AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA PRESERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS: ESTRATÉGIAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

LIFE CYCLE ASSESSMENT IN THE PRESERVATION AND RESTORATION OF HISTORIC BUILDINGS: STRATEGIES FOR DECARBONIZATION

Nathalia Neves Campos [1]; Lucas Rosse Caldas [2].

[1]Engenheira Civil | nathalianeves@coc.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2]Doutor | lucas.caldas@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia fundamental para mensurar impactos ambientais e embasar decisões na preservação patrimonial e na construção sustentável. Este estudo investiga a aplicação da ACV na restauração de edificações históricas, quantificando o impacto da preservação de elementos construtivos, com foco no reaproveitamento de paredes. A pesquisa inclui um estudo de caso preliminar e revisão bibliográfica sobre *retrofit*, economia circular e restauração de edificações. O estudo de caso reaproveitou 73% das paredes originais, demonstrando uma redução de 31,68% em relação a nova edificação. Adicionalmente, ao considerar as emissões evitadas, verificou-se uma redução de 83% nas emissões de CO_2. As emissões dependem da porcentagem de reaproveitamento, sendo o carbono incorporado aos insumos o principal responsável pelas maiores emissões, porém a demolição e transporte tem grande impacto no resultado final. As simulações feitas indicam que taxas de reaproveitamento mais altas trazem benefícios ambientais crescentes. Conclui-se que a restauração de edificações históricas pode contribuir para cidades mais resilientes e alinhadas às metas climáticas globais, desde que os projetos estejam comprometidos com a sustentabilidade.

Palavras-chave:
Avaliação do Ciclo de Vida; Sustentabilidade; Restauração de Edificações; Construção Civil; Retrofit.

Abstract:
Life Cycle Assessment (LCA) is a fundamental methodology for measuring environmental impacts and guiding decision-making in heritage preservation and sustainable construction. This study explores the application of LCA in the restoration of historic buildings, quantifying the impact of preserving structural components, with a focus on wall reuse. The research includes a preliminary case study and literature review on *retrofit*, circular economy, and building restoration. The case study reused 73% of the original walls, resulting in a 31.68% reduction in comparison to new construction. Additionally, when accounting for avoided emissions, an 83% reduction in CO_2 emissions was observed. Emissions are directly influenced by the percentage of reused materials, with embodied carbon in inputs being the main source of higher emissions—although demolition and transport also have substantial impact. Simulations indicate that higher reuse rates lead to increasingly positive environmental outcomes. The study concludes that restoring historic buildings can contribute to more resilient cities aligned with global climate goals, provided that the projects are committed to sustainability.

Keywords:
Life Cycle Assessment; Sustainability; Building Restoration; Construction Industry; Retrofit.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente construído é amplamente reconhecido como um dos principais responsáveis pelo consumo de energia e pela emissão de carbono, exigindo medidas urgentes para a redução das emissões e o cumprimento das metas climáticas (Wise, Moncaster, Jones, 2021). No Brasil, essa necessidade se agrava diante do crescente déficit habitacional, que em 2022 totalizou 6.215.313 domicílios, representando 8,3% das habitações ocupadas no país (CBIC, 2022). A emergência climática tem impulsionado profundas transformações no planejamento urbano e nas políticas ambientais, reforçando a urgência de mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente no setor da construção civil, responsável por cerca de 34% das emissões globais de CO_2 (Atmacaa *et al.*, 2021; United Nations Environment Programme, 2025). Nesse contexto, a restauração e o retrofit de edifícios históricos surgem como alternativas sustentáveis à demolição e nova construção, proporcionando benefícios não apenas culturais, mas também ambientais e energéticos (Munarim, 2014). Além disso, a recuperação de edificações abandonadas nos centros urbanos pode representar uma solução eficaz para a demanda habitacional, ao mesmo tempo em que promove a preservação do patrimônio arquitetônico e revitaliza áreas degradadas (Popiu, Guicho, 2024; Martins, Salcedo, 2018).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem se consolidado como a principal metodologia para quantificar os potenciais impactos ambientais de produtos e processos, incluindo edificações. Em projetos de restauração, a ACV permite comparar cenários de intervenção — como conservar ou demolir — sob a ótica da energia incorporada, da emissão de carbono e da durabilidade dos materiais (Realdania By & Byg, 2022). Embora as metodologias estejam bem estabelecidas para construções novas, ainda há lacunas importantes na aplicação da ACV ao patrimônio edificado, especialmente quando se busca integrar princípios de circularidade e descarbonização (Li, Masera, 2024).

A partir deste contexto, o presente artigo busca contribuir para essa discussão, investigando como a ACV pode ser aplicada à restauração de edifícios históricos com foco na redução das emissões de carbono (principalmente em termos das emissões evitadas). Para isso, será apresentado um estudo de caso preliminar de uma edificação histórica onde serão analisadas as emissões de carbono resultantes do reaproveitamento, da demolição e da nova construção de paredes para demonstrar e reforçar o impacto dos elementos da edificação e conscientizar empresas e profissionais sobre escolhas mais sustentáveis, buscando combinar conservação patrimonial e desempenho ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica foi conduzida com base em critérios de relevância temática e aplicabilidade prática, priorizando publicações dos últimos 5 anos que discutem: ACV aplicada à restauração e retrofit de edificações históricas; avaliação de carbono incorporado e operacional na construção civil; metodologias de comparação entre reabilitação e nova construção; indicadores ambientais e categorias de impacto utilizadas na ACV.

Os estudos selecionados fornecem base teórica e empírica para a análise comparativa do artigo. Dentre as principais referências, destacam-se:

a) Munarim (2014): aplicação de quatro métodos de ACV na comparação entre reabilitação e nova construção em edifícios modernistas brasileiros;
b) Atmaca *et al.* (2021): estudo comparativo entre edificação histórica original, restaurada e nova construção em Gaziantep, Turquia, com análise do impacto energético e de emissões;
c) Realdania By & Byg (2022): aplicação de ACV retrospectiva em parte do portfólio de cerca de 60 projetos de restauração na Dinamarca, evidenciando desafios metodológicos e benefícios ambientais.
d) Wise *et al.* (2021): avaliação de *retrofit* em 12 edifícios históricos no Reino Unido, com ênfase no impacto do comportamento dos usuários e na aplicação de soft *retrofits*;

e) Li e Masera (2024): proposição metodológica para incorporar critérios circulares na mensuração do carbono incorporado, destacando oportunidades para a economia circular na construção civil.

A ACV é uma metodologia desenvolvida para a mensuração dos possíveis impactos ambientais de produtos, processos e serviços ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida. Regulamentada pelas normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2025) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009), no qual as normas 14041, 14042 e 14043 foram incorporadas (IBICT, 2025), essa abordagem traz consigo uma visão sistêmica dos fluxos de matéria e energia, abrangendo desde a extração de recursos naturais até o descarte final, considerando cada etapa intermediária, como produção, transporte, uso e manutenção.

Na construção civil, a ACV tem sido fundamental para embasar decisões relacionadas à escolha de materiais, processos construtivos e estratégias de reabilitação de edifícios. Segundo Li e Masera (2024), essa abordagem fornece parâmetros essenciais para a avaliação da pegada de carbono de diferentes tipologias e sistemas construtivos, tornando-se um instrumento indispensável para políticas de descarbonização. Ainda sobre Li e Masera (2024), a conservação e reutilização de componentes estruturais reduzem significativamente a pegada de carbono ao evitar a produção de novos materiais. O reaproveitamento mantém a identidade arquitetônica e contribui para a economia circular.

No contexto de edifícios históricos, a aplicação da ACV apresenta desafios e especificidades que a diferenciam dos estudos voltados às edificações convencionais. A principal dificuldade reside na ausência de dados primários confiáveis, já que muitos desses edifícios foram construídos em períodos anteriores à padronização de materiais e processos industriais. Além disso, as técnicas construtivas históricas frequentemente não se enquadram nos modelos de ACV tradicionais, exigindo adaptações metodológicas para a correta avaliação dos impactos ambientais envolvidos na restauração (Realdania By & Byg, 2022; Atmaca *et al*, 2021; Li, Masera, 2024).

Munarim (2014) propõe um modelo baseado no impacto ambiental evitado, considerando que a comparabilidade entre reabilitação e nova construção deve respeitar princípios formais e funcionais. No estudo do autor, o cenário de "nova construção" foi modelado com base em padrões estatísticos contemporâneos, enquanto o cenário "reabilitação" incorporou intervenções específicas de eficiência energética. Essa abordagem revela que a manutenção da estrutura original pode reduzir significativamente as emissões, além de que a substituição de paredes externas, fundações e lajes gera impacto ambiental significativo. O reaproveitamento de componentes reduz emissões e melhora a eficiência energética, reforçando a importância de uma delimitação precisa dos inventários e fronteiras do sistema dentro da ACV.

Atmaca *et al.* (2021) conduziram um estudo comparativo entre três cenários: BT1 (edifício histórico original), BT2 (construção nova) e BT3 (restaurado), avaliando o consumo energético ao longo de 50 anos de uso. Os resultados indicaram que: - BT1 (original): consumo total de energia de 102,63 GJ/m², emissões totais de 14,18 tCO_2/m^2; - BT2 (nova construção): consumo de 70,13 GJ/m², emissões de 9,75 tCO_2/m^2; - BT3 (restaurado): consumo de 78,07 GJ/m², emissões de 10,06 tCO_2/m^2. Os dados mostram que, apesar do aumento de 56,6% no carbono incorporado da restauração, a conservação de partes da estrutura permitiu emissões totais comparáveis às de uma edificação nova, demonstrando que a recuperação de edifícios históricos pode ser uma alternativa competitiva na redução do impacto ambiental.

Os desafios metodológicos da ACV aplicada a edifícios históricos são evidenciados em estudos como o de Realdania By & Byg (2022), que analisou mais de 50 projetos de restauração na Dinamarca. Os resultados apontaram a necessidade de ajustes na categorização dos impactos ambientais, bem como na consideração de emissões associadas a intervenções mínimas, como remoção de rebocos, reforços estruturais e recomposição de alvenarias. Esse estudo demonstrou que a adaptação das metodologias tradicionais da ACV à realidade dos imóveis tombados exige ajustes técnicos, especialmente na construção de inventários de ciclo de vida (ICV), permitindo a incorporação de dados históricos confiáveis e contemplando intervenções não convencionais, ou

seja, a falta de registros precisos compromete a qualidade das análises de ACV, levando a estimativas distorcidas dos impactos ambientais. A catalogação de materiais e técnicas tradicionais melhora a confiabilidade da avaliação.

Wise *et al.* (2021) demonstraram que intervenções como isolamento térmico e modernização de sistemas reduzem impactos ambientais sem comprometer a autenticidade arquitetônica. Modificações excessivas podem gerar emissões superiores às economias esperadas. Também destacam que a literatura científica ainda carece de padronização nos métodos de ACV para edifícios históricos, dificultando a comparação entre diferentes estudos. Os autores apontam que a maioria das pesquisas emprega variações do método atribucional, que pode superestimar impactos ambientais quando não considera a extensão da vida útil ou o valor cultural das edificações. Essa questão é particularmente relevante no contexto das cidades europeias, onde o patrimônio arquitetônico desempenha um papel crucial na identidade urbana e nas políticas de conservação.

A aplicação da ACV em projetos de restauração histórica não pode ser realizada sem adaptações metodológicas. Os desafios vão desde a dificuldade de obtenção de dados primários confiáveis, até a necessidade de definir categorias de impacto que contemplem a singularidade do patrimônio construído. O desenvolvimento de metodologias padronizadas para esse segmento é importante para que os benefícios da reabilitação sejam corretamente quantificados, permitindo decisões mais embasadas e promovendo a sustentabilidade das intervenções arquitetônicas.

3. MÉTODOS

3.1. ESTRUTURA GERAL DA PESQUISA

Este estudo adota uma abordagem metodológica mista, de caráter exploratório e descritivo, integrando técnicas quantitativas e qualitativas para uma análise abrangente da aplicação da ACV na restauração de edificações históricas. A pesquisa combina três etapas metodológicas principais:

a) Revisão sistemática e comparativa da literatura científica, abrangendo estudos recentes sobre ACV aplicada a restauração de edificações e conservação patrimonial;
b) Estudo de caso e apresentação dos resultados;
c) Simulação de diferentes cenários e seus impactos.

O objetivo desta abordagem metodológica é garantir uma análise transparente e comparável dos impactos ambientais evitados pela preservação de elementos construtivos originais, especialmente das alvenarias de vedação, fundamentando-se nos princípios da ACV e nas diretrizes de construção sustentável.

No estudo de caso será realizado o cálculo das emissões de carbono equivalente proveniente de paredes de uma edificação restaurada através do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), onde essas emissões provém da construção, demolição e do reaproveitamento de paredes e após, serão calculadas as emissões provenientes de nova edificação em duas perspectivas, mesmo terreno e novo terreno, para considerar os impactos da demolição e comparar com a edificação restaurada sem considerar impactos evitados assim como a edificação restaurada considerando impactos evitados afim de quantificar as emissões de kgCO²-eq por m². Depois será feita a simulação de cenários de maior reaproveitamento de paredes para demonstrar os possíveis impactos que poderiam trazer ao projeto. No estudo de caso e nas simulações foram consideradas as emissões provenientes de produção de insumos; transporte até o canteiro de obras por análise de sensibilidade, considerando três distâncias possíveis, 50 km, 70 km e 100 km; e transporte até a destinação final e descarte (aterro) considerando 75 km.

3.2. OBJETIVO E ESCOPO

Os objetivos do estudo foram:

a) Quantificar as emissões de CO_2 derivadas da reutilização de paredes históricas em comparação com a construção de novas paredes, utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida

(ACV) como ferramenta metodológica, considerando produção, transporte ao canteiro e transporte ao destino final e descarte (aterro);
b) Analisar através do estudo de caso os cenários de emissões de CO_2, comparando o impacto dos elementos (paredes) na edificação reabilitada desconsiderando e considerando impactos evitados com uma nova edificação em novo terreno e também no mesmo terreno, para considerar o impacto da demolição;
c) Demonstrar a importância da preservação arquitetônica na redução da pegada de carbono, evidenciando os benefícios ambientais da restauração e do *retrofit* na construção civil;
d) Avaliar o impacto do carbono incorporado nos materiais de construção para que se possa identificar estratégias que minimizem emissões por meio da reutilização de elementos estruturais;
e) Contribuir para o debate sobre descarbonização, destacando como a conservação de edificações históricas pode se tornar uma estratégia viável para reduzir impactos ambientais e promover uma economia circular sustentável;
f) Fornecer subsídios para estudos futuros, servindo como uma análise preliminar para uma pesquisa mais aprofundada, que expandirá a avaliação de diferentes cenários de preservação e reconstrução.

O trabalho consiste na Avaliação do Ciclo de Vida de um projeto de restauração de edificações analisando um estudo de caso de um casarão convertido em Habitação de Interesse Social (HIS) no Centro Histórico de São Luís - MA e como a preservação do patrimônio histórico edificado pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

3.3. ESTUDO DE CASO

O trabalho consiste na Avaliação do Ciclo de Vida de um projeto de restauração de edificações analisando um estudo de caso de um casarão convertido em Habitação de Interesse Social (HIS) no Centro Histórico de São Luís - MA e como a preservação do patrimônio histórico edificado pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

3.4. LEVANTAMENTO E MODELAGEM DE DADOS

Os principais métodos utilizados para coleta e análise de dados incluem:

a) Inventários retrospectivos: consistem na análise de registros históricos e levantamentos documentais para reconstruir a trajetória dos materiais empregados na edificação. Essa abordagem é utilizada em edifícios cuja documentação técnica original é limitada ou fragmentada (Atmaca *et al*.,2021);
b) Modelagem comparativa entre preservação e reconstrução: permite avaliar o impacto ambiental evitado pelo reaproveitamento de componentes estruturais. (Atmaca *et al*., 2021).

3.5. CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CARBONO EQUIVALENTE

O cálculo das emissões de carbono equivalente é dado pela Equação 1:

$$CE = \sum_1^i AD_i \times EF_i \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

CE_{GEE}= Carbono equivalente total dos gases de efeito estufa (kgCO-eq);

AD_i = Dados de atividade de GEE "i" (quantidade);

EF_i = Fator de emissão por unidade do material (kgCO_2-eq/material).

3.6. INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A Tabela 1 apresenta a composição dos insumos das paredes da edificação histórica analisada para o cálculo das emissões de carbono equivalente incorporado, considerando os processos de

produção, transporte ao canteiro de obras e destinação final (descarte). O volume das paredes foi obtido a partir das plantas baixas do projeto, e se fez necessário para determinar a quantidade de insumos. As paredes foram classificadas como reaproveitadas, construídas e demolidas, servindo de base para a comparação entre quatro cenários: edificação restaurada; edificação restaurada considerando impactos evitados; nova edificação no mesmo terreno e nova edificação em novo terreno, permitindo avaliar o impacto da demolição. Além disso, o comparativo demonstra diferentes perspectivas para uma compreensão mais aprofundada das emissões de CO_2 em edificações restauradas, destacando o impacto das emissões evitadas.

Volume paredes (m^3)	Material	Unid Med	Quantidade	Massa (t)	$kgCO^2$-eq	Fator Carbono	Transporte ao canteiro 50 KM	Transporte ao canteiro 70 KM	Transporte ao canteiro 100 KM	Descarte (aterro) 75 KM ($kgCO^2$-	Total 50 km (kg CO_2-eq)	Total 70 km (kg CO_2-eq)	Total 100 km (kg	Fonte kgCO2-eq	Total Emissão 50 km	Total Emissão 70 km	Total Emissão 100 km
Paredes reaproveitadas (877,77 m^3)	Blocos cerâmicos	unidade	219442	614,9	69650,9	0,32	4244	5940	8486	6367,88	80263	81959	84505	SIDAC	48021,717	48607,45	49484,487
	Argamassa	m^3	61,44	122,9	21977,1	358	848,8	1188,3	1697,6	1272,46	24098	24438	24947	SIDAC			
	Reboco	m^3	29,26	46,82	1961,88	67,1	323,6	453,1	647,3	484,834	2770	2900	3094	SIDAC			
	Emboço	m^3	117,04	163,9	37183,6	318	1131	1584	2262	1696,82	40011	40464	41142	Caldas et al. (2020)			
	Chapisco	m^3	40,96	73,73	2746,37	67,1	509,7	713,6	1019	763,495	4020	4223	4529	Caldas et al. (2020)			
	Tinta	L	1170,4	1,17	5219,8	4,46	8,07	11,3	16,14	12,1157	5240	5243	5248	Ecoivent adaptado unidade			
Paredes construídas (323,99 m^3)	Blocos cerâmicos	unidade	80997	226,8	25708,5	0,32	1567,82	2194,94	3135,76	2348,5	29625	30252	31193	SIDAC	57727,495	58770,51	60336,885
	Argamassa	m^3	22,679	45,36	8112,35	358	312,42	437,39	625,97	469,699	8894	9019	9208	SIDAC			
	Reboco	m^3	10,8	17,28	724,14	67,1	119,12	166,76	238,24	178,939	1022	1070	1141	SIDAC			
	Emboço	m^3	43,2	60,48	13724,6	318	417,31	584,23	834,63	626,288	14768	14935	15186	Caldas et al. (2020)			
	Chapisco	m^3	15,12	27,22	1013,8	67,1	187,95	263,13	376,44	281,871	1484	1559	1672	Caldas et al. (2020)			
	Tinta	L	432	0,43	1926,72	4,46	2,97	4,15	5,94	4,45277	1934	1935	1937	Ecoivent adaptado unidade			
Paredes demolidas (334,55 m^3)	Blocos cerâmicos	unidade	83637	234,2	74,3295	0,32	1613,44	2258,82	3240,68	2425,03	4113	4758	5740	SIDAC	43837,003	43837	43837,003
	Argamassa	m^3	23,418	46,84	16753,4	358	323,52	452,93	646,65	485,005	17562	17691	17885	SIDAC			
	Reboco	m^3	11,15	17,84	1196,17	67,1	122,5	171,49	246,12	184,738	1503	1552	1627	SIDAC			
	Emboço	m^3	44,61	62,45	19840,4	318	431	603,41	861,41	646,688	20918	21090	21348	Caldas et al. (2020)			
	Chapisco	m^3	15,61	28,1	1884,11	67,1	193,91	271,47	387,78	290,984	2369	2447	2563	Caldas et al. (2020)			
	Tinta	L	446,06	0,45	2,007	4,46	3,1	4,34	6,21	4,65988	9,767	11,01	12,88	Ecoivent adaptado			
	Martelete	h	446,06	-	49,5127	0,11	-	-	-	-	-	-	-	MCTI - GOV			

Tabela 1: Recorte do inventário do ciclo de vida das paredes
Fonte: Os autores (2025).

A análise de sensibilidade foi aplicada ao transporte até o canteiro, considerando trajetos de 50 km, 70 km e 100 km. Para o transporte ao destino final (descarte), foi assumida uma distância de 75 km, baseada no percurso entre São Luís - MA e a Central de Tratamento de Resíduos Titara, em Rosário - MA.

No caso das paredes reaproveitadas, foi considerado um cenário de alta debilitação, exigindo novas camadas de emboço, reboco e pintura, usados como base para o cálculo das emissões, uma vez que os demais insumos foram reaproveitados, ao contrário das paredes construídas e demolidas. Para as paredes demolidas, foram considerados no cálculo das emissões o carbono incorporado proveniente dos insumos, o consumo de energia operacional para demolição (equipamento elétrico: martelete), emissões de transporte para destinação final e emissões associadas a destinação dos resíduos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo comparou as emissões de carbono equivalente derivadas da construção de novas paredes com aquelas oriundas da restauração de elementos construtivos em uma edificação histórica. Foram analisados quatro cenários:

a) Restauração da edificação histórica desconsiderando impactos evitados;
b) Restauração da edificação histórica considerando impactos evitados;
c) Demolição e construção de nova edificação no mesmo terreno;
d) Construção de nova edificação em novo terreno, sem necessidade de demolição.

Na Figura 1, os principais insumos—destacadamente os blocos cerâmicos, a argamassa e a tinta—possuem a maior contribuição para as emissões de CO_2eq na construção de paredes. Os blocos cerâmicos representam aproximadamente 50,20% das emissões, seguidos pela argamassa (46,04%) e pela tinta (3,76%). A análise de sensibilidade, considerando distâncias de transporte de 50 km, 70 km e 100 km, revelou que o aumento na distância percorrida intensifica as emissões de carbono, impactando a eficácia das reduções esperadas.

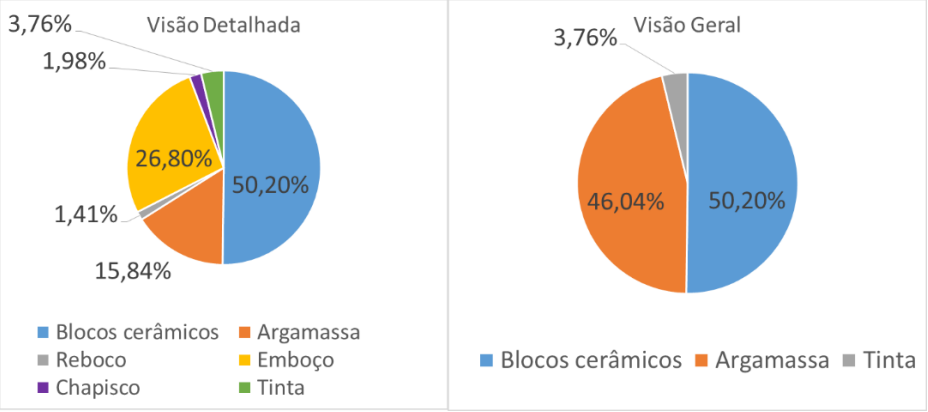


Figura 1: Porcentagem de emissões de carbono de insumos em novas paredes.
Fonte: Os autores (2025).

Os resultados, vide as Figuras 2 e 3, apontam uma diferença de 41,393 kgCO²-eq por m² entre edificações restauradas (sem considerar impactos ambientais evitados) com as emissões de uma nova edificação, mostrando maiores emissões provenientes de uma nova edificação em um aumento de aproximadamente 46,34% em todos os cenários de transporte, no qual é decorrente das especificidades do projeto, especialmente do carbono incorporado em novos materiais e transporte além dos custos energéticos associados a essa etapa. Porém se considerarmos os impactos evitados, a diferença entre edificação restaurada e nova edificação é significativa, com um aumento das emissões de CO² eq de 495,56% provenientes da nova edificação, totalizando quase cinco vezes mais emissões de carbono.

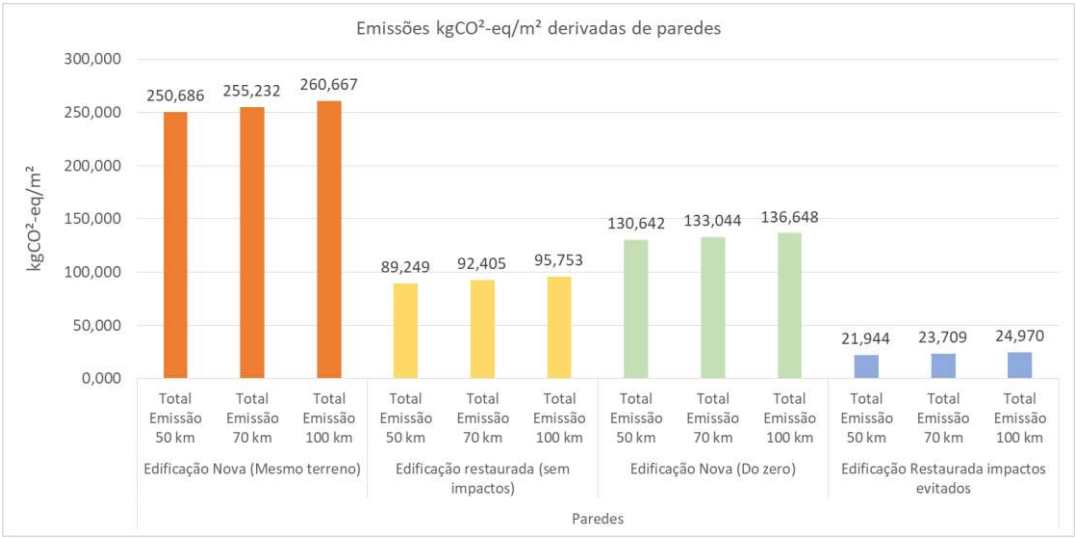


Figura 2: Emissões de carbono equivalente de paredes por m² - Comparativo Edificação Nova x Edificação Restaurada
Fonte: Os autores (2025).

A Figura 3 mostra as simulações feitas com maior percentual de paredes reaproveitadas no projeto, considerando os três cenários de transporte. Os resultados demonstraram que a elevação do percentual de paredes reaproveitadas resulta em significativas reduções de carbono equivalente de forma exponencial, mesmo na edificação restaurada quando os impactos ambientais evitados não foram contabilizados.

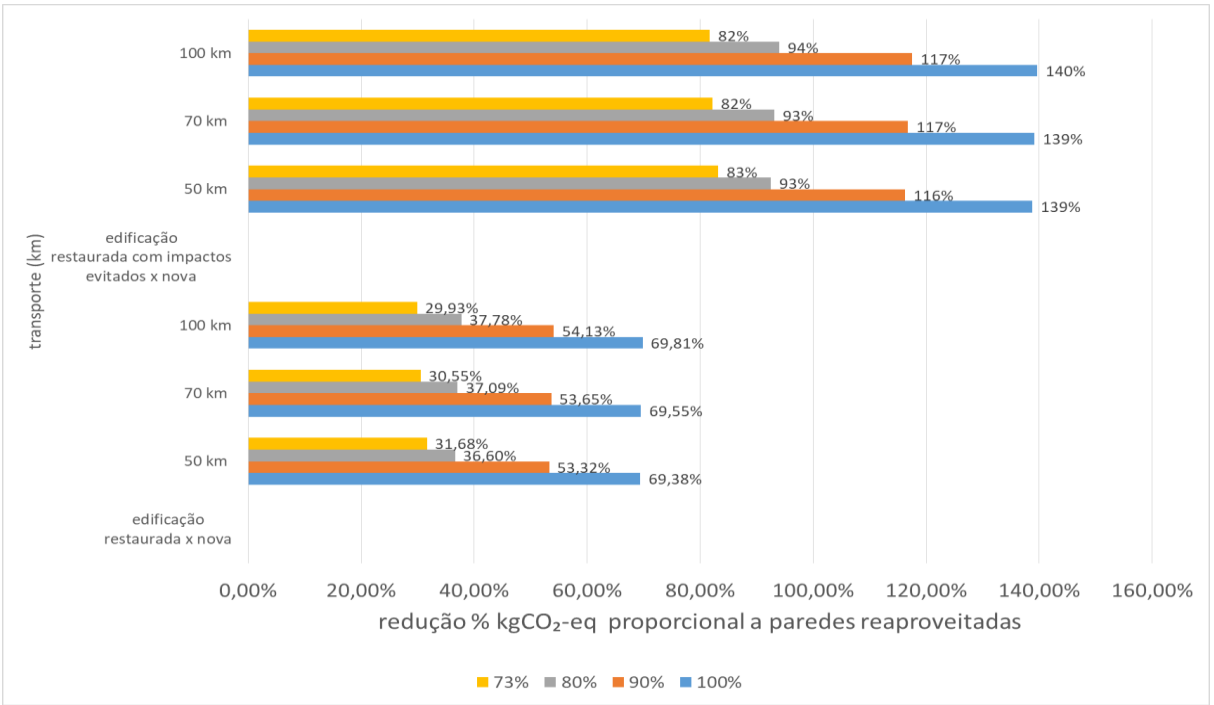


Figura 3: Simulação de maior reaproveitamento de paredes - Redução % $kgCO_2eq$
Fonte: Os autores (2025).

Mesmo diante de bons resultados, quando analisamos na perspectiva de uma edificação restaurada sem contabilizar impactos evitados, observa-se que esses dados expõem a possível inadequação dos projetos de restauração atualmente implementados. Essa constatação impõe uma reflexão crítica: os objetivos de descarbonização estão, de fato, sendo rigorosamente perseguidos? Ao estabelecer metas claras de redução de carbono e realizar um estudo prévio detalhado dos projetos pode-se identificar soluções mais sustentáveis, a fim de obter resultados ambientais mais eficazes sempre que viável, buscando aproveitar ao máximo os elementos da edificação.

5. CONCLUSÕES

A elevada pegada de carbono associada à demolição e reconstrução contrasta com o potencial de redução demonstrado pela restauração, evidenciando não só uma vantagem ambiental, mas também cultural e social, ao preservar o patrimônio e contribuir para a mitigação do déficit habitacional no Brasil. Em um cenário de crescente demanda por sustentabilidade na construção civil, torna-se imperativo repensar os métodos tradicionais, adotando estratégias que privilegiam o reuso e o reaproveitamento de materiais para reduzir de forma efetiva e global a pegada de carbono das intervenções construtivas.

Existem muitos desafios metodológicos na aplicação da ACV à edifícios históricos, como a falta de inventários detalhados, a dificuldade de se obter dados confiáveis sobre materiais antigos e a necessidade de adaptações nas categorias de impacto ambiental. A ausência de padronização entre diferentes estudos limita a comparabilidade dos resultados, tornando importante o desenvolvimento de protocolos específicos para edificações patrimoniais.

Os resultados deste estudo demonstram que a restauração de edificações históricas é uma alternativa viável para reduzir impactos ambientais sem comprometer o valor arquitetônico e cultural dessas construções e estão coerentes com estudos recentes como os apresentados na revisão bibliográfica, demonstrando como a restauração de paredes é uma solução competitiva em busca da descarbonização e reforçam como as necessidades de projeto, localização e quantidade de reaproveitamento de elementos estruturais impactam nas emissões.

No estudo de caso, onde foram reaproveitados 73% das paredes originais da edificação restaurada, foram encontrados valores com até 31,68% de redução do percentual das emissões de carbono originadas das paredes reaproveitadas se comparadas com a construção de novas paredes, todavia quando considerados os impactos evitados em edificações restauradas foram encontrados 83% de redução das emissões de carbono.

Esta pesquisa contribui por apresentar de forma quantitativa a importância da preservação e manutenção preditiva de edificações históricas, onde a preservação do número de elementos impacta diretamente nos resultados de emissão de carbono, conscientizando sobre a importância do reaproveitamento, visto o grande impacto das emissões originadas de transporte e demolição.

Embora os achados iniciais apontem a relevância da reutilização de materiais na construção sustentável, este levantamento servirá como base para um estudo mais aprofundado, que está em desenvolvimento. A pesquisa subsequente buscará expandir a análise, incorporando dados mais detalhados sobre o impacto ambiental ao longo de diferentes cenários de preservação e reconstrução, permitindo uma avaliação mais abrangente e fundamentada sobre os benefícios da reutilização de materiais no contexto da sustentabilidade e descarbonização da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental –Avaliação do ciclo de vida — Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2025.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental –Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

ATMACAA, N.; ATMACAB, A.; ÖZÇETINA, A. I. The impacts of restoration and reconstruction of a heritage building on life cycle energy consumption and related carbon dioxide emissions. **Energy and Buildings,** v.253, n.111507, p.1-22, 2021.

CALDAS, L. R. **Ferramenta de análise dinâmica para avaliação da emissão de carbono em edificações pelo uso de biomateriais.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

CBIC. **Dados do Déficit Habitacional da Fundação João Pinheiro (FJP) em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional por Grandes Regiões**, Unidades da Federação,

Regiões Metropolitanas e total Brasil - 2016 a 2019 e 2022. Disponível em: http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil. Acesso em: 28 abr. 2025.

IBICT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **O que é Avaliação do Ciclo de Vida.** Brasília: Ibict, 2025. Disponível em: https://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/. Acesso em: 28 abr. 2025.

LI, Y.; MASERA, G. Methodologies for assessing building embodied carbon in a circular economy perspective. **E3S Web of Conferences**, v. 546, 2024.

MARTINS, J. C.; SALCEDO, R. Reabilitação edilícia: um diálogo social**. Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 80–94, 2018.

MUNARIM, U. **Benefícios ambientais da preservação do patrimônio edificado: Análise do ciclo de vida da reabilitação de edificações vs. nova construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

POPIU, G.; GUICHO, R. Habitações de interesse social em edificações reabilitadas. **Revista Brasileira de Educação e Inovação da Univel (REBEIS),** v. 1, n. 6, 2024.

REALDANIA BY & BYG A/S. Life cycle assessment for historic buildings – Realdania By & Byg's experience with LCA in restorations and transformations. **Realdania By & Byg**, ISBN: 978-87-93746-66-4, 2022.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025: Not just another brick in the wall - The solutions exist. Scaling them will build on progress and cut emissions fast.** Paris: UNEP, 2025. Disponível em: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47214. Acesso em: 28 abr. 2025.

WISE, F.; MONCASTER, A.; JONES, D. Rethinking retrofit of residential heritage buildings. **Buildings and Cities**, v. 2, n. 1, p. 495–517, 2021.