

# **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM LIGHT WOOD FRAME E UM EDIFÍCIO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

**Palavras-Chave:** avaliação do ciclo de vida, edificações, estrutura leve de madeira, alvenaria estrutural, hotspots.

**Autores:**

**FRANCISCO MIRRA GALANTE MILLER, FECFAU - UNICAMP**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. VANESSA GOMES DA SILVA, FECFAU - UNICAMP**

---

## **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, IPCC, [1] a crise climática é um problema que já está sendo enfrentado, como o aumento abrupto da temperatura média do planeta, assim, ações de mitigação são necessárias. No Brasil, sistemas de construção tradicionais, conhecidos como construção "in loco" em concreto ou alvenaria estrutural, são amplamente utilizados. A indústria da Construção Civil é responsável por cerca de 38% das emissões globais totais de CO<sub>2</sub>, segundo o relatório Global Situation for Buildings and Construction de 2020 [2]. No entanto, desde a última década, estão surgindo empresas de construção industrializada "off-site", utilizando materiais metálicos e de madeira, com o objetivo de alcançar maior sustentabilidade no processo de construção civil.

Para medir o impacto ambiental de cada metodologia de construção, é possível realizar uma Avaliação do Ciclo de Vida, ACV. Essa técnica é utilizada em diferentes campos da ciência para avaliar os impactos ambientais de produtos ou serviços, do "berço ao túmulo", ou seja, desde a extração de matérias-primas até o tratamento de fim de vida. Nesse sentido, a ACV pode ser realizada em edificações, permitindo comparar práticas e propor medidas para reduzir os impactos ambientais.

Estudos anteriores já compararam estruturas de madeira e edifícios com estrutura de concreto. Soust-Verdaguer [3], por exemplo, mostrou que um edifício com estrutura de madeira no Uruguai possui menor Potencial de Aquecimento Global, Toxicidade Humana, Potencial de Acidificação, Potencial de Depleção da Camada de Ozônio e Ecotoxicidade em Água Doce, contudo relatou maior Potencial de Eutrofização.

A adoção da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para edifícios é complexa por algumas razões: principalmente devido à longa vida útil do empreendimento, ao uso de diferentes materiais e subsistemas de construção. Além disso, cada projeto possui suas próprias envoltórias e há a necessidade de manutenção durante a fase de uso.

O objetivo principal da pesquisa é verificar a hipótese de que edifícios com estrutura leve de madeira têm menor impacto ambiental em comparação com edifícios que utilizam a metodologia de construção tradicional com blocos de alvenaria de concreto estrutural. Ainda assim, como contribuição do estudo, foi realizada uma compilação de sugestões de boas práticas para produtores de inventários de materiais em empresas de construção. Sendo assim, os objetivos secundários foram:

- Sugerir boas práticas para produtores de inventários de materiais em empresas de construção; e

- Identificar possíveis pontos críticos em cada sistema de construção, para apoiar propostas de melhoria visando a redução do impacto.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com base em dois estudos de caso fornecidos por empresas de construção no Estado do Paraná. Os respectivos inventários do ciclo de vida (ICV) foram montados a partir das informações fornecidas pelas empresas responsáveis pelos empreendimentos. Foram utilizados na modelagem os métodos de avaliação de impacto CED v1.11 (demanda de energia acumulada) e CML-IA Baseline v3.05, a plataforma de ACV SimaPro v.8.5/9.0 e os dados de fundo da base Ecoinvent (v.3.4 e 3.5). As normas europeias EN15804:2012 [4] e EN15978:2011 [5], e as normas ABNT NBR ISO 14040/44:2009 [6 e 7] e ABNT NBR 15575:2024 [8] forneceram a estrutura normativa.

### 2.1. Estudos de caso

Foram modelados dois edifícios residenciais construídos a 4,5 km de distância, em Curitiba, Paraná. Os critérios de equivalência funcional, como área bruta de construção, padrão de acabamentos e layout do edifício, foram considerados. O edifício de alvenaria estrutural em concreto possui 6 andares, enquanto o edifício de madeira leve tem 4 andares.

### 2.2. Avaliação do ciclo de vida

O estudo seguiu as etapas clássicas da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): definição de escopo e objetivo; análise de inventário; avaliação de impacto; e interpretação. A primeira etapa consistiu em delinear os limites do sistema para os casos estudados, definindo os módulos e processos que seriam analisados (regra de corte).

Primeiro, foram consideradas todas as etapas do ACV da construção: Produto e Construção (A1-A5), Uso (B2-B5) e fim de vida (C1-C4), exceto os módulos de energia e água operacional (B6 e B7), devido ao foco nos impactos incorporados dos materiais. Em seguida, o estágio do inventário do ciclo de vida consistiu na coleta e seleção, organização em cada sistema correspondente e cálculo de massa, para ambas as tecnologias construtivas.

Os materiais de construção foram dispostos em planilhas de cálculo que apresentam fluxos de uso total de energia e recursos, e liberação de emissões pelo sistema [9], sendo: estrutura, fachada, revestimento interno, esquadrias, cobertura, impermeabilização e serviços prediais. Dessa maneira, a avaliação de impacto consistiu, na análise do impacto gerado por cada material, processo, subsistema e sistema.

Finalmente, a quarta etapa permitiu uma compreensão completa do ciclo de vida do produto, possibilitando realizar análises críticas, como a identificação de estágio e categorias críticas ambientalmente para cada construção.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos (Figura 1) pela ACV do tipo "berço ao túmulo" para demanda acumulada de energia (CED) mostraram que o edifício de estrutura leve de madeira (light wood frame, LWF) contribuiu com a menor demanda em Energia Primária Não Renovável em comparação com a alvenaria estrutural,  $7.07E+03$  (MJ) contra  $8.92E+03$  (MJ), respectivamente, representando 21% de diferença. A Energia Primária Não Renovável se refere à energia extraída da natureza, e não é repostada em uma escala de tempo humana. Dessa maneira, no cenário de Energia Primária Renovável, o LWF tem uma demanda acumulada de cerca de 170% comparativamente maior.

Além disso, o edifício de madeira confirma o menor impacto ambiental através da menor representatividade na maioria das categorias do método CML-IA Baseline. As maiores reduções de impacto calculadas residem em: Photochemical Oxidation, em 24%; Abiotic Depletion Fossil Fuels e Global Warming Potential em 20%. Contudo, verifica-se que nos índices Terrestrial Ecotoxicity e Fresh Water Aquatic Ecotoxicity, houve um impacto maior do LWF, em 9% e 2%, respectivamente.

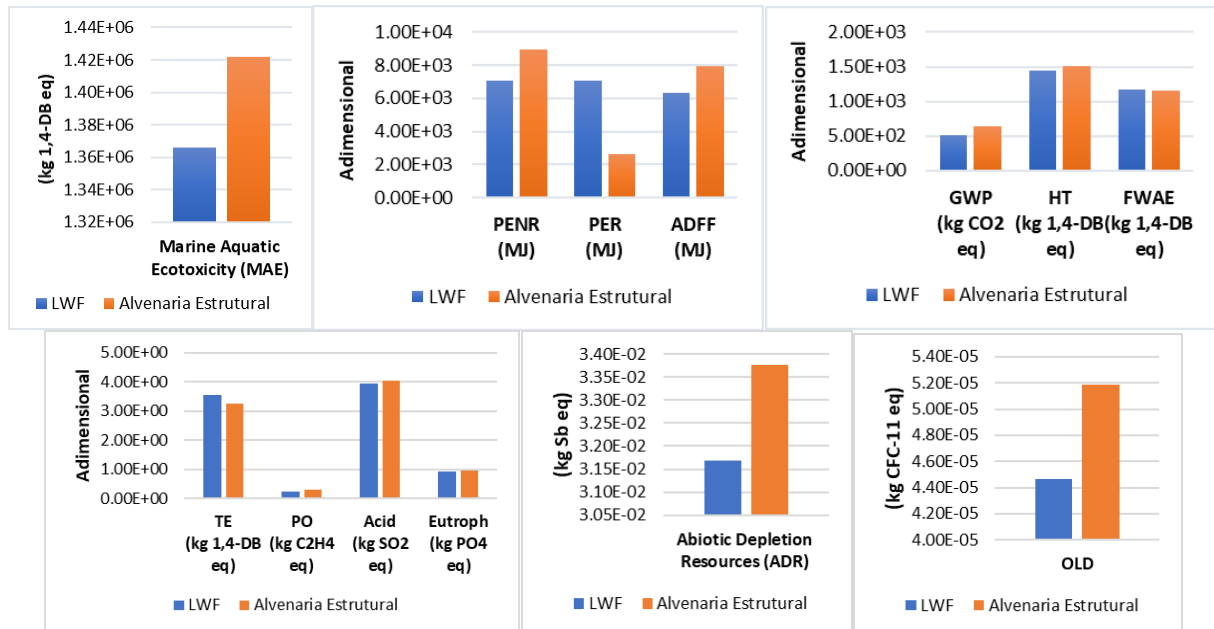


Figura 1: Resultado de impacto total, durante o ciclo "cradle to grave", por unidade de referência (m<sup>2</sup>), por categoria analisada para o edifício residencial multipavimentos em light wood frame (LWF) e alvenaria estrutural para Marine Aquatic Ecotoxicity (MAE), Primary Energy, Non-Renewable (PENR), Primary Energy, Renewable (PER), Abiotic Depletion Fossil Fuels (ADFF), Global Warming Potential for a 50-year time horizon (GWP), Human Toxicity (HT), Fresh Water Aquatic Ecotoxicity (FWAE), Terrestrial Ecotoxicity (TE), Photochemical Oxidation (PO), Acidification (Acid), Eutrophication (Eutroph), Abiotic Depletion Resources (ADR), Ozone Layer Depletion (OLD).

Ademais, foram analisados os impactos através dos estágios de ciclo de vida do edifício (Figura 1 e Figura 3), e os maiores impactos em ambas as tecnologias construtivas ocorreram durante a fase B4 – estágio de uso, variando entre 58% a 73%, devido à necessidade de troca dos materiais devido à vida útil, chegando até 74% dos impactos totais de uma categoria ambiental.

É notável a maior contribuição da fase de produto A1-A3 do LWF, na categoria de Energia Primária Renovável, chegando a 82%, devido à estrutura de madeira. Ao passo que as outras categorias ambientais do CML-IA, em ambos os empreendimentos, variam entre 20% e 40% para essa etapa do ciclo de vida. De maneira geral, a etapa de construção A4-A5 e disposição final representam os menores impactos, com índices de até 5%.

Destaca-se que para priorização dos impactos ambientais é fundamental que os a construção dos edifícios atendam à agenda ambiental local; dado que cada localização possui categorias de impacto mais críticas do que outras, devido ao ecossistema na qual está inserida.

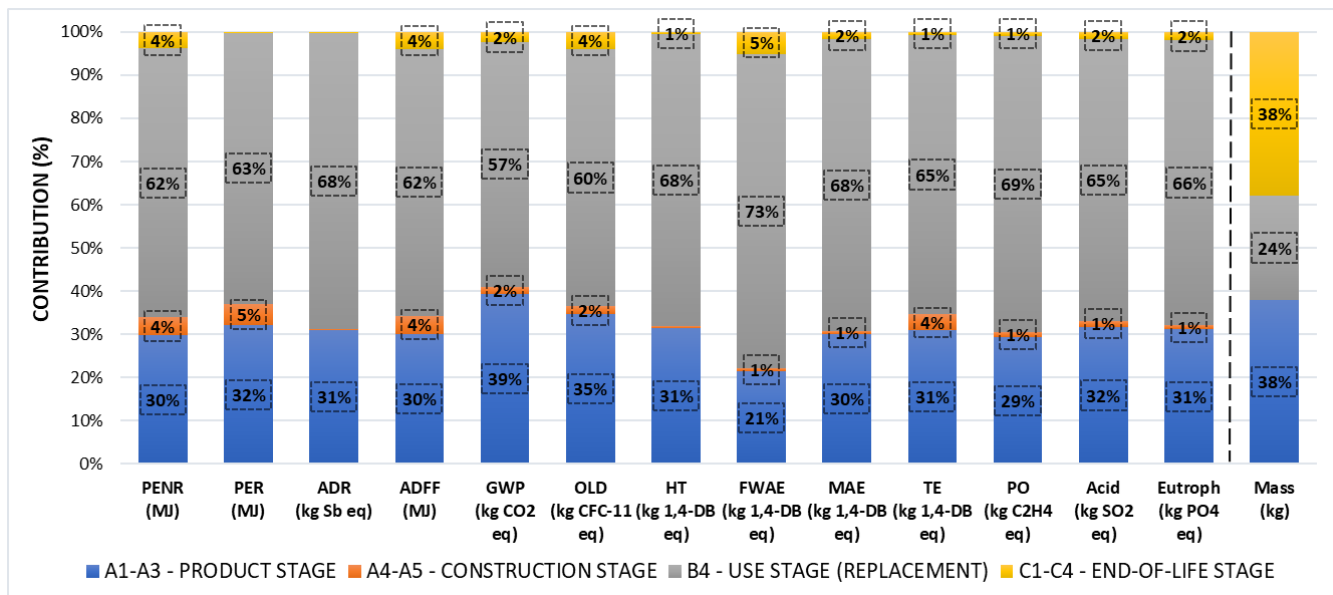


Figura 1: Contribuição por categoria de impacto CED, CML-IA Baseline e massa do edifício em alvenaria estrutural.

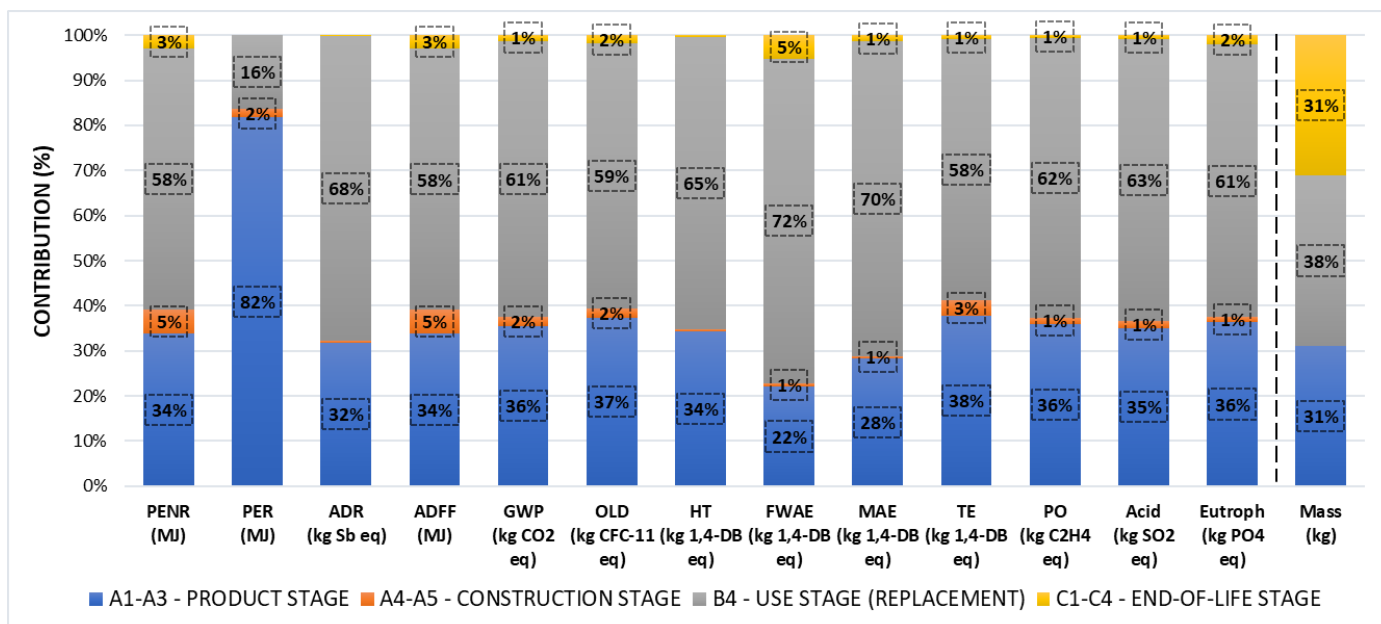


Figura 3: Contribuição por categoria de impacto CED, CML-IA Baseline e massa do edifício em light wood frame.

## 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que uma construção em estrutura leve de madeira tem uma menor degradação ambiental que um edifício em alvenaria estrutural devido ao menor uso de concreto e materiais metálicos. Haja vista que estudos de casos reais comprovam que edifícios de estrutura de madeira são mais sustentáveis ambientalmente do que a alvenaria estrutural, considerando um padrão de referência semelhante.

Nesse contexto, a pesquisa contribui para o campo da ACV ao adicionar bons casos de estudo que permitem inferências para melhorar as práticas nos projetos de construção civil. Além disso, é evidente que o menor uso de concreto e materiais metálicos reduz os impactos ambientais por unidade funcional, resultando em um menor Potencial de Aquecimento Global, principalmente.

Para futuros desenvolvimentos, mais exemplos de construção reais de diferentes empresas devem ser comparados para obter uma melhor compreensão do comportamento geral dos impactos ambientais na construção nacional. Além disso, é adequado realizar estudos com modelos Building Information Modeling - BIM para garantir as quantidades fornecidas e reduzir o tempo de trabalho na organização e coleta de dados, que é uma etapa exaustiva da ACV.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] IPCC: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY. 3056 pp, 2022.
- [2] United Nations Environment Programme. **2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.** Nairobi, 2020.
- [3] Soust-Verdaguer, B. **Comparative BIM-based Life Cycle Assessment of Uruguayan timber.** Cleaner Production. 2020.
- [4] CEN. BS EN 15804 - **Sustainability of construction works - Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.** [s.l.] British Standards Institution, 2012.
- [5] CEN. BS EN 15978 - **Sustainability of construction works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method.** British Standards Institution, 2011.
- [6] ABNT. NBR ISO 14040 - **Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida - Princípios e Estrutura.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.
- [7] ABNT. NBR ISO 14044 - **Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.
- [8] ABNT. NBR 15575-1 - **Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- [9] PULGROSSI, LIZZIE MONIQUE - **Influência das regras de corte nos resultados da avaliação do ciclo de vida de edificações completas** – Campinas, SP: [s.n.], 2020.