ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Pegada de Carbono de elementos estruturais em Madeira Engenheirada para HIS: estudo de caso

Carbon Footprint of Engineered Wood Structural Elements for Social Housing

Elton Belarmino de Sousa
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil
eltonbelsousa@usp.br
Fabiana Lopes de Oliveira
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil
floliveira@usp.br

Resumo

Com o aumento da preocupação ambiental, a escolha de materiais de construção com baixa pegada de carbono tornou-se crucial. A madeira engenheirada, produzida a partir de madeira de reflorestamento, emerge como uma alternativa sustentável devido ao seu processo de produção menos intensivo em energia comparado ao concreto e ao aço. O artigo objetivou realizar uma análise comparativa da pegada de carbono entre construções em madeira engenheirada e materiais convencionais, utilizando um estudo de caso de uma edificação em madeira. Foram consideradas duas edificações de 50 m², uma construída com métodos tradicionais e outra com madeira engenheirada. A metodologia envolveu revisão bibliográfica, coleta de dados e simulação das emissões de CO_2. Os resultados mostraram que a construção em madeira emitiu 80% menos CO_2 por metro quadrado em comparação com a construção convencional. Conclui-se que a madeira engenheirada pode significativamente reduzir as emissões de gases de efeito estufa na construção civil, contribuindo para uma construção mais sustentável.

Palavras-chave: Pegada de carbono. Madeira engenheirada. Construção sustentável. Emissões de CO_2. Materiais convencionais

Abstract

With increasing environmental concerns, the choice of construction materials with a low carbon footprint has become crucial. Engineered wood, produced from reforested wood, emerges as a sustainable alternative due to its less energy-intensive production process compared to concrete and steel. This article aimed to perform a comparative analysis of the carbon footprint between constructions using engineered wood and conventional materials, utilizing a case study of a wooden building. Two 50 m² buildings were considered, one built with traditional methods and

Como citar:
SOUSA, E.; OLIVEIRA, F. Pegada de carbono de elementos estruturais em madeira engenheirada para HIS: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

the other with engineered wood. The methodology involved a literature review, data collection, and CO_2 emissions simulation. The results showed that the wooden construction emitted 80% less CO_2 per square meter compared to the conventional construction. It is concluded that engineered wood can significantly reduce greenhouse gas emissions in civil construction, contributing to more sustainable building practices.

Keywords: Carbon footprint. Engineered wood. Sustainable construction. CO_2 emissions. Conventional materials

INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação ambiental e a necessidade urgente de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, a indústria da construção civil está passando por uma transformação em direção à sustentabilidade. Diante desse cenário, a busca por alternativas sustentáveis tornou-se imperativa. No Brasil, tem ocorrido uma especial atenção ao transporte de materiais [1], agregados em concreto [2] e biomateriais como a madeira [3].

Um dos principais desafios é reduzir a pegada de carbono associada aos materiais de construção e às práticas de construção. A madeira engenheirada surge como uma alternativa viável e promissora. Ela é produzida a partir de madeira de reflorestamento e possui características que a tornam uma opção atraente para a construção civil. Além disso, seu processo de produção é menos intensivo em energia em comparação com materiais convencionais, como o concreto e o aço.

Este estudo tem como objetivo uma análise da pegada de carbono entre construções em madeira engenheirada e materiais convencionais na construção civil, sendo utilizado um estudo de caso comparativo com uma edificação de ambos os tipos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida em três etapas: revisão bibliográfica, coleta de dados e simulação da pegada de carbono das edificações. O estudo focou nas emissões de CO_2 associadas aos materiais de construção, excluindo processos de construção e transporte. Foram analisadas duas edificações de 50 m²: uma tradicional, com concreto, aço, alvenaria e telhado cerâmico, e outra em madeira engenheirada, com estrutura de Madeira Lamelada Colada (MLC) e vedação em painéis de Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC). A estimativa de emissões baseou-se na combinação de dados de atividades, que abrangem toda a extensão de uma atividade humana, com coeficientes que quantificam as emissões ou remoções de Gases de Efeito Estufa (GEE) por unidade de atividade. Esses coeficientes são conhecidos como fatores de emissão (FE) e são definidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [4]. Conforme o órgão, uma equação que pode representar o cálculo de emissões é a seguinte (1):

$$\text{Emissões} = DA \times FE \qquad (1)$$

Onde:

DA = Dados de atividades, que neste estudo representa a quantidade dos materiais utilizados.

FE = Fatores de emissão, que representam a quantidade de gases de efeito estufa emitidos por unidade de atividade.

Figura 1: Plantas das edificações consideradas nesse estudo. Construção convencional (esquerda); Madeira Engenheirada (direita)



Fonte: o autor

Com o objetivo de identificar as emissões de CO_2 foi essencial investigar a quantidade de materiais utilizados nas construções. Esses dados foram coletados durante a modelagem das estruturas correspondentes, utilizando os softwares Autodesk AutoCAD. Em seguida, esses valores foram multiplicados pelos fatores de emissão individual (FEI), obtidos da literatura. Ao combinar essas fontes de informação com base na fórmula do IPCC, as emissões de gases de efeito estufa da pesquisa foram calculadas da seguinte maneira (2).

$$EmCO_2 = Q \times FEI \qquad (2)$$

Onde:

$EmCO_2$ = Emissão de CO_2 estimada

Q = Consumo de material (quantidade)

FEI = Fator de Emissão Individual (Média advinda da literatura)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 1 e 2, que fornecem detalhes sobre a quantidade de materiais levantados nas edificações que estão sob consideração para a comparação.

Tabela 1 Quantitativo de materiais para a edificação com construção convencional

Material	Quantidade	Unidade
Concreto	3,50	m³
Alumínio	-	m²
Material Cerâmico (tijolos e telhas)	2110 +1355	m²
Aço	35	kg
Madeira (estrutura telhado, portas)	2,30	m³

Fonte: o autor

Tabela 2 Quantitativo de materiais para a edificação em madeira engenheiradas

Material	Quantidade	Unidade
Concreto	3,30	m³
Alumínio (estruturas do telhado e telhas)	20	m²
Material Cerâmico (tijolos e telhas)	-	m²
Aço	28	kg
Madeira (painéis, vigas e pilares)	103	m³

Fonte: o autor

Através da pesquisa bibliográfica, foram obtidos dados específicos sobre a média de emissão de CO_2 para materiais comuns na construção civil, incluindo alumínio, concreto, madeira, aço e material cerâmico. A Tabela 3 apresenta os valores individuais coletados, a média aritmética calculada e as referências correspondentes.

Tabela 3: Emissões de CO_2 relacionado aos tipos de materiais escolhido

Material	FEI/kg CO_2/kg	Média	Referência
Concreto	0,12	0,30	[5]
	0,48		[6]
Madeira	0,35	0,41	[7]
	0,47		[6]
Aço	2,19	1,91	[1]
	1,70		[8]
Alumínio	4,44	7,31	[6]
	10,19		[5]
Cerâmicos (tijolo e telha)	0,22	0,49	[9]
	0,95		[10]

Fonte: o autor com adaptações [3]

Ressalta-se que as referências de fatores de emissões utilizadas são predominantemente nacionais para garantir a relevância dos dados no contexto local. Entre as médias de emissões de CO_2 para cada material, destacam-se o alumínio e o aço como os maiores emissores, com 7,31 kgCO_2 e 1,91 kgCO_2, respectivamente.

Entretanto, é importante observar que os adesivos e produtos de tratamento da madeira não foram considerados nesta análise, o que poderia influenciar os resultados e deve ser levado em conta em avaliações futuras.

Com base na revisão da literatura e na análise dos dados apresentados na Tabela 3, juntamente com os quantitativos dos materiais utilizados em cada proposta (Tabelas 1 e 2), foi possível estimar as emissões de dióxido de carbono para as edificações analisadas, conforme demonstrado nas Tabelas 4 e 5. As emissões totais por área construída foram calculadas dividindo-se a emissão total pela área de 50 m² das edificações analisadas.

Tabela 4. Emissões de CO_2 dos materiais da edificação com construção convencional

Material	Quantidade	Unidade	Kg/Co_2/Unidade	Total (KgCO_2)
Concreto	3,50	m^3	0,30	1,05
Alumínio	0	m^2	7,31	0
Material Cerâmico (tijolos e telhas)	3465	m^2	0,49	1.697,65
Aço	35	kg	1,91	66,85
Madeira (estrutura telhado, portas)	2,30	m^3	0,41	0,94
Emissão Total (Kg de CO_2)				**1766,49**
Emissão Total por Área Construída (Kg de CO_2/m^2)				**35,32**

Fonte: o autor

Tabela 5. Emissões de CO_2 dos materiais da edificação com construção em madeira engenheirada

Material	Quantidade	Unidade	Kg/Co_2/Unidade	Total (KgCO_2)
Concreto	3,30	m^3	0,30	0,99
Alumínio (estruturas do telhado e telhas)	20	m^2	7,31	146,2
Material Cerâmico (tijolos e telhas)	-	m^2	0,49	0
Aço	28	kg	1,91	53,44
Madeira (painéis, vigas e pilares)	103	m^3	0,41	42,23
Emissão Total (Kg de CO_2)				**242,86**
Emissão Total por Área Construída (Kg de CO_2/m^2)				**4,85**

Fonte: o autor

A construção convencional apresentou 1766,49 kg de CO_2 total e 35,22 kg de CO_2 por m^2, enquanto a edificação em madeira engenheirada teve 242,86 kg de CO_2 total e 4,85 kg de CO_2 por m^2. Dessa forma, a construção em madeira emitiu 80% menos CO_2 por m^2 em comparação à construção convencional. Esses resultados demonstram o potencial da construção em madeira para reduzir as emissões de CO_2, mas devem ser relativizados, considerando as limitações da análise.

Dados específicos dos elementos, componentes e sistemas são cruciais para calcular com precisão as emissões de CO_2 e desenvolver estratégias eficazes para reduzir o impacto ambiental da construção orientando decisões de projeto e políticas públicas sustentáveis. Apesar dos resultados positivos, mais estudos são necessários para validar essas estimativas, especialmente considerando outros fatores como a utilização do Sistema de Informação de Desempenho Ambiental da Construção (SIDAC) que pode proporcionar uma análise mais abrangente e contextualizada.

Nesse sentido, o uso de energias renováveis, captação de água da chuva, painéis fotovoltaicos e materiais reutilizáveis, aliado à integração de ventilação e iluminação naturais, torna-se essencial para promover uma coexistência harmoniosa com o meio ambiente [3].

CONCLUSÕES

Conclui-se que a madeira engenheirada pode desempenhar um papel significativo na redução das emissões de gases de efeito estufa na construção civil. Suas características naturais e processos de produção menos intensivos em energia, contribuem para uma pegada de carbono menor em comparação com materiais convencionais.

É importante ressaltar que a sustentabilidade na construção civil vai além da pegada de carbono, a adoção da madeira engenheiradas deve ser parte de uma abordagem abrangente para tornar a indústria da construção mais sustentável e resiliente. Mais pesquisas e políticas de incentivo são necessárias para promover o uso de materiais de construção com baixa pegada de carbono e impulsionar a transição para uma construção civil verdadeiramente sustentável.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos (Processo: 88887.704299/2022-00).

REFERÊNCIAS

[1] CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO2 referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91-108, 2017.

[2] SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. Determinação das Emissões de Dióxido de Carbono das Matérias Primas do Concreto Produzido na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 35-49, 2016.

[3] OLIVEIRA, T. L.; VIGODERIS, R. B.; ALBUQUERQUE, A. M. S.; SILVA, J. M.; GUISELINI, C. **Simulação e mitigação da pegada de carbono proveniente de materiais construtivos convencionais e substituição por materiais alternativos**. Revista De Gestão Social E Ambiental, v. 18, n. 8, 2024.

[4] IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC: [s/l], 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em 28 maio 2024.

[5] TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. **Índices de CO_2 para materiais de construção em edificações brasileiras**. 2016. SBE Series - Brazil & Portugal. Vitória: SBE, 2016.

[6] COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões de CO_2 geradas na produção de materiais utilizados na construção civil**. 2012, 208f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2012.

[7] CUNHA, I. B. **Quantificação das emissões de CO_2 na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais**. 2016, 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia dos Materiais), Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2016.

[8] INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório Aço Brasil Ambiental**. Aço Brasil: Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.acobrasil.org.br/relatoriodesustentabilidade/assets/pdf/PDF-2020-Relatorio-Aco-Brasil-Ambiental.pdf>. Acesso em: 27 maio 2024.

[9] KOZLOSKI, C. L.; VAGHETTI, M. A. O.; SILVA, B. N. Emissões de CO2 na casa popular eficiente e o emprego de materiais alternativos. In.: EURO ELECS 2019 - Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. **Anais do...** Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina, 2019.

[10] LIMA, E. M.; FERNANDES, R. T. V.; DANTAS, S. L. Quantificação de CO_2 emitido decorrente dos materiais empregados na construção de uma residência unifamiliar. In.: CONTEC 2018 Maceió - Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia/ 75º SOEA – Semana Oficial da Engenharia e Agronomia. **Anais do...** Maceió-AL, 2018.