



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL**

**ALYARA BATISTA DOS SANTOS
MARIA EDUARDA CAMPOS**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS *INSULATED*
CONCRETE FORMS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

**BARBACENA
2021**

**ALYARA BATISTA DOS SANTOS
MARIA EDUARDA CAMPOS**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS *INSULATED*
CONCRETE FORMS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^ª. Ma. Deysiane Antunes Barroso Damasceno.

**BARBACENA
2021**

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos. Aos amigos/familiares, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado. Agradeço também a minha parceira de TCC, que também foi minha companheira durante esses 5 anos de curso.

Alyara Batista dos Santos

Primeiramente agradeço a Deus, por se fazer tão presente em minha vida, aos meus pais, pela paciência, pelo esforço e dedicação que depositaram na minha educação e também pelos valores que me ensinaram ao longo dos anos. Aos parentes e amigos mais próximos por sempre estarem por perto para darem o suporte necessário. Aos professores pela ótima orientação e por serem como um espelho para mim. Aos demais professores por colaborarem para a formação acadêmica e profissional. Agradeço aos meus colegas de turma e a minha parceira neste TCC, que esteve comigo todos estes anos de curso.

Maria Eduarda Campos

RESUMO

A indústria da construção civil vem exigindo cada vez mais a evolução de novas tecnologias que apresentem um custo/benefício viável e em prazos cada vez mais reduzidos. Neste contexto, o presente trabalho trata de um estudo e análise comparativa entre o sistema construtivo em alvenaria convencional, que é caracterizada por estrutura em concreto armado e paredes de vedação em alvenaria de blocos cerâmicos um método mais comum, e o *Insulated Concrete Forms* (ICF), caracterizado como uma forma de EPS (Poliestireno Expandido), ou o mais comumente conhecido isopor®, dentro da qual é acrescentado aço e concreto para a formação de paredes em concreto armado. Sendo assim, será apresentado um breve histórico dos sistemas construtivos mais utilizados no Brasil e um comparativo de viabilidade de custos e produtividade entres esses dois métodos, com o intuito de apontar vantagens e desvantagens, características e particularidades de cada um. Com a apresentação desse comparativo demonstra conhecimento do método de *Insulated Concrete Forms* e exhibe um novo estilo de construção. A partir das informações obtidas com o trabalho é realizada a reflexão de antigos e novos métodos no mundo da construção civil e podemos então observar que diferença de custos entre os dois métodos são mínimas, porém no desrespeita a sustentabilidade e eficiência isolante o ICF é mais favorável.

Palavras-chave: *Insulated Concrete Forms*. Alvenaria convencional. Métodos construtivos.

ABSTRACT

The civil construction industry is increasingly demanding the evolution of new technologies that present a viable cost/benefit and in increasingly reduced timeframes. In this context, this paper compares conventional masonry construction system, which is characterized by a reinforced concrete structure and ceramic block masonry sealing walls, the most common method, and the Insulated Concrete Forms (ICF), characterized as an EPS (Expanded Polystyrene) form, which is commonly known as Styrofoam®, inside which steel and concrete are added to form reinforced concrete walls. Therefore, a brief history of the most used building systems in Brazil and a comparison of cost viability and productivity between these two methods will be presented, to point out the advantages and disadvantages, characteristics and peculiarities of each. This comparison demonstrates knowledge of the Insulated Concrete Forms method and shows a new construction style. From the information obtained with the work is performed the reflection of old and new methods in the world of construction and we can then observe that the difference in costs between the two methods are minimal, but concerning sustainability and efficiency insulating ICF is more favorable.

Keywords: Insulated Concrete Forms. Conventional masonry. Constructive methods.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	DESENVOLVIMENTO.....	09
	2.1. Sistemas construtivos tradicionais.....	09
	2.1.1 Sistemas construtivos em alvenaria convencional.....	09
	2.1.2 Concreto armado.....	12
	2.1.3 Alvenaria estrutural.....	14
	2.1.4 Paredes de concreto armado.....	17
	2.2 <i>Insulated Concrete Forms</i> (ICF).....	18
	2.2.1 Etapas construtivas.....	21
	2.3 Comparação entre ICF e alvenaria convencional.....	28
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
4	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é caracterizada como um dos setores mais importantes na geração de empregos, com influência direta no desenvolvimento social e econômico do país. No entanto, ele vem passando por mudanças significativas nos últimos anos, principalmente no que diz respeito aos aspectos relacionados ao dia a dia da sociedade atual. Estima-se que mais de 60% dos recursos naturais mundiais são consumidos pela construção civil. Nos dias de hoje, as práticas sociais e econômicas têm sido capazes de promover grandes transformações no sistema global em uma escala complexa (IPEA, 2010).

Em decorrência do agravamento da poluição ambiental no cenário mundial, métodos que minimizem os impactos de resíduos produzidos pela indústria da construção civil são cada vez mais necessários. A implantação de práticas sustentáveis, nesse sentido, torna-se de suma importância, um bom exemplo é o uso de formas de poliestireno expandido (EPS, do inglês *expanded polystyrene*), surgido na Europa, no final da década de 1950. O objetivo inicial desse sistema construtivo era desenvolver edificações mais confortáveis e resistentes à baixas temperaturas e terremotos (PIERSON, 2011). No entanto, a alvenaria de blocos cerâmicos ainda é a técnica mais utilizada no Brasil, principalmente para vedação de edificações, uma vez que sua matéria-prima é de fácil acesso e com bom custo-benefício, propiciando ainda desempenho termo acústico adequado.

De acordo com os dados fornecidos pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), em agosto de 2017 a construção civil foi responsável por gerar 122 toneladas de resíduos por dia. De acordo com a Lei nº 12.305/2010, que aborda gerenciamento de resíduos sólidos, “as obras devem garantir ao máximo o reaproveitamento, a reciclagem e a minimização dos rejeitos”. Entretanto, na prática, sabe-se que isso não acontece.

Trazido para o Brasil no ano de 1999, o ICF (do inglês, *Insulated Concrete Forms*) emprega placas de poliestireno expandido, popularmente conhecido isopor®, e é visto como uma metodologia construtiva de rápida execução e menor descarte de resíduos sólidos, além de apresentar benefícios em relação ao isolamento térmico e acústico, podendo ser empregada em obras de pequeno, médio e grande porte (SANTOS, 2020).

Diante disso, torna-se importante compreender melhor esse sistema construtivo para poder compará-lo ao de alvenaria convencional. Neste trabalho, portanto, será realizado um estudo comparativo entre esses dois sistemas por meio de uma ampla revisão bibliográfica,

apresentando-se suas principais características, vantagens e desvantagens, abordando a técnica, economia e característica sustentáveis de cada sistema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Sistemas construtivos tradicionais

A construção civil tem diversas metodologias construtivas e ao longo dos anos foram criados sistemas de construção que se adequassem aos diferentes tipos de ambientes e demandas. Segundo Cerqueira (2017), a construção civil aquece o mercado do Brasil, movimentando o PIB (Produto Interno Bruto). Visando o aumento do crescimento da construção civil, obras de alvenaria estrutural e convencional se tornam as primeiras opções para uma nova edificação. Segundo GOMES *et al.* (2018), as obras de alvenaria estrutural e convencional são bem racionais e têm diferenciais em relação aos gastos e mão de obra, mas requer um planejamento bem feito, que é essencial para esse tipo de projeto. Com essa perspectiva, apresentam-se a seguir alguns desses métodos construtivos.

2.1.1 Sistemas construtivos em alvenaria convencional

A expressão “alvenaria convencional” se refere a construções em concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos, sendo assim chamado devido ao grande emprego deste tipo de sistema no Brasil. Trata-se de um sistema construtivo empregado há muitas décadas, sendo inicialmente feito com blocos de rocha, já que era encontrado com facilidade na natureza. Em 4.000 a.C, notou-se que a argila quando era umedecida adquiria propriedade plástica de fácil manuseio, tornando possível a produção de tijolos (TAVARES, 2011).

Nesse sentido pode-se dizer que a alvenaria convencional é a junção de coesão e rigidez de materiais ligados por meio de argamassa estruturando uma parede (KLEIN e MARONEZI, 2013). Ela é indicada na divisão de ambientes e no preenchimento de vãos estruturais, tanto em concreto armado como em estruturas em aço, por exemplo. Sua função não é estrutural, de modo que não é designada como suporte de cargas verticais, por isso é capaz de sustentar apenas seu peso próprio e cargas de utilização. Carecem de resistência às cargas laterais dinâmicas e estáticas, como o vento e possíveis forças excepcionais que podem vir a surgir (THOMAZ *et al.*, 2009).

Um dos sistemas mais antigos no mundo, a alvenaria convencional ou de vedação, consiste em um bloco empilhado em cima do outro, existindo entre eles algum tipo de argamassa que, em conjunto com vigas e pilares, formam uma estrutura rígida, capaz de suportar grandes solicitações. A alvenaria convencional é destinada a preencher vãos de

estruturas de aço, concreto armado entre outras, e recebe as cargas de seus componentes estruturais (THOMAZ *et al.*, 2009). A FIG. 1 apresenta um exemplo desse tipo de sistema.

Figura 1 – Alvenaria convencional



Fonte: Mevo do Brasil, 2017.

Como um sistema antigo, ele passou por diversas modificações e se tornou um método popular e bem estruturado. Com o passar dos anos a técnica foi se aperfeiçoando, o barro e argila que eram utilizados como argamassas deram lugar às argamassas de cimento e areia nos sistemas atuais.

Por conta de sua popularidade, a alvenaria convencional é muito utilizada no Brasil. Após um cálculo realizado por engenheiros, a estrutura é dimensionada para que sejam definidas as dimensões de pilares, vigas e lajes e toda a composição estrutural.

Segundo Vasques (2014), o sistema construtivo em concreto armado é construído pela junção de pilares, lajes e vigas em concreto armado, com vedação interna e externa com alvenaria de tijolos cerâmicos. O carregamento deste tipo obra é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundação, desse modo as paredes são chamadas de não-portantes. Para a elaboração dos elementos estruturais, é necessária a utilização de aço estrutural e formas que são, na maioria das obras, de madeira. A partir do levantamento das paredes, estas são rasgadas para a introdução de instalações elétricas e hidráulicas. Logo após é feito o revestimento (chapisco, emboço e massa fina) e, por fim, a pintura. A FIG. 7 apresenta uma obra deste sistema construtivo em execução, na qual observa-se os elementos estruturais, os tijolos cerâmicos sobrepostos e os rasgos para passagem dos condutos hidráulicos e elétricos.

¹ <https://www.mevodobrasil.com/sistema-construtivo/>

Figura 7 – Construção em alvenaria convencional



Fonte: Fórum da Construção (2021).²

Neste sentido, é importante entender melhor a composição e a finalidade dos principais elementos utilizados na alvenaria convencional, o que se faz nos itens a seguir.

2.1.1.1 Etapas construtivas

A infraestrutura é a parte que compõe instrumentos abaixo do nível do solo. Nele encontra-se a fundação, que transmite cargas diretamente para o terreno, sendo que os elementos de fundação devem possuir resistência adequada para que ocorra o suporte aos esforços solicitantes (SOUZA e MURTA, 2012). Com base na NBR 6122 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010) as fundações são classificadas em profundas que transmitem cargas por meio de atrito lateral e rasas fundações superficiais.

A superestrutura, por sua vez, é a parte de uma construção que se sobrepõem acima do solo. Assim, as cargas são transmitidas por meio de vigas e pilares, a fim de garantir estabilidade na estrutura. As vigas estão sujeitas a cargas dispostas verticalmente, sendo a flexão predominante no sistema. Além disso, elas são o apoio para as lajes, que descarregam suas cargas nas vigas e as vigas descarregam nos pilares, que por sua vez têm a função de absorver as cargas verticais dos pavimentos. Por fim, tem-se as paredes, comumente

² <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1642>. Acesso em novembro de 2021.

construídas por tijolos, que garantem a vedação da estrutura (SOUZA e MURTA 2012). A FIG. 2 mostra a sequência das etapas construtivas de um sistema convencional.

Figura 2 – Fluxograma das etapas construtivas de alvenaria convencional



Fonte: as autoras (2021).

Como esse processo é dividido em várias etapas, na alvenaria convencional é necessária uma grande concentração de mão de obra e grande quantidade de insumos. Os materiais são pouco processados, eles têm custo baixo, porém geram muitos resíduos, o que hoje é aprimorado com estudo e tecnologia, refletindo novos tipos de construção. (GOMES *et al.*, 2018)

2.1.2 Concreto armado

O concreto é uma mistura de materiais granulados que juntos apresentam grande resistência à compressão, mas baixa resistência à tração. Como forma de recompensar essa deficiência e deixá-lo mais resistente, são incorporadas à mistura barras de aço, que por sua vez apresentam grande resistência à tração. Essa composição originou o que hoje se conhece como concreto armado (SILVA, 2015).

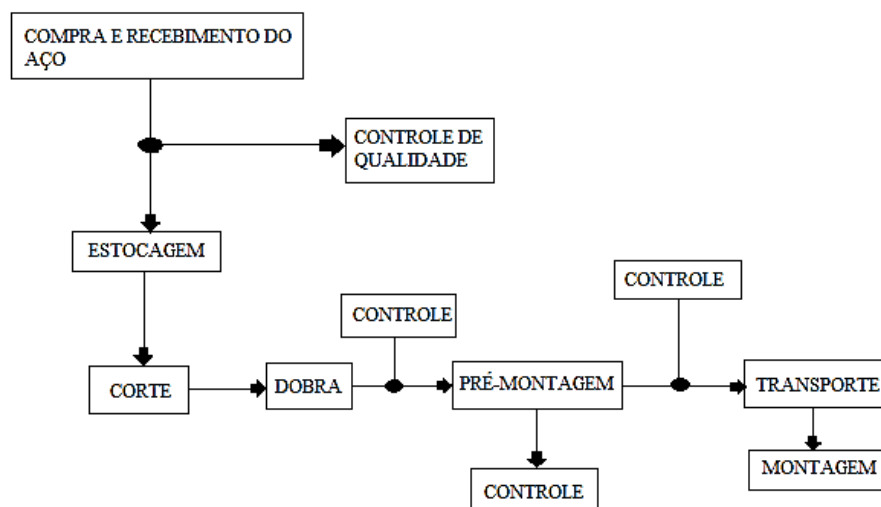
Este material é feito a partir de agregados graúdos e miúdos, água, ar e cimento, podendo ser fabricado diretamente na obra, como também em usinas. De acordo com Barros e Melhado (1998), em obras de grande e médio porte é mais comum o uso de concreto usinado, já que há maior necessidade de precisão na dosagem, maior volume produção, e menor ocupação de materiais nos canteiros de obras.

Segundo Pereira (2020), o dimensionamento de uma estrutura em concreto armado deve seguir as especificações exigidas pelos órgãos competentes, para uma adequada execução, visando que a estrutura resista aos esforços solicitados. No Brasil, o projeto de estruturas de concreto é regulamentado pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014), que estabelece

os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido.

No sistema de concreto armado, as armaduras são as principais responsáveis pela absorção das tensões de tração e de cisalhamento, e também aumentam a resistência das peças comprimidas. Nesse sentido, a FIG. 8 esquematiza a produção de armaduras que são utilizadas em obras desta natureza (BARROS E MELHADO, 1998).

Figura 8 – Fluxograma de produção de armaduras para estruturas de concreto armado



Fonte: Barros e Melhado (1998). Adaptada pelas autoras.

Além do concreto e das armaduras, este sistema exige a utilização de formas. Segundo Barros e Melhado (1998), as formas desempenham o papel de moldar o concreto, assim como de dar sustentação até que ele adquira resistência para sustentar a si próprio, garantindo ainda a textura desejável para os elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações).

De acordo com Bastos (2006), as lajes são os componentes planos designados para receber uma grande parcela dos esforços empregados em uma construção. Geralmente essas ações são perpendiculares ao plano da laje, podendo ser distribuídas em uma superfície, concentradas ou distribuídas linearmente. Tais forças geralmente são propagadas nas vigas de sustentação, ou até mesmo descarregadas diretamente nos pilares. As ações atuantes normalmente são devidas ao uso do espaço físico, como por pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir.

As vigas, por sua vez, são descritas pela NBR 6118 como “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (ABNT, 2014, 74p.). Geralmente são consideradas como barras

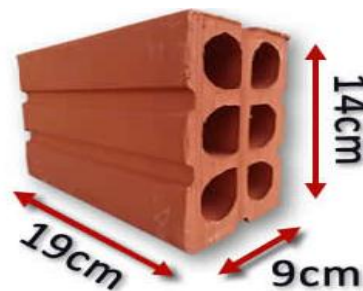
horizontais e retas, as quais tendem a receber as forças das lajes, de paredes de alvenaria e de outras vigas. Normalmente recebem forças normais de compressão e tração na direção do seu eixo longitudinal. As vigas também fazem parte da estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais (BASTOS, 2006).

Os pilares são, de acordo com a NBR 6118, “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes” (ABNT, 2014, 74p.). Segundo Bastos (2016), eles têm a função de transmitir as ações de vigas e lajes para as fundações, porém, podem também as transmitir para outros elementos em que se apoiam.

2.1.2.1 Blocos cerâmicos

Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2017, 4p.), bloco é um “componente da alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contêm”, podendo este ser encontrado em diferentes dimensões. Porém, os mais utilizados nas obras em alvenaria de vedação são os blocos de dimensões 9x14x19 cm, como o que é apresentado na FIG. 9.

Figura 9 – Bloco Cerâmico



Fonte: Cerâmica Barrense (2021).³

2.1.3 Alvenaria estrutural

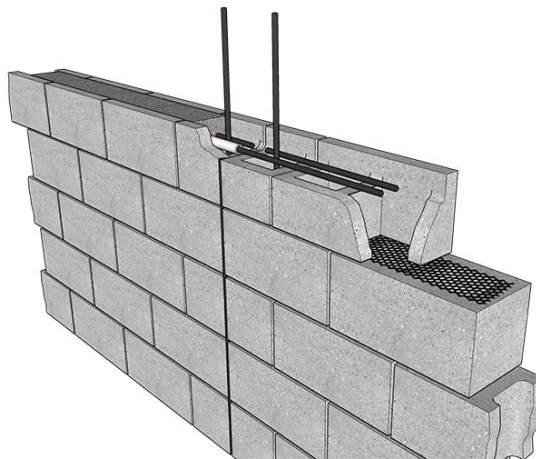
Criado na antiguidade e, portanto, um dos métodos de construção mais antigos, a alvenaria estrutural, entrou em declínio a partir do século XX, devido à maior utilização do

³ <https://ceramicabarrense.com.br/produtos/tijolo-6-furos-9x14x19-cm-f1-19/>. Acesso em: novembro de 2021.

aço em estruturas de concreto armado na construção civil. No Brasil, ela chegou em 1966 com a construção do conjunto habitacional Central Parque da Lapa, localizado em São Paulo, que contém quatro andares de alvenaria estrutural (CAMACHO, 2006)

A alvenaria estrutural consiste em elementos estruturais formados por alvenaria, como o nome sugere. Atualmente esse método vem atendendo muito bem o setor da construção civil, como uma forma de diminuir os custos e ter mais eficiência no projeto. Existem algumas variações desse processo, como: alvenaria estrutural armada, que consiste na técnica de usar armações passivas para preencher os blocos e preenchê-los com graute⁴; alvenaria estrutural não armada, quando no sistema somente terá armaduras a fim de evitar problemas patológicos; alvenaria estrutural parcialmente armada, que mistura as duas variações, podendo ter armadura ou não no processo. (PRUDÊNCIO JR.; OLIVEIRA E BEDIN, 2002). Na FIG. 3, exemplifica-se esse sistema.

Figura 3 – Sistema em alvenaria estrutural



Fonte: MIBC, (2016).

Este método apresenta algumas vantagens, como: redução de custo em relação a formas e escoras e simplificação do processo; reduz os materiais utilizados em obra; diminuição da mão de obra especializada; e maior eficiência na obra, diminuindo o seu tempo de processo. A desvantagem, porém, relaciona-se com a limitação de projetos arquitetônicos, já que esse método não suporta muito peso (RAMALHO e CORREA, 2003).

⁴ “Graute é uma pasta de argamassa com consistência fluida utilizada para o preenchimento de espaços vazios em locais de difícil acesso”

Com base na NBR 10837 (ABNT, 1989), a alvenaria estrutural é dividida em três categorias, a saber: alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto, constituída por blocos vazados com argamassa contendo armaduras apenas para resistir esforços de vergas e contravergas, janelas e portas; alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto, são blocos vazados com argamassa e algumas partes preenchidas, e aço para resistir a esforços calculados além de vergas e contravergas; e alvenaria estrutural parcialmente armada de blocos vazados de concreto, que consiste em parte da estrutura não armada e parte da estrutura armada, com paredes mistas armadas e não armadas também.(GOMES; NETO; SALOMÃO E SANTIAGO, 2018)

A alvenaria estrutural tem uma dupla função, podendo servir de suporte às solicitações calculadas e de vedação para os vãos construídos. Esse modelo se torna o modelo construtivo mais enxuto, pois une algumas etapas da construção convencional por meio de paredes que têm função de vedação e suporte de cargas (TAUIL e NESSE, 2010).

2.1.3.1 Processo construtivo

A infraestrutura de alvenaria estrutural também se dá pela fundação, que absorve as cargas advindas da alvenaria estrutural. Diferentemente do convencional, esse tipo de construção não tem vigas nem pilares, a cobertura se apoia diretamente sobre a alvenaria estrutural. O processo construtivo é apresentado na FIG. 4.

Figura 4 – Fluxograma das etapas construtivas de alvenaria estrutural



Fonte: as autoras (2021).

Para construção desse método utiliza-se tijolos ou blocos, argamassa, agregados e armadura. Os blocos e tijolos são componentes extremamente importantes, pois com eles são formadas as estruturas comandando a tração e compressão. A argamassa funciona como material de ligação dos blocos e tijolos, e é composta por agregados miúdos, água e cal. As armaduras são utilizadas para absorver os esforços de tração e compressão, dimensionadas previamente e é necessário o cobrimento para evitar deterioração das mesmas (CAMACHO, 2006).

Segundo Pastro (2007) a alvenaria estrutural é extremamente interessante falando economicamente, quando há um projeto bem executado. As paredes de concreto conseguem permitir as deformações inelásticas resistindo a grandes danos e protegendo a estrutura.

2.1.4 Paredes de concreto armado

Nesse sistema, as paredes são montadas no local com o uso de concreto armado e moldes. No passado esse sistema não era considerado estruturalmente um bom produto para edifícios não esbeltos, mas com o avanço da tecnologia, os engenheiros passaram a confiar cada vez mais nesse sistema. Com diversos programas de habitação no país, construtoras buscam cada vez mais processos de construção rápidos e econômicos. Com base nisso, cresce o mercado de paredes de concreto armado (NUNES, 2011). A FIG. 5 mostra um exemplo de paredes de concreto.

Figura 5 – Construção em paredes de concreto



Fonte: Comunidade da construção.

No Brasil são recomendados alguns tipos de concretos para esse tipo de empreendimento: concreto celular, concreto com elevado teor de ar, concretos com agregados leves e baixa massa específica, concreto convencional ou concreto de massa adensável. Já o aço tem algumas recomendações para que não ocorram patologias e erros no processo. Uma

⁵ <https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>

de suas recomendações é que as barras sejam armazenadas de forma adequada e transportadas de forma que não haja danificação do material (MASSUDA e MISSURELLI, 2009).

A fundação deve atender às condições da estrutura e do terreno, garantindo a segurança e estabilidade da edificação. Deve ser calculada e trabalhada com um nivelamento rigoroso para garantir a montagem correta das formas. Toda estrutura armada deve ser montada, assim como os condutos hidráulicos e elétricos, de acordo com o projeto.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC, 2013), as formas devem ter um cuidado especial e precisam cumprir alguns requisitos como: produtividade da mão de obra, peso por metro quadrado dos painéis, número de chapas e de reutilizações das mesmas, limpeza, durabilidade, boa comercialização das formas, agilidade em assistência técnica em caso de danos ou reparos.

O concreto é o principal elemento desse sistema pois ele tende a garantir a durabilidade e a qualidade da estrutura. A partir do cálculo do projetista, informa-se a resistência do concreto e se determina a relação água/cimento (a/c) para que ocorra uma melhor produtividade do processo (MAYOR, 2012). A FIG. 6 apresenta o processo construtivo das paredes de concreto.

Figura 6 – Fluxograma construção de paredes de concreto.



Fonte: as autoras (2021).

2.2 Insulated Concrete Forms (ICF)

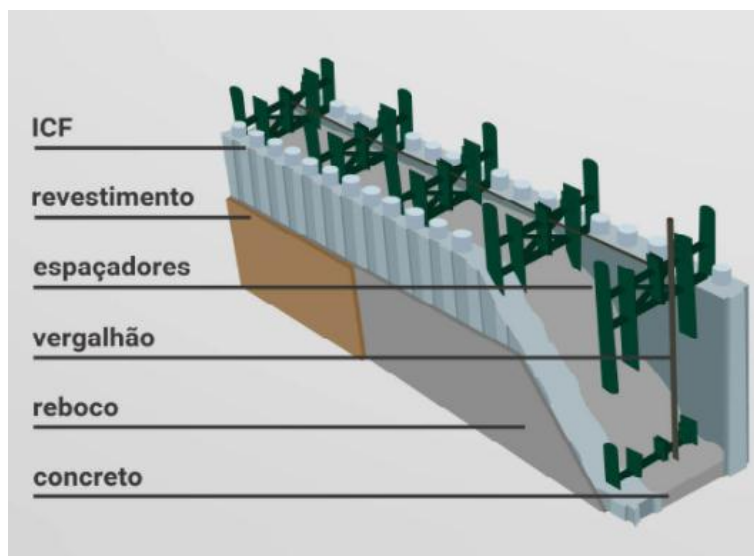
O *Insulated Concrete Forms* (ICF) é um tipo de forma de poliestireno expandido (EPS, do inglês *expanded polystyrene*), popularmente conhecido como formas de isopor, por dentro das quais é colocado aço e concreto, para a formação de parede em concreto armado. Tal forma poderia ser feita de outros tipos de materiais, como o barro, ou até mesmo o concreto, porém esses elementos por si só elevariam o peso da estrutura (ROCHA, 2021).

De acordo com a revista ICF Builder Magazine (2011), tal sistema consiste em dois painéis de EPS, que tem como principal finalidade o isolamento termo/acústico. Os painéis são unidos através de ligações de aço. Com intuito de produzir uma estrutura comum, porém moderna, com custos baixos, autoportante e sustentável. Ainda que seja tratada como uma nova tecnologia, o EPS foi criado na Alemanha, em 1949, a partir de monômeros de estireno e polímeros. Essas formas eram fabricadas em decorrência da mistura desses gases e do petróleo, que expandiam e formavam o poliestireno.

De acordo com Jesus e Barreto (2018), ele surgiu após a Segunda Guerra Mundial, na Europa, como um meio barato e duradouro de reedificar estruturas. A chegada desse método no Brasil foi no ano de 1998, foi considerado um progresso do método em concreto armado e alvenaria de vedação. A partir daí, diversos testes de resistência e eficiência com esse material feitos na Unicamp (Universidade de Campinas) e pelo IPT-SP (Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo), os resultados obtidos foram satisfatórios e como consequência, depois destas avaliações feitas por instituições reconhecidas houve uma propagação, mesmo que pequena.

Na construção civil, o ICF aparece como uma forma de construção inteligente, com alta segurança estrutural e eficiência, tanto em seus prazos, que geralmente são de grande agilidade, quanto na qualidade do produto final ofertado. Geralmente são utilizados dois painéis de EPS com elevada densidade, formando uma estrutura autoportante constituída de aço que logo é preenchida com concreto (ROCHA, 2021). A FIG. 10 mostra como funciona as formas de ICF.

Figura 10 – Detalhamento de uma parede em ICF



Fonte: Soluções Construtivas (2019).⁶

Para facilitar o entendimento, pode-se dizer o EPS é similar ao sistema de lego®, que contém seções verticais formando os pilares e horizontais formando as vigas. São peças de fácil encaixe e leve, que podem suportar no máximo sete pavimentos planta tipo, isto é, se a planta for a mesma em todos os andares da estrutura suportará sete pavimentos. O metro quadrado das formas ICF com dimensões de 12cm x 18cm corresponde a 30 tijolos cerâmicos com dimensões 9x14x24 cm (ROCHA, 2021).

Este método diminui uma grande parcela de resíduos quando comparados com o sistema em alvenaria convencional, sendo capaz de gerar uma economia relevante. Por ser um material consideravelmente leve, o EPS diminui o peso que a fundação terá de suportar (GONÇALVEZ, 2013).

De acordo com Lueble (2004), o ICF ostenta um alto potencial construtivo, impermeabilidade, baixa condutividade termoacústica, diminuição dos prazos de cumprimento de obras, melhor aproveitamento da mão-de-obra e desperdícios com índices cada vez mais baixos. A fim de evitar imprevistos na sua aplicação, custos e com eventuais surgimentos de patologias, é fundamental uma mão de obra de boa qualidade, ainda que o procedimento não seja complicado.

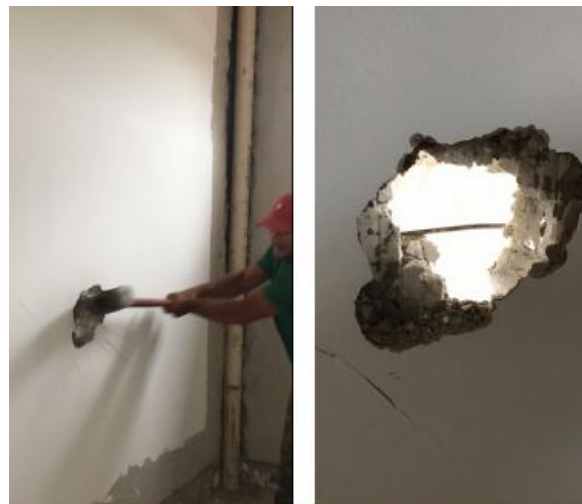
O grau de resistência do EPS varia de acordo com a quantidade de expansão que ele ganha, quanto mais se expande menos denso ele se torna, consequentemente, tem menor

⁶ <http://faseicf.com.br/> . Acesso em: novembro de 2021.

resistência, sendo, nesse caso, utilizado geralmente em embalagens comerciais. Por outro lado, quanto menos expandido mais denso ficará e, portanto, mais resistente, podendo ser utilizado na produção de objetos que devem ser resistentes a impactos (BASTOS JUNIOR, 2018).

Uma dúvida muito recorrente é se as paredes são frágeis. Para tirar a prova, uma equipe da construtora Iforms fez um teste no qual submetia uma parede com formas de ICF a diversas marretadas, fazendo um buraco depois de 24 marretadas (FIG. 11). Em caso de *drywall*, bloco de concreto, ou até mesmo em paredes de alvenaria comum (blocos cerâmicos), os resultados seriam diferentes. É possível notar as barras de aço na vertical e horizontal que são envolvidas por concreto, trazendo mais segurança (ROCHA, 2021).

Figura 11 – Teste de resistência



Fonte: Rocha (2021)

2.2.1 Etapas construtivas

Segundo Bastos Junior (2018), as etapas construtivas com formas de ICF se dividem da maneira apresentada no fluxograma da FIG. 12.

Figura 12 – Etapas construtivas com formas de ICF



Fonte: as autoras (2021).

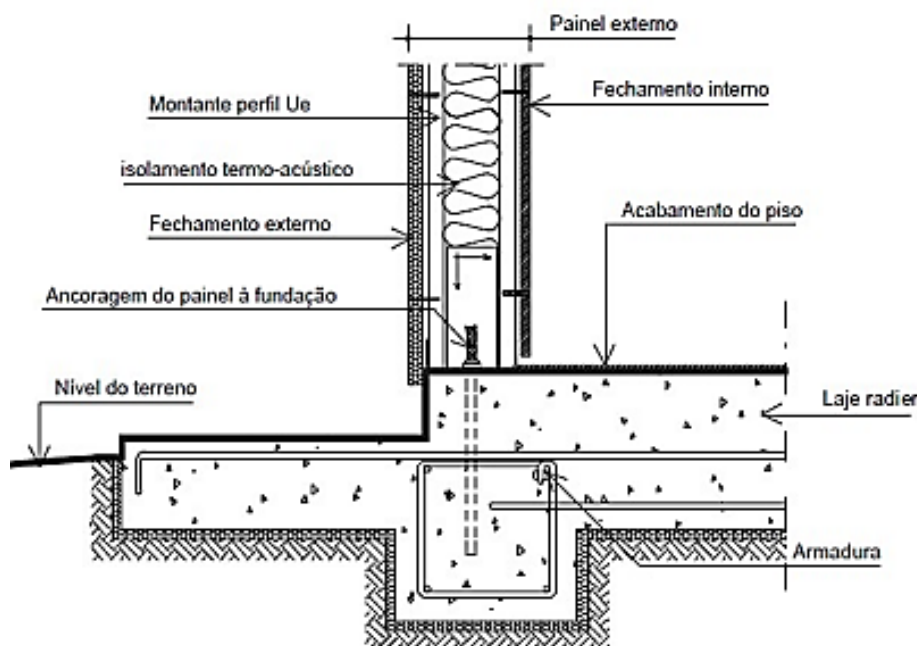
2.2.1.1 Fundação

As fundações de um modo geral necessitam de uma impermeabilização de boa qualidade, para que não venha ocorrer no futuro problemas com umidade e infiltração. Vale frisar que a efetividade da estrutura requer um projeto e execução de excelência da fundação, ainda que o clima local não seja favorável à essas patologias (GONÇALVES, 2013).

A fundação é a responsável por absorver os esforços causados pela superestrutura e transmiti-lo para o solo. O sistema construtivo ICF pode ser montado em diversos tipos de alicerces, a preferência será devido ao cálculo estrutural e da distância entre as barras de aço e seu diâmetro. Contudo é recomendado uso de fundações rasas, como: radier e sapata corrida, por se tratar de um sistema autoportante, mas podem ser utilizados outros tipos de fundações também. (SANTOS, 2020).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), o radier é membro de fundação superficial, que envolve todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos. Aquino e Arantes (2019) caracterizam o radier como uma laje que pode ser feita em concreto protendido, concreto armado e concreto reforçado com fibras de aço, aplicada em toda a área que haverá o recebimento de cargas que serão repartidas de maneira igual no terreno. Sua performance depende da qualidade do concreto e das propriedades do solo. A FIG. 13 exemplifica a estrutura de um radier.

Figura 13 – Corte e detalhamento de um radier

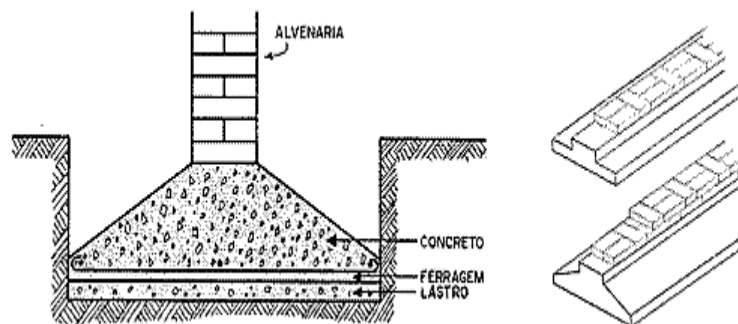


Fonte: Castro (2005).

Nesse contexto, a NBR 6122 (ABNT, 2010) classifica uma sapata corrida como aquela sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de três ou mais pilares ao longo de um mesmo alinhamento, desde que representem menos de 70% das cargas da estrutura.

A sapata corrida, exemplificada na FIG. 14, é um tipo de fundação apropriado para edificações com paredes portantes, pois a disposição das cargas é contínua ao longo das paredes. Esse tipo de fundação é bem semelhante ao baldrame, já que são compostas de vigas feitas em concreto armado, blocos de concreto e alvenaria locadas sob painéis estruturais. Geralmente são utilizadas em áreas nas quais os terrenos apresentam resistência elevada (FREITAS e CASTRO, 2006).

Figura 14 – Esquematização sapata corrida



Fonte: Construção Civil (2012).⁷

2.2.1.2 Blocos de fundação ou ancoragem das formas

A ancoragem é um processo no qual a estrutura necessita estar presa à fundação, para que a transmissão de esforços impeça um possível deslocamento desfavorável futuramente. O modelo de ancoragem varia de acordo com o tipo de fundação adotada, que tende a suprir as solicitações as quais são expostas, tais como, intempéries, furacões, abalos sísmicos. Seu dimensionamento é elaborado de acordo com o cálculo estrutural (BASTOS JUNIOR, 2018).

Segundo Santos (2021), existem três formas de posicionar as barras de arranque. A primeira é em “L”, que são colocadas e amarradas à armadura da fundação antes do início da concretagem. A segunda é lançar os arranques antes da secagem total do concreto da fundação; e a terceira o lançamento é feito logo após a concretagem e secagem deste concreto,

⁷ <https://construcaociviltips.blogspot.com/2012/02/sapatas-corridas-construcao-de-casas.html>. Acesso em: outubro de 2021.

para isso, a estrutura é perfurada e é fixado o arranque por meio de um adesivo estrutural de base epóxi.

Logo após a realização da fundação é realizada a ancoragem, em que serão colocados bitolas ou varões de aço CA60 com um espaçamento de 30 cm uns dos outros, que exercerão a função de arranque. Em seguida, inicia-se a primeira fiada (FIG. 15) das formas de EPS (GONÇALVES, 2013).

Figura 15 – Levantamento da primeira fiada das formas de EPS



Fonte: Rocha (2021).

A princípio, antes do levantamento da primeira fiada, deve-se marcar as posições das futuras paredes com o auxílio de um gabarito de madeira. Então deverá ser escolhido um local de início de preferência em um dos cantos da construção, logo em seguida é feito o posicionamento das formas obedecendo o alinhamento dos arranques e das paredes, que devem estar com suas faces alinhadas às linhas do gabarito, prontamente é feita a concretagem da fiada inicial (ROCHA, 2021).

2.2.1.3 Estrutura

Logo após a primeira fiada, os cantos e locais de ligação devem ser cortados, para que haja passagem de barras de aço horizontal e também a passagem do concreto. O encaixe das formas deverá ser feito de forma intercalada, para que ocorra um melhor travamento nas amarrações, elas podem ser colocadas de modo com que as ímpares fiquem na mesma posição dos pares (FIG. 16). Para que os vergalhões fiquem presos aconselha-se que sejam feitos recortes destes com tamanho igual ao da seção interna das formas, assim eles servirão de suporte para a barra que está na horizontal e que realizará a força de travamento na vertical das formas para baixo (ROCHA, 2021).

Figura 16 – Amarração das formas



Fonte: Rocha (2021).

A partir daí começa o processo de concretagem podendo ser feito manualmente ou com bomba, com se verifica na FIG. 17. Santos (2021) destaca que no procedimento manual, deve ser conferido o traço do concreto para que esteja de acordo com o projeto, é recomendado 20 Mpa e Slump⁸ 18 ± 2 . No início da concretagem é feito uma proteção dos dentes do encaixe com cano PVC meia cana (cortado ao meio). No apuramento do concreto pode-se usar uma ferramenta adaptada para fazer a vibração do concreto. O preenchimento com a bomba é feito através de um tubo flexível sendo aconselhável começar pelo suporte das janelas e ir enchendo tudo ao redor até que esteja totalmente preenchido.

Figura 17 – Concretagem manual e por bombeamento



Fonte: Rocha (2021).

2.2.1.4. Instalações e revestimentos

A fim de dar andamento nas instalações hidráulicas e elétricas, é feito o recorte (FIG. 18) na parte externa das formas para que facilite uma possível manutenção futura. Neste

⁸ Teste que avalia a trabalhabilidade/ou fluidez do concreto.

recorte geralmente é utilizado uma faca quente, que agiliza o processo de recorte e reduz a produção de resíduos (SANTOS, 2021).

Figura 18 – Demonstrativo de furação e fechamento de formas



Fonte: Bastos (2018).

Ao término das instalações hidros sanitárias e elétricas inicia-se o processo de revestimento das paredes, como demonstra a FIG. 19. No caso de revestimento convencional, o chapisco torna-se indispensável já que permite a aderência do reboco, que por sua vez é feito de forma usual, com espessura de 15 a 20 mm e com aditivos incorporados em seu traço para obter melhor desempenho. No que diz respeito à fixação de objetos de até 40 quilos, pode-se utilizar bucha tipo borboleta, produzindo carga apenas no reboco. Para cargas maiores que 40 quilos, recomenda-se utilizar uma bucha maior, fixando-a diretamente no concreto armado (ROCHA, 2021).

Figura 19 – Revestimento de formas de EPS



Fonte: Rocha (2021).

2.2.1.5 Laje e forro

As formas de EPS podem ser utilizadas como caixarias para laje, como mostra na FIG. 20, diminuindo o tempo de andamento desta etapa, consequentemente obtendo uma economia de madeira e mão de obra para montagem. Com esta finalidade, é feito um corte em formato “J”, a altura do corte, os sentidos da laje, os esforços e as outras especificações serão feitas de acordo com o projeto. As lajes treliçadas (pré-moldadas) são as mais usadas atualmente, podendo ser empregadas entre apoios que possuem no máximo 8 metros, já para vãos maiores com até 12 metros são utilizadas vigotas protendidas (ROCHA, 2021).

Figura 20 – Laje em sistema ICF



Fonte: Rocha (2021).

Quanto às coberturas, não há restrição no tipo de cobertura a ser empregada, seja ela em telhado aparente, embutido, no caso das edificações com platibanda, laje impermeabilizada (FIG. 21), já que as paredes desempenham a função estrutural suportando a carga exercida pela cobertura.

Figura 21 – Cobertura em construções com formas de ICF



Fonte: Iforms (2021).

2.2.1.6 Isolamento Térmico

De acordo com BASTOS JUNIOR (2018), a ação termo isolante é um benefício do emprego de EPS nos painéis de ICF, o que possibilita uma diminuição de até 15 °C do clima externo para o interno, tornando-se um ambiente mais agradável e evitando possíveis gastos com sistemas de refrigeração. Este resultado é devido a estrutura das células fechadas que constitui o EPS, já que são ocupadas por ar que complica a troca de calor com o ambiente exterior.

2.3 Comparação entre ICF e alvenaria convencional

A alvenaria convencional é o método construtivo mais comum, traz a segurança e comodidade como um dos principais motivos de sua utilização. Construída com blocos cerâmicos, de barro ou de concreto elas exercem seu papel de maneira eficiente no campo de obras, porém, a alvenaria convencional não é sinônimo de inovação. O ICF já é um método moderno de construção, e traz a inovação e segurança aliadas à sustentabilidade.

A alvenaria convencional traz como vantagens: mão de obra capacitada fácil de encontrar; resistência ao fogo, como seus componentes não são inflamáveis esse tipo de construção compactua com as ações antichamas; resistência mecânica elevada; durabilidade dos componentes e resistência à água chamam atenção em relação a sua conservação. Além disso, esse sistema estrutural possibilita projetos vantajados e versáteis e grandes reformas.

Como desvantagem, a alvenaria convencional traz: alto valor econômico, onde todos os produtos e serviços são caros; tempo de execução longo, esse é um dos grandes problemas na construção civil, onde o tempo de entrega de serviços são exageradamente longo; gera muito entulho, ocorre muito desperdício de material e grande geração de resíduos no canteiro de obra deixando a obra também mais suja. A FIG. 22 traz uma imagem de um canteiro de obras em alvenaria convencional.

Já o Sistema de ICF traz consigo a facilidade de construção, os blocos de EPS são leves e de fácil montagem, canteiro de obras mais limpo gerando menos resíduos, como não tem blocos cerâmicos todo o canteiro trabalha com muito menos sujeira e entulhos; facilidade em transpassar conduítes e parte elétrica; diminuição do tempo de obra, como as placas são mais leves, o processo é bem mais rápido e eficiente; isolamento térmico e acústico que são muito vantajosos e é a grande procura das pessoas quando pensam em privacidade. A FIG. 23 mostra parte de uma parede de ICF.

Figura 22 – Canteiro de obras de construção em alvenaria convencional



Fonte: AECWEB.

Figura 23 – Modelo de parede em ICF



Fonte: ICF Rio Pomba (2021).

A desvantagem desse método (ICF) se dá pela restrição do número de pavimentos do projeto alcançando o número máximo de sete, pela limitação quanto a reformas e mudanças

na estrutura, como nova abertura de janelas e portas após o processo de cura do concreto (BLAIR, s.d.). Por se tratar de um método relativamente novo, ainda proporciona desconfiança por parte dos usuários e, por isso, ainda é pouco difundido no país.

Com esta perspectiva, Jesus e Andressa (2018) fizeram um comparativo entre os sistemas construtivos, chegando aos seguintes resultados em relação ao desempenho térmico e fluxo de atividades mostrados na FIG. 24.

Figura 24 – Comparativo entre alvenaria convencional e ICF

Sistemas	Desempenho térmico	Fluxo de atividades	Custo
Alvenaria convencional			
Sistema ICF			
Legenda:	 - Sistema com o maior desempenho  - Sistema com o desempenho intermediário  - Sistema com o menor desempenho		

Fonte: Jesus e Andressa (2018). Adaptada pelas autoras.

Com base nesta figura, pode-se dizer que o sistema de ICF teve melhor desempenho térmico e de fluxo de atividades em relação a alvenaria convencional.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com finalidade de incentivar o uso de novas tecnologias construtivas que aperfeiçoem as técnicas de produtividade, tanto para fins sociais quanto econômicos, é primordial que os profissionais e estudantes da área estejam inteirados às possibilidades que podem surgir.

Neste sentido, a revisão de literatura apresentada neste trabalho permitiu conhecer melhor o sistema construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF), buscando apresentar informações a respeito de suas características, mostrando que este método é viável tanto no que diz respeito à agilidade dos prazos de execução e custo/benefício quanto em seu desempenho termoacústico.

Além disso, pode-se notar que a escolha do método mais satisfatório requer uma análise criteriosa, pois depende do tipo de construção, características da edificação e do terreno, disponibilidade de materiais e mão de obra qualificada, etc.

De acordo com os estudos apresentados, foi possível observar o que ICF possui um desempenho melhor quando comparado com o sistema convencional, mostrando sua alta eficiência e, como consequência, a necessidade do conhecimento de novas metodologias de construção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**. Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria Parte1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

BASTOS JUNIOR, Achilles Pinheiro *et al.* **Análise de viabilidade econômica do método construtivo insulated concrete forms para construção de habitações**. 2018.

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

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Sapatas de fundação. **Notas de Aula do Curso de Estruturas de Concreto III. UNESP. Bauru**, 2016.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de **Resíduos Sólidos** (PNRS). European Commission, (1996).

CASTRO, Renata CM de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. 2005a. 231p. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

CRASTO, Renata CM de; FREITAS, Arlene MS; SANTIAGO, A. K. Steel Framing: Arquitetura. **Rio de Janeiro**, 2006.

DA ROCHA, J. F. **IFORMS**: “O novo tijolo do Brasil”, 2021. Disponível em: Produtos | Produtos (iforms.com.br). Acesso em: outubro de 2021.

DE AQUINO, Fernando Rodrigo; ARANTES, André Luiz Oliveira. Estudo técnico para viabilidade de uso de radier sobre solos colapsáveis em obra de habitação popular. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, v. 10, n. 2, p. 92-110, 2019.

DE BARROS, Mercia Maria S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. 1998.

DE JESUS TAINARA, Andressa Campelo; BARRETO, Maria Fernanda Fávero Menna. Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf). **E&S Engineering and Science**, v. 7, n. 3, p. 12-27, 2018.

ESCOLA ENGENHARIA, O que é Graute? Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/graute/>. Acesso em Dezembro de 2021.

FIGUERÊDO Patrícia. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. Disponível em: <<https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civilrepresenta-6-2-do-pib-brasil.html>>. Acesso em: novembro de 2021.

GOMES, Jarbas Herinson Dias et al. Análise Comparativa do sistema construtivo de alvenaria convencional e sistema construtivo de alvenaria estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac** ISSN, v. 2178, p. 6925, 2018.

GONÇALVES, Carlos Jorge Pereira. **Construção Modular: Análise Comparativa de Diversas Soluções**. Aveiro, 2013.

ICF BUILDER – THE INSULATING CONCRETE FORMS MAGAZINE. History of ICF's. Disponível em: <https://www.icfmag.com/2011/02/history-of-icfs/>. Acesso em: outubro de 2021.

ICF CONSTRUTORA. Conheça o sistema construtivo ICF. Disponível em: <http://www.icfconstrutora.com.br/sistema-construtivo-icf/conheca-o-sistema>. Acesso em: setembro de 2021.

KLEIN, Bruno Gustavo; MARONEZI, Vinícius. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Light Steel Frame para construção de conjuntos habitacionais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LUEBLE, Ana RCP. Construção de habitações com painéis de eps e argamassa armada. In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, SP. 2004.

MENDES, Gabriela Fagundes. **Índice Global de Impacto dos métodos construtivos Light Steel Frame e alvenaria convencional**. 2021.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo, v.147, n. 17, julho. 2009. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/146/artigo141977-3.asp> >. Acesso em: novembro de 2021.

NUNES, Valmiro Quéfren Gameleira. Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado. São Carlos. **Dissertação (Mestrado)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo**, 2011.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. Alvenaria Estrutural sistema construtivo. Universidade São, 2007.

PEREIRA, C. **O que é concreto armado?** Escola de Engenharia, 2020. Disponível em: O que é Concreto Armado? - Escola Engenharia. Acesso em: outubro de 2021.

PIERSON, Robert J. **The History of ICFs**. 2011. Green Harbor Building Systems, 2011. Disponível em: <http://www.icf-green-building-systems-ga.com/insulating-concrete-forms-green-building-materials-information-georgia/history-of-insulated-concrete-forms.html>. Acesso em outubro de 2021.

PRUDENCIO JR, L. R.; DE OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto. Florianópolis: [s.n.], 2002. 208 p.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2003.

SANTOS, Everton de Britto. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SANTOS, Túlio César de Carvalho; BERZOINI, Isabela Dianim. **Sistema construtivo insulated concrete forms (ICF): Estudo de caso viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade na construção**. 2020.

SILVA, F. N. **Análise comparativa entre lajes em concreto armado e concreto protendido**. Recife, 2015.

SOUZA, MARILSA INÊS; MURTA, MIRNA MOREIRA. **Patologias, recuperação e reforço estrutural em concreto armado**. 2012.

TAVARES, Jadson Henrique. **Alvenaria Estrutural: Estudo bibliográfico e definições**. Mossoró, 2011

THOMAS, E. et al. **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. Artigo científico, 2009.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. **COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS**, v. 1, n. 1, 2014.