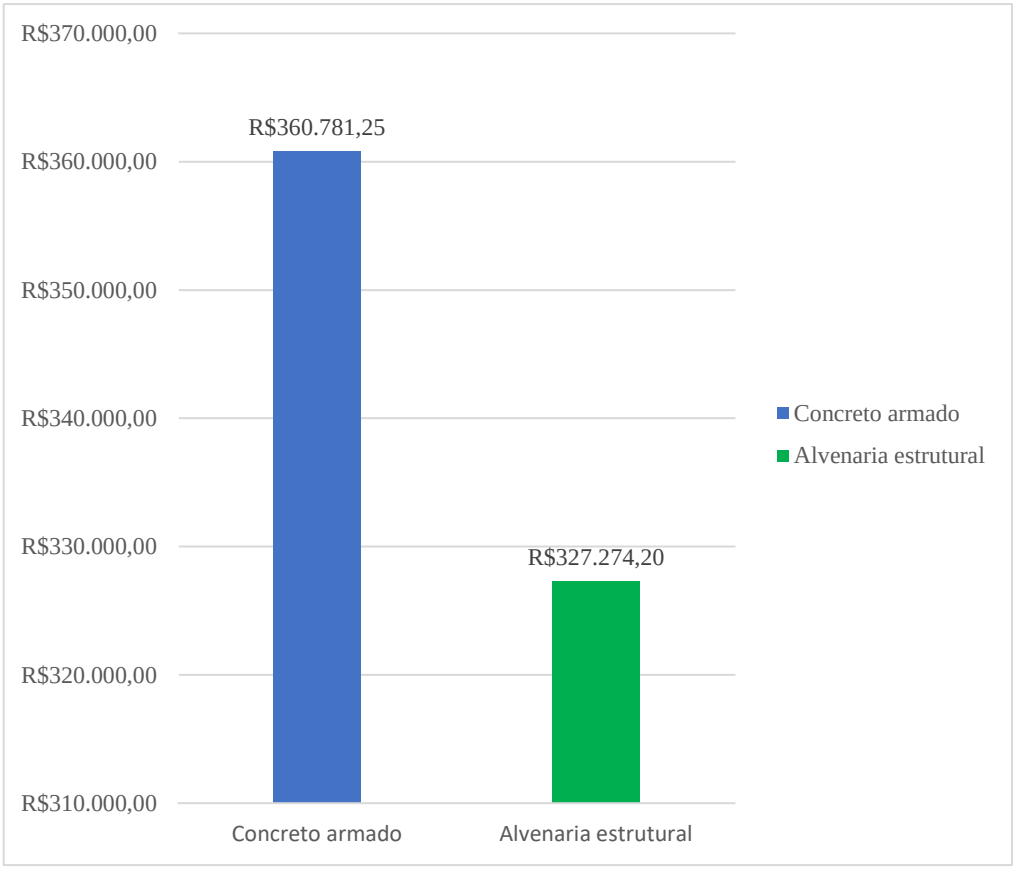
Tabela 8 - Custos aproximados entre as estruturas convencionais e alvenaria estrutural no Brasil

Característica da obra	Economia (%)
Quatro pavimentos	25-30
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria não armada	20-25
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada	15-20
Sete pavimentos com pilotis	12-20
Doze pavimentos sem pilotis	10-15
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	8-12
Dezoito pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	4-6

Fonte - Mohamad 2015, p. 24.

É inegável a desigualdade econômica entre as fases analisadas de cada método construtivo. Como não nos foi fornecido o valor final da obra em questão, nós estimamos com base no projeto, afim de demonstrar os valores em questão de porcentagem, o valor quantificado, foi obtido através do CUB (custo unitário básico), por tanto foram considerados 300 mil reais e, mais a parte quantificada para demonstrar as diferenças econômicas. Segue abaixo o gráfico 1 que trata dos valores finais estimados para a obra.

Gráfico 1 - Estimativa de custo total da obra



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Pare esta obra, analisando os dois métodos construtivos levantados, tem-se uma diferença econômica na faixa de 9,29%, para o método construtivo de alvenaria estrutural, em relação ao concreto armado, economizando, aproximadamente, 10% do valor total da obra, salientado que pode variar pra mais ou para menos.

4.6 TEMPO UTILIZADO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Esse tópico se trata da velocidade dos métodos construtivos, concepção dos projetos e realização da obra, levando em consideração todas as partes da obra, diretas, ou não, à obra. Para esta construção, ao começar a fundação e vigas baldrame muito se assemelham os métodos, a partir disto é que são analisadas as desigualdades entre os dois sistemas construtivos.

Na alvenaria estrutural, depois de concluir-se a primeira laje, é possível começar quase que em sequência a execução da alvenaria, que por consequência será a estrutura da obra,

Desta maneira, duas etapas, que seriam essenciais para a construção em concreto armado, são executadas em uma única etapa na alvenaria estrutural, porque economiza tempo para a preparação de forma, de armação e concretagem dos pilares e vigas. Depois de tudo isso, ainda se perde tempo com a cura e desforma do conjunto, também podem ser descartados, na alvenaria estrutural, porque a vedação da alvenaria já comporta o carregamento da estrutura.

4.6.1 Canteiro de obras

Além do que já foi citado acima, a limpeza e organização do canteiro e de suma importância, ao analisar a obra de alvenaria estrutural, o material (blocos cerâmicos estruturais) consegue-se armazenar ou estocar, na própria laje o que favorece a produtividade e a organização, evitando por exemplo sujeira e entulhos. De tal maneira que na alvenaria convencional, ou seja, no concreto armado, não é possível, o canteiro de obras se faz necessário para estocagem das barras aço para fabricação das armaduras, dos blocos vedação precisam de equipamentos para içar até os andares subsequentes, quando forem utilizados, e isto gera um certo incomodo se não for bem projetado e executado, gerando transtorno durante a execução. A figura 19, se trata de um canteiro de obras de concreto armado, onde buscasse evidenciar o armazenamento de materiais, como madeira e aço.

Figura 19 - Canteiro de obras em concreto armado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Analisando está questão dos dois tipos de canteiro de obras, considera-se o de alvenaria estrutural muito mais eficaz e efetivo, desde que seja organizado da forma correta. Um fator importante a se levar em consideração é que os materiais como madeira e aço, ou até mesmo os blocos ficam expostos ao solo, podendo ser contaminados e prejudicar seu bom desempenho, já no que diz respeito aos entulhos muito material pode ser perder devido a ficar espalhado pela obra e ser desperdiçado.

4.7 ACABAMENTOS

Um fato importante a ser considerado, em uma decisão de definição pelos dois métodos construtivos mostrados nesta pesquisa, é a parte de finalização, ou seja, os acabamentos.

4.7.1 Esquadrias

Para os dois métodos construtivos, as fases de acabamentos, muitas vezes se assemelham, porém, a diferença está na velocidade e economia, comparando a capacidade de finalização dos dois métodos construtivos.

Entende-se que em uma construção de alvenaria estrutural, as paredes, janelas portas e aberturas são estabelecidas em razão do projeto estrutural da obra, e também do tipo e tamanho dos blocos que serão utilizados na obra. Por tanto os tamanhos da parede já estão bem definidos anteprojeto, de maneira que as esquadrias, são executadas de maneira igual ao projeto, evitando posteriormente retrabalhos, ou que o pedreiro e servente tenham a necessidade de medir as aberturas e fazer os pedidos de marco e contra marco, de maneira muito comum nas edificações em concreto armado, por sua vez, o reboco, a espessura, o desaprumo das paredes intervêm nessas etapas, o que não se aplica em alvenaria estrutural. A seguir a figura 20, trata-se de uma abertura para colocação de esquadrias na obra estudada e quantificada.

Figura 20 - Esquadrias em alvenaria estrutural

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Por tanto, define-se este método construtivo como mais adequado se tratando de esquadrias. Não quer dizer que não haverá erros ou imperfeições, porém, se for comparado com método construtivo convencional, reduz bastante os erros, fato que se explica de acordo com projeto, tudo já é projetado visando os tamanhos dos blocos estruturais, se forem bem executados serão reduzidos desperdícios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração todo o conjunto de pesquisa e procedimentos demonstrativos dispostos afim desta investigação, em que o principal elemento nos mostra a diferença sintetizada de dois estilos construtivos na área da construção civil, os quais são muito comuns na atualidade, destacando todas as etapas da construção, seus percentuais econômicos atualizados, um pouco da sua contribuição ambiental, e ainda a extrema importância da eficácia de um projeto bem elaborado, com todas suas fases bem definidas.

A estrutura estabelecida para iniciar a pesquisa e formação de base de dados, para definição das conclusões obtidas, partindo deste pressuposto utilizou-se primeiramente uma pesquisa bibliográfica, onde se buscou as informações necessárias e relevantes para a obter um entendimento das fases construtivas dos dois métodos analisados, ainda que estando analisada, de modo direto, nas obras por meio de conversas com funcionários, engenheiro responsável e relatórios fotográficos, buscando aprimorar a pesquisa bibliográfica com visitas de campo nos dois sistemas.

Outra fase de extrema importância para melhor compreensão dos aspectos bibliográficos dos autores, foi o acompanhamento das obras, onde se analisou diferentes etapas da construção, que trouxe um conhecer técnico e prático, de forma a proporcionar analisar desde os pequenos até os principais dados pesquisados, como por exemplos análise de projetos, e partes construtivas.

Por tanto, a abordagem da pesquisa fez com que as duas fases deste trabalho de graduação fossem complementadas, de tal maneira a provar cada ponto analisado, e adicionar informações importantes para o estudo. Em uma análise sintática da pesquisa quanto aos objetivos determinados, é notável as diferentes etapas de execução dos dois métodos construtivos propostos, vale ressaltar que enquanto no concreto armado é necessário se obter todo pórtico da superestrutura, como vigas e pilares, além de obter-se um elevado tempo para forma e desforma das estruturas pelo fato da cura do concreto, já na alvenaria estrutural, é possível realizar a estrutura e vedações ao mesmo tempo, já podendo executar parte de instalações hidro e elétrica, de maneira que a própria estrutura funciona como vedação, e as instalações já são bem definidas antemão no projeto.

Desta maneira, com técnicas bem definidas, a produção deste modo construtivo se torna mais eficaz em relação ao tempo. Por tanto, a alvenaria estrutural torna-se eficiente em relação aos seus acabamentos.

De acordo com a análise realizada, é perceptível a diferença nos custos da obra, tendo em vista que uma obra bem acabada permite um resultado melhor na parte de revestimentos da construção, os projetos dos dois métodos permitem praticamente as mesmas escolhas de execução, o que as difere neste quesito é que na alvenaria estrutural já são definidos em projeto os tamanhos a serem utilizados, devido ao assentamento dos blocos, ao contrário do que acontece no concreto armado onde revisões precisam ser feitas pelo fato do reboco e desaprumo da obra.

Além disso, está soma de fatores que auxiliam diretamente no tempo da obra, desta maneira a alvenaria estrutural se torna mais prático, por tanto o proprietário poderá utilizar sua obra mais rapidamente e gastando menos, proporcionando um retorno financeiro muito maior.

Tendo em vista toda pesquisa realizada, e todo processo prático de análise, conclui-se que a alvenaria estrutural obteve mais benefícios do que o concreto armado. Com toda certeza há desvantagens neste método construtivo, porém as vantagens deste método aplicada ao tipo de obra analisada são maiores que o método em concreto armado. Porém o que busca a presente pesquisa, não é desmerecer a utilização de concreto armado, método esse que é dominante no país e possui inúmeras vantagens, por exemplos em obras em que a alvenaria estrutural não é o método adequado a se aplicar.

O setor da construção civil anda em baixa no Brasil, setor este que movimenta a economia, pode-se dizer que o método de alvenaria estrutural teve uma redução significativa em relação a alvenaria convencional, em um mercado muito competitivo como se tem hoje em dia, buscar cada vez mais reduzir custos é papel importante do engenheiro, de maneira com que a alvenaria estrutural se torna um método viável para buscar alavancar este setor que não provém de bons resultados nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de janeiro, 1989.

_____. **NBR 6136**: bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2007.

BASTOS, Paulo César dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Unesp, 2006.

CARVALHO, Aline Werneck Barbosa; STEPHAN, Italo Itamar Caixeiro. **Eficácia social do Programa Minha Casa Minha Vida:** discussão conceitual e reflexões a partir de um caso empírico. Cad. Metrop., Jun 2016, vol.18, no.35, p.283-307. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 611**. 3.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2007.

CICHELERO, Gabriel Zanatta; MURARO, Murilo Silveira. **Uso, eficiência e a economia da alvenaria estrutural:** pesquisa comparativa de relação entre estruturas do sistema construtivo convencional. 2017. 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

COÊLHO, Ronaldo Sério de Araújo. **Alvenaria estrutural.** São Luís: UEMA, 1998.

CORREA, Rute Roberta; CANTERIE, Nilsa Maria Guarda. Aceitabilidade do sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto pelas construtoras de Francisco Beltrão/PR. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 3, 2013, Francisco Beltrão. **Anais eletrônicos do II Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas**. Disponível em: www.cacphp.unioeste.br. Acesso em: 25 out. 2018.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção de conhecimento**: metodologia científica no caminho de Habermas. 7. ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2012.

ESCOLA ENGENHARIA. **Escola Engenharia**. Disponível em: www.escolaengenharia.com.br. Acesso em: 20 mai. 2019.

FLICKR. **Flickr**. Disponível em: www.flickr.com. Acesso em: 25 out. 2018.

GOUVEIA, João P.; LOURENÇO, Paulo B.; VASCONCELOS, Graça. **Soluções construtivas em alvenaria**. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2007.

IMAIZUMI ENGENHARIA. **Imaizumi Engenharia**. Disponível em: imaizumiengenharia.com.br. Acesso em: 20 mai. 2019.

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

MGF IMÓVEIS. **Mgf imóveis.** Disponível em: www.mgfimoveis.com.br. Acesso em 05/05/2019.

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

PEDREIRAO. **Pedreirao.** Disponível em: www.pedreirao.com.br. Acesso em: 25 out. 2018**.**

PRUDÊNCIO JR., L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto.** Florianópolis: Pallotti, 2002.

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

ROMAN, Humberto Ramos; MUTTI, Cristine do Nascimento; ARAÚJO, Hércules Nunes de. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: UFSC, 2016.

SABATTINI, Fernando Henrique. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural silício-calcário**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SELECTA BLOCOS. **Selecta Blocos**. Disponível em: www.selectablocos.com.br. Acesso em: 25 out. 2018.

TIJOLO PONTO ECO. **Tijolo Ponto Eco**. Disponível em: http://www.tijolo.eco.br. Acesso em: 25 out. 2018.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2001.