IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO NO BRASIL

ENVIRONMENTAL IMPACTS IN CIVIL CONSTRUCTION: A CASE STUDY OF A HIGH-INCOME MULTIFAMILY RESIDENTIAL BUILDING IN BRAZIL

Marcella Clarimundo Ferreira Silva [1]; Lucas Rosse Caldas [2]; Lucas Júnior Ferreira [3].

[1]Mestre | marcellaclarimundo@gmail.com | UnB | Brasília, Brasil; [2]Doutor | lucas.caldas@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil, [3]Arquiteto e Urbanista | junior.lucas@aluno.unb.br | UnB | Brasília, Brasil.

Resumo:
Em um cenário de agravamento das mudanças climáticas, o setor da construção civil assume papel estratégico na mitigação dos impactos ambientais. Este estudo avalia os impactos ambientais da construção de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão no Brasil, com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A análise segue a abordagem “do berço ao portão” (módulos A1 a A3) e considera quatro categorias: emissões de gases de efeito estufa (PAG), uso de energia não renovável (PENRT), potencial de acidificação (AP) e escassez hídrica (WDP). Um diferencial relevante da pesquisa é a comparação entre dados estimados em projeto e dados reais coletados no canteiro de obras, focando nas etapas de fundação, estrutura e envoltória. Os resultados mostram aumento expressivo dos impactos ambientais na execução da obra em relação ao previsto, destacando o concreto da fundação e a estrutura metálica como principais contribuintes. A diferença entre planejamento e execução reforça a importância de integrar a ACV desde a fase de projeto, garantindo decisões mais sustentáveis e alinhadas às metas climáticas globais.

Palavras-chave:
Avaliação do Ciclo de Vida; Construção; Impactos ambientais; Materiais de construção; Consumo efetivo.

Abstract:
In the context of escalating climate change, the construction sector plays a strategic role in mitigating environmental impacts. This study evaluates the environmental impacts of constructing a high-end residential multifamily building in Brazil using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. The analysis follows the "cradle-to-gate" approach (modules A1 to A3) and considers four categories: greenhouse gas emissions (GWP), non-renewable energy use (PENRT), acidification potential (AP), and water depletion potential (WDP). A key aspect of the research is the comparison between estimated project data and real data collected from the construction site, focusing on the foundation, structure, and envelope stages. The results show a significant increase in environmental impacts during construction execution compared to the projected values, with foundation concrete and the metal structure being the main contributors. The difference between planning and execution highlights the importance of integrating LCA from the design phase, ensuring more sustainable decisions that align with global climate goals. This research emphasizes the need for greater accuracy in planning and execution to reduce environmental impacts in the construction sector.

Keywords:
Life Cycle Assessment; Construction; Environmental impacts; Building materials; Actual consumption.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais motores do desenvolvimento urbano, mas também representa uma das maiores fontes de impactos ambientais globais. Em 2024, as emissões de CO_2 atingiram 41,6 bilhões de toneladas, das quais 34% foram associadas ao setor da construção, que também consumiu 32% da energia global (UNEP, 2025). Apesar de esforços recentes, como a queda de 9,5% na intensidade energética, os avanços permanecem insuficientes diante das metas climáticas.

Esse cenário exige uma revisão dos modelos construtivos tradicionais e a adoção de metodologias que permitam avaliar os impactos ambientais de forma mais ampla e precisa. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) surge como ferramenta essencial nesse processo. Ao invés de focar exclusivamente nas emissões de gases de efeito estufa, ela permite considerar categorias como uso de recursos não renováveis, potencial de acidificação e escassez hídrica — aspectos igualmente críticos no contexto das mudanças climáticas e da sustentabilidade urbana (IPCC, 2023; IFPEB, 2024).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais da construção de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão no Brasil. A análise aplica a metodologia de ACV, utiliza uma abordagem "do berço ao portão", considerando os estágios de produto (A1-A3) e englobando os elementos fundação, estrutura e envoltória em seu escopo, considerando e comparando duas fontes de dados, os dados de projeto e os dados reais de obra, em seu inventário e resultados. O estudo busca fornecer subsídios técnicos para decisões mais sustentáveis no setor, contribuindo para uma construção civil alinhada aos limites ecológicos do planeta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem sido amplamente aplicada na construção civil como ferramenta para quantificar e comparar os impactos ambientais de materiais e sistemas construtivos. No contexto brasileiro, Monteiro, Arana e Osco (2024) reforçam seu potencial para orientar decisões mais sustentáveis em obras de médio e grande porte. Este estudo adota uma abordagem multicritério da ACV, seguindo a visão de Muneron et al. (2021), que argumentam que o uso de múltiplas categorias de impacto permite uma compreensão mais abrangente dos efeitos ambientais gerados pelas decisões de projeto e execução.

No caso específico de edificações residenciais de alto padrão, como a analisada neste trabalho, a escolha de materiais e soluções estruturais tende a privilegiar desempenho e estética, muitas vezes com altos impactos embutidos. Chen et al. (2022) demonstram que análises comparativas entre diferentes alternativas construtivas, baseadas em múltiplos indicadores de ACV, podem revelar oportunidades de redução significativa de impactos ambientais, mesmo em obras de padrão elevado.

Além disso, autores como Nasir et al. (2025) alertam para as limitações do foco exclusivo em emissões de carbono, destacando a necessidade de considerar outros impactos, como o uso de recursos não renováveis, acidificação e escassez hídrica — categorias que são especialmente relevantes para edificações de maior porte e complexidade técnica. Zhang et al. (2025) reforçam essa visão ao defenderem a abordagem de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental Absoluta, em inglês *Absolute Environmental Sustainability Assessment - AESA*, que busca avaliar impactos dentro dos limites planetários, evitando o deslocamento de danos entre categorias.

Dessa forma, ao integrar múltiplos indicadores ambientais à análise de uma obra real e compará-los com os dados de projeto, o presente estudo contribui para o avanço metodológico da ACV aplicada à construção civil. Ele também oferece um modelo replicável para empreendimentos similares, promovendo decisões mais equilibradas e alinhadas aos desafios ambientais contemporâneos.

3. MÉTODOS

Esta pesquisa adota a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como metodologia principal, conforme as diretrizes das normas NBR ISO 14040, EN 15978 e EN 15804:2012+A2. A abordagem considera os estágios de produto (módulos A1 a A3), desde a extração de matérias-primas até a fabricação dos materiais, seguindo o escopo "do berço ao portão" (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b; Caldas, 2016).

Foram consideradas múltiplas categorias de impacto ambiental com base na metodologia ACV, ampliando a compreensão dos efeitos da construção civil, possibilitando uma análise mais robusta e a identificação de estratégias mais eficazes de mitigação.

Para garantir maior precisão nos resultados, foram utilizados dados coletados diretamente do canteiro de obras da edificação em estudo e dados de projeto fornecidos pela construtora responsável pela edificação, com foco específico nos materiais aplicados nas etapas de fundação, estrutura e envoltória da edificação. Essa colaboração busca superar uma das principais limitações enfrentadas nos estudos de ACV no Brasil, que é a escassez de informações específicas e a limitada disponibilidade de Declarações Ambientais de Produtos (DAPs) nacionais.

3.1 OBJETIVO, ESCOPO E UNIDADE DECLARADA

Este estudo avalia os impactos ambientais da construção de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão localizada no Setor Noroeste, em Brasília, Distrito Federal, por meio da metodologia de ACV. A análise considera emissões embutidas GEEs, por meio do Potencial de Aquecimento Global (PAG), expresso em $kgCO_2e$, o uso de energia não renovável (PENRT), em MJ, o Potencial de Acidificação (AP), em mol H^+ equivalente, e o Potencial de Privação de Água (WDP), em m^3 depriv., adotando a abordagem "do berço ao portão" e abrangendo os estágios A1 a A3, conforme estabelecido pela norma EN 15978:2011. A unidade declarada é 1 m² de área construída, e a vida útil da edificação foi definida em 50 anos, de acordo com a ASBEA (2015) e a ABNT (2021). A Tabela 1 apresenta as principais informações para a condução da ACV neste estudo, em conformidade com a Fase I da norma ISO 14040:2009.

Metodologia de avaliação	NBR 14.040, apoiada pela EN 15.978
Estágios do ciclo de vida abrangidos	Estágio de produto: A1 – A3, berço ao portão
Elementos da edificação analisados	Fundação, estrutura e envoltória
Método de quantificação dos materiais	Tabulação dos quantitativos de materiais obtidos a partir do orçamento prévio e do controle de materiais no canteiro de obras fornecidos pela construtora.
Bases de dados utilizadas	Ecoinvent e DAPs. Utilizando preferencialmente dados Brasileiros.
Software utilizado para o Inventário de Ciclo de Vida (ICV)	Tabulação de dados no Microsoft Excel
Vida útil do edifício	50 anos (ASBEA, 2015; NBR 15.575, 2021)
Público-alvo	Pesquisadores, projetistas, formadores de políticas públicas.
Unidade Declarada	1 m² de área construída
Categorias de Impacto selecionadas	Mudanças Climáticas (PAG: potencial de Aquecimento Global) em $KgCO_2eq$; Uso total de recursos de energia não renováveis (PENRT), em megajoules (MJ); Potencial de Acidificação (AP), em mol H^+ equivalente; Potencial de Privação de Água (WDP), em metros cúbicos (m^3).

Tabela 1: Informações para condução da ACV neste estudo.
Fonte: os autores (2025).

A edificação em estudo segue a tipologia tradicional das superquadras de Brasília, amplamente adotada no bairro Noroeste: possui seis pavimentos elevados sobre pilotis, está implantada em um terreno de 1.500 m², com área total construída de 14.203,67 m² e cota de coroamento de 31 metros. A Figura 1 apresenta a fachada frontal da edificação.

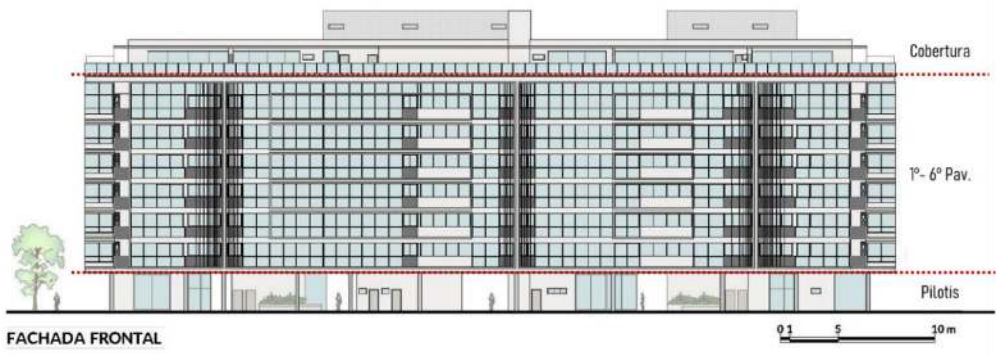


Figura 1: Fachada frontal da edificação em estudo.
Fonte: Silva *et al.* (2024).

Esta ACV visa ampliar a compreensão dos impactos ambientais na construção de edificações residenciais multifamiliares no Brasil, abordando não apenas as emissões de carbono, mas diversas categorias de impacto. A pesquisa busca fornecer subsídios técnicos para academia e profissionais da construção civil, sustentabilidade e economia circular, auxiliando na tomada de decisões mais informadas e na gestão eficiente de recursos. Além disso, pretende incentivar a produção científica nacional sobre o tema, contribuindo para a criação de benchmarks e estratégias mais eficazes de mitigação ambiental no setor.

3.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) foi conduzida por meio da ferramenta Excel, com os materiais organizados por quantitativos estimados no projeto e valores reais da obra, divididos entre fundação, estrutura e envoltória. A Tabela 2 mostra os materiais e seus quantitativos por elemento, separados em dados de projeto (D.P) e de obra (D.O). Todos os materiais foram avaliados em quatro categorias de impacto, cujos fatores estão listados na Tabela 3.

Etapa	Material	D.P	D.O	Und.
Fundação	Concreto Fck 40Mpa	538,75	984,50	m³
	Aço CA50	37,61	38,18	ton
	Brita	121.624,00	662.262,00	kg
Estrutura	Concreto Fck 40Mpa	5.078,02	5.611,00	m³
	Aço CA50	492,400	498,200	ton
	Brita	8.473.660,00	9.285.445,00	kg
	Madeira aplainada para forma de concreto	484,440	501,250	m³
Envoltória	Vidro 8mm	5.034,280	2.271,087	m²
	Vidro 10mm	120,660	0,000	m²
	Alumínio: Esquadrias	34,269	39,446	ton
	Alumínio: brises	5,664	7,495	ton
	Alumínio: requadros	1,351	0,600	ton
	Granito	84.454,00	195.137,40	kg
	Argamassa pré-fabricada	58,426	79,252	ton
	Cimento	23,625	28,048	ton
	Bloco de concreto	48.760,00	68.400,00	kg
	Revestimento cerâmico	280,00	42,38	m²

Tabela 2: Quantitativo dos materiais inventariados na ACV deste estudo.
Fonte: Silva *et al.* (2024).

Material	PAG	PENRT	AP	WDP
Concreto Fck 40Mpa	305 $kgCO_2eq/m^3$	1.490,00 MJ/m^3	1,410 mol H+eq/m^3	100 m^3 depriv/m^3
Aço CA50	1.620,00 $kgCO_2eq/ton$	18.300,00 MJ/ton	8,10 mol H+eq/ton	27,70 m^3 depriv/ton
Brita	0,005 $kgCO_2eq/kg$	0,053 MJ/kg	0,0002 mol H+eq/kg	0,0525 m^3 depriv/ton
Madeira aplainada para forma de concreto	2,22 $kgCO_2eq/m^3$	10.613,63 MJ/m^3	5,983 mol H+eq/m^3	924,911 m^3 depriv/m^3
Vidro 8mm	24,20 $kgCO_2eq/m^2$	289,00 MJ/m^2	0,117 mol H+eq/m^2	4,96 m^3 depriv/m^2
Vidro 10mm	30,30 $kgCO_2eq/m^2$	30,30 MJ/m^2	0,147 mol H+eq/m^2	6,20 m^3 depriv/m^2
Alumínio	2.661,00 $kgCO_2eq/ton$	25,50 MJ/kg	0,295 mol H+eq/kg	0,00878 m^3 depriv/ton
Granito	0,963 $kgCO_2eq/kg$	12,64 MJ/kg	0,006 mol H+eq/kg	0,177 m^3 depriv/kg
Argamassa pré-fabricada	155,00 $kgCO_2eq/ton$	900,00 MJ/ton	18,44 mol H+eq/ton	3,54 m^3 depriv/ton
Cimento	384,00 $kgCO_2eq/ton$	1,49 MJ/ton	40,63 mol H+ eq/ton	5,34 m3 depriv/ton
Bloco de concreto	0,067 $kgCO_2eq/kg$	0,426 MJ/kg	0,0004 mol H+eq/kg	0,002 m3 depriv/kg
Revestimento cerâmico	3,37 $kgCO_2eq/m^2$	56,70 MJ/m^2	0,124 mol H+eq/m^2	0,131 m3 depriv/m^2

Tabela 3: Fator de impacto adotado para cada material por categoria analisada.
Fonte: os autores (2025).

Deu-se preferência a fatores de impacto brasileiros. Na fundação, todos os fatores são nacionais; na estrutura, apenas o fator para madeira aplainada não é brasileiro. Na envoltória, o granito, bloco de concreto e alumínio não utilizam fatores brasileiros nas categorias PENRT, AP e WDP.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os dados de projeto e os dados reais de obra revelou variações significativas no desempenho ambiental da edificação nas quatro categorias analisadas: emissões de gases de efeito estufa (GWP), uso de recursos não renováveis (PENRT), potencial de acidificação (AP) e potencial de escassez hídrica (WDP).

Em todas as categorias, os valores associados à obra foram superiores aos previstos em projeto, o que indica um aumento dos impactos ambientais na etapa construtiva. Ademais, é possível observar que, dependendo da categoria de impacto analisada, o mesmo material pode variar sua participação de forma significativa. A Figura 2 apresenta o percentual de participação de cada material nas categorias PAG e PENRT e a Figura 3 nas categorias AP e WDP.

No que se refere às emissões embutidas de GEEs, Figura 2A e 2B, os dados mostram um aumento de aproximadamente 12,65%, passando de 2.955.050,84 $kgCO_2e$ em projeto para 3.328.877,18 $kgCO_2e$ em obra, sendo a estrutura o elemento de maior emissão (77,1%). Os principais contribuintes por esse aumento foram o concreto utilizado na fundação, cujas emissões aumentaram 82,75%, cerca de 135.953,00 $kgCO_2e$, o granito empregado na envoltória, com um aumento de 131,06% (106.588,11 $kgCO_2e$), e a brita da fundação que obteve uma escalada em suas EEs de mais de 400%.

Em um panorama geral, o concreto da estrutura, por si só, representou 51,41% das emissões da obra, refletindo o grande impacto intrínseco de sua produção, seguido pelo aço da estrutura (24,25%), o concreto da fundação (9,02%) e o granito da envoltória (5,65%), sendo esses os materiais de maior impacto dentre os analisados. Em contrapartida, o vidro 8mm empregado na envoltória, que no projeto representava 4,12% do total das EEs, caiu para 1,65% na obra, já o aço da fundação saiu de 2,06% em projeto para 1,86% em obra. Tais quedas percentuais representam, possivelmente, substituições de materiais, redução do uso estimado e ajustes feitos ao longo da obra.

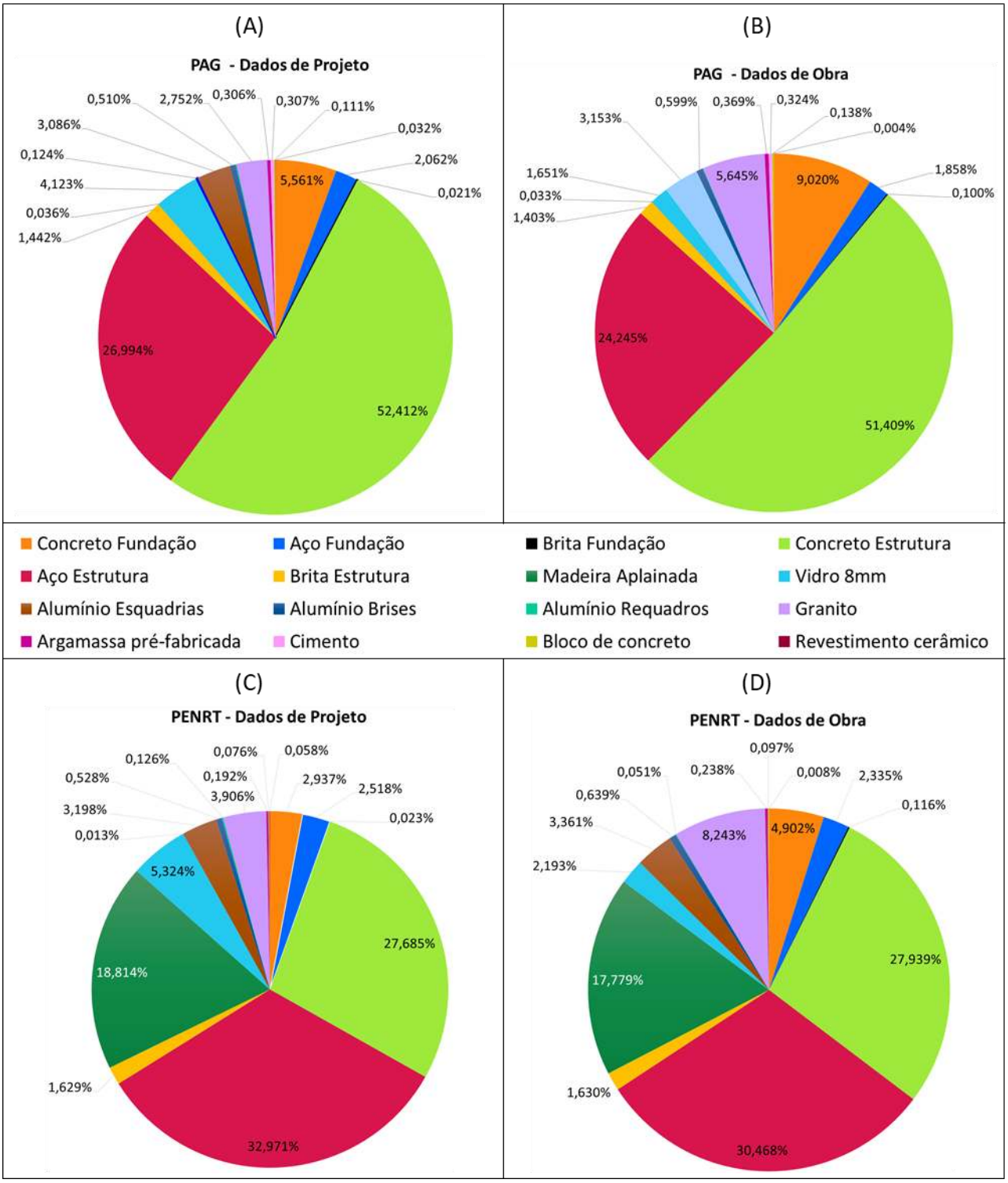


Figura 2: Percentual de participação por material nas categorias PAG e PENRT por fonte de dados.
Fonte: os autores (2025).

A análise dos resultados de energia incorporada (MJ), Figura 2C e 2D, no cenário de projeto versus obra revela um aumento total de 9,49%, indicando maior demanda energética na execução em relação ao planejamento. A estrutura permanece como elemento de maior emissão (77,82%), seguida pela envoltória (14,83%) e fundação (7,35%). Os materiais que mais contribuíram para o total de energia na obra foram o aço (30,47%), o concreto (27,93%) e a madeira aplainada (17,78%), todos do elemento estrutura. Em contrapartida, houve reduções significativas, como no revestimento cerâmico (-84,86%) e no alumínio dos requadros da envoltória (-55,59%), refletindo ajustes de uso ou especificação. Os cinco maiores consumidores de energia na etapa de obra - aço, concreto e madeira aplainada da estrutura, granito e alumínio esquadrias da envoltória - representaram aproximadamente 89% do total das EEs,

reforçando a importância da seleção criteriosa desses materiais para a eficiência energética da edificação.

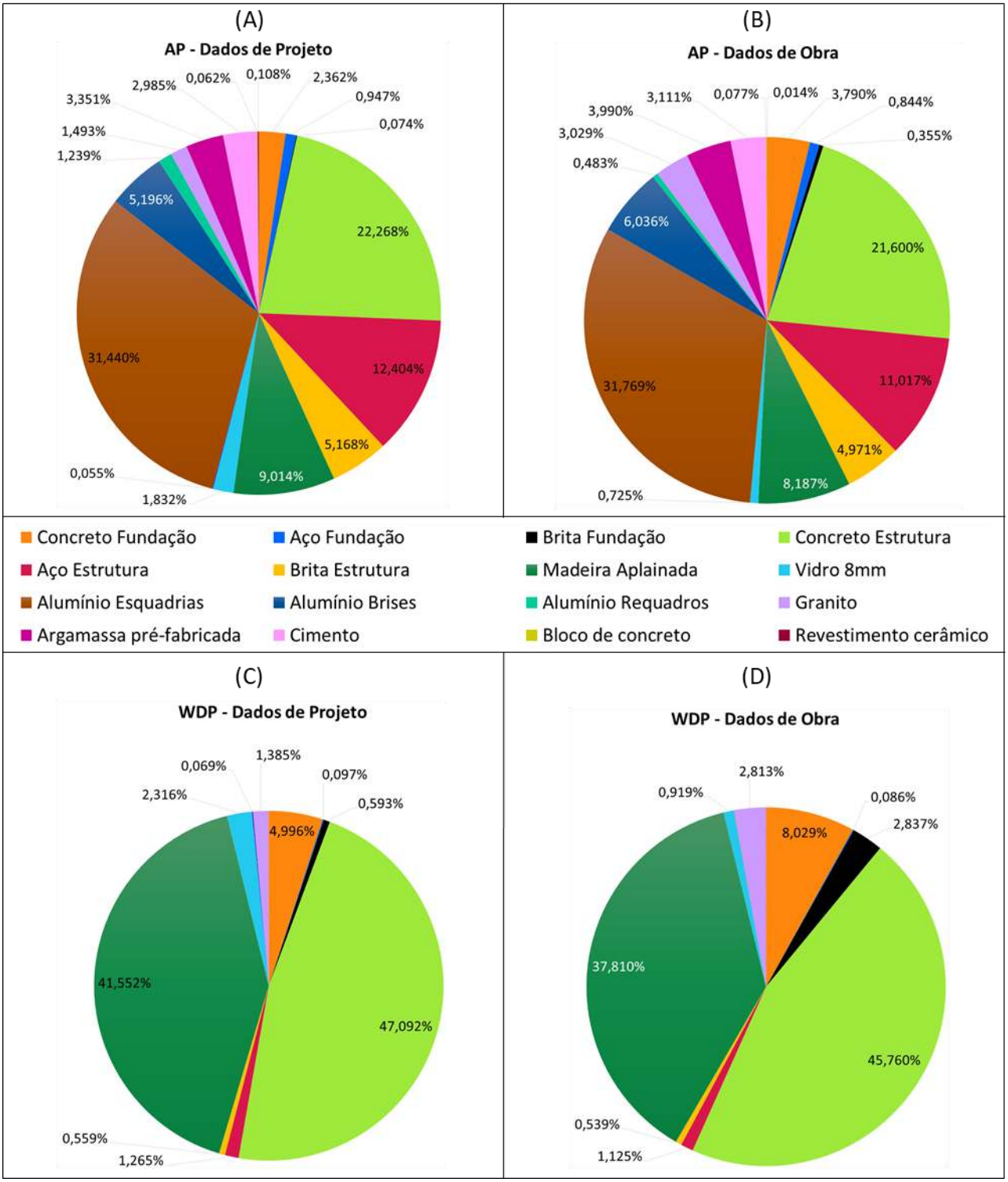


Figura 3: Percentual de participação por material nas categorias AP e WDP por fonte de dados.
Fonte: os autores (2025).

Na análise do potencial de acidificação (AP), o impacto total aumentou de 32.154,47 mol H^+ eq no projeto para 36.628,19 mol H^+ eq na obra, um acréscimo de 13,91%. O alumínio das esquadrias foi o maior contribuinte, com 11.636,57 mol H^+ eq (31,77% do total), seguido pelo concreto da estrutura (21,60%), o aço da estrutura (11,02%), a madeira aplainada (8,18%) e o alumínio dos brises (6%). Em contraste, o vidro 8 mm (-54,89%), o alumínio dos requadros (-55,59%) e o revestimento cerâmico (-84,86%) apresentaram forte redução. Os cinco materiais de maior impacto em obra

concentraram 88,6% do potencial de acidificação total, evidenciando a necessidade de reavaliar a escolha e dosagem desses materiais.

Por fim, o potencial de escassez hídrica (WDP), Figura 3C e 3D, aumentou de 1.078.324,27 para 1.226.177,00 m³ dep., um acréscimo de 13,71%. Bem como em todas as outras categorias analisadas, o concreto da estrutura foi o material de maior impacto, atingindo 45,8% do potencial total de escassez hídrica analisado. Em sequência, a madeira aplainada aparece responsável por 37,81% desse impacto, juntos esses dois materiais somam mais de 83% do impacto total de WDP, revelando seu alto prejuízo nesta categoria. Apesar de apresentarem percentuais inferiores, o concreto da fundação (8%), a brita da fundação (2,84%), o granito da envoltória (2,81%) e o aço da estrutura (1,13%) também se aparecem de forma relevante. Todos os outros materiais apresentaram um percentual de participação nesta categoria inferior a 1%.

Observa-se variação significativa na contribuição dos materiais em cada categoria de impacto. Com uma abordagem ampliada da ACV, que vai além das emissões de gases de efeito estufa, nota-se que concreto e aço são os principais emissores. No uso de energia não renovável (PENRT), o aço lidera como maior contribuinte, enquanto a madeira aplainada apresenta aumento expressivo de participação, indicando impacto energético superior ao previsto. No potencial de acidificação (AP), o alumínio das esquadrias, com contribuição marginal nas demais categorias, emerge como material de maior impacto. Já em escassez hídrica (WDP), há mudança drástica na distribuição: a madeira aplainada, que representava apenas 0,033% no PAG, torna-se o segundo material mais agressivo em WDP, com 37,8% do total. Esses resultados evidenciam a importância de analisar múltiplas categorias para uma compreensão mais completa do desempenho ambiental dos materiais.

Os achados deste estudo, que apontam aumento dos impactos ambientais entre projeto e execução, encontram paralelo em Chen et al. (2022), que analisaram uma edificação multifamiliar de 8 andares na China. Considerando os estágios A1 a A5, os autores obtiveram os seguintes resultados por metro quadrado para a estrutura em concreto: PAG de 295,6 kg CO_2e/m², PENRT de 6510,7 MJ/m², AP de 1,2 kg SO_2e/m² e WDP de 8,4 m³ depriv./m².

Comparando com os dados deste trabalho (A1-A3), verificam-se valores inferiores para PAG (234,37 kg CO_2e/m²) e PENRT (2.106,77 MJ/m²), e superiores para AP (2,58 mol H^+ eq/m²) e WDP (86,33 m³ depriv./m²). Tais diferenças podem ser atribuídas à tipologia construtiva, localização geográfica, metodologia empregada, além da influência da cadeia de suprimentos e das condições logísticas locais.

No estudo de Chen et al. (2022), a substituição do concreto por madeira (CLT) reduziu em 25% o PAG e 39% o PENRT, mas aumentou os impactos de acidificação devido à logística de transporte. Esses achados, assim como os deste trabalho, reforçam a influência do tipo de material e de sua logística nos indicadores ambientais, e a necessidade de decisões projetuais pautadas em múltiplas categorias, considerando especificidades locais e eventuais trade-offs.

Em síntese, a análise mostra que a execução da obra resultou em aumento substancial dos impactos ambientais em relação ao projetado. Esse descompasso pode estar ligado a mudanças de materiais, ajustes de escopo, desperdícios ou falhas de controle na fase construtiva. Os resultados destacam a importância de considerar os impactos ambientais desde a fase de projeto e de garantir acompanhamento rigoroso na execução, com atenção especial aos materiais de maior carga ambiental, como concreto, aço e alumínio. A ACV mostrou-se ferramenta essencial para subsidiar decisões em prol de construções mais sustentáveis.

5. CONCLUSÕES

O estudo avaliou os impactos ambientais da construção de uma edificação residencial de alto padrão no Brasil, utilizando a metodologia de ACV com abordagem “do berço ao portão”, considerando os módulos A1-A3 para fundação, estrutura e envoltória. Os resultados evidenciaram

um aumento dos impactos ambientais na fase de execução em relação aos valores estimados em projeto, em todas as quatro categorias analisadas: PAG, PENRT, AP e WDP.

Entre os principais achados, destaca-se o papel dos materiais estruturais como os maiores contribuintes para os impactos ambientais, com ênfase no concreto da fundação e da estrutura, que juntos representaram 60,4% das emissões de GEE na obra. O aço da estrutura também apresentou elevada participação, especialmente nas categorias PENRT (30,47%) e PAG (24,25%). A madeira aplainada, por sua vez, destacou-se nas categorias PENRT (17,78%) e WDP (37,81%), apesar de seu impacto marginal nas emissões. O alumínio das esquadrias se sobressaiu como o principal contribuinte no potencial de acidificação, com 31,77% do total. Os dados ainda revelaram que alterações nos materiais e na quantidade empregada ao longo da execução, como observado no aumento de mais de 400% nas emissões associadas à brita da fundação, influenciaram diretamente no agravamento dos impactos ambientais.

O estudo revelou ainda que os cinco materiais mais impactantes em cada categoria foram responsáveis por cerca de 85% a 90% dos impactos totais, o que reforça a importância de uma seleção criteriosa desses insumos desde a fase de projeto. Além disso, a análise demonstrou que o desempenho ambiental dos materiais pode variar significativamente entre as categorias de impacto, o que evidencia a necessidade de abordagens mais amplas na ACV para evitar escolhas que favoreçam um indicador, mas agravem outros.

Como limitações, destaca-se o recorte do estudo aos módulos A1-A3, sem considerar etapas relevantes como transporte, construção, uso e fim de vida. A análise baseou-se em um único estudo de caso, o que restringe a generalização dos resultados. A obtenção e confiabilidade dos dados reais de obra também constituem um desafio, dada a dificuldade de acesso a informações padronizadas durante a execução.

Como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se expandir a análise para outras tipologias de edificações e regiões do país, bem como englobar os demais estágios de carbono embutido na avaliação, A4-A5, C e D. Também é recomendável aprofundar a investigação sobre materiais alternativos de menor impacto e estratégias de gestão mais eficazes para garantir maior aderência entre projeto e obra. O uso da ACV demonstrou-se uma ferramenta essencial para subsidiar decisões mais sustentáveis, contribuindo para a redução da carga ambiental da construção civil desde sua concepção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASBEA. **Guia para Arquitetos na Aplicação da Norma de Desempenho**: ABNT NBR 15.575. Brasil, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípio e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

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

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15575-1:2021: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://normadedesempenho.com.br/nbr-15-575-1-2021/. Acesso em: 30 dez. 2024.

BSI STANDARDS PUBLICATION. EN 15804:2012+A2: Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. Brussels: CEN - ***European Committee for Standardization***, 2019.

BSI STANDARDS PUBLICATION. EN 15978: Sustainability of construction works: Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. Brussels: ***CEN - European Committee for Standardization***, 2011.

CALDAS, L.; PEDROSO, G.; SPOSTO, R. M. **Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) de uma habitação**. Estudo para diferentes cenários considerando as etapas do berço ao túmulo. São Paulo, 2016. Disponível em: https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.191/6012. Acesso em: maio 2024.

CHEN, C. X. *et al*. *Comparative Life Cycle Assessment of Mass Timber and Concrete Residential Buildings: A Case Study in China*. ***Sustainability***, Basel, v. 14, n. 1, p. 1–17, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/su14010144.

French Institute for Buildings' Performance, IFPEB. Sufficiency and the Built Environment: Reducing Demand for Land, Floor Area, Materials and Energy as the First Step Towards Sustainable Buildings. Paris: **GlobalABC**, 2024**.** Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/2024-11/241002_Sufficiency%20Action%20Hub_Position%20Paper_Final%20version%20%284%29%20%281%29_0.pdf. Acesso em: 21 abr. 2025.

IPCC, 2023: *Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team*, H. Lee and J. Romero (eds.)]. **IPCC**, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

MONTEIRO, R. A.; ARANA, A. R. A.; OSCO, L. P. A importância da análise do ciclo de vida aplicada à sustentabilidade ambiental no setor da construção civil. In: Dinâmicas socioambientais em Brasília-DF: Um olhar sustentável. 1. ed. [S. l.]: **Editora Científica Digital**, 2024. v. 1. p. 17–28. ISBN 978-65-5360-823-8. DOI: https://dx.doi.org/10.37885/241115634. Acesso em: 18 abr. 2025.

MUNERON, L. M. *et al*. *Comparison of the environmental performance of ceramic brick and concrete blocks in the vertical seals' subsystem in residential buildings using life cycle assessment*. ***Cleaner Engineering and Technology***, [S. l.], v. 5, p. 100243, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100243.

NASIR, M. J. M.; PRAKASH, P. R.; SUMAN, M. *An automated BIM-GRIHA15-LCA framework for building sustainability assessment*. ***Journal of Building Engineering***, v. 101, 111908, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111908. Acesso em: 24 abr. 2025.

SILVA, M. C. F.; CALDAS, L. R.; FIGUEIREDO, C. R. Avaliação de emissões de carbono: análise comparativa entre dados de projeto e de obra nas etapas de fundação e estrutura. In: Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, 20, 2024, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ANTAC, 2024. Dispoível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6056. Acesso em: 18 abr. 2025.

UNEP – 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. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47214. Acesso em: 16 abr. 2025.

ZHANG, W. *et al*. *Absolute environmental sustainability assessment of emerging industrial chains within planetary boundaries: A systematic literature review*. ***Sustainable Production and Consumption***, v. 55, p. 185–202, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.02.023. Acesso em: 18 abr. 2025.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao CNPq - Edital Universal - pelo apoio à pesquisa.