

ANÁLISE COMPARATIVA TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM PAINEL MONOLÍTICO DE EPS, LIGHT STEEL FRAME E CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DE CASO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES

Wanderson de Andrade Simplício

Orientadora: Prof. Dra. Nathaly Sarasty Narváez

Linha de pesquisa: Cidade, Infraestrutura Urbana, Tecnologia e Projeto

RESUMO

O artigo realiza uma comparação detalhada entre três modelos construtivos: Painel Monolítico de EPS, *Light Steel Framing (LSF)* e Estrutura Convencional de Concreto Armado. O objetivo é fornecer uma base sólida para a escolha do método mais eficaz e economicamente vantajoso. A pesquisa justifica-se pela necessidade de inovação na construção civil, especialmente em projetos de habitação social, devido à falta de informações específicas sobre os diferentes métodos disponíveis. O estudo busca explorar tecnologias construtivas inovadoras e identificar soluções eficientes e economicamente viáveis para o município de Querência. Os objetivos incluem avaliar as vantagens e desvantagens técnicas de cada método bem como a análise econômica. Utilizando uma abordagem de estudo de caso, a metodologia envolve uma revisão bibliográfica e análise de dados técnicos e econômicos. Os resultados indicam que o sistema *LSF* é a opção mais econômica. Além da vantagem econômica, o *LSF* demonstra eficiência construtiva superior, com prazos de execução mais curtos, leveza estrutural, e benefícios adicionais como eficiência térmica, isolamento acústico e redução significativa de resíduos de construção. A conclusão do artigo enfatiza a importância de uma análise abrangente e fundamentada na escolha do método construtivo, considerando as variáveis específicas de cada projeto. As peculiaridades regionais também podem impactar significativamente os custos e a implementação de cada tecnologia. Portanto, é essencial uma escolha com base técnica e econômica para garantir que o método construtivo selecionado atenda de maneira eficaz às necessidades específicas de cada projeto e localidade. O artigo contribui para a inovação na construção civil, especialmente em habitação social, ao oferecer uma análise comparativa que auxilia na escolha do método construtivo mais adequado, considerando eficiência, custo e adaptabilidade às condições locais.

Palavras-Chaves: Painel Monolítico em EPS. habitação popular. método construtivo. orçamento.

ABSTRACT

The article conducts a detailed comparison between three construction models: Polystyrene Sandwiched Concrete Panels, Light Steel Framing (LSF), and Conventional Reinforced Concrete Structure. The objective is to provide a solid foundation for choosing the most effective and economically advantageous method. The research is justified by the need for innovation in civil construction, especially in social housing projects, due to the lack of specific information about the different available methods. The study aims to explore innovative construction technologies and identify efficient and economically viable solutions for the municipality of Querência. The objectives include evaluating the technical advantages and disadvantages of each method, as well as conducting economic analyses. Using a case study approach, the methodology involves a literature review and the analysis of technical and economic data. The results indicate that the LSF system is the most economical option. Besides the economic advantage, LSF demonstrates superior construction efficiency, with shorter execution times, structural lightness, and additional benefits such as thermal efficiency, acoustic insulation, and significant reduction of construction waste. The article's conclusion emphasizes the importance of a comprehensive and well-founded analysis in choosing the construction method, considering the specific variables of each project. Regional peculiarities can also significantly impact the costs and implementation of each technology. Therefore, a choice based on technical and economic criteria is essential to ensure that the selected construction method effectively meets the specific needs of each project and locality. The article contributes to innovation in civil construction, especially in social housing, by offering a comparative analysis that assists in choosing the most suitable construction method, considering efficiency, cost, and adaptability to local conditions.

Keywords: Expanded polystyrene sandwiched concrete panels. social housing. construction method. budget.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo realiza uma análise abrangente da viabilidade técnica e econômica para a implementação de habitações populares no contexto urbano do município de Querência, Mato Grosso, com um enfoque particular na inovação e aplicação de técnicas construtivas na indústria da construção. O objetivo consiste na avaliação detalhada das características técnicas e dos custos associados a três métodos construtivos disponíveis na região: Painel Monolítico em EPS, *LSF* e Estrutura Convencional de Concreto Armado.

A pesquisa justifica-se pela urgência de inovação na construção civil, especialmente para habitação social, devido à carência de informações técnicas específicas. Este estudo sublinha a necessidade crucial de uma avaliação abrangente dos custos e benefícios neste contexto. A observação de Souza (2013), que destaca a prevalência do concreto armado convencional como método construtivo dominante em habitações no Brasil, realça a importância deste estudo. Apesar da ampla adoção desse sistema, desafios significativos, como baixa produtividade, desperdício de materiais e custos elevados, são enfrentados em comparação com alternativas tecnológicas mais modernas.

O estudo identifica as vantagens e desvantagens técnicas de cada método, considerando aspectos como custo, prazo, peso, limitações de altura, isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, durabilidade, resíduos, sustentabilidade e flexibilidade arquitetônica. Além disso, será realizada uma análise econômica minuciosa dos custos para determinar o método mais econômico. A combinação dessas análises permitirá uma avaliação fundamentada e abrangente, essencial para a escolha do método construtivo mais adequado às necessidades específicas de habitação social em Querência.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso, centrado na análise explicativa de situações-problema reais. Foram selecionadas três tipologias de sistemas construtivos: Painel Monolítico em EPS, *LSF* e Estrutura Convencional de Concreto Armado, devido à sua relevância no mercado da construção civil e sua

disponibilidade para habitações populares no município de Querência-MT durante o período da investigação.

O estudo envolveu pesquisa bibliográfica e análise de dados técnicos e econômicos. A revisão da literatura foi focada em tecnologias construtivas, especialmente em estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria de bloco cerâmico, Painel Monolítico em EPS e *LSF*. Foi realizada uma análise comparativa de custos e técnicas para identificar o método mais eficaz para a construção de habitações de interesse social em Querência, Mato Grosso.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na construção civil, diversos métodos construtivos demandam um estudo aprofundado no desenvolvimento do projeto. É crucial que a concepção do sistema construtivo seja integrada e desenvolvida de forma harmoniosa, considerando diversas soluções com técnicas e custos esperados.

Conforme Rabelo (2000), a concepção estrutural não é arbitrária, mas depende de fatores externos como estética, custos, possibilidades construtivas, materiais, entre outros. É fundamental coordenar essas variáveis para encontrar soluções estruturais criativas e bem embasadas. No projeto de arquitetura, é essencial conhecer as várias possibilidades de estruturas para a construção civil. Para Rabelo (2000), a estrutura é um conjunto de elementos que, no caso das edificações, torna-se o caminho pelo qual as forças que atuam sobre ela devem transitar até chegar ao solo.

Os sistemas estruturais podem ser de alvenaria estrutural, aço, madeira, concreto, ou outras tecnologias, visando suportar os carregamentos de projeto. Assim, segundo Santos (2017), o sistema é um conjunto de elementos interconectados visando um objetivo geral, sendo que, no caso dos sistemas estruturais, esse objetivo é suportar os carregamentos que incidem sobre a estrutura e conduzi-los de forma segura para o solo.

3.1 Sistemas Construtivos

No Brasil, uma variedade de sistemas construtivos é empregada na edificação de diversos tipos de construções, incluindo habitações sociais, como aquelas que estão em estudo para implementação no município de Querência, o foco deste estudo de caso. Os sistemas construtivos em Painel Monolítico em EPS, LSF e Estrutura Convencional de Concreto Armado apresentam variações significativas em relação a custo, prazo de execução, peso da estrutura, limitação de altura, desempenho de isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, durabilidade e geração de resíduos. Isso torna essencial a seleção cuidadosa do sistema mais adequado para atender aos requisitos do projeto. Para compreender cada um desses sistemas construtivos, é fundamental, inicialmente, uma explanação breve e concisa sobre sua origem e composição.

3.1.1 *Painel monolítico em EPS*

Segundo Moura e Santos (2019), os painéis monolíticos foram desenvolvidos inicialmente na Itália na década de 1980, visando adaptar-se às condições climáticas locais e oferecer maior resistência a terremotos, além de proporcionar isolamento térmico e acústico. No Brasil, o método foi introduzido no final do século XX, integrando EPS a malhas de aço e revestimento de argamassa reforçada, resultando em um sistema leve e resistente (Araújo *et al.*, 2022).

Segundo Alves (2015), o sistema construtivo em painel monolítico em EPS possibilita a construção de habitações e edifícios variados, como o caso do Hotel Paradiso Playa (Figura 1), localizado na Argentina.

Figura 1 - Hotel Paradiso Playa



Fonte: EMMEDUE - <https://www.mdue.it/pt/galeria.php>. Acesso em 13/10/2023

3.1.2 ***Estrutura em concreto armado com fechamento em bloco cerâmico***

O concreto armado, originário da Europa no século XIX, emergiu como resposta a um desafio significativo daquele período: a baixa resistência à tração do concreto. Este último era empregado como uma espécie de "pedra artificial" (Botelho, 2006). Hoje, o concreto armado é amplamente utilizado na construção de grandes edifícios e infraestruturas, como pontes, viadutos e passarelas.

Conforme Teatini (2016), o concreto armado (Figura 2) é um material estrutural que resulta da combinação de concreto simples com armadura passiva. Esses componentes atuam conjuntamente para resistir aos esforços aos quais a estrutura está submetida, garantindo maior durabilidade e resistência.

Figura 2 - Estrutura em concreto armado.



Fonte: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br>. Acesso em 21/10/2023

3.1.3 **LSF**

De acordo com Aragão (2022), a origem do sistema construtivo comumente conhecido como *LSF* (Figura 3) data do século XIX. Esse método surgiu como uma resposta às necessidades urgentes de novas habitações, decorrentes de catástrofes naturais da época. Diante da incapacidade dos métodos tradicionais de atender a essa demanda de maneira eficiente, optou-se pela adoção de técnicas construtivas que fossem rápidas e práticas, utilizando materiais disponíveis localmente.

Figura 3- LSF.



Fonte: Campos, 2014

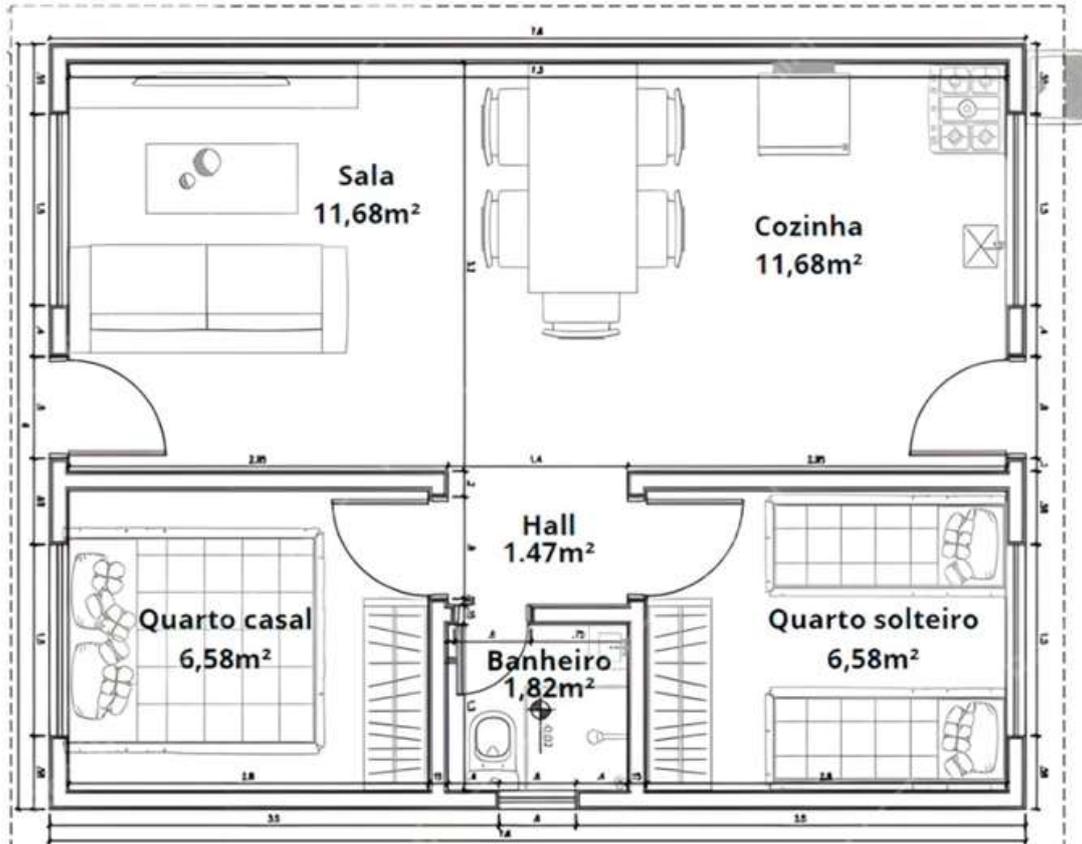
Rocha (2017) destaca que a inclusão do termo "*light*" na nomenclatura do sistema de construção *Steel Framing* ou *Light Steel Framing (LSF)* reflete sua principal característica: a leveza. Esta vantagem se traduz em uma redução significativa do peso das estruturas quando comparadas a outras técnicas construtivas, resultando em edificações com uma estrutura de aço mais leve.

Campos (2014) explica que o sistema *LSF* é uma evolução do *LWF*, um método construtivo autoportante em madeira amplamente utilizado na América do Norte, especialmente no Canadá e nos Estados Unidos. Originado na primeira metade do século XIX, este sistema emprega montantes de madeira e fechamento com placas também de madeira. Santiago, Freitas e Castro (2012) observam que a necessidade de expansão rápida das cidades na época criou o ambiente ideal para a popularização do *LWF*.

4 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA

A análise de custos para os sistemas mencionados possibilitará uma avaliação crítica sobre o método mais econômico para a região. O estudo de caso concentra-se em um modelo de projeto de arquitetura residencial unifamiliar térrea, para construção de 10 unidades habitacionais (Figura 4), composto por dois quartos, cozinha, sala de estar, banheiro e hall de entrada, totalizando uma área de 45,60m².

Figura 4 - Planta baixa de arquitetura.



Fonte: Costa, 2022

4.1 Análise de custos

Para a análise de custo foram considerados 6 orçamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Orçamentos e nomenclaturas.

Orçamento	Código	Descrição
1	Orc-CUB	Orçamento estimado pelo CUB - Custos Unitários Básicos de Construção
2	Orc-SCCA	Orçamento modelo paradigma utilizando o sistema construtivo em estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria de bloco cerâmico
3	Cot-PMEPS	Cotação sistema construtivo em Painel Monolítico em EPS
4	Cot-SCCA 1	Cotação sistema construtivo em estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria
5	Cot-SCCA 2	Cotação sistema construtivo em estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria
6	Cot-SCLSF	Cotação utilizando o sistema construtivo em LSF

Fonte: Autoria própria, 2023

4.2 Vantagens e desvantagens entre os métodos construtivos

Para avaliar as vantagens e desvantagens de cada método construtivo, será realizada uma análise abrangente de 11 itens específicos (Figura 5).

Figura 5 - Itens para análise das vantagens e desvantagens de cada método construtivo.



Fonte: Autoria própria, 2023

4.2.1 Custo da obra

Por meio de cotações de mercado e elaboração de orçamentos (Tabela 2), o SC-LSF mostrou-se mais econômico em comparação aos sistemas SC-CA e SC-PMEPS.

Tabela 2 - Comparativo de custos de obras.

Sistema construtivo	Custo (R\$)			Diferença de custo em relação ao SC-LSF	
	Por m ²	1 casa	10 casas	%	R\$
Cotação de mercado					
Cot-SCLSF	2.653,51	121.000,00	1.210.000,00	-	-
Cot-PMEPS	2.807,02	128.000,00	1.280.000,00	5,79%	70.000,00
Cot-SCCA 1	3.168,18	144.468,82	1.444.688,20	19,40%	234.688,20
Cot-SCCA 2	4.057,02	185.000,00	1.850.000,00	52,89%	640.000,00
Custo de referência - CUB e orçamento paradigma					
Orc-CUB	3.618,98	165.025,49	1.650.254,90	36,38%	440.254,90
Orc-SCCA	3.465,94	158.046,65	1.580.466,45	30,62%	370.466,45

Fonte: Autoria própria, 2023

4.2.2 **Prazo de execução**

Dentre as propostas de preços recebidas através de cotações de mercado, os prazos estabelecidos para a execução das obras são os seguintes: a construção de 10 habitações populares em SC-LSF levaria 60 dias, em SC-PMEPS 90 dias e em SC-CA 150 dias.

4.2.3 **Peso da estrutura da parede**

A SC-PMEPS é constituída por concreto, malha de aço e EPS. De acordo com a ABNT NBR 6120 (2019), que estabelece normas para o cálculo de estruturas de edificações, o concreto projetado com resistência característica à compressão (F_{ck}) de 25 MPa e espessura de 3,5 cm apresenta um peso específico aparente médio de 2141 kg/m³. A malha de aço, conforme a tabela de peso para aço Gerda (2024), modelo Q61, com diâmetro de fio de 3,4 mm e espaçamento entre fios de 15 cm, possui um peso de 0,97 kg/m². O EPS, de acordo com a ABNT NBR 11752 (1993), que trata de materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil, apresenta um peso específico que varia de 13 a 16 kg/m³, adotando-se 15 kg/m³ para o cálculo do peso da parede. Ao integrar esses três elementos que formam a parede - malhas de aço, placas de EPS e concreto - o peso total aproximado do SC-PMEPS é de 153,16 kg/m² de parede.

Conforme a ABNT NBR 6120 (2019), que trata das ações para o cálculo de estruturas de edificações (Tabela 21), a alvenaria de bloco cerâmico vazado, com espessura de 14 cm, possui um peso de 1,9 kN/m², o que equivale a aproximadamente 194 kg/m².

De acordo com informações da AECWEB (2023), o uso do sistema de placa cimentícia nos sistemas construtivos SC-LSF oferece diversas vantagens em comparação ao SC-CA. Entre elas, destaca-se a possibilidade de reduzir cerca de 25% do peso da alvenaria. Considerando que o peso da alvenaria em bloco cerâmico é de 194 kg/m², e levando em conta a redução de 25% no peso quando se utiliza o sistema Steel Frame, estima-se que o peso por metro quadrado de parede do SC-LSF seja de aproximadamente 48 kg/m², dependendo das especificações do projeto.

4.2.4 **Limitação de altura**

Segundo EMMEDUE (2009), com o SC-PMEPS pode-se construir edifícios de até 6 andares. Para o INBEC (2023), ABCEM (2021) e CELERE (2021), para o SC-LSF é recomendado uma altura máxima de cinco pavimentos. Em contrapartida, o SC-CA não apresenta limitações de altura.

4.2.5 **Isolamento térmico**

Conforme o INMETRO (2013), a alvenaria construída com blocos cerâmicos apresenta um eficiente isolamento térmico, registrando uma média de transmitância térmica global de 2,46. O INMETRO (2013) também destaca o notável isolamento térmico da parede construída com o SC-LSF, com uma transmitância térmica global de 0,45. Em relação ao EPS, conforme Bertoldi (2007), uma parede de 15 cm de EPS apresenta uma transmitância térmica de 0,43.

4.2.6 **Isolamento acústico**

Costa (2016) realizou medições em campo para comparar os índices de isolamento sonoro entre o SC-LSF e o SC-CA, obtendo valores de 52 dB e 33 dB, respectivamente. Segundo a EMMEDUE (2024), em seu manual técnico, o SC-PMEPS apresenta um índice de isolamento acústico de 41 dB. Verificou-se que os três métodos construtivos atendem à ABNT NBR 15575-4 (2021), que determina um nível mínimo de 30 dB de isolamento acústico em paredes para habitações residenciais.

4.2.7 **Resistência ao fogo**

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 15575-4 (2013), que define os critérios para sistemas de vedação vertical tanto internos quanto externos, e pela ABNT NBR 14432 (2001), que estabelece as exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações, observa-se a necessidade das paredes das edificações residenciais de até cinco pavimentos manterem resistência ao fogo por, pelo menos, 30 minutos.

Segundo a Metalluxbellem (2018), empresa no ramo de LSF, a maioria dos insumos utilizados no SC-LSF são resistentes a chamas ou autoextinguíveis, evitando a propagação do fogo. As placas cimentícias, por exemplo, que são bastante utilizadas nas construções com o SC-LSF, têm um Tempo Requerido de Resistência a Fogo (TRRF) superior a 120 minutos. Para o Painel Monolítico em EPS, segundo o manual técnico da EMMEDUE, em um ensaio realizado pela Universidade de Santiago do Chile, o tempo de resistência ao fogo foi de 120 min. Quanto à alvenaria em bloco cerâmico, a pesquisa conduzida por Rosemann (2011) abordou um estudo experimental sobre a resistência ao fogo das paredes construídas com blocos cerâmicos e constatou-se que os requisitos de estabilidade e estanqueidade da parede foram satisfatoriamente atendidos ao longo de 240 minutos de ensaio.

4.2.8 Durabilidade da edificação

Segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013), a vida útil projetada (VUP) para estrutura não pode ser inferior a 50 anos. Para Bastos (2021), o concreto armado apresenta uma durabilidade superior a 50 anos, dependendo de como foi construído, usado e conservado. De acordo com a Diretriz SINAT Nº 011, aplicada ao SC-PMEPS, os elementos de paredes devem ter VUP no mínimo igual 50 anos.

Para o SC-LSF, é fundamental atender aos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 15253 (2014), que delimita as características dos perfis utilizados nesse sistema. Conforme Adbarbieri (2021), ao manter o revestimento galvanizado proposto, o SC-LSF é capaz de assegurar uma VUP superior a 50 anos, mesmo em áreas litorâneas sujeitas à ação corrosiva do ambiente marinho.

4.2.9 Geração de entulho

Costa (2012), em uma análise abrangente de 35 empreendimentos de diversos tamanhos e portes implementados com o SC-CA, determinou que a média estimada para a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) é de 86,27 kg/m² de área construída. A pesquisa realizada por Souza, Santos e Lima (2021) consistiu em um estudo comparativo entre o SC-LSF e o SC-CA. Os resultados indicaram uma taxa de geração RCC de 1,04 kg/m² para o SC-LSF em uma área de 491,47

m², e de 3,96 kg/m² para uma obra de 15,28 m², verificando-se que quanto menor a obra, maior poderá ser o RCC.

Conforme a Metalluxbelen (2023), não é necessário o uso de recursos naturais como água para a execução do SC-LSF. Além disso, a produção de resíduos é menor; em uma obra com SC-LSF, é cerca de 1%, percentual similar ao apresentado por Souza, Santos e Lima (2021), enquanto no SC-CA esse número chega facilmente a 25%.

Nas obras que adotam o SC-PMEPS, os painéis são pré-fabricados, chegando à obra prontos para fixação. Até o momento, não foram localizados estudos que determinem a taxa de RCC específica para esse sistema construtivo. No entanto, devido à similaridade com o SC-LSF, que também é pré-fabricado, é possível que haja uma taxa de RCC bastante próxima entre eles, e significativamente abaixo do RCC para SC-CA.

4.2.10 Sustentabilidade - Agenda 2030

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2024), são 17 os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que contribuem para a implementação da Agenda 2030 no Brasil. Dentro dos 17 objetivos propostos pela Agenda 2030 da ONU, destacam-se quatro que se relacionam diretamente com a construção civil: ODS 7 – Energia Limpa e Acessível, ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis. A análise comparativa entre três sistemas construtivos diferentes revelou que os sistemas SC-LSF e SC-PMEPS são superiores em termos de eficiência energética, principalmente devido às suas propriedades de isolamento térmico. Essas características contribuem significativamente para a redução do consumo de dispositivos como aquecedores, ventiladores e ar-condicionado, diminuindo assim o consumo geral de energia elétrica. Em contraste, o sistema de concreto armado com fechamento em alvenaria apresentou uma performance inferior, com maiores índices de transmitância térmica.

A incorporação dos princípios da Agenda 2030 no setor de construção civil é

essencial, não apenas por fomentar a sustentabilidade nas edificações, mas também por promover uma integração harmoniosa desses princípios em múltiplas áreas de atuação. A eficácia dos sistemas SC-LSF e SC-PMEPS, demonstrada pela análise, sugere que essas tecnologias não apenas melhoram a eficiência energética, mas também reduzem a geração de RCC. Assim, a adoção dessas práticas sustentáveis é crucial para atingir os objetivos delineados pela Agenda 2030, contribuindo para um futuro mais sustentável para todos.

4.2.11 ***Flexibilidade na arquitetura***

Costa, Logsdon e Fabrício (2017) enfatizam a importância da flexibilidade em programas de moradia de baixa renda, destacando a necessidade de uma produção em grande escala, padronizada e de dimensões reduzidas. Segundo esses autores, a flexibilidade é uma solução estratégica para os desafios enfrentados pela produção em massa de moradias pelo governo, pois permite que os usuários personalizem seus espaços após a entrega. Lodi (2020) acrescenta que a flexibilidade arquitetônica facilita a adaptação dos espaços às mudanças na vida dos ocupantes, sublinhando a importância de projetos que priorizem essa característica.

Borges (2022) discute as inconsistências nos programas de habitação social no Brasil, atribuindo-as a fatores históricos. Ele argumenta que habitar transcende a materialidade da arquitetura, envolvendo aspectos mentais, experimentais e históricos que moldam a história das residências e da paisagem urbana ao longo do tempo. Borges também ressalta que a habitação digna em projetos de moradia social deve ser flexível e mutável, refletindo o direito à moradia sob o princípio da dignidade humana.

Quanto aos sistemas construtivos, é essencial considerar as diferenças em flexibilidade entre o SC-LSF, SC-PMEPS e SC-CA. O SC-LSF e o SC-PMEPS podem enfrentar desafios para modificações após sua implementação, devido à falta de mão de obra qualificada e de materiais específicos na região. Por outro lado, o SC-CA pode ser mais adequado para adaptações futuras devido ao seu processo construtivo consolidado no Brasil e ao uso de materiais comuns na construção civil. Vasconcellos (2021) destaca a importância de adaptar soluções

construtivas e dinâmicas de apropriação da habitação em diferentes contextos, incorporando a participação popular na definição de políticas públicas e projetos habitacionais.

4.2.12 *Análise comparativa das vantagens e desvantagens.*

Após a análise das vantagens e desvantagens de 11 itens (Figura 5, Item 4.2), tornou-se relevante compilar essas informações na Tabela 35. Esta compilação visa destacar os métodos construtivos que melhor podem atender ao projeto de habitação social abordado neste estudo de caso. A sistematização desses dados facilitará a elaboração de conclusões claras e objetivas sobre o tema.

Tabela 3 - Quadro comparativo das vantagens e desvantagens entre os sistemas construtivos

Sistema construtivo	SC-LSF	SC-CA	SC-PMEPS	Método mais vantajoso
Custo da obra (R\$/m ²)	2.653,51	3.168,18	2.807,02	SC-LSF
Prazo de execução (dias)	60	120	90	SC-LSF
Peso da parede (kg/m ²)	48	194	153,16	SC-LSF
Limitação de altura (Pavimento)	≤ 5	Sem limite definido	≤ 6	SC-LSF SC-CA SC-PMEPS
Isolamento térmico W/(m ² k)	0,45	2,46	0,43	SC-LSF
Isolamento acústico (dB)	52	33	41	SC-LSF
Resistência ao fogo (min)	120	240	120	SC-LSF SC-CA SC-PMEPS
Durabilidade (anos)	≥ 50	≥ 50	≥ 50	SC-LSF SC-CA SC-PMEPS
Geração de entulho (kg/m ²)	1,04	86,27	-	SC-LSF
Sustentabilidade - Agenda 2030	SIM	NÃO	SIM	SC-LSF SC-PMEPS
Flexibilidade na arquitetura	SIM	SIM	SIM	SC-LSF SC-CA SC-PMEPS

Fonte: Autoria própria, 2023

5 CONCLUSÕES

A construção em localidades distantes dos grandes centros urbanos, como Querência, Mato Grosso, enfrenta desafios significativos, como dificuldade de acesso a materiais, escassez de mão de obra qualificada e falta de empresas especializadas. Este estudo comparativo abordou aspectos técnicos e custos associados à implementação de habitações populares utilizando Painel Monolítico EPS (SC-PMEPS), *Light Steel Framing* (SC-LSF) e Estrutura Convencional de Concreto Armado (SC-CA) em Querência. A análise revelou que, ao contrário da hipótese inicial, o SC-LSF emergiu como a opção mais econômica, apresentando menor custo por metro quadrado, eficiência construtiva, prazo de execução de 60 dias, leveza estrutural e melhor desempenho térmico e acústico, além de menor geração de resíduos.

Em termos de altura, todos os sistemas atendem ao projeto de um pavimento térreo, com o SC-LSF recomendado para até cinco pavimentos, o SC-PMEPS para seis, e o SC-CA permitindo altura ilimitada dependendo do projeto. O SC-LSF e o SC-PMEPS demonstraram desempenho superior ao SC-CA em eficiência térmica e isolamento acústico, além de excederem os requisitos mínimos de resistência ao fogo e durabilidade. O SC-LSF se destacou na redução de resíduos de construção e demolição (RCC), alinhando-se com os princípios de sustentabilidade da Agenda 2030.

Em relação à flexibilidade arquitetônica, o SC-LSF e o SC-PMEPS oferecem possibilidades de personalização, mas podem enfrentar obstáculos devido à escassez de mão de obra especializada e materiais específicos, enquanto o SC-CA é mais viável para adaptações. A pesquisa concluiu que o SC-LSF é a melhor escolha para habitações sociais em Querência, considerando custo, tempo de execução, eficiência técnica e sustentabilidade.

Para futuros estudos, recomenda-se aprofundar a análise das patologias no SC-LSF e no SC-PMEPS, avaliar a adaptabilidade dos usuários ao SC-LSF e comparar técnicas construtivas em diferentes regiões, além de investigar a pegada de carbono dos métodos construtivos disponíveis no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABCEM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO METÁLICA. Light Steel Framing: normas para aplicação do modelo construtivo. São Paulo, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/blog/light-steel-framing-normas-para-aplicacao-do-modelo-construtivo>. Acesso em: 17 maio 2024.

ADBARBIERI. Durabilidade dos perfis de aço galvanizado no steel framing. [S. l.], 9 ago. 2021. Disponível em: <https://www.adbarbieri.com/pt-br/blog/durabilidade-dos-perfis-de-aco-galvanizado-no-steel-framing>. Acesso em: 7 jan. 2024.

AECWEB (Brasil). Steel Frame com placa cimentícia reduz ¼ do peso da alvenaria. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/empresa/placlux/29151/conteudo/steel-frame-com-placa-cimenticia-reduz-do-peso-da-alvenaria/12987>. Acesso em: 30 dez. 2023.

ALVES, J. P. O. Sistema Construtivo em Painéis de EPS. 2015. Graduação. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2015.

ARAGÃO, W. D.; SILVA, T. A. L.; MACEDO JÚNIOR, O. L.; BATISTA, J. de C.; CARVALHO, O. G. G.; RODRIGUES, A. S.; OLIVEIRA, Y. F. D. de.; SILVA, J. R. F. da.; OLIVEIRA, J. P.; SIRONI, J. F. Steel frame – Sustainable Construction and Comparison with Conventional Construction System. Research, Society and Development. Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 9, p. -, jul. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.32118. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32118>. Acesso em: 21 out. 2023.

ARAÚJO, I. C.; PEREIRA, I. N. A.; PINHEIRO, Érika C. N. M. Estudo do processo construtivo de um protótipo que servirá como base para uma residência unifamiliar utilizando painel monolítico em Manaus/Amazonas. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 70502–70521, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-003b. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54345>. Acesso em: 19 maio. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11752/1993: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14432/2001: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-1/2021: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-4/2021: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120/2019: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

BASTOS, Paulo Sergio. LAJES DE CONCRETO ARMADO. Disponível em: <<https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>>. UNESP - Bauru/SP, 2021. Acesso em 18 out. 2022.

BERTOLDI, Renato Hecílio. Caracterização do sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BORGES, Clarianne Martins Braga. A Flexibilidade arquitetônica como critério de habitação digna. Brazilian Journal of Development, Brasília, v. 8, n. 6, p. 1-22, maio 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n6-009. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/48815>. Acesso em:

19 mai. 2024

BOTELHO, M. H. C. Concreto armado, eu te amo, para arquitetos. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

CAMPOS, P. F. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CELERE. Steel Frame ou Light Steel Framing (LSF): tudo o que você precisa saber sobre esse sistema construtivo. São Paulo, 14 dez. 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/construcao-civil/steel-frame-ou-light-steel-framing/>. Acesso em: 17 maio 2024.

COSTA, Heliara Aparecida; LOGSDON, Louise; FABRICIO, Márcio Minto. Flexibilidade em projetos de arquitetura: contribuições a partir de uma revisão sistemática da literatura. UNICAMP, São Paulo, v. 8, n. 3, p. -, 30 set. 2017. DOI: doi.org/10.20396/parc.v8i3.8650206. Disponível em: [endereço eletrônico não fornecido, substitua pelo link específico do artigo]. Acesso em 19 MAI. 2024.

COSTA, Ricardo Vasconcelos Gomes. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

COSTA, Selma Patrícia Bandeira Mendes. Isolamento acústico aéreo em campo de partições verticais em construção Light Steel Framing, em habitações unifamiliares. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2016.

EMMEDUE. Manual Técnico EMMEDUE. Disponível em <https://www.mdue.it/pt/> Acesso em 05 de maio de 2024

EMMEDUE. Memória Técnica do Sistema Construtivo MK2. 2009. Disponível em <https://www.mdue.it/pt/> Acesso em 05 de maio de 2024

INBEC - PÓS-GRADUAÇÃO (Fortaleza). O que é sistema Light Steel Frame?. Fortaleza, 21 nov. 2023. Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/o-que-sistema-light-steel-frame>. Acesso em: 17 maio 2024.

LODI, Pedro Mattos. Habitação e flexibilidade: conflitos na construção civil. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, ano 2024, v. 27, n. 41, p. 152 - 179, 18 maio 2022. DOI: 10.5752/P.2316-1752.2020v27n41p152. Disponível em: <https://smtpgw.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/25554>. Acesso em: 19 MAI. 2024.

METALLUXBELEN (BELEM). Steel Frame: Tudo o que você precisa saber!. Pará, 2018. Disponível em: <https://metalluxbelem.com.br/steel-frame-tudo-que-voce-precisa-saber/#:~:text=Estrutura%20mais%20leve,de%20apenas%20250%20Kg%2Fm2>. Acesso em: 30 dez. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diretriz SINAT nº 011. Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto. Brasil, n. v1, p. 1-42, 2014. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: 19 mai. 2024

MOURA, João Vitor Souza; SANTOS, Marco Túlio Ferreira. A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil. 2019. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2019.

RABELO, Y. C. P. A concepção estrutural e a arquitetura. 9 ed. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

ROCHA, Antônio Carlos da. Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias tradicionais e com chapas delgadas estruturadas em light

steel framing. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2017.

ROSEMANN, Fernando. Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de bloco cerâmico pelo critério de isolamento térmico. 2011. Dissertação de Mestrado (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CASTRO, Renata Cristina Moraes de. Steel Framing: Arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2012.

SANTOS, J. S. Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios: concreto armado e protendido. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood frame. 2013. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Belo Horizonte. 2013.

TEATINI, João C. Estruturas de Concreto Armado. Brasília: UNB, 2016. E-book. ISBN 9788595155213. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155213/>. Acesso em: 19 mai. 2024.

VASCONCELLOS, PALOMA DE CERQUEIRA LIMA GASTAL. Arquitetura e urbanismo com planejamento participativo: um exercício de análise comparativa entre o projeto habitacional Quinta Monroy no Chile e o conjunto São Francisco no Brasil. 2021. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Brasília - CEUB, Brasília, 2021.