



ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS BRASILEIROS EM RELAÇÃO AO IMPACTO AMBIENTAL E ECONÔMICO

Poliana Evangelista Arcanjo ¹; Marcos Paulo Costa Tavares ²; Vitor Freitas Mendes ³

1 Poliana Evangelista Arcanjo, Bolsista (IFMG), Bacharelado em Engenharia Civil, IFMG Campus Santa Luzia, Santa Luzia - MG; arc.engenhariacivil@gmail.com

2 Marcos Paulo Tavares, Bacharelado em Engenharia Civil, IFMG Campus Santa Luzia, Santa Luzia - MG

3 Vítor Freitas Mendes: Pesquisador do IFMG, Campus Santa Luzia; vitor.mendes@ifmg.edu.br

RESUMO

O déficit habitacional no Brasil, estimado em 5,8 milhões de unidades, impõe a necessidade urgente de soluções construtivas que equilibrem os custos econômicos com a sustentabilidade ambiental. Este estudo visa analisar a viabilidade de diferentes sistemas construtivos brasileiros, focando na comparação de impactos econômicos e ambientais, especialmente no contexto da construção de habitações de interesse social. A metodologia adotada para este trabalho combina a análise de custo, utilizando dados do SINAPI, com o cálculo das emissões de CO₂ equivalente (CO₂e) para cada sistema construtivo, a partir da base de dados do SIDAC, permitindo uma avaliação integral que considera tanto a viabilidade econômica quanto a sustentabilidade ambiental dos materiais empregados. Os sistemas analisados englobam opções para paredes, pisos e coberturas em dois tipos de edificações representativas de habitação social. A análise preliminar revelou que existem variações de custo substanciais entre os sistemas, com diferenças de até R\$ 17.500 para paredes, R\$ 24.300 para pisos e R\$ 14.000 para coberturas. Estes resultados indicam que a escolha do sistema construtivo impacta diretamente o custo total das obras e o custo por metro quadrado, o que tem implicações significativas para o orçamento de projetos habitacionais de grande escala. Ao mesmo tempo, existem sistemas construtivos de materiais distintos que geram custos semelhantes para aplicação. Nesses casos, é importante ter atenção à geração de CO₂e de cada um desses sistemas, já que o impacto ambiental pode ser o fator decisivo na tomada de decisão. Atualmente, o estudo está desenvolvendo a análise ambiental de forma mais detalhada, contabilizando o CO₂e de cada sistema. Além disso, a próxima fase do estudo irá incluir a análise do ponto de equilíbrio entre os custos econômicos e as emissões de CO₂, fornecendo uma ferramenta robusta para apoiar a escolha de sistemas construtivos que equilibrem essas duas variáveis de forma consciente. Espera-se que os resultados finais deste trabalho possam subsidiar a adoção de práticas mais sustentáveis na construção de habitação social e fornecer diretrizes para políticas públicas voltadas à redução do déficit habitacional com foco na sustentabilidade.

INTRODUÇÃO:

A indústria da construção civil gera impactos ambientais significativos, principalmente na cadeia produtiva dos materiais utilizados nesse setor. Esses impactos estão associados ao consumo excessivo de recursos naturais e energia, bem como à produção de resíduos. Estima-se que 24% dos materiais extraídos no planeta são consumidos pela construção civil, que 34% da energia global é demandada por esse setor e que 37% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) têm origem na indústria da construção (PROGRAMA NACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2022).



Nesse sentido, para avaliar os impactos ambientais dos materiais de construção, utilizam-se indicadores empregados ao longo das diversas etapas do ciclo de vida dos materiais. De modo geral, o ciclo de vida abrange os estágios consecutivos de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final (ABNT, 2014). Um indicador crucial é o CO₂ equivalente (CO₂e), que expressa a quantidade de gases de efeito estufa emitidos na atmosfera ao longo do ciclo de vida do material, convertida em uma medida equivalente à quantidade de CO₂ com o mesmo impacto climático (BRIBIÁN, CAPILLA e USÓN, 2011). A consideração do impacto ambiental na construção civil deve ser incorporada desde a fase inicial do projeto, possibilitando a análise e implementação de estratégias construtivas que minimizem o impacto ambiental.

Contudo, a avaliação do impacto ambiental dos materiais construtivos ainda é pouco adotada em projetos de construção nos países do Sul Global. O Sul Global tipicamente se refere a países em desenvolvimento, localizados na África, Ásia e América Latina, os quais têm baixo nível de desenvolvimento econômico e alta instabilidade política frente aos países desenvolvidos. No Brasil, por exemplo, observa-se na prática que construtores frequentemente negligenciam a análise do impacto ambiental dos materiais de construção, priorizando apenas o baixo custo total da obra. Há ainda a percepção comum de que produtos com baixo impacto ambiental, muitas vezes rotulados como sustentáveis, são mais dispendiosos (VERDE, 2021). Entretanto, não há evidências claras na literatura consagrada da área que ratifiquem ou refutem essa percepção.

A análise de custos é uma prática consolidada na construção civil, frequentemente vista como crucial para combater o déficit habitacional. Desde a implementação do programa "Minha Casa, Minha Vida" em 2009, o governo brasileiro já entregou mais de 6 milhões de moradias populares (MINISTÉRIO DAS CIDADES DO BRASIL, 2024). Essas habitações beneficiam especialmente as famílias de baixa renda, já que são caracterizadas por custos de construção acessíveis. Entretanto, de acordo com os dados mais recentes da Fundação João Pinheiro (2019), o déficit habitacional em todo o Brasil está em 5,8 milhões de moradias, mostrando um índice ainda muito alto.

Assim, esta proposta discute a oportunidade de conduzir uma análise de sensibilidade dos sistemas construtivos de parede, cobertura e piso, sob a ótica do impacto ambiental e econômico dos materiais utilizados. Propõe-se fazer uma análise dos tipos de sistemas construtivos, contrastando os preços de implementação e o CO₂e gerado durante sua fabricação. Espera-se, ao fim dessa pesquisa, identificar sistemas construtivos promissores que combinem economia a um baixo impacto ambiental.

METODOLOGIA:

Inicialmente, utilizou-se a listagem de sistemas construtivos utilizados no Brasil realizada por Oliveira et al. (2024), em uma análise de desempenho térmico desses sistemas. Os sistemas construtivos analisados estão listados neste [link](#). Em seguida, foi realizado um levantamento quantitativo dos projetos analisados, com o objetivo de calcular a área de parede (descontando as aberturas de janelas e portas), piso e cobertura de cada edificação, a fim de determinar a quantidade de material demandada em cada situação.

Buscou-se analisar duas edificações de interesse social (edificações 1 e 2, apresentadas na Figura 1), ambas unifamiliares. A edificação 1 contém 43,5 m² de área construída, com 2 quartos, 1 banheiro, sala e cozinha. A edificação 2 compreende 39,0 m² de área construída, também com 2 quartos, 1 banheiro, 1 sala e 1 cozinha. Já a edificação 3 possui 2 pavimentos e uma área construída de 117,5 m², distribuída em 1 sala, 1 cozinha, 1 varanda, 1 despensa, 1 banheiro, 2 lavabos, 2 quartos e 2 suítes.



Figura 1: Edificação 1 (direita) e edificação 2 (esquerda).

Após isso, foi realizada a análise de custo dos materiais. As planilhas de custo do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), disponibilizadas pela CAIXA Econômica Federal, foram consultadas, e os cálculos resultaram no custo total para a implementação de cada sistema construtivo. Os sistemas construtivos que não tinham materiais listados na tabela SINAPI foram descartados. Utilizaram-se os valores não desonerados referentes ao mês de abril de 2024 para o estado de São Paulo. Futuramente, essa análise será ampliada para outros estados, com o objetivo de verificar se a região influencia a seleção de sistemas construtivos para uma edificação acessível e econômica.

A análise de impacto ambiental ainda está em desenvolvimento. Está sendo utilizada a plataforma do (Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção) SIDAC para o levantamento do CO₂e de cada material e o cálculo total de CO₂e, considerando a quantidade total de material necessária para cada edificação, além dos demais componentes dos sistemas construtivos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Como se trata de um projeto não finalizados, os resultados ainda são preliminares. A Tabela 1 apresenta o levantamento de áreas de parede, piso e cobertura de cada edificação analisada.

Tabela 1: Levantamento de áreas de parede, piso e cobertura para cada edificação analisada.

Superfície	Edificação 1	Edificação 2
Área de parede* (m ²)	114,7	103,0
Área de piso (m ²)	43,6	39,6
Área de cobertura (m ²)	43,6	39,6

É possível observar que as edificações 1 e 2, apesar de possuírem layouts distintos, apresentam áreas de superfícies muito próximas, devido ao fato de serem habitações de interesse social com áreas construídas semelhantes (aproximadamente 40 m²). Ademais, verifica-se que as edificações possuem áreas de cobertura equivalentes às áreas de piso, pois foi considerado o projeto original em que essas habitações não possuíam telhado (apenas laje impermeabilizada). Para manter a coerência com o projeto inicial,

adotou-se, nos casos em que as edificações foram analisadas com telhado, a menor inclinação possível e o menor número de águas no telhado, aproximando a área de cobertura a um plano horizontal equivalente ao de uma laje.

A Figura 2 apresenta os resultados dos cálculos de custos dos sistemas construtivos analisados.

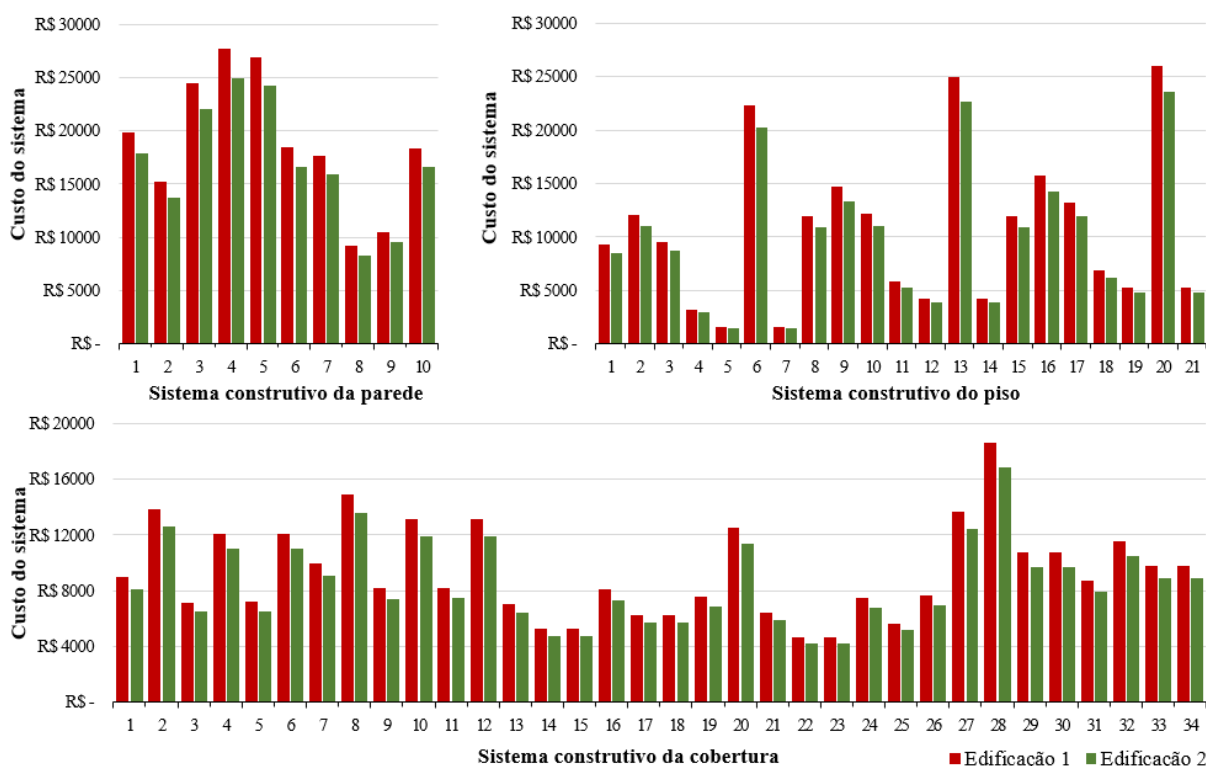


Figura 2: Custos de cada sistema construtivo analisado.

Ao comparar as edificações, verifica-se a manutenção da tendência de variação dos custos, como era de se esperar com base na análise da Tabela 1. A partir desses resultados preliminares, observa-se que o sistema construtivo mais caro para a parede é o sistema 4, composto por um núcleo de bloco cerâmico de 14 cm assentado deitado (bloco deitado) e revestimento em ambos os lados com argamassa de 17,5 mm de espessura, com custo aproximado de R\$ 27.600,00 (edificação 1) e R\$ 24.900,00 (edificação 2). Já o sistema mais barato é o sistema 8, composto apenas por bloco de concreto com 9 cm de espessura, sem reboco em suas faces, custando R\$ 9.200,00 para a edificação 1 e R\$ 8.300,00 para a edificação 2. Assim, a variação entre os sistemas construtivos de parede pode resultar em uma economia média de R\$ 17.500,00. O mesmo raciocínio pode ser aplicado às demais partes da envoltória da edificação.

Quanto ao piso, o sistema construtivo mais caro (sistema 20, composto por laje, manta termoacústica, contrapiso e granito) é R\$ 24.300,00 mais oneroso na edificação 1 e R\$ 22.100,00 mais oneroso na edificação 2, em relação ao sistema de piso mais barato (sistema 5, composto por contrapiso e madeira laminada). Já para a cobertura, a variação de custos é de R\$ 14.000,00 (edificação 1) e R\$ 12.700,00 (edificação 2) entre o sistema mais caro (sistema 28, composto por laje treliçada de cerâmica, impermeabilizada e com forro de madeira) e o mais barato (sistema 22, composto por forro de PVC e telha de concreto).



Mais detalhes sobre os sistemas estão sendo revelados com a análise do impacto ambiental. Contraintuitivamente, não se pode afirmar que sistemas construtivos com menos camadas de materiais necessariamente apresentarão um impacto ambiental mais positivo, já que existem materiais que emitem tanto CO₂e que acabam se destacando mesmo quando usados em pequenas quantidades. Além disso, como mostrado na Figura 2, há sistemas construtivos compostos por materiais distintos que resultam em custos muito semelhantes, como ocorre com os sistemas 2, 10 e 12 de cobertura, por exemplo, custando aproximadamente R\$13.000,00 cada um deles. Esses sistemas compartilham a laje treliçada de cerâmica rebocada inferiormente, mas diferem no tipo de telha: cerâmica no sistema 2, concreto no sistema 10 e fibrocimento no sistema 17. Além disso, os sistemas 10 e 12 incluem manta termoacústica, ausente no sistema 2. Esse aspecto pode ser relevante para a análise, pois, em uma tomada de decisão, poderia ser preferido o sistema construtivo com menor impacto ambiental.

CONCLUSÕES:

Até o momento, os resultados da pesquisa indicam que a escolha dos sistemas construtivos impacta significativamente os custos e o impacto ambiental das edificações. Observou-se uma ampla variação de custos entre diferentes sistemas de parede, piso e cobertura. Além disso, sistemas com custos semelhantes podem ter composições construtivas distintas, que podem impactar na análise ambiental dos sistemas. Nas próximas etapas, busca-se identificar os sistemas mais eficientes em termos ambientais e econômicos, analisar a viabilidade de sua aplicação em larga escala no Brasil e avaliar se há relação direta entre redução de impacto ambiental e custos. Responder a essas questões será crucial para entender como equilibrar custo e desenvolvimento ambiental em habitações sociais no contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS:

- ABNT. NBR ISO 14.040: gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida -. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014. p. 30.
- BRIBIÁN, Ignacio Z.; CAPILLA, Antonio V.; USÓN, Alfonso A. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, v. 46, n. 5, p. 1133-1140, 2011.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit Habitacional e Inadequação de Moradias no Brasil.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES DO BRASIL. Conheça o programa Minha Casa, Minha Vida. gov.br, 08 jan. 2024. Disponível em: <[>.](https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/conheca-o-programa-minha-casa-minha-vida#:~:text=O%20programa%20%22Minha%20Casa%2C%20Minha,a%20popula%C3%A7%C3%A3o%20de%20baixa%20renda.>)
- OLIVEIRA, Gabriela et al. Using machine learning to predict the thermal performance of buildings and select construction materials. *WREN Symposium 2024*, p. 95-98, 2024.
- PROGRAMA NACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS. 2022. In: _____ *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi: [s.n.], 2022.
- VERDE, Pensamento. Por que produtos sustentáveis são mais caros?, 15 dez. 2021. Disponível em: <[>. Acesso em: 5 jan. 2024.](https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/por-que-produtos-sustentaveis-%E2%80%8B%E2%80%8Bsao-mais-caros/#:~:text=Produtos%20sustent%C3%A1veis%20%E2%80%8B%E2%80%8Bs%C3%A3o%20mais%20onerosos%2C%20tamb%C3%A9m%20porque%20s%C3%A3o,e%20polimento%20pa>)