

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ALVENARIA DE VEDAÇÃO VERTICAL RACIONALIZADA:
UM PROCESSO OTIMIZADO COM INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.**

MATTEO ALMEIDA BUONI

MANAUS-AM

2025

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

MANAUS-AM

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ALVENARIA DE VEDAÇÃO VERTICAL RACIONALIZADA:
UM PROCESSO OTIMIZADO COM INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.**

MATTEO ALMEIDA BUONI

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil Do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Alberto Fabio da Silva Taveira

MANAUS-AM

2025

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

B944a Buoni, Matteo Almeida.

Alvenaria de vedação vertical racionalizada: um processo otimizado com influência na produtividade / Matteo Almeida Buoni. – Manaus, 2025. 43 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2025.

Orientador: Prof. Me. Alberto Fábio da Silva Taveira.

1. Engenharia civil. 2. Alvenaria modular. 3. Sistema construtivo. 4. Produtividade. I. Taveira, Alberto Fábio da Silva. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 625

RESUMO

Pode-se considerar a alvenaria como um pressuposto essencial do sistema construtivo para o andamento de um projeto. A alvenaria de vedação vertical, por sua vez, consiste em um subsistema que interfere diretamente nos processos da construção que a sucedem, como instalações elétricas, hidráulicas, de comunicação, revestimento e acabamentos em geral. O objetivo deste estudo consiste na avaliação da viabilidade técnico-econômica do uso de alvenaria de vedação com bloco com furos vertical, considerando um sistema com agilidade, ou seja, um sistema que diminui o tempo de execução, incidindo diretamente na produção da mão de obra, além do baixo consumo de argamassa. Baseando no histórico de produtividade e qualidade do sistema convencional com bloco com furos na horizontal bem com suas necessidades e características, analisaremos os pontos positivos e negativos de ambos. O sistema de alvenaria racionalizada tem como principal base a produtividade, qualidade e flexibilidade, proporcionando obras limpas, rápidas e seguras. De maneira generalista, propõe-se uma análise do custo benefício que esse sistema incide na construção civil, levando em consideração o ganho de produtividade, e respeito ao meio ambiente, pois através do estudo poderemos constatar a diminuição dos resíduos gerados pela alvenaria, como desperdícios provenientes de quebras de tijolo no assentamento e no ato convencional e precário de embutir as instalações. Esse sistema tem viabilidade para empreendimento de alto padrão com estrutura de concreto armado, pois é permitido modificação, pois o bloco tem a função vedação, e de resistir apenas o peso da alvenaria da qual faz parte, e além da agilidade na hora das instalações elétrica e hidráulica, pois a mesma nasce logo após a marcação da primeira fiada.

Palavras-chave: alvenaria modular; produtividade; sistema construtivo; viabilidade técnico-econômica.

ABSTRACT

We can consider masonry with one of the main foundation of the construction system for the development of a project, vertical sealing masonry is a subsystem that directly interferes in the construction processes that comes next as electrical and communication installations, hydraulic installations, coating and finishes in general, waterproofing, acoustic insulation and frames, we come to the conclusion of the importance not only economic subsystem , but also of its great importance in relation to the deadlines for the execution of the other services of the work. Remembering that a construction system is a set of subsystems and components that relate to each other. And the relationship between these components and the subsystems respects a mode of organization. The objective of this study is to evaluate the technical-economic feasibility of a construction process of sealing masonry with vertical holes, considering a system with agility, that is, a system that decreases execution time, focusing directly on the production of labor, in addition to low mortar consumption. Based on the productivity and quality history of the conventional system with block with holes horizontally well with its needs and characteristics, we will analyze the positive and negative points of both. The rationalized masonry system is based on productivity, quality and flexibility, providing clean, fast and safe works. In general, I will analyze the cost of benefit that this system focuses on civil construction, that is, an economic analysis of a sealing masonry model will be presented, and thus taking into account the productivity gain, and respect for the environment, because through the study we can verify the reduction of waste generated by masonry, such as waste from brick breaks (in the settlement and conventional and precarious act of instilling the facilities. This system has feasibility for high standard enterprise with reinforced concrete structure, because it is allowed modification, because the block has the sealing function, and to resist only the weight of the masonry of which it is part, and in addition to the agility at the time of electrical and hydraulic installations, because it is born right after the marking of the first spun.

Keywords: modular masonry; productivity; constructive system; technical and economic feasibility.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVO	8
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	9
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	9
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 METODOLOGIA	20
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	10
2.1 DESAFIOS DA ALVENARIA MODULAR.....	22
2.1.1 <i>Evolução Tecnológica e a Industrialização da Construção</i>	24
3 DESENVOLVIMENTO.....	28
3.1 ALVENARIA CONVENCIONAL RACIONALIZADA E CONSTRUTIVA	31
3.1.1. <i>Subsistema de Vedação Vertical</i>	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	35
REFERÊNCIAS.....	35
APÊNDICE A – TÍTULO DO APÊNCIDE	41
ANEXO B – MODELO PARA ENCADERNAÇÃO EM CAPA DURA.....	42

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria modular é uma solução construtiva que vem ganhando destaque no setor da construção civil devido à sua capacidade de aliar eficiência, sustentabilidade e precisão. Diferente da alvenaria tradicional, este sistema utiliza blocos ou módulos pré-fabricados, fabricados com dimensões padronizadas que se encaixam de maneira precisa, reduzindo falhas na execução e otimizando o processo construtivo. Essa abordagem promove um avanço significativo no setor, considerando a crescente demanda por métodos construtivos mais rápidos, econômicos e ambientalmente responsáveis.

A adoção da alvenaria modular está alinhada com as tendências da industrialização da construção civil, que busca soluções que possam superar os desafios tradicionais, como o desperdício de materiais, o custo elevado e os prazos longos de execução. Com um sistema modular, é possível garantir maior uniformidade das estruturas, diminuir o uso de argamassa e insumos, além de reduzir significativamente a geração de resíduos no canteiro de obras. Essas vantagens tornam o sistema uma alternativa promissora em um cenário de urbanização acelerada e maior conscientização ambiental.

Outro ponto relevante é a flexibilidade da técnica, que permite sua aplicação em diferentes tipos de projetos, desde habitações populares até empreendimentos comerciais e industriais. Além disso, a compatibilidade com tecnologias como o Building Information Modeling (BIM) tem potencializado o uso da alvenaria modular, garantindo maior integração entre o projeto e a execução.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise detalhada sobre a alvenaria modular, abordando seus conceitos, características principais, benefícios, limitações e aplicações práticas. Ao final, busca-se discutir como essa solução contribui para transformar o setor da construção civil, promovendo maior eficiência operacional, sustentabilidade e qualidade na entrega de projetos. Assim, evidencia-se o papel da alvenaria modular como uma alternativa estratégica frente aos desafios contemporâneos da construção.

Desde o ano de 2012, com os PAC, ou programas de aceleração do crescimento, o setor da construção civil brasileiro sofreu uma injeção de investimentos que culminaram em promover seu crescimento paulatino (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2012). A tendência de crescimento deste setor se consolidou mesmo nos anos posteriores, e, conforme afirma o Ministério do Planejamento (2017), o investimento no referido programa entre os anos de 2015 e 2017 foi de R\$ 547.5 bi.

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado em 2007, visava impulsionar o crescimento econômico brasileiro por meio de investimentos em infraestrutura, beneficiando diretamente o setor da construção civil. Entre 2012 e 2014, o setor experimentou um crescimento significativo, impulsionado por programas como o PAC e o Minha Casa Minha Vida, que estimularam investimentos públicos e privados.

No entanto, a partir de 2014, o setor enfrentou desafios significativos. A crise econômica e a Operação Lava Jato impactaram negativamente as principais empreiteiras do país, resultando em uma retração nas atividades do setor. Entre 2014 e 2015, o setor registrou uma queda de 16,5%, com todos os segmentos apresentando números negativos em termos de valor agregado.

Em 2017, a indústria da construção perdeu cerca de 93,6 mil trabalhadores e fechou 564 empresas em relação ao ano anterior. O valor gerado pelas incorporações, obras e serviços caiu 9,6%, totalizando R\$ 280 bilhões. Apesar dos investimentos do PAC entre 2015 e 2017, que totalizaram R\$ 547,5 bilhões, o setor da construção civil continuou a enfrentar dificuldades, refletindo a complexidade dos desafios econômicos e políticos do período.

Em 2019, após cinco anos de queda, a construção civil voltou a crescer. No entanto, o setor ainda se encontrava 30% abaixo do pico de suas atividades, alcançado em 2013. Em 2024, o governo brasileiro lançou o Novo PAC, com investimentos previstos de R\$ 1,8 trilhão, visando transformar a infraestrutura, habitação e educação, promovendo inclusão social e crescimento sustentável.

Em resumo, embora o PAC tenha proporcionado investimentos significativos no setor de construção civil brasileiro, especialmente entre 2012 e 2017, fatores

econômicos e políticos adversos limitaram o crescimento sustentado do setor durante esse período.

Silva (2020) afirma que mesmo ante à pandemia do novo Coronavírus, o setor ainda continua em alta devido a baixa taxa base de juros, ainda que os insumos utilizados no processo de construção de imóveis tenham encarecido.

Atendo-se ao iminente crescimento do setor bem como sua tendência de crescimento para os próximos anos, surge a necessidade de buscar o barateamento do processo construtivo, haja vista que para maior lucratividade sem que se perca qualidade na execução, é essencial buscar alternativas para que se atinja o objetivo proposto. Surge então a alvenaria modular como alternativa para menos falhas e, conseqüentemente, menos desperdício de insumos

1.1 Objetivo

A alvenaria de vedação vertical racionalizada é uma técnica construtiva que busca modernizar e otimizar o processo de construção civil, apresentando como objetivo principal a eficiência na execução de vedações verticais. Diferentemente da alvenaria convencional, esse método utiliza materiais e processos padronizados, promovendo uma construção mais ágil, econômica e sustentável.

Por meio da industrialização de componentes, como blocos de concreto ou cerâmicos modulares e sistemas de argamassa específicos, a alvenaria racionalizada garante maior precisão dimensional e facilita a execução das etapas subsequentes, como o revestimento e acabamento. Essa abordagem reduz significativamente os desperdícios de materiais e tempo, além de minimizar os erros de execução que são comuns em métodos tradicionais.

Benefício importante é o aumento da produtividade no canteiro de obras, já que o sistema é projetado para ser mais simples e rápido de montar, exigindo menos retrabalhos. Isso também contribui para a redução de custos diretos e indiretos, tornando a obra mais competitiva no mercado. Além disso, a racionalização permite maior controle de qualidade, pois os materiais utilizados passam por processos rigorosos de fabricação e certificação, alinhados às normas técnicas.

A alvenaria de vedação vertical racionalizada também se destaca por suas contribuições à sustentabilidade na construção civil. A redução do consumo de recursos naturais, como água e areia, e a diminuição na geração de resíduos fortalecem o compromisso com práticas ambientalmente responsáveis. Z

Dessa forma, o uso dessa técnica é uma alternativa viável e moderna para projetos que demandam eficiência, qualidade e sustentabilidade, sendo amplamente aplicável em edificações residenciais, comerciais e industriais. A alvenaria racionalizada não apenas melhora os processos construtivos, mas também oferece soluções alinhadas às necessidades contemporâneas do setor da construção civil.

1.1.1 Objetivo Geral

O estudo tem como objetivo avaliar o ganho quanto à utilização do projeto de alvenaria modular em um empreendimento predial, considerando as tendências ou padrões baseados no estabelecimento de indicadores de produtividade e custo.

1.1.2 Objetivos Específicos

O principal objetivo do trabalho sobre alvenaria modular é apresentar uma análise detalhada desse sistema construtivo, destacando suas características, vantagens, desafios e aplicações práticas no setor da construção civil. A alvenaria modular, baseada no uso de blocos padronizados, tem se consolidado como uma alternativa inovadora, eficiente e sustentável, que promove maior precisão na execução das obras, reduz desperdícios e otimiza recursos. O estudo busca compreender como a padronização e a modularidade impactam positivamente na produtividade, economia de materiais e custos das construções. Além disso, o trabalho tem como foco abordar a sustentabilidade do sistema, explorando como a alvenaria modular contribui para a redução de resíduos e menor impacto ambiental, alinhando-se às exigências atuais por práticas construtivas mais responsáveis. Outro objetivo importante é identificar os principais desafios enfrentados na implementação desse método, como a necessidade de mão de obra qualificada e o custo inicial de adaptação, propondo soluções e inovações tecnológicas que possam potencializar sua eficiência e ampliar sua adoção. Através de estudos de caso e análises comparativas com sistemas convencionais, o trabalho também busca demonstrar o impacto prático desse método em diferentes tipos de obras, desde residenciais até comerciais e industriais, destacando seu papel na modernização da construção civil.

1.2 Justificativa

Sob ponto de vista técnico, as vantagens da aplicação da alvenaria modular devem-se à possibilidade de aplicação em edificações de diferentes portes e tipologias, utilizar em construções convencionais, apresentar rapidez de execução e precisão nas medidas. E sob olhar econômico, contribui à redução de desperdícios, nos custos na construção e traz competitividade às construtoras. Além disso, outra vantagem da construção modular é capacidade de contribuir com o meio ambiente, por ser um projeto visando sustentabilidade.

Sendo assim, considerou-se que a alvenaria é importante não apenas para a vedação e compartimentação do edifício, uma vez que ela se correlaciona também com os demais subsistemas construtivos. Deste modo, a alvenaria se torna uma ferramenta imprescindível, que, ao ser bem utilizada, tende a proporcionar bons resultados para a construção.

2. REFERÊNCIA TEÓRICA

A alvenaria é um processo construtivo usado desde os primórdios das histórias das civilizações modernas, e é utilizada em larga escala em países como Alemanha, EUA e Inglaterra, onde fazem uso dela para os mais variados tipos de construções, de pequena à grande escala, desde pontes a grandes edifícios.

Consiste-se em uma técnica que pode ser preceituada como sendo a união entre tijolos ou blocos e juntas de argamassa, e embora pareça relativamente simples, há variações de procedimentos entre os tipos existentes de alvenaria. Esta técnica com o passar do tempo experimentou transformações, e corolariamente a isto, vem sendo notoriamente mais pesquisada e difundida.

Lordsleem (2001), afirma que o passar dos anos ensejou evoluções na forma de execução da alvenaria de vedação e estrutural para que haja melhor aproveitamento.

Santos e Jungles (2008) contextualizam que o setor da construção civil em âmbito nacional vem se modificando e apresentando crescimento progressivo. Soares (2011) doutrina que como consequência natural disso, o setor almeja buscar métodos para gerar economia nos processos, aperfeiçoando a produção e reduzindo

custos para aumentar a qualidade. Este setor frequentemente busca inspiração em práticas da alvenaria, seja na modalidade estrutural, seja na de vedação.

Afirma Ferraz (2007) que a globalização e as novas tecnologias culminaram em um mercado cada vez mais acirrado, que exige inúmeros requisitos para que se possa enquadrar alguém em uma vaga de emprego, não bastando apenas a expertise que o indivíduo tenha em realizar determinada tarefa. A mão-de-obra envelhecida é um dos principais desafios para implementação da técnica da alvenaria modular em âmbito nacional, e nestes mesmos moldes o autor preceitua que a capacidade de absorção e interação com as novas tecnologias são essenciais à formação de indivíduos criativos e com capacidade de inovação, logo, ainda que haja know-how, é essencial que se haja maleabilidade para adequar-se a novos moldes quando necessário.

Segundo Santos e Silva (2010), a modularidade é fundamentada em um sistema de medidas padrão que guia o dimensionamento e a fabricação dos materiais. Isso garante que os elementos utilizados na construção se encaixem perfeitamente, reduzindo erros de execução e eliminando a necessidade de cortes e ajustes no canteiro de obras. A norma técnica brasileira NBR 15873 (ABNT, 2010), que trata da coordenação modular na construção, estabelece diretrizes para o uso de medidas modulares e sua aplicação em projetos e obras.

O princípio básico da modularidade é o módulo básico, uma medida padrão que serve como unidade para o dimensionamento de todos os componentes do sistema. Por exemplo, na construção de alvenaria, o módulo básico pode ser baseado nas dimensões dos blocos utilizados, permitindo que o projeto arquitetônico seja planejado para maximizar o uso dos materiais com o menor desperdício possível.

A alvenaria modular apresenta uma série de vantagens em comparação com os sistemas construtivos convencionais. Entre os principais benefícios, destacam-se:

Redução de desperdícios: Conforme enfatizado por Lima et al. (2015), a padronização dos elementos construtivos minimiza o desperdício de materiais, como argamassa e concreto, gerando economia significativa.

Maior produtividade: O uso de blocos modulares facilita o trabalho no canteiro de obras, permitindo que a execução seja mais rápida e eficiente, conforme apontado por Souza e Castro (2012).

Sustentabilidade: A racionalização dos recursos e a redução de resíduos contribuem para um menor impacto ambiental, atendendo às exigências das construções sustentáveis.

Redução de custos: Embora o custo inicial possa ser elevado devido à necessidade de blocos de alta precisão, a economia gerada pela redução de desperdícios e pelo aumento da produtividade compensa o investimento, como afirmam Santos et al. (2018).

Facilidade de manutenção e ampliação: A modulação permite uma maior previsibilidade nos projetos, o que facilita futuras manutenções e ampliações das edificações.

2.1 Desafios da Alvenaria Modular

Apesar das vantagens, a alvenaria modular apresenta desafios que precisam ser superados para que sua aplicação seja amplamente adotada:

Necessidade de mão de obra qualificada: A execução da alvenaria modular exige profissionais bem treinados para garantir que as peças sejam posicionadas corretamente e o sistema funcione conforme o planejado (Souza, 2005).

Adaptação do projeto arquitetônico: Como destaca Ribeiro (2017), o uso da modularidade exige que o projeto seja compatível com as dimensões padronizadas dos blocos, o que pode limitar a liberdade criativa do arquiteto.

Investimento inicial: A fabricação de blocos modulares de alta precisão pode ser mais cara do que os materiais convencionais, tornando-se um obstáculo para obras de pequeno porte.

Normas técnicas e padronização: Apesar da existência de normas como a NBR 15873, a falta de padronização universal para os blocos pode dificultar sua aplicação em alguns mercados.

A alvenaria modular é amplamente reconhecida como uma solução sustentável na construção civil. Segundo Almeida e Figueiredo (2016), a redução de resíduos sólidos gerados no canteiro de obras é um dos principais atrativos desse sistema, já que os blocos são fabricados sob medida e prontos para instalação.

Além disso, o uso de materiais reciclados, como resíduos de construção e demolição (RCD), na fabricação dos blocos é uma prática que está ganhando popularidade.

Outro ponto relevante é a redução do consumo de energia durante a construção. Como o processo é mais rápido e exige menos retrabalho, há uma diminuição significativa do uso de equipamentos e energia elétrica no canteiro de obras. Isso torna a alvenaria modular uma opção alinhada às diretrizes da construção sustentável, como a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Aplicações Práticas e Estudos de Caso

A alvenaria modular é amplamente utilizada em projetos de habitação popular, edifícios comerciais e industriais. Um estudo realizado por Pereira e Silva (2019) mostrou que, em projetos de habitação de interesse social, o uso da alvenaria modular reduziu o custo total da obra em até 20%, além de diminuir o prazo de execução em 30%.

Em outro estudo, Rodrigues et al. (2021) analisaram a aplicação da alvenaria modular em obras industriais, destacando que a precisão dimensional dos blocos permitiu uma integração mais eficiente com outros sistemas construtivos, como estruturas metálicas e instalações prediais.

Inovações e Perspectivas Futuras

Com o avanço da tecnologia, a alvenaria modular tem se beneficiado de inovações como a automação e o uso de blocos inteligentes. Segundo Costa et al. (2022), a utilização de impressoras 3D para a fabricação de blocos modulares é uma tendência que promete revolucionar o setor, permitindo maior personalização e redução de custos. Além disso, o desenvolvimento de blocos com propriedades térmicas e acústicas aprimoradas tem ampliado o leque de aplicações desse sistema.

Outro aspecto promissor é a integração da alvenaria modular com o conceito de Building Information Modeling (BIM), que facilita o planejamento e a coordenação das obras. O uso de BIM permite que os projetos sejam planejados com base nas dimensões exatas dos blocos, otimizando a logística e reduzindo erros de execução.

A alvenaria modular tem se consolidado como um sistema construtivo eficiente, capaz de atender às demandas de um setor em constante transformação. Este método não apenas promove maior racionalização na construção, mas também reduz significativamente os impactos ambientais e os custos operacionais. A seguir, serão aprofundados outros aspectos teóricos e práticos que destacam a relevância desse sistema na construção civil contemporânea.

A Relação Entre Modularidade e Padronização

A modularidade é o conceito central da alvenaria modular e está associada à padronização dos elementos construtivos. Essa padronização, fundamentada nas teorias de racionalização industrial, tem como objetivo integrar todas as fases do processo construtivo, desde o projeto até a execução. Segundo Cardoso e Oliveira (2018), essa abordagem elimina a improvisação no canteiro de obras, tornando a construção mais previsível e menos sujeita a erros.

A Coordenação Modular, definida pela norma NBR 15873, é uma das ferramentas que garantem essa padronização. Ela estabelece que todos os componentes de uma edificação sejam projetados em múltiplos de um módulo básico, geralmente de 10 cm. Isso permite que blocos, portas, janelas e demais elementos se ajustem de maneira precisa, reduzindo a necessidade de cortes, ajustes e retrabalhos. Como resultado, a construção torna-se mais ágil e organizada.

Evolução Tecnológica e a Industrialização da Construção

A industrialização da construção civil, conceito amplamente discutido por autores como Koskela (1992), encontra na alvenaria modular um de seus principais pilares. A produção de blocos modulares é realizada em ambientes controlados, utilizando máquinas de alta precisão para garantir uniformidade dimensional. Esse processo industrializado não apenas aumenta a qualidade dos produtos, mas também reduz o tempo de produção e os desperdícios.

Com o avanço da tecnologia, novas soluções têm surgido para potencializar o uso da alvenaria modular. A impressão 3D, por exemplo, permite a fabricação de blocos personalizados, adaptados a projetos específicos. De acordo com Silva et al. (2020), essa tecnologia pode reduzir os custos de produção em até 30%, além de

ampliar as possibilidades arquitetônicas, permitindo formas e padrões antes inviáveis.

Integração com Outros Sistemas Construtivos

A alvenaria modular é frequentemente combinada com outros sistemas construtivos, como estruturas metálicas e de concreto pré-moldado, criando soluções híbridas que maximizam as vantagens de cada método. Essa integração é especialmente útil em obras de grande porte, como galpões industriais e edifícios comerciais, onde a precisão e a velocidade de execução são cruciais.

Conforme relatado por Andrade e Pereira (2021), a compatibilidade entre os sistemas modulares e o conceito de Building Information Modeling (BIM) tem revolucionado o planejamento de obras. O BIM permite simular virtualmente a execução do projeto, identificando incompatibilidades e otimizando o uso dos materiais. Isso é particularmente relevante na alvenaria modular, onde cada bloco precisa ser posicionado de forma estratégica para garantir a estabilidade estrutural e o aproveitamento máximo dos recursos.

Alvenaria Modular e Desempenho Estrutural

Do ponto de vista estrutural, a alvenaria modular apresenta vantagens significativas em termos de resistência, estabilidade e durabilidade. Os blocos utilizados nesse sistema são projetados para suportar cargas específicas, sendo fabricados com materiais como concreto ou cerâmica de alta resistência. Além disso, as juntas de argamassa entre os blocos desempenham um papel crucial na distribuição das cargas.

Pesquisas realizadas por Mendes e Barbosa (2019) demonstraram que as estruturas construídas com alvenaria modular apresentam menor incidência de fissuras e deformações em comparação aos sistemas convencionais. Isso ocorre devido à precisão dimensional dos blocos, que reduz a concentração de tensões em pontos específicos da estrutura.

Sustentabilidade: O Impacto Ambiental Reduzido

A sustentabilidade é um dos principais argumentos a favor da alvenaria modular. Esse sistema contribui para a redução do impacto ambiental em várias frentes, incluindo:

1.Redução de Resíduos: A fabricação precisa dos blocos e a padronização das construções minimizam o desperdício de materiais no canteiro de obras.

2.Eficiência Energética: Os blocos podem ser projetados com propriedades térmicas e acústicas, reduzindo o consumo de energia com climatização e melhorando o conforto dos ambientes.

3.Reciclagem de Materiais: Muitos fabricantes já utilizam resíduos industriais, como cinzas e escórias, na produção de blocos modulares, promovendo a economia circular.

4.Redução de Emissões: O processo industrial de fabricação dos blocos, aliado à menor movimentação de materiais no canteiro, resulta em emissões mais baixas de gases de efeito estufa.

De acordo com um estudo de Faria et al. (2020), uma construção com alvenaria modular pode gerar até 50% menos resíduos sólidos em comparação com uma obra convencional. Além disso, a possibilidade de desmontar e reutilizar os blocos em outras construções é outro aspecto que reforça sua sustentabilidade.

Capacitação e Mão de Obra

Um dos maiores desafios para a popularização da alvenaria modular é a necessidade de mão de obra qualificada. Como enfatiza Martins (2018), a precisão exigida na execução desse sistema demanda trabalhadores bem treinados, capazes de interpretar projetos modulares e posicionar os blocos corretamente.

A solução para esse desafio passa pela implementação de programas de capacitação técnica, com foco em habilidades específicas como leitura de projetos, técnicas de montagem e uso de ferramentas modernas. Além disso, o uso de tecnologias como realidade aumentada e simuladores pode facilitar o treinamento de novos profissionais, tornando-os aptos a lidar com a complexidade do sistema modular.

Viabilidade Econômica

Embora o custo inicial da alvenaria modular possa ser maior do que o de sistemas convencionais, principalmente devido à fabricação industrializada dos blocos, o custo total da obra tende a ser significativamente menor. Isso se deve à redução de desperdícios, à maior produtividade e à diminuição dos prazos de execução.

De acordo com uma análise de Souza e Ferreira (2022), o uso da alvenaria modular em projetos residenciais resultou em uma economia de até 25% no custo total da obra. Essa economia foi particularmente evidente em projetos que integraram planejamento detalhado e gestão eficiente dos recursos.

Custo Inicial e Economia ao Longo do Projeto

O processo de produção industrializada dos blocos modulares contribui para um custo inicial mais elevado, principalmente devido à necessidade de alta precisão na fabricação. Contudo, é importante avaliar o custo total da obra, considerando todos os elementos envolvidos no ciclo de vida do projeto. A alvenaria modular permite uma redução significativa nos gastos relacionados a:

Materiais: Graças à precisão dimensional dos blocos e à redução de cortes e ajustes, o desperdício de materiais é consideravelmente menor. Estudos indicam que sistemas tradicionais geram até 30% de desperdício em materiais como cimento, areia e tijolos. Com a alvenaria modular, esse percentual é drasticamente reduzido.

Mão de obra: A montagem dos blocos modulares é mais rápida e intuitiva, exigindo menos tempo e, conseqüentemente, reduzindo os custos de mão de obra. Além disso, a capacitação necessária para trabalhar com esse sistema costuma ser pontual e menos custosa, considerando a simplicidade do encaixe dos blocos.

Equipamentos: A menor necessidade de ferramentas pesadas ou especializadas também contribui para a redução de custos. Como o sistema modular utiliza menos argamassa e não demanda formas complexas para estruturas, há uma economia expressiva em aluguel ou compra de equipamentos.

Aumento da Produtividade

A alvenaria modular melhora significativamente a produtividade no canteiro de obras. Devido à padronização dos blocos e ao sistema de encaixe pré-definido, o tempo gasto na montagem das estruturas é consideravelmente reduzido. Além disso, a utilização de blocos industrializados proporciona:

Uniformidade: Como os blocos têm medidas padronizadas, as estruturas resultantes possuem um alto nível de precisão, eliminando a necessidade de ajustes posteriores. Isso resulta em uma construção mais eficiente e alinhada com o projeto.

Rapidez: A montagem rápida não apenas reduz o tempo de execução, mas também diminui os riscos associados a atrasos no cronograma.

Flexibilidade: Como a alvenaria modular permite ajustes e complementos ágeis, é possível realizar adaptações no projeto sem comprometer a produtividade.

Diminuição de Prazos e Custos Indiretos

A otimização dos prazos é um dos principais atrativos da alvenaria modular. Projetos que utilizam esse sistema geralmente têm cronogramas mais enxutos, uma vez que as etapas construtivas são aceleradas. Essa rapidez impacta diretamente os custos indiretos, como:

Aluguel de equipamentos: Como o tempo de obra é reduzido, os custos com o aluguel de máquinas, andaimes e outras ferramentas também são menores.

Mão de obra terceirizada: Com a diminuição do prazo, os gastos com profissionais contratados por período limitado também são reduzidos.

Custo de supervisão: Projetos mais rápidos demandam menos tempo de supervisão técnica, reduzindo os gastos com engenheiros e gestores no canteiro de obras.

Dados e Estudos sobre Economia

Conforme apontado por Souza e Ferreira (2022), o uso da alvenaria modular em projetos residenciais pode resultar em economias de até 25% no custo total da obra. Essa economia foi mais evidente em projetos que aliam um planejamento detalhado à gestão eficiente de recursos. Os autores destacaram que:

Obras que utilizaram alvenaria modular apresentaram uma redução média de 18% no tempo de execução.

O desperdício de materiais foi reduzido em até 60% em comparação a sistemas convencionais.

A produtividade da mão de obra aumentou em cerca de 30%, devido à simplicidade do sistema modular.

Sustentabilidade como Fator Econômico

Outro ponto que reforça a viabilidade econômica da alvenaria modular é sua contribuição para a sustentabilidade. A redução do desperdício não apenas diminui custos, mas também atende às exigências crescentes por construções sustentáveis. Projetos que utilizam menos materiais descartáveis tendem a obter certificações ambientais, o que agrega valor ao empreendimento e pode gerar vantagens financeiras, como:

Isenções fiscais: Em algumas regiões, construções sustentáveis recebem incentivos fiscais, reduzindo os custos gerais.

Valor de mercado: Empreendimentos sustentáveis são mais atrativos para investidores e compradores conscientes, permitindo uma valorização do imóvel.

Desafios e Perspectivas

Embora a alvenaria modular apresente diversos benefícios, é importante considerar alguns desafios que podem impactar sua viabilidade econômica:

Investimento inicial: O custo mais elevado dos blocos pode ser um obstáculo para pequenos projetos com orçamentos restritos.

Logística: A necessidade de transporte dos blocos industrializados pode aumentar os custos em regiões remotas ou de difícil acesso.

Capacitação: Embora simples, o sistema exige treinamento específico, especialmente em regiões onde a alvenaria modular ainda não é amplamente utilizada.

1.1 Metodologia

Almejando atingir um resultado fidedigno à realidade do cenário da construção civil, foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca do tema para que então fossem expostas em uma revisão bibliográfica. O trabalho está baseado em estudos de casos que trazem uma nova proposta de processo construtivo, onde as características básicas das alvenarias são aliadas às técnicas.

A revisão bibliográfica constitui uma etapa fundamental para compreender as nuances e desafios enfrentados pelo setor da construção civil, especialmente em um cenário econômico marcado por crises e incertezas. Para assegurar uma análise aprofundada, as pesquisas realizadas buscaram identificar tendências, avanços tecnológicos, impactos de políticas públicas e a viabilidade de novas propostas construtivas.

Avanços Tecnológicos e Propostas Inovadoras

Os estudos de caso analisados apontam para uma transição no setor, com o objetivo de modernizar processos e torná-los mais eficientes e sustentáveis. As novas propostas de processos construtivos têm como foco a integração das características tradicionais das alvenarias com técnicas contemporâneas, tais como:

Construção Modular: A introdução de módulos pré-fabricados, que podem ser facilmente montados no local da obra, reduz o tempo de construção e os custos operacionais, além de minimizar o desperdício de materiais.

Materiais Sustentáveis: Pesquisas destacam o uso de materiais recicláveis, como tijolos ecológicos, blocos de concreto reutilizáveis e argamassas com adição de resíduos industriais. Essas soluções não apenas diminuem o impacto ambiental, mas também oferecem alta durabilidade.

Tecnologias Digitais: A aplicação de ferramentas como BIM (Building Information Modeling) e sistemas de automação possibilita um planejamento mais detalhado, identificando previamente falhas no projeto e otimizando a execução.

Eficiência Energética: Incorporar soluções que promovam o uso racional de energia, como isolamentos térmicos eficientes e sistemas de captação de energia solar, também está entre as inovações discutidas nos estudos.

Benefícios da Integração de Técnicas Modernas

O cruzamento entre as técnicas tradicionais e as inovações tecnológicas oferece inúmeras vantagens, como:

Redução de Custos: Processos mais rápidos e menos onerosos ajudam a superar os desafios financeiros do setor.

Sustentabilidade Ambiental: Construções mais limpas e sustentáveis atendem às demandas por práticas responsáveis.

Qualidade e Durabilidade: As novas técnicas garantem estruturas mais resistentes e duradouras, reduzindo a necessidade de manutenções frequentes.

Relevância do Contexto Político e Econômico

Além das inovações técnicas, a revisão aborda como políticas públicas, como o PAC e programas habitacionais, impactam diretamente no desenvolvimento do setor. O apoio governamental e os incentivos fiscais para tecnologias sustentáveis são elementos chave para impulsionar mudanças estruturais no mercado.

Perspectivas Futuras

Diante das tendências identificadas, é possível prever que o setor da construção civil continuará sua transformação, direcionando esforços para:

Digitalização Completa dos Processos: Desde a concepção até a manutenção das edificações.

Adoção Ampla de Materiais Inteligentes: Como concretos autorregenerativos e revestimentos que absorvem poluentes.

Maior Inclusão Social: Com projetos voltados para habitação de interesse social, integrados a práticas sustentáveis.

Esse conjunto de iniciativas reforça o compromisso do setor com a inovação e a sustentabilidade, garantindo que as futuras construções sejam mais alinhadas às necessidades socioeconômicas e ambientais.

3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento crescente da sociedade, a área da construção civil veio se adaptando às necessidades do setor de atuação. A alvenaria modular para a construção civil já é muito utilizada nos países desenvolvidos como os Estados Unidos, Japão, Austrália e Suécia. Nos EUA, destaca-se o Edifício Monadnock, conforme afirmam Ramalho e Corrêa (2003). Sobre a técnica, conceituam Raad e Martins (2005, p. 2):

O processo consiste na execução de alvenarias com função estrutural e de vedação no qual o elemento principal de composição, o bloco, recebe formatos padronizados e acrescidos de encaixes que facilitam seu alinhamento e posicionamento, sendo dividido, então, ao contrário dos processos convencionais

No Brasil vem crescendo a ideia de implantação dessa nova construção em todos os setores trazendo grandes oportunidades de negócios. E por obter diversas vantagens, a construção modular se mostra uma excelente opção no setor residencial.

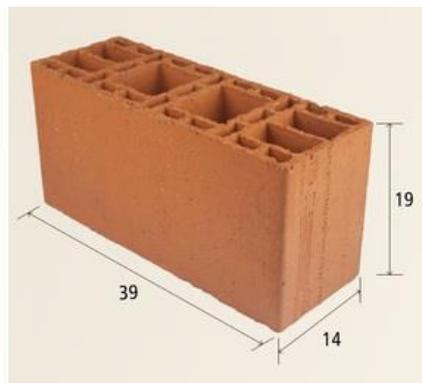
No Brasil a norma técnica ABNT NBR 15873: Coordenação modular para edificações (2010) dá as diretrizes para o uso da técnica. Com o incentivo do uso

dessa norma, a construção modular, vem sendo vista como uma construção mais viável, por absorver diversas vantagens técnicas e econômicas.

3.1. Especificação dos Materiais

Este tipo de construção requer insumos específicos, a serem detalhados neste tópico. O primeiro item a ser descrito é o bloco com furo vertical, que será responsável pela grande maioria do processo construtivo. Consiste-se em uma peça com cavidades através das quais se passam os vergalhões para o encaixe, exemplo na imagem 1:

Figura 1: Bloco com Furos Verticais



Fonte: Vius (2020)

Outro insumo necessário à execução do processo de construção utilizando a alvenaria modular é a argamassa de assentamento. É o item responsável por ligar os blocos. Afirmam Raad e Martins (2005) que ela pode ser feita com aditivos, cal, cimento, areia e água em uma determinada proporção, contudo, atualmente já é possível encontrar em mercado uma solução industrializada e pré-porcionada com todos estes materiais.

Figura 2: Argamassa de Assentamento Industrializada



Fonte: C&C (2020)

3.2. Instalações Elétricas na Alvenaria Modular

Por ser uma técnica onde os processos são, em sua maioria, automatizados, a Alvenaria Modular requer algumas especificações na implantação das instalações elétricas. Conforme abordado anteriormente, os blocos de cerâmica a serem utilizados nesta técnica agregam em sua conjuntura furos verticais, através dos quais passam a fiação, conforme exemplificado na figura a seguir.

Figura 3: Passagem dos Eletrodutos



Fonte: Autorial (2020)

Deste modo, após definidas as posições dos eletrodutos, o processo construtivo continua, e são feitos pequenos buracos nos blocos para acoplar as caixas e quadros de energia.

Figura 4: Distribuição Elétrica (1)



Fonte: Autoral (2020)

A fiação é elevada através dos blocos e termina no teto da construção, conforme exemplifica a imagem a seguir.

Figura 5: Distribuição Elétrica Pela Construção



Fonte: CSI (2020)

Figura 6: Distribuição Elétrica na Laje



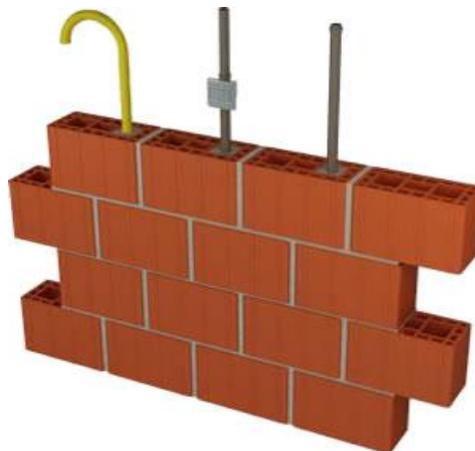
Fonte: Autoral (2020)

Há que se salientar um fator: Em virtude de sua especificidade, a instalação elétrica requer um profissional que conheça e domine as técnicas inerentes, o que pode vir a acarretar custo extra ao fim da construção.

3.3. Instalação Hidráulica e de Gás Encanado na Alvenaria Modular

Conforme supracitado, os blocos com furos em vertical permitem a passagem de itens do processo construtivo em seu interior. Não é diferente com o encanamento. A imagem a seguir exemplifica a passagem das tubulações de água e gás (bem como a elétrica) nos moldes da alvenaria modular.

Figura 7: Passagem do Encanamento



Fonte: Cerâmica Roque (2020)

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Alvenaria Convencional Racionalizada e Construtiva

Conforme a perspectiva de Sabbatini (1989), a racionalização é uma ferramenta da industrialização que consiste em um processo que é composto pela soma de todas as ações que proponham a otimização do uso de recursos materiais, organizacionais, humanos, tecnológicos, energéticos, financeiros e temporais que estejam disponíveis na construção, independentemente de qual fase dela.

Testa (1972), endossa esta perspectiva, afirmando que a racionalização consiste em ações baseadas no esforço que objetivem a melhora do desempenho e da produtividade através da aplicação de todas as medidas possíveis para fomentar a produção. Assim, o intuito é assegurar a melhor utilização dos materiais, mão-de-obra e equipamentos disponíveis no canteiro de obras e, ainda, no processo de produção.

Para além dos supracitados autores, Trigo (1978) corrobora com o que fora exposto, e complementa que a análise da racionalização construtiva está subordinada à existência de investimentos iniciais com o intuito de otimizar de recursos e serviços, e, ainda, de analisar todas as etapas do empreendimento ou otimização em setores específicos.

A série de normas ISO 9000, da International Organization for Standardization, impulsionou a busca pela qualidade, redução de perdas e otimização do ciclo de construção. Isso renovou o interesse pela racionalização de todos os subsistemas da edificação.

No mercado atual, onde há grande demanda por residências e rapidez nas obras, o processo construtivo de vedação se destaca como um subsistema crucial, interligado a diversos outros. Dentre as técnicas construtivas de vedação, destacam-se o uso do assentamento de blocos cerâmicos e de argamassa ou gesso para emboço e revestimento. Essas práticas são fundamentais para garantir eficiência e qualidade nas construções (Silva e Moreira 2017).

A alvenaria convencional racionalizada consiste em realizar um planejamento quanto a todos os passos de execução da alvenaria, detalhando e compatibilizando os projetos e instalações para evitar desperdícios e diminuir ou manter o custo da obra bem como melhorar as condições de limpeza e organização do canteiro de obras. A racionalização nada mais é que a aplicação dos recursos de modo eficiente. Em um mundo onde a sustentabilidade tornou-se um fator preocupante, é importante pensar no uso consciente de materiais na construção civil, onde há maior desperdício no país (DESCHAMPS E BEUREN, 2009)

A utilização de blocos de qualidade, blocos compensadores, elaboração de projeto e planejamento da produção, treinamento e qualificação da mão de obra e organização da logística do canteiro são algumas das medidas tomadas para quem utiliza a racionalização consciente. Portanto, a escolha do sistema de alvenaria convencional deve ser tomada depois da análise do solo e viabilidade do projeto. Depois de finalizados os projetos arquitetônicos, estrutural e de instalações (hidráulica, elétrica, telefone, etc.) segue-se à elaboração do planejamento da produção (MATCONSUPPLY, 2017).

A ordenação e a racionalização se efetivam por meio de uma medida de referência denominada módulo, o qual será respeitado em todos os espaços e componentes do projeto. E através dessa medida de referência a alvenaria compõe um dos principais alicerces na construção civil para o desenvolvimento de um projeto, a alvenaria de vedação vertical conhecida como alvenaria modular sendo um subsistema (BARBOZA et al., 2008; GREVEN e BALDAUF, 2007).

4.1.1. Subsistema de Vedação Vertical

A vedação vertical é um subsistema construtivo essencial, responsável por definir, limitar e compartimentalizar edifícios. Sua função primordial é controlar a passagem de agentes externos, como ruído e temperatura, por meio de isolamento acústico e térmico (BARBOZA et al., 2008; GREVEN e BALDAUF, 2007).

Os elementos que compõem este subsistema são basicamente o revestimento, a esquadria e o vedado. O revestimento é o que viabiliza o acabamento decorativo, como, por exemplo, a pintura da vedação; a esquadria, por sua vez, possibilita o controle do acesso aos múltiplos ambientes; e o vedado caracteriza o mais comum da vedação vertical e o mais utilizado no Brasil, sendo realizado através da

utilização de drywall, paredes de concreto, ou, ainda das alvenarias feitas com blocos cerâmicos (ARQUES, 2013).

Os três termos mais utilizados ao subsistema de vedação são o pano que representa uma das faces do vedo, a parede sendo o tipo de vedo mais utilizado, obtendo as vantagens de auto suportar, monolítico e por ser exterior ou inferior moldado no local definitivo, além da divisória sendo um vedo interno ao edifício subdividindo o edifício em diversificados ambientes, obtendo as vantagens de ser leve e removido com mais facilidade (MARQUES, 2013).

Conforme a perspectiva de Filho (2016), a vedação vertical pode ser dividida em duas funções, principal e secundária:

a) A função principal do supracitado subsistema é a de propiciar condições habitáveis para o edifício, de modo a proteger e controlar os ambientes internos com a prevenção de ações deteriorantes por parte dos possíveis agentes atuantes, tais quais o calor, o frio, o sol, a chuva, o vento, a umidade, os ruídos, etc. (FILHO, 2016).

b) A função secundária das referidas vedações é a de atuar como suporte e proteção nos sistemas prediais, como acontece, por exemplo, com as instalações sendo embutidas nas paredes (FILHO, 2016).

Desta feita, depreende-se que as vedações são caminhos críticos da obra e é preciso determinar, em sua integralidade, o potencial de racionalização da produção e o do desempenho do edifício. Assim sendo, uma vez que vai além desse custo, a importância deste subsistema se reflete no *quantum* final da obra (MARQUES, 2013).

4.2. Importância Econômica do Processo Construtivo

Em uma construtora que não realize um processo construtivo racionalizado está sujeita a prejuízos, pois consideravelmente em seu cálculo, pode ocorrer uma alteração dos seus custos totais da construção.

A parcela de custo da vedação em um edifício convencional geralmente varia entre 4% a 6% do custo total da obra. Quando se inclui esquadrias e revestimentos, esse valor pode chegar a 20% do custo total da construção, podendo exceder os custos ideais para uma construção convencional (MARQUES, 2013).

O investimento da junção da visão econômica e do setor de qualidade de um projeto de marcação e elevação de alvenaria, por exemplo, faz toda diferença, pois havendo projetos bem executados, a mão-de-obra qualificada, material de alta qualidade, com investimentos no treinamento dos funcionários, poderiam gerar diversas vantagens como a redução do desperdício de materiais, que ocorre na quebra de blocos cerâmicos, no desperdício de mão-de-obra pelo retrabalho e entulho gerado entre outros (FILHO, 2016).

O conceito de racionalização nos processos construtivos de vedação vertical ganha relevância no mercado, pois é fundamental garantir os requisitos de desempenho do edifício, independentemente do tipo de vedação escolhido. A qualidade e a viabilidade financeira são fatores cruciais nesse contexto, impulsionando a adoção de métodos eficientes e econômicos (MARQUES, 2013).

A necessidade de ater-se às novas tecnologias é inevitável, pois quando o ser humano evolui, tudo evolui consigo. O mercado de trabalho exige que se integre as novas tecnologias à realidade de cada qual. A alvenaria de vedação vertical vem para transformar os cenários atuais de ambientes em que na construção civil convencional é fundamental, promovendo a melhora daqueles que nele produzem.

A alvenaria de vedação desempenha um papel crucial na edificação, pois interfere diretamente em diversos subsistemas, incluindo instalações elétricas e de comunicação, hidráulicas, revestimentos, impermeabilização e esquadrias. Sua execução de qualidade é fundamental para garantir prazos de entrega mais rápidos e significativos ganhos financeiros em obras bem administradas. Isso destaca a importância econômica e operacional dessa etapa construtiva.

4.3. Viabilidade Técnico-financeira da Alvenaria Modular

Conforme anteriormente abordado, a alvenaria modular tem fácil aplicabilidade em construções de quaisquer portes, então sua implementação pode abranger desde uma simples residência familiar à grandes edificações. O ganho

financeiro corolário da implementação da alvenaria modular dá-se pela redução dos processos artesanais e, conseqüentemente, pela redução no percentual de erros humanos, haja vista que o sistema adota uma homogeneidade à construção que não seria possível de se obter contando exclusivamente com mãos humanas, que estão suscetíveis à erros. Por conseguinte, há ganho também no tocante à prazos.

Raad e Martins (2005) fazem um cálculo acerca da implementação da alvenaria modular, e fazem o cálculo do custo do metro quadrado de uma parede com e sem aplicação da alvenaria modular, conforme expresso na Tabela 1.

Tabela 1: Custo por m² da Alvenaria Modular

INSUMO(**)	Unid.	Processo de Execução de 1 m ² de alvenaria de vedação						Diferença "A" - "B" (R\$)
		A - Convencional com Perda			B - Novo com Perda			
		Quantidade	Preço (R\$)		Quantidade	Preço (R\$)		
			Unitário	Total		Unitário	Total	
Cimento	Kg	28,68	0,36	10,32	0,90685	0,36	0,33	9,99
Cal	Kg	NC (*)	NC (*)	NC (*)	0,90068	0,13	0,01	-0,01
Areia	M ³	0,0718	23,5	1,69	0,00116	23,5	0,03	1,66
Aditivos	Vb	NC (*)	NC (*)	NC (*)	0,00141	11,57	0,02	-0,02
Tijolo/Bloco	Pç	18,33	0,35	6,42	2,64052	7,2	19,01	-12,59
Tarugo	Pç	x	x	x	3,30065	2,86	9,44	-9,44
Pedreiro	H	2,4	5,5	13,2	0,16717	5,5	0,92	12,28
Servente	H	3,29	3,6	11,84	0,23695	3,6	0,85	10,99
Ferramental	Vb	NC (*)	NC (*)	NC (*)	0,11496	0,54	0,06	-0,06
EPI	Vb	NC (*)	NC (*)	NC (*)	1	0,06	0,06	-0,06
BDI	Vb	0,3503	43,47	15,23	0,3503	30,73	10,76	4,47
TOTAL				58,7			41,49	17,21
*Não considerado. (Quando utilizado gera acréscimo ao valor final)								
**Insumos previstos para elevação da alvenaria e na aplicação de chapisco de cimento e areia no traço 1:3 e emboço de argamassa de cimento e areia média no traço 1:3								

Fonte: Raad e Martins (2005)

Este levantamento de valores foi realizado no ano de 2004, estando, portanto, desatualizado. A correção monetária do valor foi realizada, considerando

os devidos reajustes e novas precificações, por intermédio da Calculadora do Cidadão, disponibilizada pelo Banco Central do Brasil, para o mês de maio de 2020.

O valor final da construção por metro quadrado da alvenaria modular no ano de 2020 convencional e com perda seria de R\$ 134,15, enquanto novo com perda seria de R\$ 105,80, sem que se conte os acabamentos e afins, enquanto 1 m² de uma parede sem aplicação da metodologia supracitada custaria em torno de R\$ 90,90 no ano de 2013 (CasaDicas, 2013), e que após correção monetária, ficou em R\$ 131,90 em 2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É imprescindível a observância do iminente crescimento do setor da construção civil, conforme abordado no presente instrumento. Considerando isto e atrelando-lhe à tendência evolutiva humana, é possível concluir que há a necessidade de melhorias em um setor que há muito conta com recursos parcos e carece de novas tecnologias para que seu agigantamento continue paulatino. A necessidade de ater-se às novas tecnologias é inevitável, pois quando o ser humano evolui, tudo evolui consigo. O mercado de trabalho exige que se integre as novas tecnologias à realidade de cada qual, e a alvenaria de vedação vertical vem para transformar os cenários atuais, promovendo a melhora àqueles que nele produzem.

Como o objetivo da implementação da alvenaria modular em âmbito nacional é o de reduzir a perda de insumos devido a falhas na execução através da automatização do processo, faz-se necessário que os profissionais adaptem-se ao novo, e /que as novas gerações que tenham interesse em labutar neste mercado já o façam estando devidamente instruídos à utilização das tecnologias atuais.

A mão de obra envelhecida, que embora seja um obstáculo para a inserção de uma técnica que pouco conta com erros humanos, pode servir de estopim para a transmissão de conhecimentos a novos profissionais do ramo, que por estarem mais suscetíveis ao aprendizado, podem vir a ser moldados mesclando técnicas tradicionais e atuais, de modo a promover a fluidez e adequação de qualquer projeto, bem como, ainda, passarem à geração mais experiente os conhecimentos das técnicas novas, a fim de que todos estejam alinhados com as novas tecnologias.

A alvenaria de vedação tem um impacto significativo na edificação, afetando diversos subsistemas, como as instalações elétricas, as hidráulicas, os revestimentos, a impermeabilização e as esquadrias. Sua importância vai além da economia financeira, influenciando diretamente os prazos de execução da obra. Uma alvenaria bem executada pode gerar ganhos consideráveis em prazos e custos, especialmente em obras bem administradas.

5.1. Recomendações para trabalhos futuros

Conforme exposto nos apêndices ao final deste texto, que trazem uma visão um pouco mais realista acerca dos levantamentos de dados de valores aqui abordados, é possível recomendar-se à continuação dos estudos nesta área um levantamento tal qual o que aqui foi realizado, de modo a promover paulatinamente um cálculo verossímil de custo e benefício acerca dos sistemas de vedação, de modo a aferir até que ponto é (ou não) financeiramente viável.

CONCLUSÃO

A alvenaria, em suas diferentes formas e aplicações, continua sendo um dos pilares mais importantes da construção civil, refletindo tanto a tradição quanto a evolução tecnológica do setor. Este trabalho buscou explorar os fundamentos, características, vantagens e desafios dos diferentes tipos de alvenaria, desde a tradicional até os sistemas mais modernos e industrializados, com destaque para a alvenaria modular. Ao longo da pesquisa, foi possível compreender a relevância dessa técnica construtiva, que transcende séculos de uso e permanece essencial na criação de estruturas sólidas, econômicas e eficientes.

A análise mostrou que a alvenaria convencional, apesar de amplamente utilizada, enfrenta limitações em termos de sustentabilidade e eficiência, especialmente diante das demandas atuais por redução de custos e impactos ambientais. Em contrapartida, técnicas como a alvenaria modular têm se destacado por oferecer soluções alinhadas às necessidades contemporâneas, com benefícios como a padronização, agilidade na execução, economia de materiais e minimização de desperdícios no canteiro de obras.

Além disso, constatou-se que o avanço das tecnologias, como o uso do BIM (Building Information Modeling) e processos de automação na fabricação de blocos e componentes modulares, tem potencializado a eficiência da alvenaria moderna. Essas inovações promovem maior integração entre projeto e execução, garantindo maior controle de qualidade e redução de erros, o que resulta em obras mais seguras e sustentáveis.

Portanto, conclui-se que a evolução dos sistemas de alvenaria é indispensável para acompanhar as transformações do setor da construção civil. A integração de métodos tradicionais com soluções modernas e sustentáveis representa o caminho ideal para atender às crescentes exigências da sociedade por edificações que combinem qualidade, eficiência e responsabilidade ambiental.

Assim, este trabalho contribui para reforçar a importância da alvenaria como uma técnica construtiva em constante adaptação, capaz de responder aos desafios contemporâneos e de moldar o futuro da construção civil. Ao final, espera-se que os avanços aqui discutidos inspirem novas práticas e pesquisas, fortalecendo ainda mais o papel da alvenaria como uma solução construtiva essencial, sustentável e inovadora

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argamassa Pronta 20kg Votomassa. Casa e Construção (C&C). 2020. Disponível em: <https://www.cec.com.br/material-de-construcao/cimentos-e-argamassas/argamassas/argamassa-pronta-20-kg-votomassa?produto=1179833&idpublicacao=791d2005-d206-4804-b297-71cab438caf1&gclid=Cj0KCQjwv7L6BRDxARIsAGj-34pE1EEOrgrlYGCQeoP-aG8-3kj8NlxWadD7t-a5s69Am3HQCWBwqmyMaAiKqEALw_wcB>. Acesso em: 28 de Agosto de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001: **Sistemas de gestão de qualidade: requisitos.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15270-1: **Componentes cerâmicos - Bloco e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575-1: **Edificações habitacionais: desempenho, parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15873:.. Rio de Janeiro, 2010.

BARBOZA, A. S. R. B. et al. **Coordenação Modular e Conectividade Aplicada à Alvenaria de Blocos em Alternativas Tipológicas de Habitação de Interesse Social no Nordeste do Brasil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008.

Bloco Cerâmico de Vedação com Furos na Vertical. Vius. 2020. Disponível em: <<https://vius.com.br/product/bloco-ceramico-de-vedacao-com-furos-na-vertical-14-x-19-x-39-cm-45-mpa-nbr-15270/>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2020.

DRYSDALE, R.G.; HAMID, A.A.; BAKER, L.R. **Masonry structures, behavior and design**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 1994.

FERRAZ, Ana Carla. **A responsabilidade social como estratégia empresarial de desenvolvimento**. Marília: Universidade de Marília, 2007.187 f. Dissertação (Mestrado em Direito).

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 2003. 174p.

Sistema Construtivo Convencional em Alvenaria. MATCONSUPPLY, 2017. Disponível em: <<http://matconsupply.com.br/sistema-construtivo-convencional-em-alvenaria>>. Acesso em 10/05/2020.

LORDSLEEM JR., Alberto Casado; **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada**. São Paulo: 2º edição, Fevereiro 2001.

MARQUES, D. V. P. **Racionalização do processo construtivo de vedação vertical em alvenaria**. Monografia, Escola Politécnica da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. 2013.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **1º Balanço do PAC**. Brasília. 2012.

_____ . **6º Balanço do PAC**. Brasília. 2017.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos formulação e aplicação de uma metodologia**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, A. de P. L. e JUNGLES, A. E. **Como gerenciar as compras de materiais na construção civil**. 1ª edição, Editora Pini, novembro 2008. 116p.

SOARES, E. T. C. **Estudo comparativo entre estruturas de alvenaria estrutural e concreto armado**. Monografia – curso de bacharelado em ciência e tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2011.

TESTA, C. **The industrialization of building**. Van Nostrand, 1972.

TRIGO, J.A.T. **Tecnologias da construção de habitação**. Revista técnica, v.39, n.448, p.53, mar. 1978.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. IPT/EPUSP/PINI, 1989.

SANTOS, L. A. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. Dissertação de Mestrado, USP/SP. 2003.

SILVA, P. E. V.; MOREIRA, R. R. **Projeto de alvenaria de vedação – Diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575**. Monografia. Graduação em Engenharia Civil. Goiás, 2017.

SILVA, Priscilla. **Setor da Construção Civil Cresce Durante a Quarentena**. Estadão – Mato Grosso. Disponível em: <<https://estadaomatogrosso.com.br/economia/setor-da-construcao-civil-cresce-durante-a-quarentena/9225>>. Acesso em 10 de Agosto de 2020.

DESCHAMPS, M.; BEUREN, I. M. **Desperdícios de materiais diretos na construção civil**. Artigo. Revista Ciências Administrativas. Fortaleza, 2009. Disponível em: < <https://periodicos.unifor.br/rca/article/view/510/pdf>>. Acesso em: 05/06/2020.

Desperdícios na construção civil e seus impactos. MOBUS, 2018. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/desperdicios-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 05/06/2020.

FILHO, R. L. R. T. **Análise comparativa de vedações verticais internas em drywall e alvenaria de blocos cerâmicos: estudo de caso do Lagoa Shopping**. Monografia, Universidade Estadual da Paraíba. 2016. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/16136/1/PDF-%20Romulo%20Lucena%20Rangel%20Travassos%20Filho.pdf>>. Acesso em: 19/06/2020.

RAAD, Henrique Jardim; MARTINS, Cláudio José. **Alvenaria modular: concepção de um novo sistema construtivo visando aumento da produtividade.** In: XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2005. Rio Grande do Sul. Anais... Porto Alegre: ENGEPP, 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep0502_1099.pdf>. Acesso em: 19/06/2020.

Quanto custa construir uma parede de uma casa por m²?. CasaDicas, 2013. Disponível em: <<https://www.casadicas.com.br/construcao/quanto-custa-construir-uma-parede-de-uma-casa-por-m2.html#:~:text=Ent%C3%A3o%20fiz%20isso%2C%20somei%20pela,o%20custo%20por%20metro%20quadrado.>>. Acesso em: 19/06/2020.

APÊNDICE A

PEDIDO DE COMPRA		PC Nº: 1107						
Projeto: 281 - Art e Tijuca		Processo Nº: 1102						
		Emissão: 07/02/2019						
Página: 1 de 2								
DADOS DO FORNECEDOR								
Razão Social : CERAMICA PORTO VELHO LTDA								
Endereço : ROD br 393, nº s/n -	Bairro : ANDRADE PINTO							
Município : RIO DE JANEIRO - RJ	CEP : 27.770-000							
CNPJ : 32.287.575/0002-04	I.E. :							
Telefones : Comercial: 24-2258-3127	Contato :							
DADOS PARA FATURAMENTO								
Razão Social : SOLAR DA FLORESTA EMP. IMOBILIARIOS SPE LTDA.								
Endereço : AV AMERICAS, DAS, nº 8445 - SALAS 1407	Bairro : BARRADA TIJUCA							
Município : RIO DE JANEIRO - RJ	CEP : 22.793-081							
CNPJ : 20.019.096/0001-47	I.E. :							
Telefones : 21-3385-3434 -	Contato : Sérgio Batista							
E-Mail : s.batista@grupofarajujo.com.br								
DADOS PARA COBRANÇA								
Endereço : AV AMERICAS, DAS, nº 8445 - SALA 1407	Bairro : BARRADA TIJUCA							
Município : RIO DE JANEIRO - RJ	CEP : 22.793-081							
Telefones : 21-3385-3434 -								
E-Mail : s.batista@grupofarajujo.com.br								
DADOS PARA ENTREGA								
Endereço : R AMOROSO COSTA, nº 40 -	Bairro : TIJUCA							
Município : RIO DE JANEIRO - RJ	CEP : 20.530-560							
Telefones : 21-3385-3434 -								
E-Mail : s.batista@grupofarajujo.com.br								
AUTORIZAMOS O FORNECIMENTO DOS MATERIAIS ABAIXO:								
Código	Quantidade	Unidade	Descrição do Produto	Valor Unitário	Valor Desconto	Alíquota ICMS	IPi	Valor Total Item
16.606	5.090,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 9 x 19 x 19	0,6330	0,00		0,0	3.221,97
16.607	6.720,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 9 x 19 x 29	0,9660	0,00		0,0	6.491,52
16.608	25.586,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 9 x 19 x 39	1,3000	0,00		0,0	33.261,80
16.609	18.522,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 9 x 19 x 4	0,2200	0,00		0,0	4.074,84
16.610	2.058,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 9 x 19 x 9	0,4000	0,00		0,0	823,20
16.611	7.442,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 14 x 19 x 19	0,9790	0,00		0,0	7.285,72
16.612	3.612,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 14 x 19 x 29	1,4940	0,00		0,0	5.396,33
16.613	20.866,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 14 x 19 x 39	2,0100	0,00		0,0	41.940,66
16.614	11.600,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 14 x 19 x 4	0,3300	0,00		0,0	3.828,00
16.615	2.646,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 14 x 19 x 9	0,5500	0,00		0,0	1.455,30
16.616	403,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 19 x 19 x 19	1,3400	0,00		0,0	540,02
16.617	3.276,000	UN	Bloco Cerâmico Modular 19 x 19 x 39	2,6900	0,00		0,0	8.812,44
16.683	966,000	UN	Bloco Cerâmico Modular Vertical Canaleta 14x19x39cm	2,9500	0,00		0,0	2.849,70
17.710	59,000	UN	Bloco Cerâmico Modular Canaleta 09 x 19 x 39	1,9500	0,00		0,0	115,05
Base calc. ICMS 0,00		Valor do ICMS 0,00	B. calc. ICMS Subst. 0,00	Valor do ICMS Subst. 0,00	Valor do IPI 0,00	Total Bruto 120.096,55		
Valor do Frete 0,00		Valor do Seguro 0,00	Outras Despesas 0,00	Descontos 0,00	Valor do ISS 0,00	Total Pedido 120.096,55		
Dt.(s) Entrega: 07/02/2019				Cotação: 00150 - BLOCO CERAMICO ESTRUTURAL OBRA ART TIJUCA				
Cond. Pagto: 28 dias				Solicitações Atendidas: 00160				
Tipo Frete: Cost, Insurance and Freight			Transportadora: Endereço:					
Observações:								

Detalhamento de uma compra com os materiais supracitados, com orçamento real.

APÊNDICE B

Levantamento de insumos para construção.

<i>Blocos de vedação cerâmicos com furação vertical</i>						
Familia 39 espessura 9 cm						
	B19	B29	B39	B4	B9	BU(CANALETA)
Por pavimento tipo :	568	743	2802	2134	230	7
Marcação de 1ª fiada:	38	57	244	71	15	0
Total para 1 pavimento tipo	606	800	3046	2205	245	7
Total para 8 pavimentos tipo :	4848	6400	24368	17640	1960	56
Familia 39 espessura 14 cm						
	B19	B29	B39	B4	B9	BU(CANALETA)
Por pavimento tipo :	839	397	2165	1333	302	115
Marcação de 1ª fiada:	47	33	319	48	13	0
Total para 1 pavimento tipo	886	430	2484	1381	315	115
Total para 8 pavimentos tipo :	7088	3440	19872	11048	2520	920
Familia 39 espessura 19 cm						
	B19	B29	B39	B4	B9	BU(CANALETA)
Por pavimento tipo :	48	0	354	0	0	0
Marcação de 1ª fiada:	0	0	36	0	0	0
Total para 1 pavimento tipo	48	0	390	0	0	0
Total para 8 pavimentos tipo :	384	0	3120	0	0	0
<i>Blocos vazados de concreto de vedação</i>						
Familia 39 espessura 14 cm						
	B19	B29	B39	B4	B9	BU(CANALETA)
Por pavimento tipo :	85	0	426	208	152	0
Marcação de 1ª fiada:	7	0	30	5	4	0
Total para 1 pavimento tipo	92	0	456	213	156	0
Total para 8 pavimentos tipo :	736	0	3648	1704	1248	0