



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CÁSSIA GISELE DIAS PORTO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA AMBIENTAL E SOCIAL NA CONSTRUÇÃO DE
HABITAÇÕES POPULARES EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE -PE**

Caruaru - PE
2025

CÁSSIA GISELE DIAS PORTO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA AMBIENTAL E SOCIAL NA CONSTRUÇÃO DE
HABITAÇÕES POPULARES EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Área de concentração: Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Lima da Silva

Caruaru - PE
2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Porto, Cássia Gisele Dias.

Avaliação do ciclo de vida ambiental e social na construção de habitações populares em Santa Cruz do Capibaribe -PE / Cássia Gisele Dias Porto. - Recife, 2025.

155f.: il.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste (CAA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), 2025.

Orientação: Gilson Lima da Silva.

1. Construção Civil; 2. Análise do ciclo de vida; 3. Habitações de interesse social; 4. Análise do ciclo de vida ambiental; 5. Análise do ciclo de vida social. I. Silva, Gilson Lima da. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CÁSSIA GISELE DIAS PORTO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA AMBIENTAL E SOCIAL NA CONSTRUÇÃO DE
HABITAÇÕES POPULARES EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.
Área de concentração: Tecnologia Ambiental.

Aprovada em: 24/10/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



GILSON LIMA DA SILVA

Data: 05/12/2025 11:05:25-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gilson Lima da Silva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Documento assinado digitalmente



SAULO DE TARSO MARQUES BEZERRA

Data: 05/12/2025 19:03:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Documento assinado digitalmente



ROSANGELA GOMES TAVARES

Data: 11/12/2025 14:41:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Rosangela Gomes Tavares (Examinadora Externa)

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

*“Você ganha força, coragem e confiança
através de cada experiência em que você
realmente para e encara o medo de frente”.*

(Eleanor Roosevelt)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, o princípio e a energia de tudo, por me guiar ao longo desta jornada acadêmica. Sua graça e orientação foram fundamentais em cada passo do caminho a ser trilhado. À minha querida família, expresso minha profunda gratidão.

Aos amigos que ganhei durante esta pesquisa, agradeço por sua amizade, apoio e troca de ideias enriquecedoras. Sua presença tornou essa jornada ainda mais significativa e repleta de ensinamentos. Agradeço à Karinne Martins Batista e à Maria Cristiane Carvalho, por me apoiarem e auxiliarem ao longo da execução desse trabalho. Agradeço também a todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, que proporcionaram experiências enriquecedoras e a troca de conhecimentos.

Agradeço em especial ao meu prezado e estimado orientador, Gilson Lima da Silva, que se tornou mais do que um guia acadêmico, mas um verdadeiro mestre, mentor e parceiro nesta área da sustentabilidade ambiental. Sua orientação, direcionamento, conhecimento e dedicação foram essenciais para o sucesso desta pesquisa. O Prof. Dr. Gilson Lima da Silva me acompanhou desde do 1º período da graduação na Universidade Federal de Pernambuco e sempre possui algo a ensinar a todos os que passam pela sua vida. Seus ensinamentos e postura profissional me inspiram e irei levar para o resto da vida com a total admiração e respeito.

Agradecimento especial a José Floro de Arruda Neto, por estar presente desde a época da graduação, me auxiliando e guiando no TCC e na dissertação de mestrado, e ao Engenheiro Tiago Gonçalves, por auxiliar nas visitas técnicas à obra e na obtenção dos dados e informações necessárias ao trabalho. Sem ambos esse trabalho não seria possível.

À UFPE, agradeço por proporcionar este período de aprendizado enriquecedor, em especial ao Curso de Engenharia Civil e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM). Especialmente ao corpo docente em geral e aos professores da pós-graduação, expresso minha gratidão pelo conhecimento que compartilharam e pela orientação ao longo deste programa. Agradeço também ao GAMA (Grupo de Gestão Ambiental Avançada), por sempre contribuir com novas oportunidades e ensinamentos, sendo que certamente estarei presente colaborando e contribuindo com esse projeto.

Por fim, gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnológico do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela disponibilidade da bolsa de pesquisa que tornou este projeto possível. Seu apoio financeiro foi crucial para propiciar o desenvolvimento desta dissertação.

A todos vocês, minha profunda gratidão. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio, ensinamentos, amor, orientação e recursos fornecidos por cada um de vocês.

RESUMO

A indústria da construção civil exerce impacto significativo sobre a economia de uma nação. Dessa forma, pequenas alterações ao longo do processo construtivo podem gerar ganhos ambientais, redução de custos operacionais e estímulo a novos investimentos. Nesse contexto, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) se destaca como ferramenta de excelência para análise e escolha de alternativas sob uma perspectiva ambiental e social. Entretanto, a dificuldade na coleta de dados primários constitui um dos principais entraves à aplicação *in loco* da ACV, explicando a carência de estudos científicos com procedimentos metodológicos mais claros e padronizados. Assim, este trabalho visa avaliar um modelo construtivo da construção de casas populares na cidade de Santa Cruz do Capibaribe-PE com a aplicação das ferramentas de ACV-A (Análise de Ciclo de Vida Ambiental) e de ACV-S (Análise de Ciclo de Vida Social) para realizar um diagnóstico ambiental e social do processo construtivo. A metodologia adotada foi dividida em duas etapas principais: a obtenção dos inventários de ciclo de vida e a avaliação de dados obtidos por meio da execução da ACV. Por fim, de posse desses dados, foi realizada a ACV-S por meio de indicadores e análises gráficas, e a ACV-A através do uso do software SimaPro®. Os resultados da ACV-A pelo método ReCiPe 2016 Midpoint (H) mostraram que a toxicidade terrestre foi a categoria de maior impacto ($5,87 \times 10^4$ kg 1,4-DCB). Por sua vez, a execução do método CML-IA baseline indicou a depleção abiótica de combustíveis fósseis ($1,87 \times 10^5$ MJ) como a categoria mais impactante. Observou-se, ainda, que os materiais de alumínio (0,665 t) se configuraram como os principais responsáveis pelos impactos em praticamente todas as categorias avaliadas. Constatou-se também, por meio do ICV-S, que a empresa avaliada segue as normas e preceitos padrões para a garantia dos direitos e deveres dos trabalhadores. Conclui-se que a ACV é uma ferramenta estratégica para apoio à decisão na construção civil, reforçando a importância de aprimorar a seleção de materiais e fortalecer práticas de gestão ambiental para promover a sustentabilidade em empreendimentos habitacionais.

Palavras-chave: Construção Civil, Análise do Ciclo de Vida, Habitações de Interesse Social, Análise do Ciclo de Vida Ambiental e Análise do Ciclo de Vida Social.

ABSTRACT

The construction industry has a significant impact on a nation's economy. Therefore, small changes throughout the construction process can generate environmental gains, reduce operational costs, and stimulate new investments. In this context, Life Cycle Assessment (LCA) stands out as an excellent tool for analyzing and choosing alternatives from an environmental and social perspective. However, the difficulty in collecting primary data is one of the main obstacles to the on-site application of LCA, explaining the lack of scientific studies with clearer and more standardized methodological procedures. Thus, this work aims to evaluate a construction model for low-cost housing in the city of Santa Cruz do Capibaribe-PE using LCA-A (Environmental Life Cycle Assessment) and LCA-S (Social Life Cycle Assessment) tools to carry out an environmental and social diagnosis of the construction process. The methodology adopted was divided into two main stages: obtaining life cycle inventories and evaluating data obtained through the execution of LCA. Finally, using this data, a Life Cycle Assessment (LCA-S) was performed using indicators and graphical analyses, and an Abiotic Life Cycle Assessment (ALC-A) was conducted using SimaPro® software. The results of the ALC-A using the ReCiPe 2016 Midpoint (H) method showed that terrestrial toxicity was the category with the greatest impact (5.87×10^4 kg 1,4-DCB). In turn, the execution of the CML-IA baseline method indicated abiotic depletion of fossil fuels (1.87×10^5 MJ) as the most impactful category. It was also observed that aluminum materials (0.665 t) were the main contributors to impacts in practically all evaluated categories. The ICV-S also confirmed that the evaluated company follows standard norms and precepts for guaranteeing the rights and duties of workers. It is concluded that LCA (Life Cycle Assessment) is a strategic tool to support decision-making in the construction industry, reinforcing the importance of improving material selection and strengthening environmental management practices to promote sustainability in housing projects.

Keywords: Civil Construction, Life Cycle Analysis, Low-income Housing, Environmental Life Cycle Analysis, Social Life Cycle Analysis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------------------------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ACV | Análise/Avaliação do Ciclo de Vida |
| ACV-A | Análise do Ciclo de Vida Ambiental |
| ACV-S | Análise do Ciclo de Vida Social |
| CAA | Centro Acadêmico do Agreste |
| CML | Centre of Environmental Science at Leiden University |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| GAMA | Grupo de Gestão Ambiental Avançada |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| ICV | Inventário do Ciclo de Vida |
| ICV-A | Inventário do Ciclo de Vida Ambiental |
| ICV-S | Inventário do Ciclo de Vida Social |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ISO | International Organization for Standardization |
| KG CFC-11 EQ | Quilograma de Clorofluorcarboneto Equivalente |
| KG CO ₂ EQ | Quilograma de Dióxido de Carbono Equivalente |
| KG PO ₄ ³⁻ EQ. | Quilogramas Equivalentes de Íons Fosfato (PO ₄ ³⁻) |
| KG SB EQ. | Quilogramas Equivalentes de Antimônio (Sb) |
| KG SO ₂ EQ | Quilograma de Dióxido de Enxofre Equivalente |
| MCTI | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações |
| MJ | Megajoule |
| NBR | Norma Brasileira |
| ODS | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PNUMA | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| PRISMA | Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses |
| SETAC | Society of Environmental Toxicology and Chemistry |
| SIMAPRO | System for Intergrated Environmental Assessment of Products |
| UFPE | Universidade Federal de Pernambuco |
| UNEP | United Nations Environment Programme |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Tipo de coleta de dados específicos e seus respectivos exemplos..... | 21 |
| Figura 2 – Fluxograma da metodologia PRISMA adotada. | 26 |
| Figura 3 – Análise de Resultados de países obtidos da <i>Web of Science</i> | 28 |
| Figura 4 – Gráfico de publicações por ano na base de dados da Web of Science..... | 29 |
| Figura 5 – Rede de Análise de coautoria de autores da <i>Web of Science</i> | 30 |
| Figura 6 – Rede de Análise de coautoria de países em relação da <i>Web of Science</i> com a escala temporal..... | 31 |
| Figura 7 – Rede de Análise de coocorrência de palavras-chave da <i>Web of Science</i> | 32 |
| Figura 8 – Rede de Análise de citação de documentos da <i>Web of Science</i> | 33 |
| Figura 9 – Rede de Análise de cocitação de autores da Web of Science. | 34 |
| Figura 10 – Gráfico de publicações por ano na base de dados da SciELO..... | 35 |
| Figura 11 – Rede de Análise de coautoria da base de dados SciELO..... | 36 |
| Figura 12 – Rede de Análise de coocorrência da base de dados SciELO. | 37 |
| Figura 13 – Publicação de documentos por país na base de dados da Scopus..... | 38 |
| Figura 14 – Número de documentos publicados por ano, entre os anos de 2014 a 2024, na plataforma Scopus. | 39 |
| Figura 15 – Rede de Análise de Coautoria de Autores com os dados da Scopus. | 40 |
| Figura 16 – Rede de Análise de Coautoria por país dos dados da Scopus..... | 41 |
| Figura 17 – Rede de Análise de coocorrência de palavras-chaves da Scopus. | 42 |
| Figura 18 – Rede de Análise de Citação de Documentos da base de dados da Scopus. | 43 |
| Figura 19 – Diagrama de fluxo PRISMA para revisões sistemáticas que incluíram pesquisas em bancos de dados. | 44 |
| Figura 20 – Mapa de Localização do município de Santa Cruz do Capibaribe. | 45 |
| Figura 21 – Mapa de localização do empreendimento..... | 47 |
| Figura 22 – Planta de Unidade Contrutiva e Planta Baixa de Classificação de Áreas..... | 48 |
| Figura 23 – Representação em modelo 3D da unidade habitacional..... | 49 |
| Figura 24 – Esquema geral de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A). | 53 |
| Figura 25 – Esquema geral de aplicação da Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S). | 55 |
| Figura 26 – Vista da via de trânsito do empreendimento..... | 63 |
| Figura 27 – Vista frontal da unidade habitacional modelo. | 64 |
| Figura 28 – Espaço interno da unidade habitacional..... | 64 |

| | |
|---|----|
| Figura 29 – Curva ABC do empreendimento analisado..... | 72 |
| Figura 30 – Resultado das respostas do questionário Modelo 1. | 79 |
| Figura 31 – Resultado das respostas do questionário Modelo 2. | 83 |
| Figura 32 – Fluxograma da rede de impactos da casa popular modulada pelo Método ReCiPe 2016. | 86 |
| Figura 33 – Análise das categorias de impacto através do método ReCiPe Midpoint (H) V 1.11. | 91 |
| Figura 34 – Fluxograma da rede de impactos da casa popular modulada pelo Método CML-IA. | 93 |
| Figura 35 – Análise das categorias de impacto através do método CML-IA Baseline V 3.11 EU 25. | 97 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Etapas da avaliação ambiental de edificações segundo a EN 15978..... | 24 |
| Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão..... | 26 |
| Tabela 3 – Quadro de especificações das unidades habitacionais..... | 49 |
| Tabela 4 – Tabela de dados de todas as unidades construtivas. | 49 |
| Tabela 5 – Quadro de áreas dos ambientes da unidade habitacional Tipo 1e Tipo 2..... | 50 |
| Tabela 6 – Indicadores específicos utilizados para a classe do trabalhador..... | 56 |
| Tabela 7 – Matriz Pedigree adaptada para contexto social dados. | 62 |
| Tabela 8 – Quadro com a discriminação das características da construção..... | 65 |
| Tabela 9 – Tabela dos materiais agregados utilizados na unidade habitacional..... | 65 |
| Tabela 10 – Quadro das respostas do Questionário Modelo 1. | 73 |
| Tabela 11 – Quadro das respostas do Questionário Modelo 2. | 74 |
| Tabela 12 – Análise de qualidade dos dados. | 74 |
| Tabela 13 – Inventário dos insumos de cada unidade habitacional..... | 76 |
| Tabela 14 – Análise geral do questionário Modelo 1. | 78 |
| Tabela 15 – Análise geral do questionário Modelo 2..... | 82 |
| Tabela 16 – Entrada de dados no software SimaPro®. | 84 |
| Tabela 17 – Análise dos insumos pelo método ReCiPe Midpoint (H) V1.11..... | 89 |
| Tabela 18 – Análise dos insumos, CML-IA Baseline V 3.11 EU 25. | 95 |
| Tabela 19 – Síntese interpretativa da ACV-A pelo método ReCiPe 2016..... | 99 |
| Tabela 20 – Síntese interpretativa da ACV-A pelo método CML-IA baseline..... | 99 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. | OBJETIVOS | 17 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 17 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 3. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 3.1 | ANÁLISE DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A) | 18 |
| 3.2 | ANÁLISE DO CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S) | 19 |
| 3.3 | INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV) | 20 |
| 3.4 | ANÁLISE DE CICLO DE VIDA APLICADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 22 |
| 4. | REVISÃO SISTEMÁTICA | 25 |
| 4.1 | ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA BASE DE DADOS <i>WEB OF SCIENCE</i> | 27 |
| 4.2 | ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA BASE DE DADOS <i>SCIELO</i> | 34 |
| 4.3 | ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA BASE DE DADOS DA <i>SCOPUS</i> | 37 |
| 5. | ESTUDO DE CASO | 45 |
| 5.1 | DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 45 |
| 5.2 | PROJETO DO ESTUDO DE CASO | 48 |
| 6 | METODOLOGIA | 50 |
| 6.1 | IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS | 51 |
| 6.2 | ELABORAÇÃO INVENTÁRIO CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ICV-A) | 51 |
| 6.3 | ELABORAÇÃO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA SOCIAL (ICV-S) | 53 |
| 6.4 | ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA ACV-A | 57 |
| 6.5 | ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIAIS ATRAVÉS DA ACV-S | 60 |
| 7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 63 |
| 7.1 | IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS | 63 |
| 7.2 | ELABORAÇÃO INVENTÁRIO SOCIAL DO CICLO DE VIDA (ICV-S) | 73 |
| 7.3 | ELABORAÇÃO INVENTÁRIO AMBIENTAL CICLO DE VIDA (ICV-A) | 75 |
| 7.4 | ANÁLISE SOCIAL DO CICLO DE VIDA (ACV-S) | 77 |
| 7.5 | ANÁLISE AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA (ACV-A) | 84 |
| 7.5.1 | <i>ACV-A pelo método ReCiPe 2016 (Midpoint (H))</i> | 85 |
| 7.5.2 | <i>ACV-A pelo método CML-IA baseline (Centrum voor Milieukunde Leiden)</i> | 92 |
| 8 | CONCLUSÃO | 99 |
| | REFERÊNCIAS | 101 |

| | |
|--|------------|
| APÊNDICE A – Quadro com os Pesos dos Insumos Orçados | 112 |
| APÊNDICE B – Quadro de Artigos da <i>Web of Science</i> | 121 |
| APÊNDICE C – Quadro de Artigos da <i>SciELO</i> | 135 |
| APÊNDICE D – Quadro de Artigos da <i>Scopus</i> | 138 |
| APÊNDICE E – Modelo 1 de Questionário Objetivo para a parte Interessada do Trabalhador | 152 |
| APÊNDICE F – Modelo 2 de Questionário Objetivo na Escala Likert para parte Interessada de Trabalhador | 153 |
| ANEXO A – Planta do Loteamento Construído com as Identificações dos Lotes | 154 |
| ANEXO B – Projeto Arquitetônico das Fachadas | 154 |
| ANEXO C – Plantas de Corte da Unidade Habitacional | 155 |

1. INTRODUÇÃO

A extração dos recursos naturais triplicou nas últimas cinco décadas em decorrência da expansão de infraestrutura e dos altos níveis de consumo de materiais. A extração de material deve aumentar 60% até 2060 e pode atrapalhar os esforços para alcançar não apenas as metas globais de preservação ambiental, mas também a prosperidade econômica e social. Esse aumento está associado a impactos ambientais severos, incluindo mais de 60% das emissões globais de gases do efeito estufa e 40% dos impactos de poluição atmosférica (PNUMA, 2024).

Nesse contexto, a sustentabilidade se caracteriza como a necessidade de uma relação harmoniosa entre o homem e a natureza, buscando o equilíbrio entre a exploração dos recursos naturais e a preservação ambiental para garantir o desenvolvimento sustentável (Cichoski, Corona e Mello, 2022).

A indústria da construção civil desempenha um papel essencial na economia global, mas também se destaca como uma das principais responsáveis pelos impactos ambientais associados ao desenvolvimento urbano. O setor consome uma parcela expressiva dos recursos naturais, energia e materiais, além de contribuir significativamente para as emissões de gases de efeito estufa. Estima-se que a construção civil responda por 14% a 50% do uso global de recursos naturais, com destaque para o uso intensivo de cimento, aço e vidro, insumos que exercem influência sobre a sustentabilidade de edificações e infraestruturas (Barbhuiya e Das, 2023).

Segundo os dados reportados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2025), o setor da construção consome 32% da energia global e contribui para 34% das emissões globais de CO₂. Diante desse cenário, a busca por soluções sustentáveis no setor tornou-se essencial para reduzir impactos ambientais e promover práticas mais eficientes.

O setor é capaz, além de fortalecer a economia, de proporcionar o desenvolvimento social. É interessante destacar que cada real investido na produção de uma nova habitação representará um investimento total de R\$2,46 no futuro. Para tal resultado são considerados os efeitos no próprio setor, na cadeia de suprimentos (indiretos) e nos demais setores da economia (induzido), ou seja, nota-se que o valor da produção mais do que dobra (SENAI, 2021).

Segundo Eloy *et al.* (2021), o déficit habitacional no Brasil representa um desafio de aproximadamente 5,9 milhões de atendimentos, e a inadequação de domicílios, cerca de 24,2 milhões. Para os autores supracitados, os problemas acumulados ao longo de décadas são somados a uma demanda média de formação de 869 mil novos domicílios por ano, até 2040, concentrada em grande parte na baixa renda, evidenciando a necessidade habitacional do país.

Para enfrentar o déficit habitacional no país, é imprescindível promover a construção de

novas moradias, aliada a investimentos governamentais consistentes. Entretanto, observa-se que os impactos ambientais negativos ainda são, em grande parte, negligenciados nas etapas de concepção dos projetos, bem como na seleção de materiais e técnicas construtivas. Assim, a identificação e quantificação dos impactos ambientais associados aos principais insumos é fundamental para a evolução sustentável da indústria da construção civil e viabiliza a adoção de estratégias de mitigação e redução de danos ambientais (Farias *et al.*, 2022).

Nesse contexto, é preciso aprimorar a construção civil para atender as necessidades mundiais do desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) destaca-se como um instrumento fundamental que necessita ser amplamente difundido nesse setor. A ACV configura-se como uma ferramenta estratégica para mitigar impactos e auxiliar na tomada de decisões para construções sustentáveis (Cazanova *et al.*, 2020).

Embora a ACV seja reconhecida como uma ferramenta para o desenvolvimento de políticas ambientais, sua aplicação ainda enfrenta barreiras decorrentes da complexidade metodológica. Por se tratar de uma técnica recente, a ACV demonstra ainda certas limitações de ordem operacional, dentre as quais merece destaque a elevada quantidade de dados necessários à sua execução e elaboração do inventário. Em muitos casos, o processo de coleta de informações acaba sendo inviabilizado por motivos diversos como o desinteresse dos agentes envolvidos ou a inviabilidade econômica (Dalmora, Luzzi e Hemkemeier, 2023).

A ACV tem sido muito difundida no meio acadêmico e em setores industriais, inclusive na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (Caldas *et al.*, 2020). A vantagem da ACV é a possibilidade de consideração de todo o ciclo de vida de um edifício, desde a extração do material até ao seu fim de vida. Porém, ao considerar um período tão longo, ocorrem incertezas, que afetam significativamente os resultados da ACV (Galimshina *et al.*, 2024).

Diante dessa conjuntura, o objetivo desta pesquisa é avaliar um modelo construtivo de habitação popular com a aplicação da ACV-A (Análise de Ciclo de Vida Ambiental) e ACV-S (Análise de Ciclo de Vida Social) para realizar um diagnóstico ambiental e social da construção de casas de baixo padrão situadas no bairro de Malhada do Meio da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, município localizado no estado de Pernambuco, na região Nordeste.

Para a execução do trabalho seguiu-se as recomendações das NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044, cujo o escopo e o objetivo são a análise da construção de um bairro de casas populares (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b), além da norma europeia EN 15978 que avalia o desempenho ambiental de edificações. A pesquisa fundamentou-se na realização de uma revisão sistemática, bem como na elaboração do Inventário de Ciclo de Vida Ambiental (ICV-A) e do Inventário de Ciclo de Vida Social (ICV-S) para uma habitação popular, culminando

na aplicação da ACV-A, por meio do software SimaPro®, e da ACV-S.

Embora a ACV venha ganhando destaque como ferramenta essencial para a mensuração dos impactos ambientais e sociais na construção civil, a aplicação integrada da ACV-A e da ACV-S em habitações de interesse social ainda é incipiente no contexto brasileiro, especialmente na região Nordeste. A maioria dos estudos concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, com foco predominante em edificações de médio e alto padrão (Lara e Penteado, 2024; Mahecha *et al.*, 2020).

Essa desigualdade regional evidencia a carência de análises voltadas às realidades socioeconômicas e climáticas do semiárido, onde as condições de disponibilidade de materiais, infraestrutura e renda diferem significativamente do restante do país. Além disso, a escassez de dados primários e de inventários específicos para o contexto nordestino limita a precisão das avaliações e o desenvolvimento de estratégias construtivas mais sustentáveis e adaptadas (Domênico *et al.*, 2024).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar impactos ambientais e sociais na construção de casas populares em uma construção no bairro de Malhada do Meio em Santa Cruz do Capibaribe-PE por meio da aplicação da ferramenta de análise de ciclo de vida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE (a) – Identificar os principais insumos e processos construtivos empregados na execução de habitações populares consideradas no estudo de caso;

OE (b) – Elaborar inventários de ciclo de vida ambiental (ICV-A) e social (ICV-S) referentes à unidade habitacional analisada;

OE (c) – Analisar impactos ambientais e sociais a partir dos inventários elaborados;

OE (d) – Propor melhorias nos sistemas construtivos a partir do diagnóstico obtido, visando à redução de impactos e ao aprimoramento da sustentabilidade no setor habitacional.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A)

A ACV é uma metodologia de gestão ambiental que estabelece uma visão geral das consequências ambientais da existência de um produto/processo. Ela é uma técnica de avaliação com base científica que adota uma visão sistemática para a quantificação dos impactos ambientais de um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida. A técnica engloba o ciclo de vida do produto, desde a extração das matérias-primas, envolvendo sua produção e uso, as possibilidades de reciclagem e reuso, até sua disposição final (Wahrlich *et al.*, 2020).

A ACV teve início no Brasil na metade dos anos 1990, mais exatamente em 1994, com a implantação de um subcomitê específico ao tema dentro do Grupo de Apoio à Normalização Ambiental (GANA) (Seo; Kulay, 2006). Tal grupo se dedicou à análise do desenvolvimento da série de normas da série ISO 14000, que tratam especificamente da gestão ambiental dentro de empresas (ACV sd, 2024).

Segundo Costa *et al.* (2021), a técnica de ACV-A consiste em uma ferramenta que permite a construção de um inventário de entradas (como insumos e matérias-primas) e saídas (como o produto final), com o objetivo de identificar soluções sustentáveis que minimizem os impactos ambientais ao longo de todas as etapas do ciclo de vida do produto. Segundo a ABNT NBR ISO 14044 (2009), a ACV-A é uma entre várias técnicas de gestão ambiental, e pode não ser apropriada para todas as situações, devendo seu uso ser avaliado conforme o contexto do estudo ou aplicação.

Ortiz, Castells e Sonnemann (2009) afirmam que existem mais estudos de ACV aplicados a partes específicas, como sistemas e componentes, do que nas edificações como um todo. Nos estudos nacionais também se verifica tal realidade. Isso se deve, em grande parte, à inexistência de um inventário nacional e, também, à complexidade e às incertezas envolvidas nos estudos de ACV aplicados à edificação, sobretudo quando se utilizam bases de dados internacionais.

Já Zari (2019) salienta que um dos grandes desafios da pesquisa na área concerne o entendimento de como os materiais impactam os serviços ecossistêmicos e, portanto, em se fazer a abordagem ecossistêmica aplicável à seleção de materiais de construção. Além disto, é preciso elaborar definições, métricas e métodos que sejam internacionalmente aceitos para a avaliação de serviços ecossistêmicos. Com isto, será possível compreender melhor como estes interferem e são modificados por sistemas de origem antrópica.

De acordo com a ISO 14000 da ABNT (2001), a estrutura de uma ACV é composta por

quatro fases interdependentes, sendo elas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. Pode-se retornar a cada fase do estudo a qualquer momento para melhor interpretar o resultado. Os resultados são considerados subsídios úteis para uma variedade de processos decisórios.

Os resultados da ACV podem então ser usados pelas indústrias, governos e gerentes de projeto para tomar decisões sobre a substituição de materiais, tecnologias ou práticas de construção convencionais ecoeficientes que sejam ambientalmente sustentáveis (Huang *et al.*, 2020). A maioria dos estudos ambientais de ACV em edifícios foram realizados nos EUA, na Europa ou na China (Chaudhary e Akhtar, 2022), o que é comprovado na revisão sistemática.

Para mudar o cenário mundial, os edifícios e os modelos construtivos sustentáveis são a resposta. O Brasil, por exemplo, é considerado o quinto país no ranking mundial de construções sustentáveis. Essa jornada rumo à sustentabilidade tem um fator ainda mais transformador: a busca por novas matérias-primas, já que cerca de 11% do volume das emissões de gás carbônico da construção civil podem ser atribuídos unicamente à cadeia do aço e do cimento (Habitability, 2022).

3.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S)

A Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S) é uma metodologia utilizada para avaliar os impactos sociais de produtos e serviços ao longo do seu ciclo de vida. Essa metodologia fornece informação sobre os aspectos socioeconômicos para a tomada de decisões, na perspectiva de melhorar o desempenho social de uma organização e, em última análise, o bem-estar das partes interessadas (Norris, 2020).

A ACV-S é uma ferramenta que auxilia na observação de impactos sociais potenciais (UNEP/SETAC, 2009). A ACV-S é composta pelas mesmas etapas de uma ACV tradicional (ISO 14040), mas foca especificamente em indicadores sociais, podendo identificar riscos sociais, oportunidades de melhoria, e auxiliar na tomada de decisões mais responsáveis e sustentáveis para a empresa e para os stakeholders envolvidos.

No inventário social podem ser distinguidos dois tipos de dados: os específicos e os genéricos. Levando em consideração um contexto geral da ACV-S, a disponibilidade, qualidade e fontes de informação sobre as cadeias de produto são limitadas, e atualmente são poucos os estudos de caso sobre essa técnica de ACV (Juchen, 2019).

A ACV-S é utilizada porque avalia os impactos sociais e socioeconômicos de produtos ou serviços ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até o descarte final. Essa avaliação observa aspectos como direitos humanos, condições de trabalho,

impactos sobre comunidades locais, consumidores e sociedade em geral (Duarte *et al.*, 2020).

Em primeiro com a abordagem genérica (*top-down approach*) (Ekener, Hansson e Gustavsson, 2018), em sua maioria, essa abordagem mais ampla dos estudos é acessada em base de dados consolidada à qual os dados são compilados para o inventário. Os dados genéricos são os que não foram coletados no local, podendo ser dados de outros fabricantes do mesmo produto, do mesmo país ou região (UNEP/SETAC, 2009).

Em segundo, a abordagem específica (*Bottom-up approach*) (Ekener; Hansson; Gustavsson, 2018), diferente da tomada genérica que é realizada apenas com *desktop screening* que se caracteriza apenas pelo acesso de bases consolidadas (UNEP/SETAC, 2009), os dados específicos são coletados para processos exclusivos, em uma empresa ou local particular com as partes interessadas envolvidas. Pode ser realizada de diferentes meios de coleta, incluindo a próprio *desktop screening* para dados secundários ou a coleta *in loco*.

A ACV-S é ainda uma técnica nova, com lacunas e pontos que devem estudados e desenvolvidos pelos pesquisadores. Em um mercado, em que o diferencial não é mais apenas cuidar do meio ambiente, o cuidado social representa um passo na frente do concorrente. A ACV-Social representa um novo panorama para competitividade de produtos e organizações similar ao que já ocorre com o uso da ACV ambiental (Juchen, 2019).

As diretrizes iniciais para avaliação do ciclo de vida social (S-LCA) foram publicadas em 2009, por meio da parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e a Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (SETAC). Com o avanço da prática e da pesquisa nessa área, foi lançada em 2020 uma versão revisada intitulada *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations*, que amplia o escopo para organizações e incorpora novas categorias de impacto social recomendações metodológicas para seleção e priorização de indicadores sociais (UNEP/SETAC, 2020).

3.3 INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Segundo a NBR ISO 14040 (2009) ICV é a fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. As entradas de material, produtos ou energia; e saídas de material, produtos, emissões, resíduos ou energia, são levantadas e quantificadas por meio de cálculo na análise de inventário do ciclo de vida (AICV).

Segundo Silva (2022), os inventários de ACV envolvem a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema. O inventário fornece informações para a interpretação dos resultados, quantificando os dados de

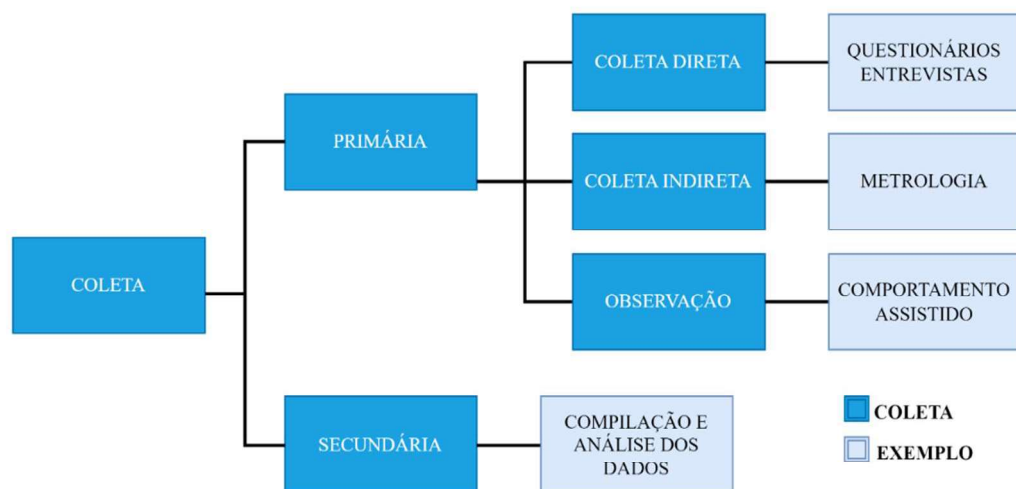
entrada e saída dos insumos. Na medida em que os dados são coletados e é conhecido mais sobre o sistema, podem ser identificados novos requisitos ou limitações para os dados que requeiram uma mudança nos procedimentos de coleta de dados, levando a questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo (Texeira e Méndez, 2021).

Para uma melhor avaliação é possível delimitar o estudo para avaliar quais impactos serão estudados e focar em uma área específica para análise. Ou seja, esta delimitação funciona como uma fronteira do sistema, em que apenas os impactos ambientais dentro deste limite são levados em consideração, todo o resto é desconsiderado. Isso é chamado de “*cut off*” e tem como objetivo tornar a análise mais viável, possibilitando ser específica (Aragão, 2020).

A condução de uma análise de inventário é um processo iterativo. À medida que dados são coletados e se amplia o conhecimento sobre o sistema, novos requisitos ou limitações dos dados podem ser identificados, requerendo mudança nos procedimentos de coleta de dados, de modo que os objetivos do estudo possam ainda ser satisfeitos. Isto é feito meio de modelos de caracterização escolhidos (Rocha e Assis, 2024).

Para a elaboração do ICV, segundo Rea e Parker (2014), podem ser descritos diversos meios de coleta específica, como mostrado na Figura 1. A coleta de dados pode ser realizada por meio de fontes primárias ou secundárias, a depender dos objetivos da pesquisa. As fontes primárias envolvem a obtenção direta de informações junto ao objeto de estudo, podendo ser conduzidas por meio de questionários e entrevistas (coleta direta), medições e registros técnicos (coleta indireta) ou ainda pela observação de fenômenos e comportamentos assistidos.

Figura 1 – Tipo de coleta de dados específicos e seus respectivos exemplos.



Fonte: A Autora (2025) adaptado de REA e PARKER, (2014).

Já as fontes secundárias correspondem ao uso de informações previamente

sistematizadas, como relatórios, documentos oficiais, artigos científicos e bases de dados, que passam por processos de compilação e análise. Essa distinção metodológica permite maior clareza quanto às estratégias de obtenção de evidências e garante a consistência das informações utilizadas na investigação científica. Para ACV-S, nessa pesquisa, a coleta direta feita por meio de questionários. Questionários e entrevistas são os exemplos mais claros de dado primário.

3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) APLICADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Pode-se observar uma relação delicada e poderosa entre a construção civil e meio ambiente, que tem sido impactada pelas novas tecnologias. A indústria da construção está cada vez mais engajada em mudar seus modelos de gerenciamento e métodos produtivos. Isso ocorre para implementar programas de melhoria contínua da sustentabilidade. O objetivo é buscar constantemente aprimoramentos que tornem os processos mais eficientes e amigáveis ao meio ambiente (Mota e Sgarione, 2024).

Quase um terço de todas as metas globais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas dependem direta ou indiretamente do setor da construção e do imobiliário (Wen *et al.*, 2020). O Brasil é um país interessante uma vez que os dados do Conselho Internacional de Construção apontam que mais de um terço dos recursos naturais extraídos no Brasil vão para a indústria de construção. E quase metade da energia gerada serve para abastecer obras.

A indústria da construção civil no Brasil, em geral, utiliza métodos construtivos tradicionais que consomem aceleradamente matérias-primas e fontes energéticas, gerando grande quantidade de resíduos. A maioria dos insumos é produzida de forma local ou regional, e o setor tem expressivo impacto econômico pelo grande número de empregos gerados e pela carga tributária dos empreendimentos (Dias e Lima, 2025).

A evolução da construção habitacional tem sido progressiva, fruto do estudo do comportamento de novos materiais e do aparecimento de novas tecnologias. Da mesma forma, a evolução da sociedade reflete-se nos requisitos a cumprir: funcionalidade, segurança, economia, manutenção, conforto e sustentabilidade. (Fraile-Garcia *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, tem crescido uma tendência favorável ao desenvolvimento sustentável, especialmente pautada nos princípios da construção sustentável. Esse movimento busca integrar práticas que minimizam os impactos ambientais, sociais e econômicos da construção civil, promovendo edificações que usam recursos de forma eficiente, geram menos resíduos e respeitam o meio ambiente e as comunidades locais (Marques, Simões e Braga Júnior, 2025).

É preciso projetar construções sustentáveis para a garantia do futuro das próximas gerações. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) quer promover edifícios com zero emissões de carbono, o chamado *net-zero*. O projeto, que se estenderá até 2029, permite que o Brasil enfrente as principais barreiras, considerando todo o ciclo de vida da edificação, para a adoção de soluções que utilizem tecnologias de baixo carbono. A medida contribuirá para a criação e aprimoramento de políticas públicas e planos de ação nesta área, auxiliando o país a atingir as metas estabelecidas na Contribuição Nacionalmente Determinada.

Com a necessidade de atender às demandas da sociedade, as empresas do mercado da construção civil começaram a se preocupar com o desenvolvimento sustentável das construções, tomando uma postura mais consciente e financeiramente viável. Essa postura foi adotada uma vez que as empresas viram a importância de agregarem valor aos seus produtos de maneira ecológica, garantindo imagem positiva na sociedade e mantendo vantagem em relação aos concorrentes (Mendes, 2020).

No setor da construção, a aplicação de metodologias sustentáveis foi impulsionada pelo CEN TC350, com a EN 15978, na qual são definidas sustentabilidade para a indústria da construção e aplicação da ACV para edifícios (CEN, 2011). Nos últimos anos, as pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento metodológico da ACV, razão pela qual a ACV é um método amplamente aplicado, especialmente na indústria da construção (Passer *et al.*, 2015).

Estudos recentes no Brasil confirmam essa tendência: por exemplo, Farias *et al.* (2022) avaliaram impactos ambientais de insumos típicos na construção residencial brasileira, encontrando que edificações com múltiplos pavimentos geram impactos significativamente maiores devido ao uso de cimento e revestimentos cerâmicos. Para representar as construções mais usuais no Brasil nesse estudo de caso, foram utilizados como referência três projetos residenciais padrão popular, com número de pavimentos e métodos construtivos distintos.

Além das abordagens metodológicas, a aplicação na fase inicial de projeto de edifícios é um processo de desenvolvimento contínuo devido as variáveis de construção (Rezaei, Bulle e Lesage, 2022). Numerosos estudos mostraram a aplicação da ACV para comparar variantes de materiais, elementos de construção ou edifícios para avaliar os impactos ambientais e tomar decisões sustentáveis com base nos resultados (Scherz *et al.*, 2022).

Para a construção civil, as etapas do ciclo de vida de uma edificação são: a Produção, a Construção, a Manutenção e a Demolição/Fim de Vida. Podem ser consideradas também as etapas de Reciclagem e Reuso, que são definidas como potenciais benefícios. A etapa de produção inclui a extração de insumos, o transporte e a manufatura. Na etapa de Construção, é analisada a metodologia construtiva e instalação do edifício, além do transporte dos materiais

tanto entre a loja e o canteiro de obras quanto entre o canteiro de obras e o descarte dos resíduos da obra. A etapa de Manutenção engloba o uso, manutenção, reparos, reposições e reformas da edificação. Para a fase de Demolição/Fim de Vida é considerado o processamento dos resíduos, além do descarte ou destinação dos mesmos (Attíe; Salgado, 2021).

Segundo Nascimento e Torres (2021), a carência de informação sobre os impactos gerados pela atividade construtiva e dos custos relativos a implantação de tecnologias mais sustentáveis consiste em grande barreira a ser transposta na consolidação de um setor construtivo mais eficiente e sustentável. Acredita-se que a informação obtida na análise particular deste estudo de caso é útil para o setor da indústria da construção civil, principalmente no que se refere a composição de uma banco de dados de casas populares de padrão definido.

Segundo os critérios definidos pela EN 15978, norma europeia do método de cálculo para a avaliação do desempenho ambiental de edifícios (Building Research Establishment, 2018), as etapas da avaliação do ciclo de vida de uma edificação, segundo EN 15978:2011, são divididas em Etapa do produto (A1 ao A3); Etapa de construção (A4 ao A5); Etapa de uso (B1 ao B7); Etapa de fim de vida (C1 ao C4) e Módulo D (opcional) (CEN, 2011).

Segundo a EN 15978 (2011) a etapa de produto (A1-A3) abrange toda a fase de fabricação, incluindo a extração de matéria-prima, processamento de materiais, transporte intermediário, fabricação e montagem final. O módulo A4 corresponde ao transporte do fabricante até o local da obra, durante a fase de construção da edificação. O módulo A5 inclui os processos de instalação do edifício. Já a etapa de uso (B1-B5) abrange o uso a manutenção, reparo, substituição e remodelação de elementos. Os módulos B6 e B7 incorporam a energia, consumo de gás natural e consumo de água previsto no local da construção durante a vida útil da mesma. A Tabela 1 a seguir especifica a divisão de acordo com a EN 15978.

Tabela 1 – Etapas da avaliação ambiental de edificações segundo a EN 15978.

| Etapa do produto (A1 – A3) | Etapa de construção (A4 – A5) | Etapa de uso (B1 – B7) | Etapa de fim de vida (C1 – C5) |
|-------------------------------|--|---------------------------|--|
| A1. Extração da matéria prima | A4. Transporte da fábrica ao canteiro | B1. Uso | C1. Demolição |
| A2. Transporte | A5. Construção e instalação do sistema | B2. Manutenção | C2. Transporte |
| A3. Fabricação | | B3. Reparo | C3. Processamento de resíduos |
| | | B4. Substituição | C4. Disposição final |
| | | B5. Remodelação | C5. Reuso, recuperação e potencial de reciclagem |
| | | B6. Energia operacional | |
| | | B7. Água operacional | |

Fonte: A Autora (2025).

A maior parte das pesquisas abrange a aplicação de ACV em casas e edifícios residenciais multifamiliares, como no Programa Minha Casa Minha Vida, bem como em prédios comerciais, com o objetivo de reduzir emissões, consumo energético e geração de resíduos no setor da construção civil (Rinkevicius, Morales e Teribele, 2021).

Segundo Buyle, Braet e Audenaert (2013), das 34 avaliações publicadas no setor a partir do ano 2000, 26 delas foram aplicadas para edificações residenciais e duas para instituições de ensino. Para o setor da construção civil, a ACV tradicionalmente abrange dois aspectos principais: os materiais utilizados e a fase de operação das edificações (Attié e Salgado, 2021).

4. REVISÃO SISTEMÁTICA

A etapa inicial da pesquisa consistiu na revisão sistemática. Assim, foi realizada uma análise da temática de ACV aplicados na construção civil utilizando o método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses*). O conteúdo foi abordado identificando, de acordo com os critérios específicos de inclusão e exclusão de artigos, os estudos mais pertinentes à discussão do tema de pesquisa.

A metodologia PRISMA é um protocolo amplamente utilizado para orientar a condução e a apresentação de revisões sistemáticas e meta-análises. Ela visa garantir transparência, rigor e reprodutibilidade no processo de seleção, triagem e análise dos estudos incluídos, por meio de um *checklist* com itens que cobrem desde o título, resumo e justificativa, até critérios de elegibilidade e metodologia de busca (Stefani e Delgado, 2021).

O trabalho está estruturado da seguinte forma: apresenta-se a revisão bibliográfica sobre o tema por meio dos procedimentos do método PRISMA, em seguida, realizou-se a metanálise dos dados no software *VOSviewer*. Para isso utilizou-se três bases de dados: *Web of Science*, *Scopus* e *SciELO*. Segundo Marcondes e Silva (2022), a metodologia consiste basicamente em quatro etapas: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão, explicitadas a seguir:

- 1) Identificação: Nessa etapa buscou-se encontrar o material disponível para a análise, que pode ser composto por estudos de revisões sistemáticas anteriores, busca de novos estudos por meio de bases de dados, ou material advindo de outras fontes de dados. Nessa etapa aplicou-se uma string de pesquisa para cada uma das bases de dados.
- 2) Seleção: Esta etapa destinou-se a refinar o material encontrado na etapa anterior, com a especificidade de se indicar os motivos que levaram a exclusão de algum documento.

Os critérios de inclusão e exclusão para a etapa de seleção da pesquisa estão explicitados na Tabela 2. Foi aplicado um filtro adicional na base de dados *SciELO*, uma vez que, durante a etapa de triagem, observou-se uma maior dispersão temática entre os artigos recuperados. Essa

heterogeneidade envolvia publicações que abordavam a ACV em diferentes contextos e em múltiplos setores da construção civil, bem como em áreas correlatas da engenharia e do meio ambiente. Assim, o filtro adicional teve como objetivo restringir a busca a estudos mais alinhados ao escopo desta pesquisa, priorizando trabalhos que tratassem diretamente da aplicação da ACV em edificações, garantindo maior coerência e relevância temática.

Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão.

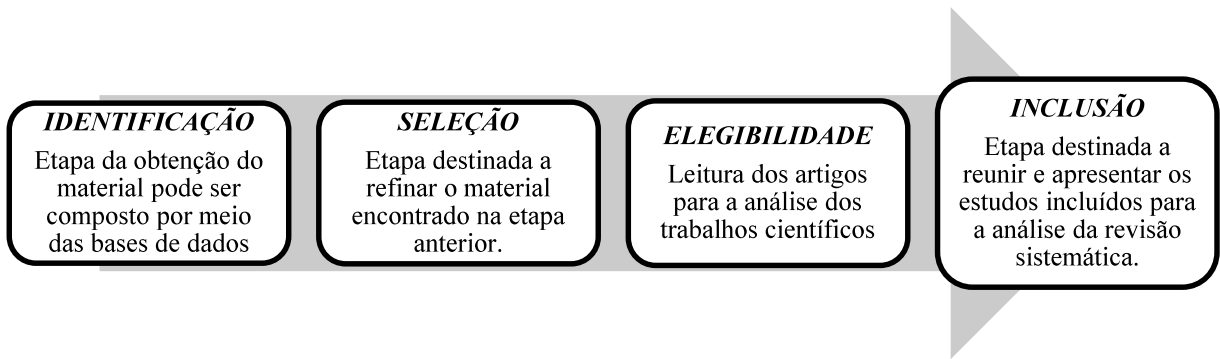
| Critérios de Inclusão |
|--|
| (I.1) Estudos publicados em periódicos científicos; |
| (I.2) Artigos em língua inglesa ou portuguesa; |
| (I.3) Periódicos publicados nos últimos 10 anos (horizonte de pesquisa de 2014 a 2024); |
| *(I.4) Categorização pelas áreas temáticas de engenharia, tecnologia, construção, civil, arquitetura, ciências e meio ambiente (Filtro aplicado apenas na base de dados <i>SciELO</i>). |
| Critérios de Exclusão |
| (E.1) Trabalhos de pesquisa e estudos não revisados por especialistas (peer review); |
| (E.2) Estudos publicados em livros, congressos e conferências e/ou artigos e livros e /ou estudos secundários como surveys, artigos resumidos, capítulos. |

Fonte: A Autora (2025).

- 3) Elegibilidade: Consistiu na etapa de leitura dos artigos elegíveis de acordo com o título e resumo e área temática principal. Alguns artigos destoaram do tema principal centralizado em edificações, construção e habitações civis. Na leitura de artigos foi possível identificar artigos relacionados a pavimentação e detritos de esgoto que não foram considerados elegíveis para se eleger para essa pesquisa.
- 4) Inclusão: Esta etapa da revisão destinou-se a reunir e apresentar os estudos incluídos para a análise da revisão sistemática. Só é possível com a leitura dos artigos na íntegra.

A Figura 2 a seguir identifica o fluxograma da metodologia PRISMA que foi seguido, e indica as etapas mencionadas.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia PRISMA adotada.



Fonte: A Autora (2025).

Depois de obter os artigos incluídos na pesquisa, para a metanálise dos resultados o software *VOSviewer* foi capaz de gerar análises e visualizações profissionais dentro de um

período curto de tempo, permitindo um trabalho bibliométrico objetivo, respondendo a diversas perguntas.

Para os artigos de cada base de dados, foi possível fazer as análises de Co-authorship (Coautoria) que é um indicador que avalia a colaboração intelectual entre pesquisadores, e o entendimento desse fenômeno (Basso; Rech; Besseggio, 2013), Co-occurrence (Coocorrência) que analisa quais palavras chave vem sendo mais usadas em cada período determinado de tempo, Citation (Citação) que é o exame da frequência, padrões e gráficos de citações em artigos e livros e a Co-citation (Cocitação) que é a frequência com que dois documentos são citados juntos por outros documentos estudados (Urbizagástegui-Alvarado, 2022).

Para a entrada dos arquivos na interface do software foram utilizados os arquivos nos formatos txt. (*Scielo* e *Web of Science*) e a planilha do Excel (*Scopus*) para a leitura dos dados pelo programa. Na interface de entrada utilizou-se o método de contagem fracionária (*Fractional Counting*) para que fosse possível analisar os trabalhos científicos levando em consideração a relevância dos autores e os anos das publicações. Em todas as análises utilizou-se o arquivo txt. denominado *thesaurus file*, que unifica palavras com o mesmo significado, mesmo quando estão escritas de maneiras diferentes.

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA BASE DE DADOS *WEB OF SCIENCE*

Na análise sistemática das publicações da base de dados *Web of Science*, na etapa de identificação, foi utilizada a *string* de pesquisa (ALL=("(Life cycle assessment ") OR ("LCA") OR ("Life cycle analyses") AND ("CIVIL CONSTRUCTION") AND ("Social interest housing") AND ("CONSTRUCTIVE SYSTEMS") AND ("Life Cycle Inventory"))) AND ALL=("Sustainable construction") AND ALL=("BUILDINGS"). Nessa etapa foram obtidos 183 artigos.

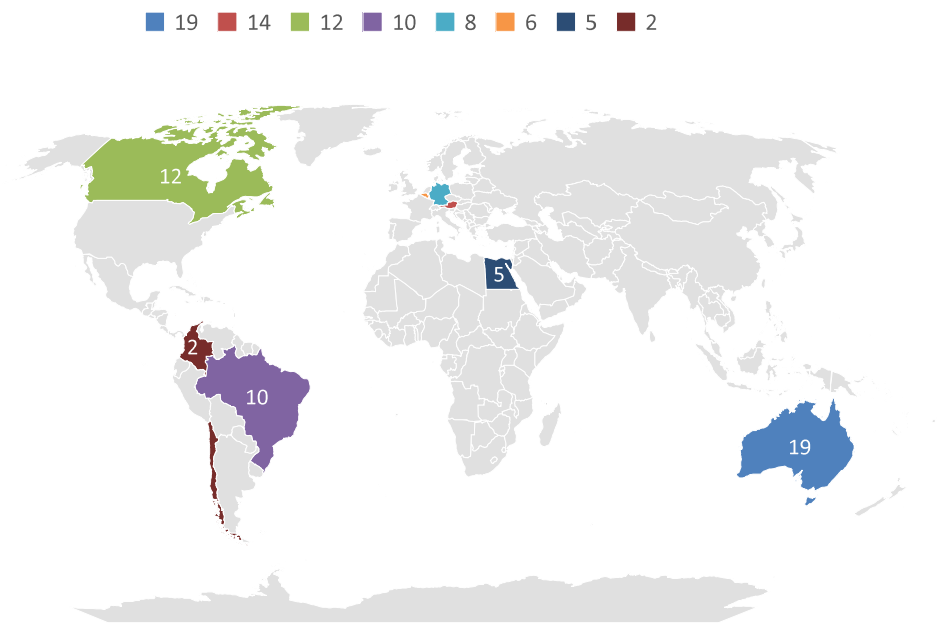
Na etapa de seleção, que corresponde à aplicação dos filtros de busca, foram obtidos 160 artigos. Os filtros aplicados, alinhados aos critérios de inclusão e exclusão, consideraram o período de busca entre 2014 e 2024, abrangendo um horizonte temporal de 10 anos, além do refinamento para a categoria de artigos.

Após o refinamento da pesquisa, que resultou na obtenção de 160 artigos, observou-se que o país com o maior número de documentos publicados foi a Austrália, totalizando 19 publicações. Esse fato está ilustrado no gráfico da Figura 3, obtido da plataforma.

A Austrália se destaca em estudos sobre ACV na construção civil devido à forte integração entre universidades, governo e setor produtivo, aliada a políticas ambientais rigorosas e à consolidação de uma cultura de construção sustentável. O país desenvolveu bases

de dados próprias, como o AusLCI Database, e programas como o Green Star, que incorporam critérios baseados em ACV, estimulando a quantificação dos impactos ambientais de edificações e materiais de construção. Essa estrutura institucional e técnica, somada ao contexto de escassez de recursos naturais e à busca por eficiência energética, impulsionou o avanço científico da ACV aplicada ao setor construtivo australiano (Crawford e Stephan, 2019).

Figura 3 – Análise de Resultados de países obtidos da *Web of Science*.

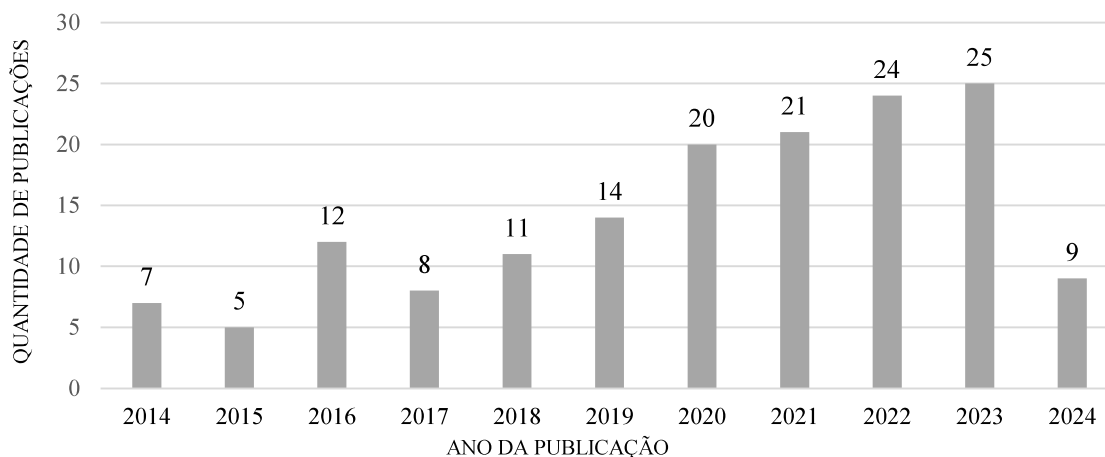


Fonte: A Autora (2025).

O Brasil tem se destacado na América do Sul em estudos que aplicam ACV na construção civil, refletindo o avanço das pesquisas sobre sustentabilidade no setor. Dados da *Web of Science* indicam que o país reúne um número expressivo de 10 publicações. Esse protagonismo demonstra o fortalecimento de grupos de pesquisa especializados em ACV e sustentabilidade, além do aumento de iniciativas voltadas à integração entre eficiência ambiental, desenvolvimento urbano e políticas habitacionais (Silva et al., 2022).

Observa-se que, em relação à quantidade de publicações anuais sobre ACV na construção civil, houve um aumento acentuado a partir de 2018. Entretanto, nos anos de 2015 e 2017, houve uma queda no número de publicações científicas. Esse comportamento da produção acadêmica está detalhado na Figura 4. O período da pesquisa foi delimitado a partir de 2014, pois nos anos anteriores não existiam publicações expressivas sobre o tema, justificando a escolha desse horizonte temporal para a análise.

Figura 4 – Gráfico de publicações por ano na base de dados da *Web of Science*.



Fonte: A Autora (2024).

A análise da produção científica no período de 2014 a 2024 evidencia um crescimento progressivo das publicações relacionadas ao tema, especialmente a partir de 2018. Enquanto os anos iniciais apresentaram oscilações modestas, variando entre 5 e 12 trabalhos, observa-se um aumento expressivo a partir de 2020, quando o número de publicações dobrou em relação a 2017, alcançando 20 registros. O ápice ocorre em 2023, com 25 publicações, representando o maior volume da série histórica.

Já em 2024 nota-se uma redução para nove trabalhos, o que pode estar associado ao fato de o levantamento contemplar um ano ainda em andamento. Esses resultados indicam não apenas a ampliação do interesse acadêmico pelo tema, mas também a sua consolidação como objeto de estudo relevante nos últimos anos.

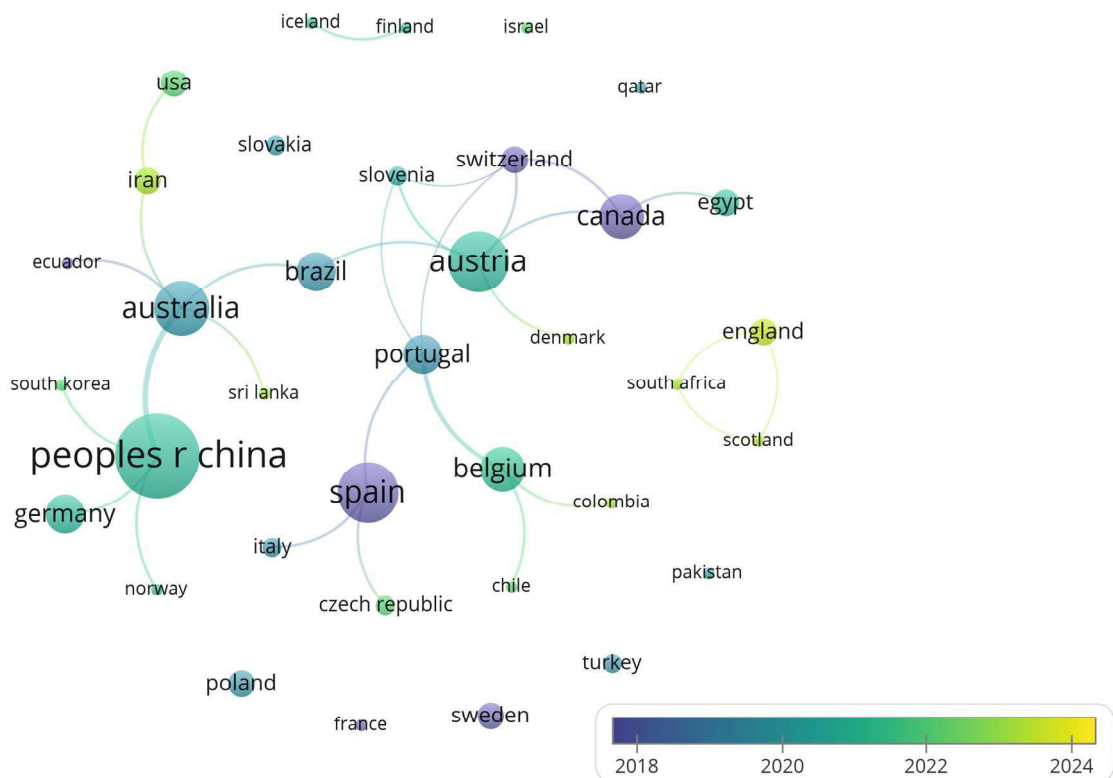
Na etapa de elegibilidade, foram lidos e analisados o escopo e o conteúdo dos artigos selecionados. Posteriormente, na etapa de inclusão, o rol de dados da pesquisa foi reduzido para 83 artigos, que apresentaram maior relevância e alinhamento com o tema estudado. O APÊNDICE B corresponde ao quadro com a ficha bibliográfica dos artigos, indicando os autores, o ano da publicação, o título do artigo, a metodologia empregada e os principais resultados obtidos. O quadro foi essencial para a fundamentação teórica da pesquisa.

Partindo-se para a revisão sistemática com uso do *VOSviewer*, foram executadas todas as possíveis investigações científicas. Na análise de coautoria dos autores, foi possível identificar, como ilustrado na Figura 5, que o autor que possui um maior número de coautorias, totalizando 7 documentos no total, é o autor Alessandro Passer. Os artigos do autor mencionado revelam que o método ACV é pouco utilizado nos processos de compras de materias, concordando com as práticas de compras de materias da construtora estudada.

aprimorar essa metodologia, visando o controle, planejamento e preservação de recursos e processos (Candido, 2023).

Esses países aplicam ferramentas de controle, planejamento e preservação de recursos e processos. Já a África, pode ser apontada como produtora de publicações nessa área pela necessidade de compreender melhor os processos de ACV para preservação dos poucos recursos pertencentes.

Figura 6 – Rede de Análise de coautoria de países em relação da *Web of Science* com a escala temporal.



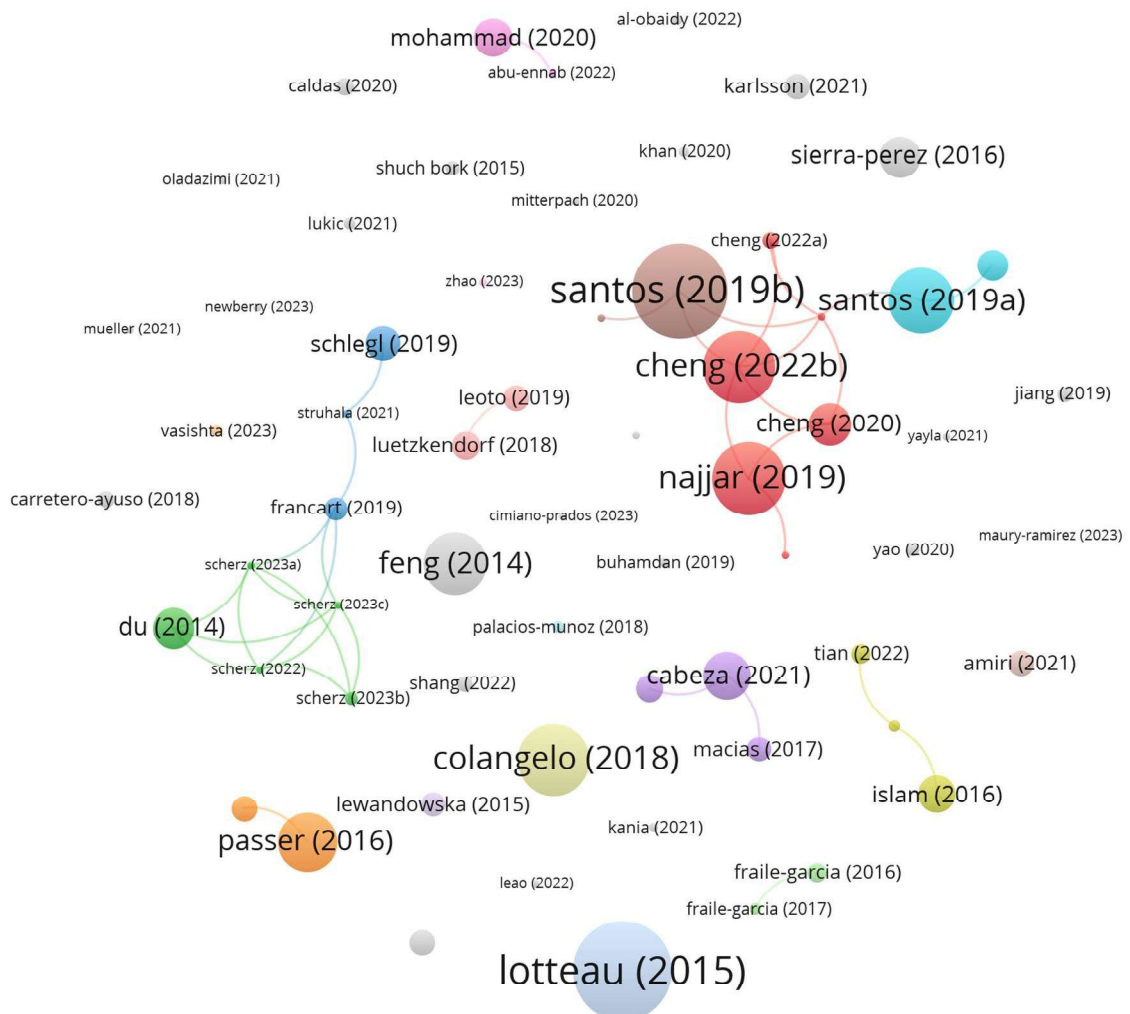
Fonte: A Autora (2024).

A análise de coocorrência das palavras-chave demonstra que o termo “análise do ciclo de vida” apresenta a maior frequência de ocorrência, totalizando 77 coocorrências, seguido por “construção sustentável”, com 43 coocorrências. Isso se deve ao fato da base da pesquisa ser análise do ciclo de vida na construção civil, remetendo a construções sustentáveis. Esse resultado é comprovado na Figura 7.

Em torno do termo o termo “life cycle assessment”, destacam-se clusters temáticos fortemente relacionados, como “residential buildings”, “carbon emissions”, “waste”, “circular economy” e “building information modelling”, o que demonstra a ênfase dos estudos na avaliação dos impactos ambientais de edificações e na busca por soluções sustentáveis para o

diversidade metodológica dificulta a comparação direta e evidencia a necessidade de maior padronização e desenvolvimento de diretrizes específicas para aplicação da ACV na construção.

Figura 8 – Rede de Análise de citação de documentos da *Web of Science*.



Fonte: A Autora (2024).

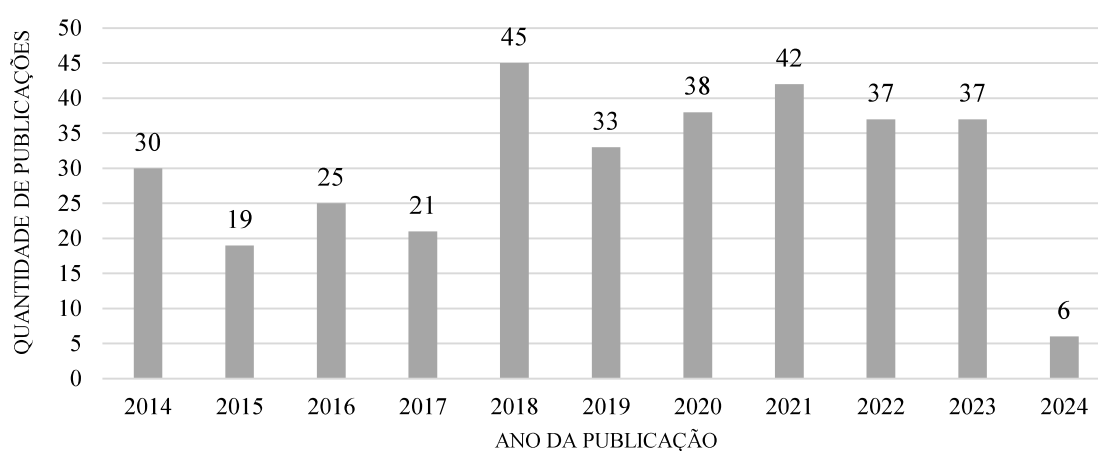
Na análise de cocitação de autores, ilustrada na Figura 9 verificou-se que Bernadette Soust-Verdaguer foi a pesquisadora mais referenciada, totalizando 25 citações. A autora destaca-se na área da Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada à construção civil, conforme ilustrado na Figura 9, em virtude de sua expressiva contribuição para a integração entre ACV e Modelagem da Informação da Construção (BIM – *Building Information Modeling*), consolidando-se como uma das principais referências nesse campo de pesquisa.

Soust-Verdaguer publicou importantes estudos que analisam comparativamente métodos para conduzir a ACV com auxílio do BIM, sendo considerada referência por abordar temas como tipos de software, categorias de edificação e níveis de detalhamento no contexto da construção sustentável. Seu trabalho tem sido utilizado como paradigma para pesquisas

construção civil, arquitetura, ciências e meio ambiente. Essa categorização permitiu refinar ainda mais a base de estudos, garantindo a relevância dos artigos para o escopo da revisão.

De acordo com a Figura 10, referente à base de dados da *SciELO*, observa-se que a quantidade de publicações relacionadas à ACV na construção civil vem aumentando de forma acentuada desde 2019. Contudo, entre os anos de 2016 e 2017 houve uma queda no número de publicações científicas. Em relação aos anos de 2022 e 2023, a quantidade de artigos permaneceu constante, com 37 publicações registradas até o momento da pesquisa.

Figura 10 – Gráfico de publicações por ano na base de dados da *SciELO*.



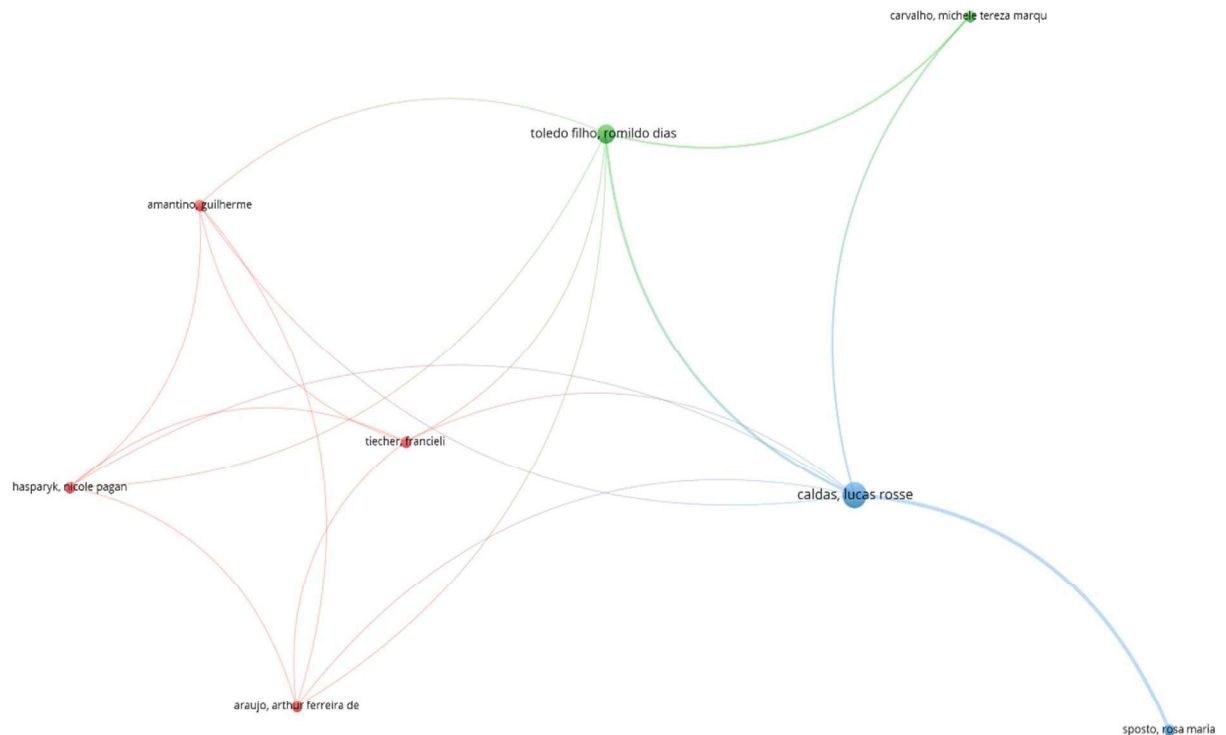
Fonte: A Autora (2024).

Na etapa de elegibilidade, foram lidos e analisados o escopo e o conteúdo dos artigos selecionados para garantir sua pertinência com o tema da pesquisa. Posteriormente, na etapa final de inclusão, o conjunto de dados foi reduzido para 20 artigos que apresentavam maior relação com o tema e a prática de estudo da dissertação. O APÊNDICE C corresponde ao quadro com a análise bibliográfica dos artigos que possui os autores, o ano da publicação, o título do artigo, a metodologia empregada, e os resultados obtidos em cada pesquisa.

Executando a metanálise dos artigos por meio do *software VOSviewer*, com a base de dados da *SciELO*, foi possível realizar a análise de coautoria e coocorrência. Na análise de coautoria pelo tópico de autores, o autor mais citado dos 20 documentos, possuindo 3 documentos citados, foi o autor Lucas Rose Caldas (representado pelo cluster de cor azul).

Ele é reconhecido por seus estudos voltados à avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂, especialmente aplicados a fachadas de habitações sociais. Seu trabalho destaca indicadores ambientais fundamentais para a análise da sustentabilidade no setor da construção, demonstrando o desempenho de diferentes sistemas construtivos em termos de consumo energético e emissões. A Figura 11 ilustra a rede de clusters obtida na análise.

Figura 11 – Rede de Análise de coautoria da base de dados *SciELO*.



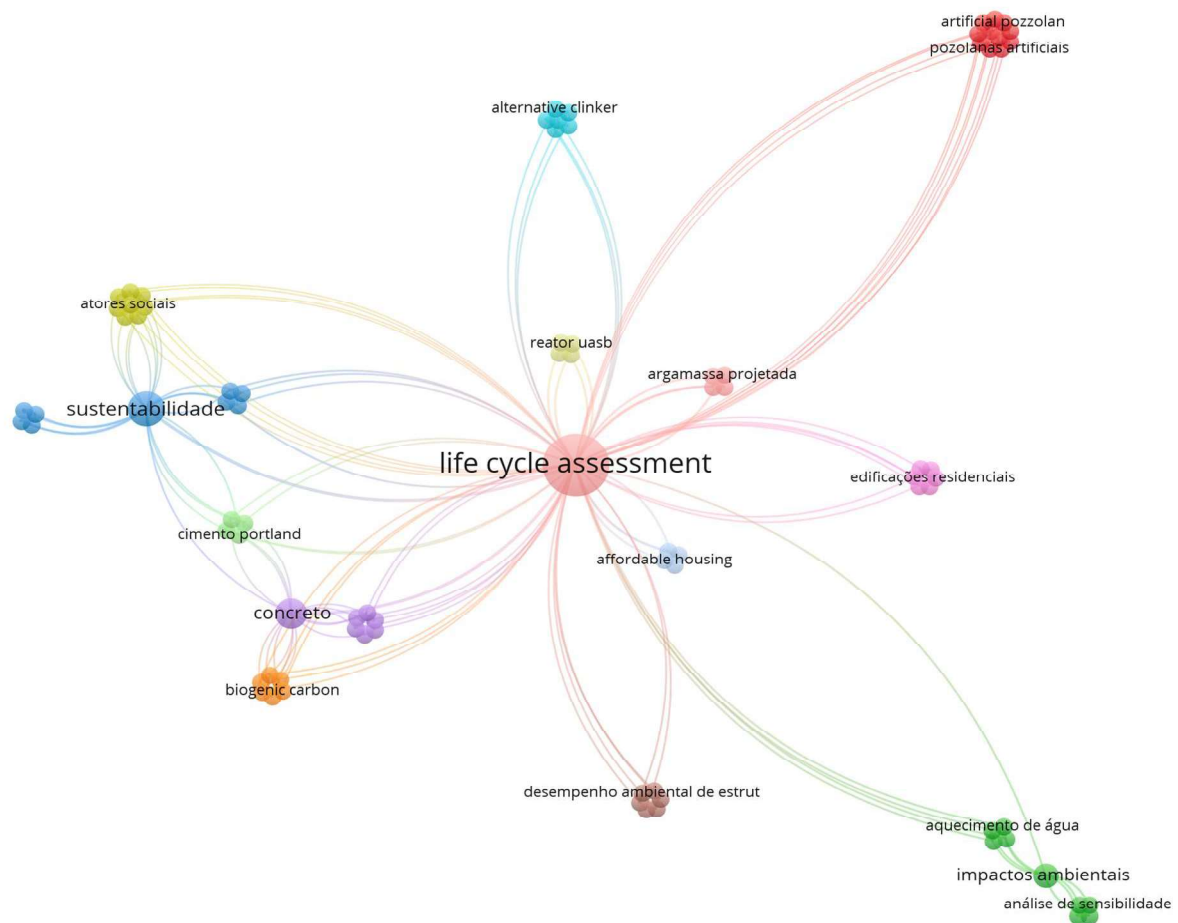
Fonte: A Autora (2024).

Os estudos desse autor comprovaram que a substituição parcial do cimento por pozolanas derivadas da casca de arroz e da areia por cinza ou fibras de casca de arroz constitui uma estratégia promissora para a produção de bioconcretos, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Utilizando-se da base de dados da Ecoinvent, foi verificado que é possível reduzir de 15% a 64% de impactos ambientais do revestimento somente pela escolha da técnica de execução do método construtivo. Esses resultados corroboram com os achados dessa pesquisa, já que a ACV aplicada indica que o cimento e o revestimento utilizados no estudo de caso são os materiais de maior impacto.

Lucas Rosse Caldas é engenheiro civil, ambiental e sanitário. Sua pesquisa abrange Avaliação do Ciclo de Vida, Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos e Edificações, Materiais Sustentáveis, Gestão de Projetos de Edificações Sustentáveis, Eficiência Energética de Edificações, Building Information Modeling (BIM), Economia Circular, dentre outras áreas.

Prosseguindo para a análise de coocorrência das palavras-chave, realizada de forma análoga às demais bases de dados, observou-se resultados consistentes, evidenciando novamente o predomínio do termo “análise do ciclo de vida”, com 13 ocorrências. A Figura 12 apresenta o cluster de associação das palavras-chave, ilustrando as principais conexões temáticas identificadas no conjunto de publicações analisadas.

Figura 12 – Rede de Análise de coocorrência da base de dados *SciELO*.



Fonte: A Autora (2024).

4.3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA BASE DE DADOS DA *SCOPUS*

Na etapa de identificação da análise bibliométrica dos dados da base de dados da *Scopus* foi utilizada a *string* de pesquisa ("Life cycle assessment" OR "LCA" OR "Life cycle analyses" OR "Análise de Ciclo de Vida") AND "Civil Construction" OR "Construction Systems" AND "Life Cycle Inventory" AND "Buildings" OR "Social interest housing" OR "Social ACV" OR "ACV-S"). Nessa etapa foram obtidos 193 artigos.

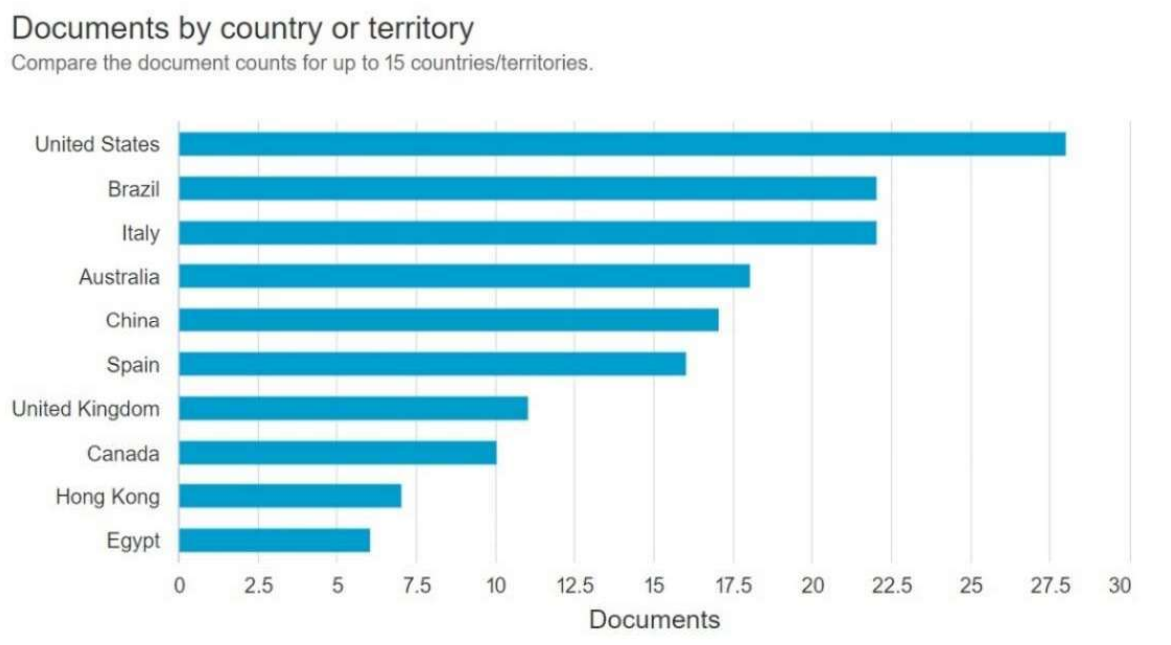
Na etapa de seleção, foi possível obter um total de 165 artigos. Para garantir a relevância e a qualidade da análise, foram aplicados filtros alinhados aos critérios de inclusão e exclusão. Com o refinamento da pesquisa, foi possível observar que o país com o maior número de publicações, relacionados ao assunto, na base de dados da *Scopus* foram os Estados Unidos, com 28 artigos, e em segundo lugar o Brasil, com 22 artigos. Esse fato está ilustrado na Figura 13 fornecido pela plataforma.

Os Estados Unidos são uma potência nessa temática de ACV provavelmente porque, segundo Curran (2006), o primeiro estudo que pode ser entendido como ACV foi realizado em

1965 nos Estados Unidos pela Coca-Cola, com o objetivo de identificar qual embalagem para refrigerantes teria as menores emissões e utilizaria menos recursos em sua fabricação. O estudo fez um inventário das matérias-primas e dos combustíveis utilizados e das cargas ambientais.

O Brasil tem se destacado nos estudos sobre ACV na construção civil, com diversas pesquisas e iniciativas voltadas para a aplicação dessa metodologia no setor. No contexto brasileiro, há estudos que adaptam inventários de processos europeus para a realidade local, devido à escassez de dados nacionais completos, o que mostra o esforço para tornar a ACV mais adequada às condições do país (Farias *et al.*, 2022).

Figura 13 – Publicação de documentos por país na base de dados da *Scopus*.



Fonte: *Scopus* (2024).

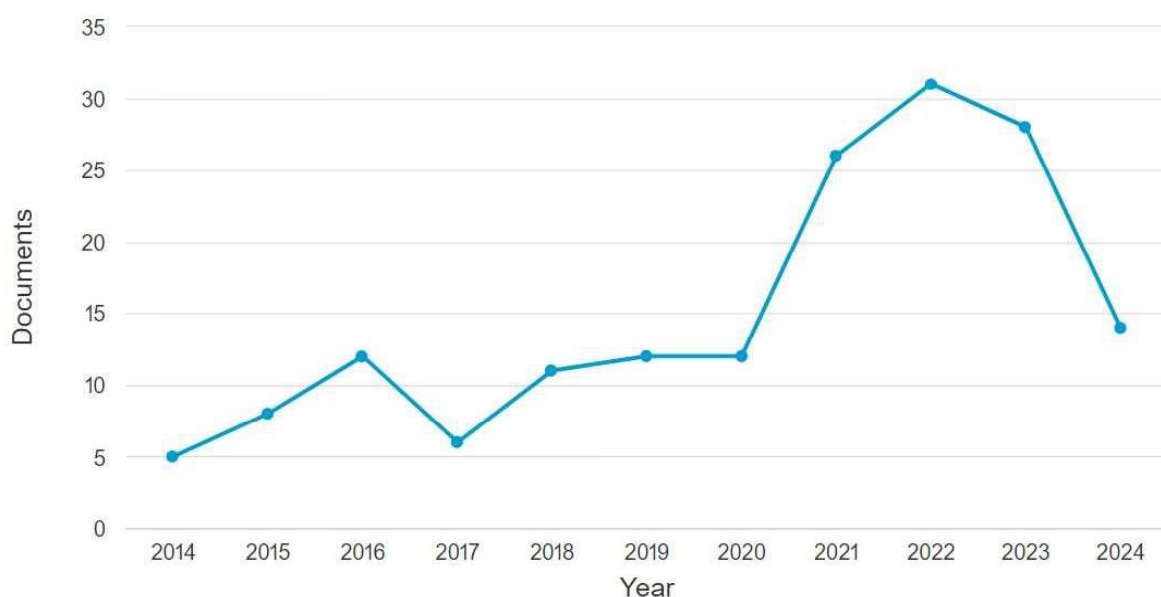
As análises brasileiras confirmam que os sistemas construtivos relacionados à superestrutura, cobertura e vedações são os que mais impactam o meio ambiente na construção civil. Esses sistemas demandam grande quantidade de materiais e energia, gerando elevados impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da edificação (Medeiros; Durante; Callejas, 2018). Isso corrobora com as análises dessa pesquisa que identificaram os materiais dos sistemas construtivos como superestrutura, cobertura e vedações como os mais impactantes.

Em relação a quantidade de publicações em cada ano na base de dados da *Scopus*, observa-se que desde o período de 2017 vem sendo acentuada a quantidade de publicações relativas a temática de ACV aplicada na construção civil. É importante observar que nos anos de 2016 e 2017 houve uma queda nas publicações científicas. Entre os anos de 2017 a 2020 a quantidade de publicações aumentou gradualmente, e entre 2023 e 2024 verifica-se uma queda.

Entre 2020 e 2023, observou-se uma ascensão vertiginosa nas publicações científicas, fato que pode ser atribuído, em grande parte, ao impacto global inesperado da pandemia de Covid-19. Esse período de isolamento e restrições proporcionou aos pesquisadores mais tempo e oportunidade para aprofundar estudos em diversas áreas, como a construção civil e a ACV.

Esse cenário reflete não apenas a maior atenção ao tema da sustentabilidade na construção civil, mas também o avanço metodológico e a maior disponibilidade de dados para a realização de estudos mais robustos. Em suma, o período foi considerado a partir de 2014 porque nos anos anteriores não haviam publicações expressivas de trabalhos científicos sobre o tema. A Figura 14 esboça o perfil do comportamento das publicações ao longo dos anos.

Figura 14 – Número de documentos publicados por ano, entre os anos de 2014 a 2024, na plataforma *Scopus*.



Fonte: *Scopus* (2024).

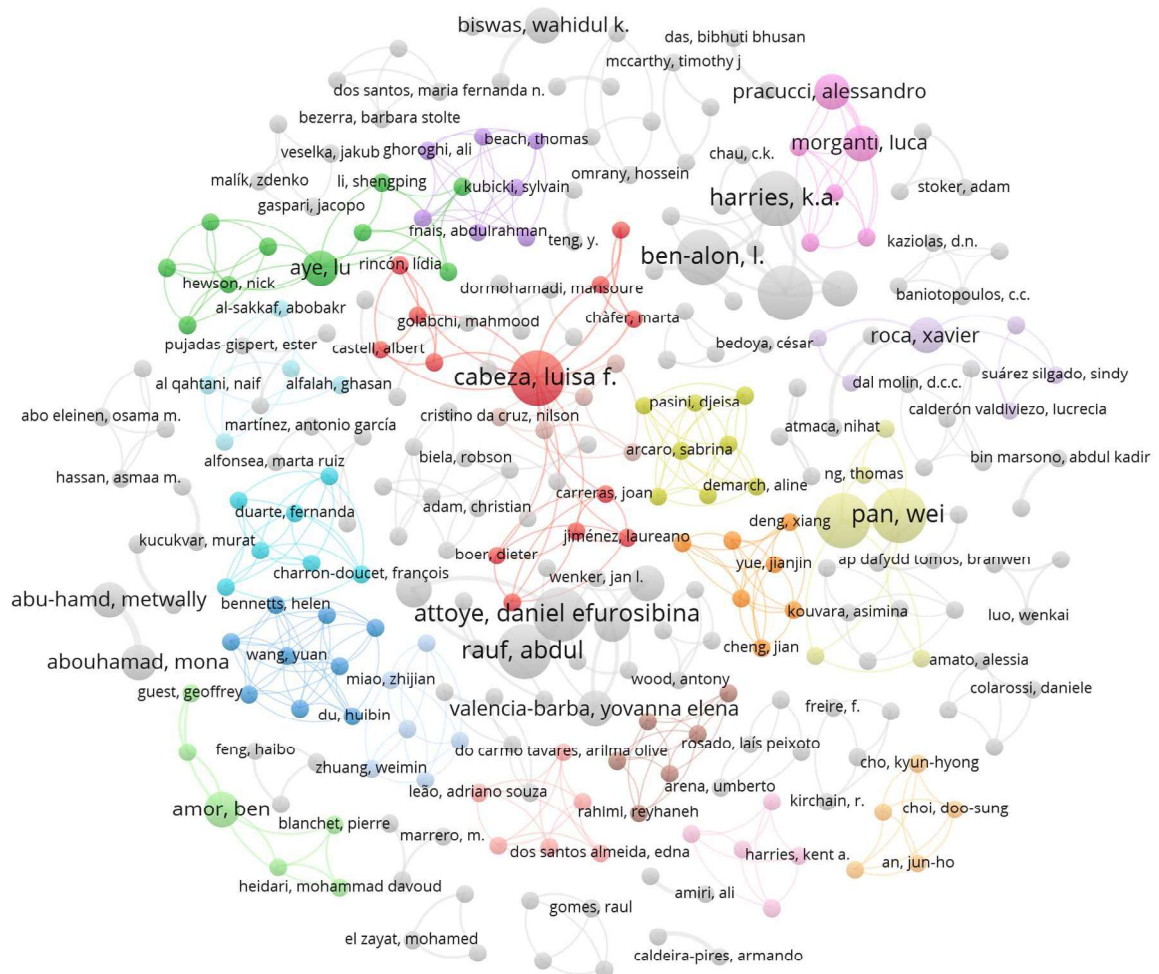
Logo após, na etapa de elegibilidade, foram lidos e analisados o escopo e conteúdo dos artigos. A última etapa, a etapa de inclusão, foi reduzido o roll de dados da pesquisa para 91 artigos que mais se relacionavam com a temática de estudo. O APÊNDICE D corresponde ao quadro com a análise bibliográfica dos artigos que possui os autores, o ano da publicação, o título do artigo, a metodologia empregada, e os resultados obtidos.

Partindo-se para a revisão sistemática com uso do *VOSviewer*, foram executadas todas as possíveis investigações científicas. Na análise de coautoria dos autores identificou-se, como ilustrado na Figura 15, que a autora que possui um maior número de citações, totalizando 1099 citações de três documentos, relacionando-se com mais 13 autores, é a autora Luiza F. Cabeza.

Essa autora provavelmente é a mais citada porque estuda a energia incorporada e

carbono incorporado em materiais de construção estruturais, pesquisando o progresso e barreiras mundiais através da análise de mapas de literatura. Seus estudos comprovam, assim como é constatado nessa pesquisa, que há uma falta de padronização e discordância quanto à avaliação dos coeficientes, fonte da base de dados e sistema de limites utilizados na avaliação da metodologia de ACV. Esse nome está representado nitidamente na rede de cluster vermelho.

Figura 15 – Rede de Análise de Coautoria de Autores com os dados da *Scopus*.



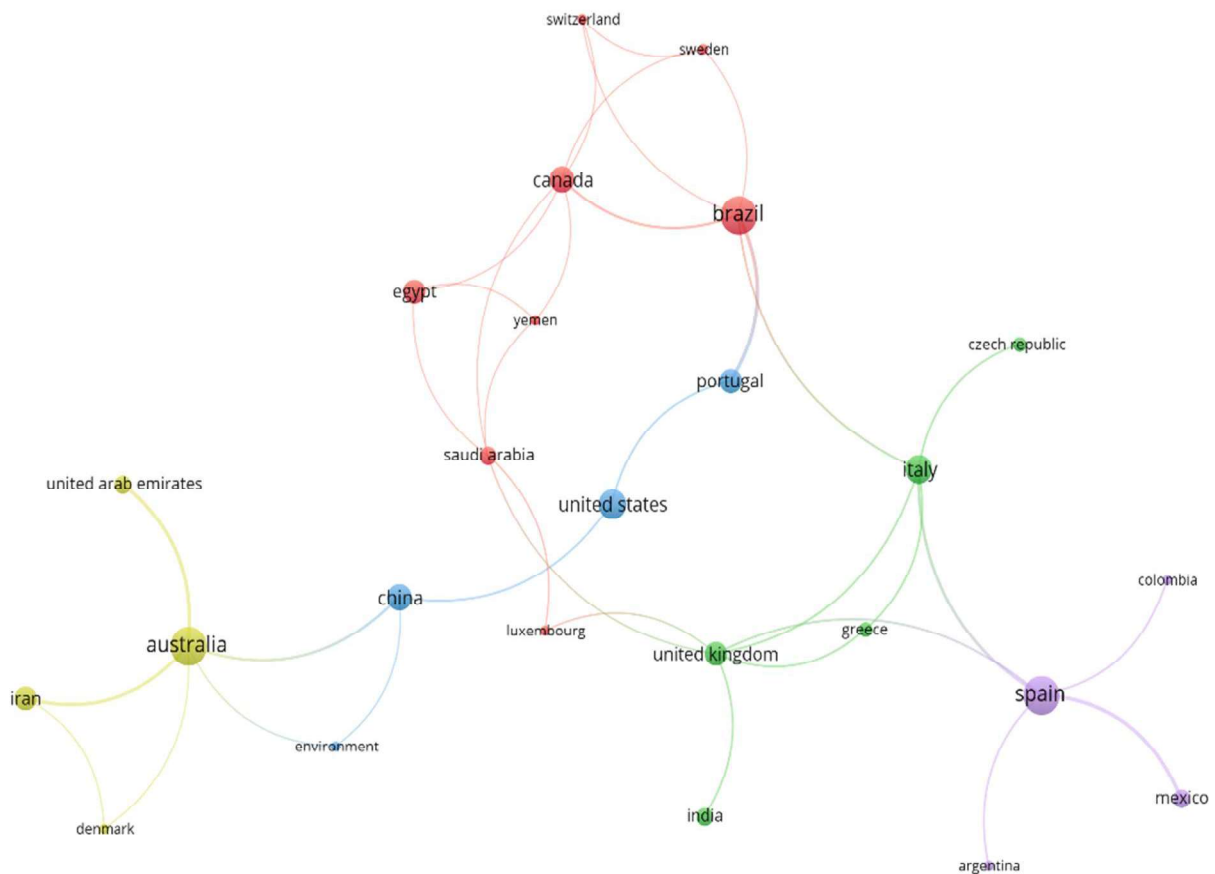
Fonte: A Autora (2024).

De acordo com a Figura 16, que representa a rede de análise de coautoria por país, o cluster representado em vermelho é o que possui o maior número de publicações associadas. Esse cluster possui 8 países associados, correspondendo ao Brasil, Canadá, Egito, Luxemburgo, Arábia Saudita, Suécia, Suíça e Yemên.

A Espanha é o país com o maior número de citações, totalizando 1475 citações. A Austrália (cluster amarelo), Brasil (cluster vermelho) e Espanha (cluster lilás) estão em posição central na rede colaborativa internacional, cada um com 13 documentos publicados em

coautoria. Em seguida, aparecem os Estados Unidos (cluster azul) com 8 documentos e a Itália (cluster verde) com 7 documentos publicados em coautoria.

Figura 16 – Rede de Análise de Coautoria por país dos dados da *Scopus*.



Fonte: A Autora (2024).

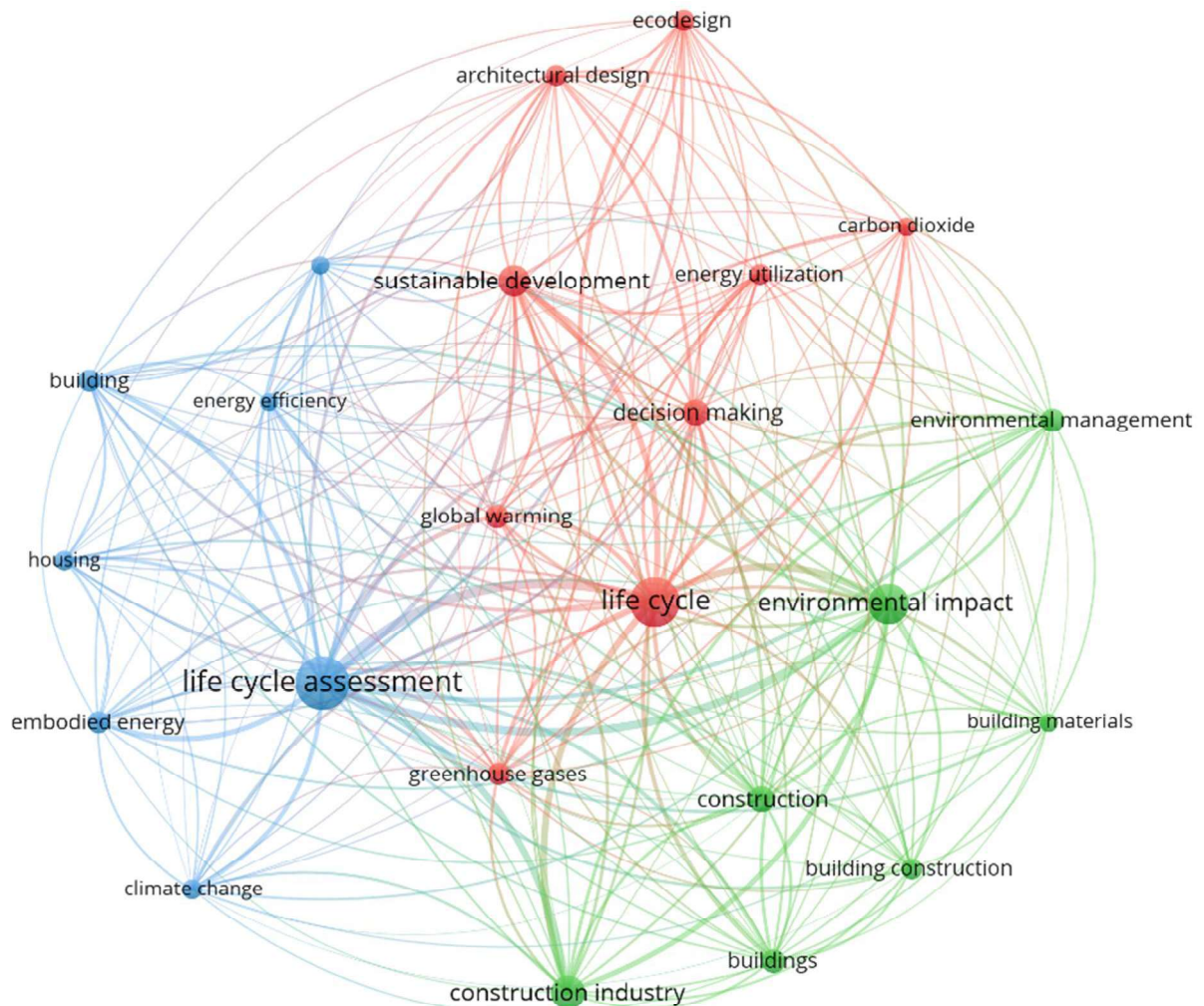
Executando a análise de coocorrência comprova-se que a palavra-chave mais presente, possuindo 70 coocorrências, é análise de ciclo de vida, e em seguida, com 43 coocorrências, é a palavra-chave impacto ambiental. Esse resultado é comprovado na Figura 17. Esse resultado destaca a importância dos estudos que focam na ACV como método para análise dos potenciais impactos ambientais, especialmente no setor da construção civil.

Observa-se que as cores identificam clusters, ou seja, grupos de termos que frequentemente coocorrem, revelando subáreas temáticas distintas. As palavras-chave em azul estão relacionadas à eficiência energética, construção, habitação e energia incorporada, indicando um foco nos aspectos energéticos da construção.

As palavras em verde concentram-se na indústria da construção, materiais de construção, impactos ambientais e gestão ambiental, refletindo temas práticos da cadeia produtiva e sua administração ambiental. Por fim, os termos em vermelho estão associados a

design ecológico, desenvolvimento sustentável, tomada de decisão e questões como gases de efeito estufa e aquecimento global, evidenciando a dimensão estratégica e de sustentabilidade do tema na construção civil.

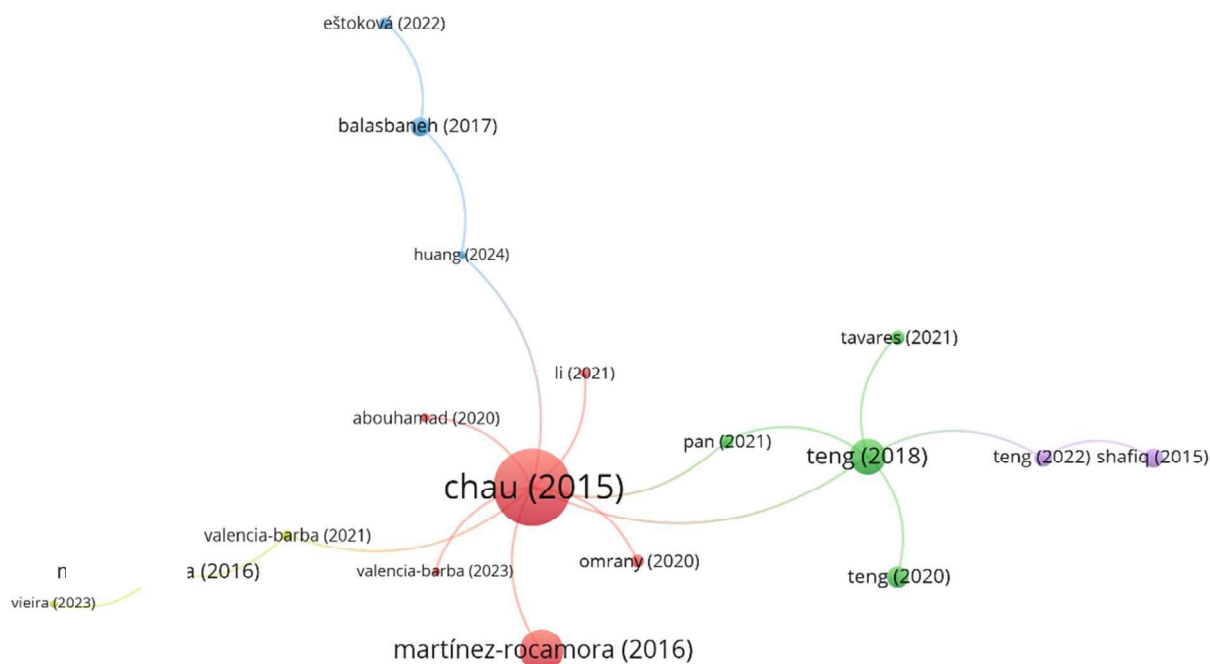
Figura 17 – Rede de Análise de coocorrência de palavras-chaves da *Scopus*.



Fonte: A Autora (2024).

Realizando a análise de citação de documento, demonstrada na Figura 18, pode-se afirmar que o documento mais citado foi o artigo *A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings*. Esse artigo de Chau e Leung (2015) possuiu 611 citações contabilizadas. Os autores afirmam o mesmo que é constatado nessa pesquisa, que é concebível que a utilidade da ACV possa ser ainda mais aprimorada na construção civil, padronizando os requisitos para estudos individuais sobre delimitação dos limites, escolhas metodológicas e inventários de dados, de modo a estabelecer referências para diferentes tipos de edifícios.

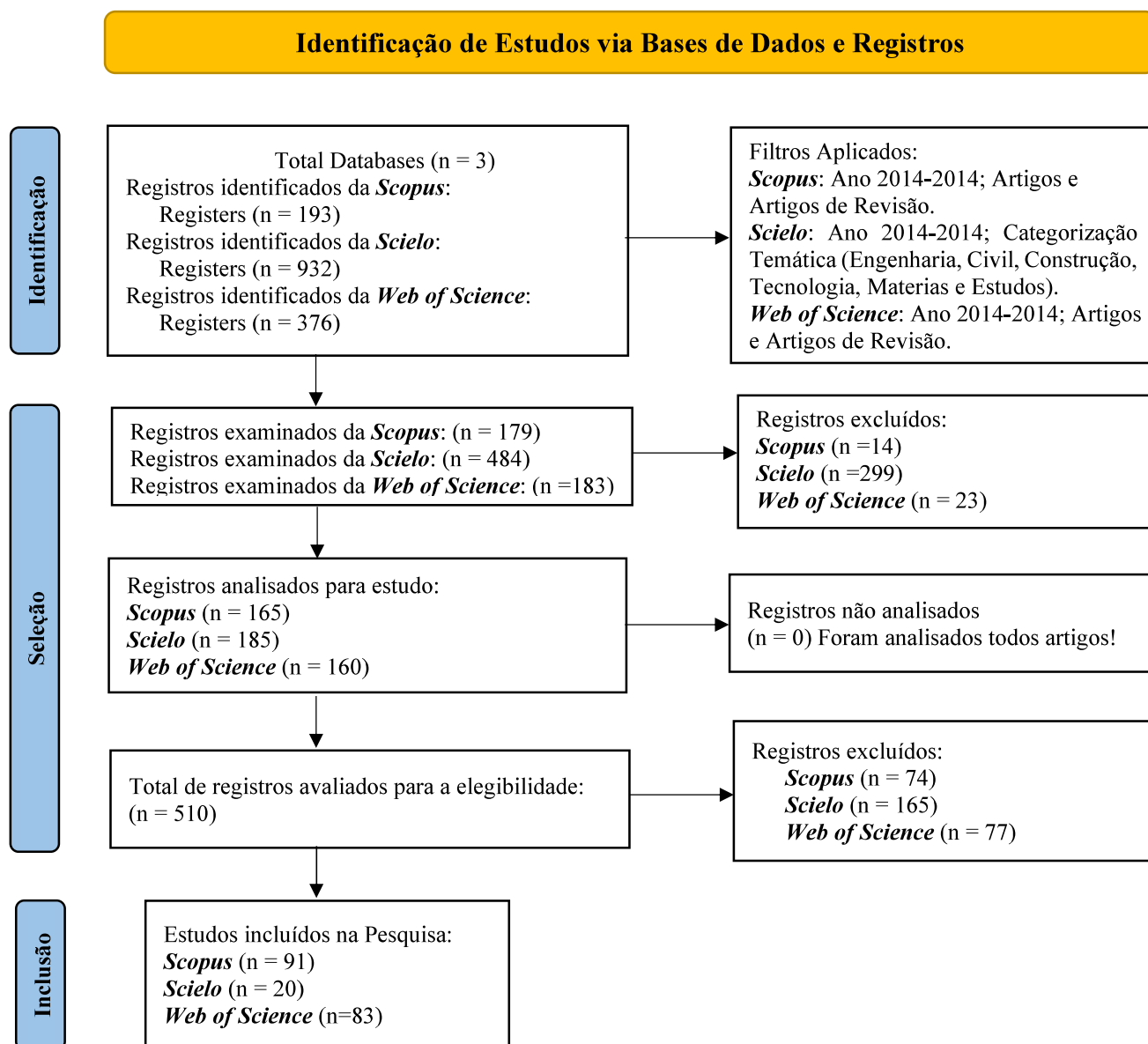
Figura 18 – Rede de Análise de Citação de Documentos da base de dados da *Scopus*.



Fonte: A Autora (2024).

O Fluxograma da Figura 19 ilustra os resultados obtidos com a aplicação da metodologia PRISMA. O fluxograma PRISMA 2020 é uma ferramenta essencial para relatar revisões sistemáticas, fornecendo uma representação visual do processo de busca e seleção de estudos. Ele é parte da declaração PRISMA 2020 que estabelece as diretrizes e tópicos da revisão sistemática baseada na metanálise.

Figura 19 – Diagrama de fluxo PRISMA para revisões sistemáticas que incluíram pesquisas em bancos de dados.



Fonte: A Autora (2024).

5. ESTUDO DE CASO

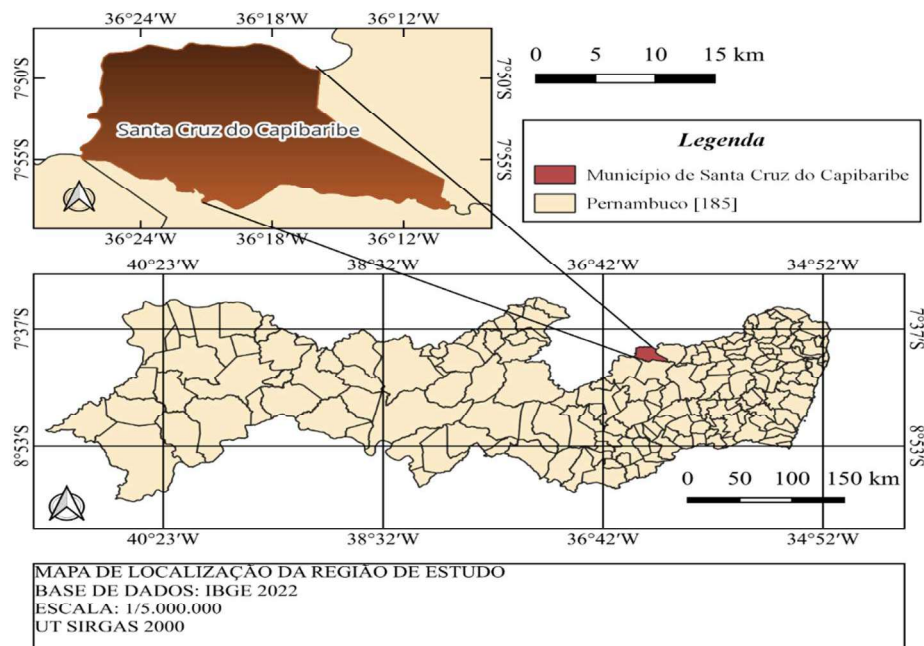
5.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para essa pesquisa foi escolhido como estudo de caso uma obra localizada no município de Santa Cruz do Capibaribe, no Agreste Setentrional de Pernambuco, pertencente à microrregião do Alto Capibaribe, e que está a uma distância de 187,8 km da capital do Estado (Nascimento e Gonçalves, 2023). O território municipal, segundo o último censo do IBGE, é de 335.309,00 km² e representa 0,39% do Estado de Pernambuco (IBGE, 2023). O último Censo 2022 do IBGE registrou uma população local de 98.254 habitantes. Ainda segundo os dados do censo, a densidade demográfica é de 293,03 habitantes por km².

A localização geográfica do município corresponde as coordenadas geográficas 07°57'27" de latitude sul e 36°12'17" de longitude oeste. O município faz limite com Jataúba, a oeste; Caraúbas (Paraíba) e Barra de São Miguel (Paraíba), a norte; Alcantil (Paraíba) e Taquaritinga do Norte, a leste; e Brejo da Madre de Deus e Toritama, a sul.

Localizado na região do semiárido brasileiro, apesar do acelerado crescimento econômico, este município está inserido no contexto em que os eventos climáticos extremos, conjugados às estruturas precárias de uso e ocupação de terra, ocasionam problemas socioeconômicos (Cavalcanti *et al.*, 2020). O mapa da Figura 20 contém a localização territorial do município em relação ao estado de Pernambuco.

Figura 20 – Mapa de Localização do município de Santa Cruz do Capibaribe.



Fonte: A Autora (2025).

Nos últimos anos, Santa Cruz do Capibaribe tem apresentado um crescimento significativo na construção civil, impulsionado por sua forte atuação como polo de confecções e por ser uma importante geradora de emprego e renda na região. Esse fator faz com que em todos os anos aconteça uma migração de pessoas atraídas pela sua economia, e consequentemente ocorre instalações de grandes empresas de diversos ramos. O município tem apresentado um grande aumento tanto em pequenas residências quanto em grandes edificações (Ferreira, 2020).

A escolha de Santa Cruz do Capibaribe como objeto de estudo para o contexto da habitação popular se mostra representativa pelo contexto climático e social do semiárido, cuja realidade impõe desafios específicos à habitação, como a necessidade de adaptação às condições de seca e à disponibilidade limitada de recursos hídricos. Além disso, as condições socioeconômicas e demográficas da região agravam a situação, com um consumo de água *per capita* baixo (45 litros/dia) e perdas significativas no sistema de abastecimento, revelando problemas estruturais que afetam diretamente a qualidade da habitação (Monteiro, 2022).

Como consequência desse crescimento no âmbito do setor da construção civil, pode-se notar a maior geração de resíduos da construção civil (RCC). O município é dividido em 16 bairros, e observou-se que em todos os bairros foram identificados locais de descarte irregular de RCC, mas em apenas 2 bairros esse acúmulo é mais significativo. No bairro Malaquias Cardoso foi demarcada uma área de 1.487,88 m², e no bairro São Jorge uma área de solo exposto coberto por entulho de aproximadamente 4.371,16 m² (Lima *et al.*, 2023).

O setor da construção civil está em forte expansão em Santa Cruz do Capibaribe, Caruaru e região, pois é impulsionado por grandes investimentos públicos e privados. Em Santa Cruz do Capibaribe, há diversos projetos de infraestrutura em andamento, incluindo a construção de novas escolas, unidades de ensino técnico e obras de urbanização. Além disso, o município comemora um crescimento expressivo no setor desde 2013, conforme dados do Conselho Regional dos Corretores de Imóveis (CRECI-PE) (Almeida, 2022).

No entanto, esse avanço tem gerado consequências ambientais, como o aumento da incidência de depósitos irregulares de Resíduos da Construção Civil (RCC). Por isso, é fundamental implementar práticas sustentáveis no setor da construção civil para que seja possível atingir o seu desenvolvimento sustentável.

Arruda Neto (2024) comprovou esse fato e aplicou ferramentas de ACV para propor melhorias no atual modelo de gestão dos RCC na cidade de Caruaru-PE. O estudo avaliou dois cenários: um considerando o descarte dos resíduos em aterro sanitário e outro voltado para a reciclagem desses materiais. A ACV foi realizada por meio do software SimaPro®, utilizando

os métodos ReCiPe Midpoint e CML IA, com o intuito de identificar os impactos ambientais.

Em comparação com centros urbanos maiores da região Nordeste, como Recife–PE ou Salvador–BA, percebe-se uma adoção mais ampla de sistemas construtivos alternativos e racionalizados, como blocos de concreto, sistemas pré-moldados e até o uso pontual de estruturas metálicas. Nessas capitais, os investimentos públicos e privados em infraestrutura, aliada à presença de construtoras de grande porte, favorecem o uso de tecnologias mais modernas e soluções voltadas à eficiência energética e à sustentabilidade (Rando *et al.*, 2021).

Quando comparada a outras cidades do Agreste de Pernambuco, observam-se tanto semelhanças quanto distinções nos sistemas construtivos adotados. Entre as semelhanças, destaca-se o predomínio do modelo construtivo tradicional, baseado em alvenaria convencional com blocos cerâmicos, coberturas de fibrocimento ou cerâmica, além da utilização de técnicas construtivas manuais. A principal distinção está no fato de Santa Cruz do Capibaribe apresentar uma forte presença de construtoras locais com atuação voltada para habitações de interesse social. Em contraste, outras cidades da região tendem a adotar uma diversidade de técnicas construtivas e empreendimentos de maior porte e complexidade (Lima, Silva e Bessa, 2023).

A Figura 21 é o mapa de localização da obra do caso de estudo, baseado nas coordenadas do *Google Earth*. É possível observar que o local da construção está distante cerca de 1.086,66 km do principal polo turístico da cidade, o Moda Center Santa Cruz, e da área urbana local.

Figura 21 – Mapa de localização do empreendimento.



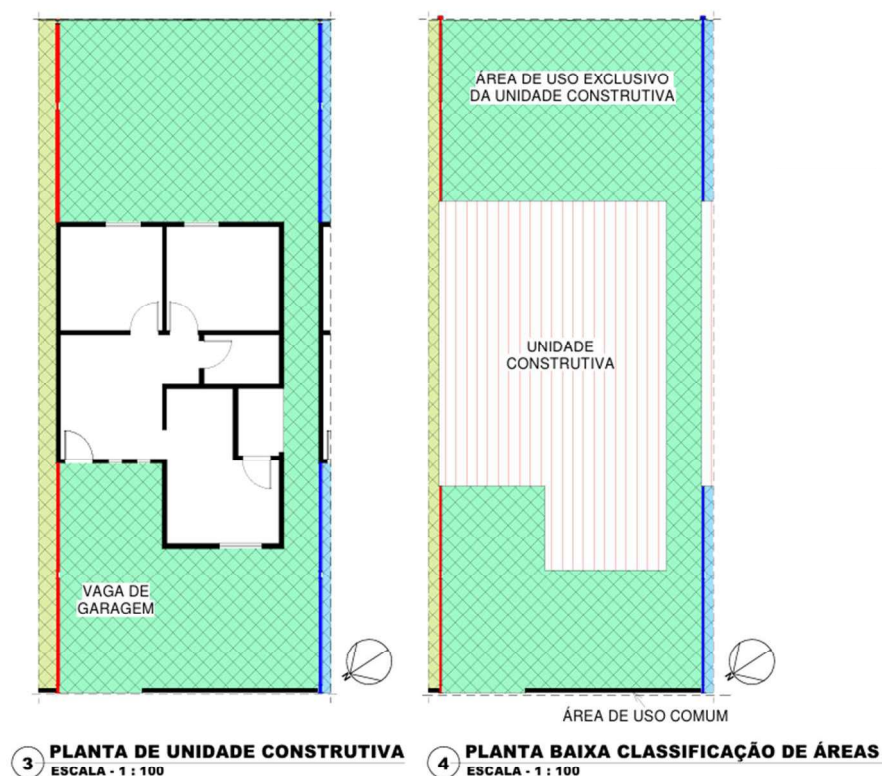
Fonte: A Autora (2025).

5.2 PROJETO DO ESTUDO DE CASO

A presente pesquisa refere-se a um estudo de caso de um projeto de habitação social, com área aproximada de 60 m², localizado no município de Santa Cruz do Capibaribe, no estado de Pernambuco. O empreendimento foi desenvolvido por uma construtora de pequeno a médio porte, atuante no setor da construção civil, com foco na execução de unidades habitacionais de padrão popular. A empresa integra programas de financiamento habitacional promovidos pelo governo federal, voltados à ampliação do acesso à moradia para famílias de baixa renda.

A construtora responsável executa a obra de um conjunto habitacional de 750 unidades localizados no distrito de Malhada, que utiliza os métodos construtivos convencionais e inerentes da região. O início da construção dessas unidades habitacionais populares simples ocorreu no ano de 2014. A Figura 22 representa a planta de unidade construtiva e a planta de classificação de áreas, sinalizando área de uso comum e a unidade construtiva.

Figura 22 – Planta de Unidade Construtiva e Planta Baixa de Classificação de Áreas.



Fonte: Construtora do Estudo de Caso (2025).

O terreno envolvido em cada unidade habitacional pode ser definido com o padrão de 140,6 m² de área (7,4 m de largura e 19,0 m de comprimento). A obra em execução possui uma área total de lote de 3.260,40 m², com área construída de 1.375,40 m². A Tabela 3 representa o quadro de áreas, dos tipos, das quantidades e das casas das unidades habitacionais.

Tabela 3 – Quadro de especificações das unidades habitacionais.

| TIPO | ÁREA | QUANTIDADE | CASAS |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|---|
| UNIDADE CONTRUTIVA TIPO 1 | 59,80 m ² | 15 | A,B,C,D,E,F,G,H,I,J, K,L,M,N,O |
| UNIDADE CONTRUTIVA TIPO 2 | 59,80 m ² | 8 | P,Q,R,S,T,U,V,W |
| ÁREA COMUM TIPO 1 | 0,59 m ² | 21 | A,B,C,D,E,F,G,H,I, J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V |
| ÁREA COMUM TIPO 2 | 0,75 m ² | 1 | S |
| ÁREA COMUM TIPO 3 | 0,60 m ² | 1 | W |
| ÁREA DE USO EXCLUSIVO TIPO 1 | 80,21 m ² | 21 | A,B,C,D,E,F,G,H,I, J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V |
| ÁREA DE USO EXCLUSIVO TIPO 2 | 105,51 m ² | 1 | S |
| ÁREA DE USO EXCLUSIVO TIPO 3 | 81,34 m ² | 1 | W |

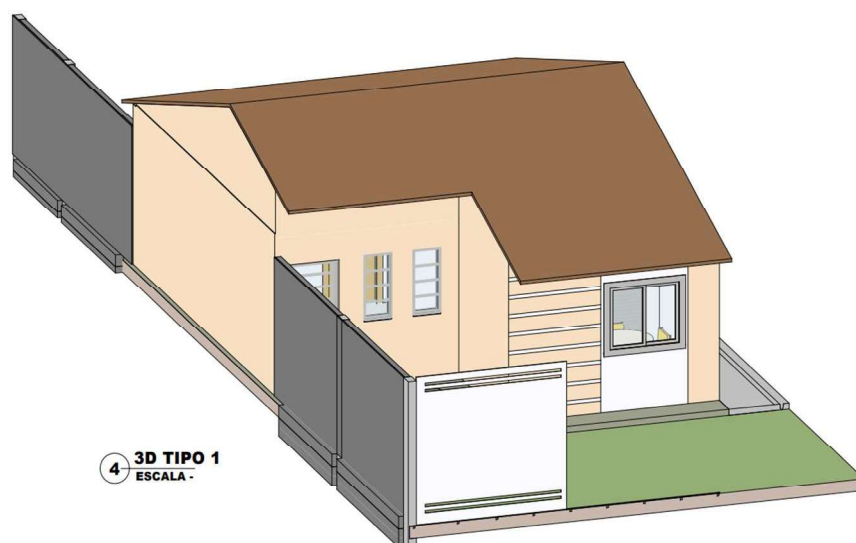
Fonte: A Autora (2025).

Constatou-se que a taxa de solo permeável do terreno é de 45,02%, estando, portanto, em conformidade com a Lei nº 1.635/2007. Essa legislação, que corresponde ao Plano Diretor do município, estabelece a obrigatoriedade de reserva de, no mínimo, 35% de solo natural na gleba. A Tabela 4 ilustra essas informações, elencando as principais áreas. Observa-se na Figura 23 a visão tridimensional da edificação na modelagem do projeto pelo *software* Revit.

Tabela 4 – Tabela de dados de todas as unidades construtivas.

| TIPO | ÁREA |
|------------------------|------------------------|
| ÁREA CONTRUÍDA | 1375,40 m ² |
| ÁREA COBERTA | 1375,40 m ² |
| ÁREA DE USO COMUM | 13,74 m ² |
| ÁREA TOTAL DO LOTE | 3260,40 m ² |
| TAXA DE SOLO PERMEÁVEL | 45,02 m ² |

Fonte: A Autora (2025).

Figura 23 – Representação em modelo 3D da unidade habitacional.

Fonte: Construtora do Estudo de Caso (2025).

De acordo com o projeto, observa-se que as unidades habitacionais são compostas por: cozinha, sala de estar, hall, banheiro social, quarto 1, quarto 2, e área de serviço. A Tabela 5 representa o quadro de áreas de cada um dos ambientes da unidade habitacional.

Tabela 5 – Quadro de áreas dos ambientes da unidade habitacional Tipo 1e Tipo 2.

| <i>AMBIENTE</i> | <i>ÁREA (m²)</i> |
|-----------------|------------------|
| QUARTO 1 | 8,45 |
| QUARTO 2 | 9,33 |
| SALA DE ESTAR | 10,11 |
| HALL | 1,48 |
| WC SOCIAL | 3,05 |
| COZINHA | 11,24 |
| ÁREA DE SERVIÇO | 2,44 |

Fonte: A Autora (2025).

6 METODOLOGIA

A estrutura metodológica foi desenvolvida de forma a atender diretamente aos objetivos específicos da pesquisa. Para o objetivo (a), procedeu-se à identificação dos principais insumos e processos construtivos empregados na unidade habitacional estudada. Em seguida, conforme o objetivo (b), houve a definição do escopo e dos objetivos da pesquisa, delimitando o sistema de estudo e os referenciais metodológicos adotados para a elaboração dos inventários de ciclo de vida ambiental (ICV-A) e social (ICV-S).

Com base nesses inventários foi executada a modelagem e análise dos impactos para atingir o objetivo (c) por meio da aplicação da ACV-A e da ACV-S, utilizando os métodos ReCiPe 2016 (Midpoint (H)) e CML-IA baseline no software SimaPro®, e da ACV-S, por meio da aplicação de indicadores sociais e matriz de avaliação. Por fim, a interpretação e discussão dos resultados nessas etapas subsidiaram o objetivo (d), que consistiu na proposição de oportunidades de melhoria para o sistema construtivo analisado, visando à redução de impactos e ao fortalecimento da sustentabilidade no setor habitacional.

O estudo apresenta clareza metodológica e nível de detalhamento suficiente para permitir sua replicabilidade por outros pesquisadores. As etapas foram descritas de forma sequencial, abrangendo desde a definição do escopo até a aplicação dos métodos de ACV Ambiental e Social, com indicação dos instrumentos utilizados, fontes de dados e critérios de análise. Dessa forma, outro pesquisador seria capaz de reproduzir o procedimento adotado e comparar os resultados em contextos similares, assegurando transparência e validade científica ao estudo.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Para a identificação dos modelos construtivos, materiais e processos construtivos implementados, foi realizada uma visita técnica ao canteiro de obras. Durante a visita, foi possível dialogar com o engenheiro responsável (gestor) pela execução da obra, com o profissional encarregado pelo setor de projetos, além de alguns colaboradores da construtora.

Na ocasião, também foram registradas fotografias das unidades habitacionais, abrangendo tanto os ambientes externos quanto os internos, com o objetivo de documentar visualmente as características construtivas e oferecer um panorama mais detalhado da composição espacial das moradias. Durante a reunião técnica, foram repassados detalhes sobre o processo construtivo e os materiais utilizados.

Constatou-se que as obras tiveram início em 2014 e permanecem em execução, com um total previsto de 750 unidades habitacionais, das quais algumas já foram concluídas, foram entregues, e estão ocupadas. A equipe responsável disponibilizou os projetos arquitetônicos e complementares, essenciais para a compreensão do empreendimento.

Adicionalmente, por meio da plataforma de gestão *Sienge*, foram acessadas as listas de materiais, insumos e mão de obra correspondentes a unidade habitacional. A construtora utiliza o *Sienge* como sistema principal para o armazenamento e gerenciamento das informações da obra. O *Sienge* é uma plataforma completa que integra três áreas cruciais de uma empresa de construção civil: Engenharia, Financeiro e Suprimentos. Isso permite uma gestão centralizada e eficiente, facilitando o acompanhamento das atividades (Cecílio *et al.*, 2021).

A plataforma *Sienge* apresentou os insumos organizados por grupos e famílias, o que possibilitou uma primeira etapa de categorização e compreensão dos dados. Com base nos dados selecionados, foi possível elaborar a Curva ABC do empreendimento, com o objetivo de identificar e classificar os principais insumos utilizados no processo construtivo, conforme sua representatividade no custo total da obra.

6.2 ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ICV-A)

A metodologia aplicada é fundamentada nas normas ABNT NBR 14040 (Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura) e ABNT NBR 14044 (Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações), na norma internacional europeia EN 15978 (CEN, 2011) (Sustainability of Construction Works – Assessment of Environmental Performance of Buildings – Calculation Method), as normas que regem a ACV.

A quantificação do inventário de fluxo de materiais da obra foi realizada a partir dos

projetos arquitetônicos e estruturais que continham as especificações dos sistemas construtivos da edificação. No presente estudo, a estruturação da coleta de dados para o inventário foi adaptada dos processos incluídos nas fases de produção e construção consideradas, mapeando os processos envolvidos na fase de construção.

O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa foi conduzido em etapas distintas. Inicialmente, foram identificados os projetos habitacionais representativos dos padrões construtivos adotados nas unidades residenciais localizadas em Santa Cruz do Capibaribe. Em seguida, com base nos projetos, nos dados disponibilizados pela construtora e no relatório de insumos orçados por unidade, foi realizado o levantamento quantitativo dos materiais necessários à execução de uma unidade habitacional. De posse desses insumos, foi possível dar prosseguimento à elaboração do inventário, etapa fundamental para a realização da ACV.

O inventário foi elaborado a partir da organização dos insumos por tipo de material, desconsiderando itens relacionados à mão de obra, locação de equipamentos, transporte e manutenção de materiais, bem como insumos de impacto desprezível, cuja influência no resultado final da pesquisa é considerada irrelevante.

Cada item do inventário foi discriminado por material, contendo a descrição do tipo (por exemplo: concreto, areia, cimento, pedra, dentre outros), a unidade de medida orçada e o respectivo peso total. A obtenção do peso dos materiais foi uma etapa essencial para a inserção dos dados na interface do software SimaPro®. Para isso, foi necessário realizar pesquisas a fim de obter as unidades de medida dos insumos orçados e incluídos no ICV.

No contexto da ACV, as normas ISO 14040 e ISO 14044 estabelecem diretrizes sobre o inventário de ciclo de vida, incluindo a definição das unidades de medida, que dependem do tipo de fluxo quantificado. Embora não exista uma lista única de unidades, a ISO orienta que cada entrada ou saída seja expressa de forma quantificável e consistente, permitindo comparações entre sistemas. Entre as unidades comumente utilizadas estão: massa (kg, g, t), volume (m³, L), energia primária ou consumida (MJ, kWh, GJ) e quantidades químicas (mol, kg). Para esse estudo de caso, a tonelada foi a unidade mais usual.

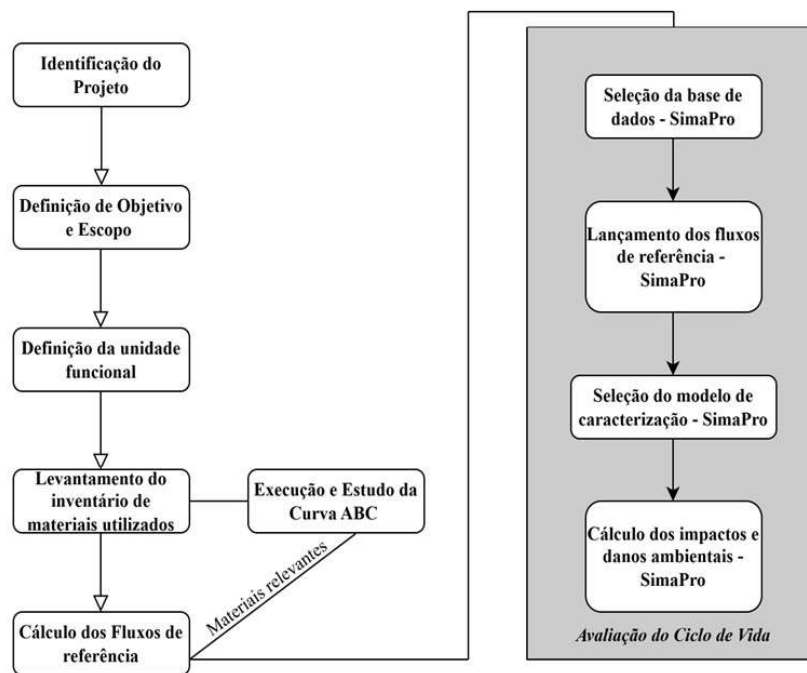
Além da pesquisa de mercado, foram realizadas conversões de unidades e cálculos de dimensionamento de determinados elementos construtivos, conforme o tipo e a composição do material. Esses cálculos, de natureza simples, encontram-se organizados em uma planilha elaborada no software Microsoft Excel®. O quadro final com todos os itens analisados expressos em quilograma (Kg) está presente no APÊNDICE A.

Como a quantificação dos insumos do inventário foi baseada nas composições unitárias dessa unidade residencial, o escopo foi definido como do “portão ao portão”, avaliando os

impactos ambientais do insumo desde a extração da matéria-prima até a saída dele dos portões da fábrica, excluindo a etapa de descarte. Após a elaboração do ICV, analisou-se os impactos ambientais. A Figura 24 é o esquema de execução do ICV para a posterior execução da ACV.

O processo inicia-se com a definição do escopo e da unidade funcional, que é uma única unidade habitacional. Em seguida, realiza-se o levantamento detalhado do inventário de materiais, complementado pela Curva ABC. A partir daí, os fluxos de referência são calculados e inseridos no software SimaPro, onde são selecionadas as bases de dados e os métodos de caracterização adequados, como ReCiPe e CML-IA. Essa abordagem demonstra um rigor técnico alinhado às normas ISO 14040 e 14044, ao mesmo tempo em que evidencia uma visão crítica e contextualizada dos impactos ambientais, permitindo a identificação de hotspots e subsidiando estratégias de mitigação e otimização de recursos na construção civil.

Figura 24 – Esquema geral de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A).



Fonte: A Autora (2025).

6.3 ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA SOCIAL (ICV-S)

Na fase de elaboração do inventário da ACV-S, foram utilizados dois modelos de questionários, os quais foram aplicados com o apoio do setor de Recursos Humanos (RH) da construtora. A aplicação foi direcionada aos 36 colaboradores da empresa de maneira que eles pudessem manter o anonimato, considerando que a construtora está responsável exclusivamente por esta obra local que possuía 36 colaboradores locais no momento da coleta de dados.

Os questionários para a elaboração do ACV-S foram aplicados de outubro de 2024 a janeiro de 2025 para eles analisarem as perguntas. Dessa forma, foi possível aplicar os questionários de forma integral, abrangendo todos os trabalhadores envolvidos diretamente na obra. Os dados foram coletados, os sistemas foram modelados e os resultados provenientes e organização das informações foram obtidos e analisados. As etapas foram executadas de forma sequencial, conforme descrito a seguir:

1. Coleta de dados a serem estudados (para avaliação de pontos críticos);
2. Preparação para coleta de dados principal (elaboração de questionários);
3. Coleta de dados principal (aplicação dos questionários);
4. Dados necessários para avaliação de impacto (caracterização);
5. Validação dos dados (análise);

Após a revisão sistemática para o conhecimento dos tópicos de ACV, adotou-se a coleta de dados de ACV-S com os critérios levantados a partir das diretrizes da UNEP e SETAC (2009) e do método de conduta de pesquisa social de *Designing and conducting survey research* (Rea e Parker, 2014a), que foi publicado pela primeira vez em 1992, e tornou-se a referência padrão no campo para gerentes públicos ou pesquisadores, além de ser muito citado por trabalhos que conduzem a coleta de dados baseados em questionários.

Optou-se por executar uma ACV social de maneira genérica porque a disponibilidade, qualidade e fontes de informação sobre as cadeias de produto são atualmente muito limitadas (Benoit-Norris, Cavan e Norris, 2012). A ACV-S nesta pesquisa concentrou-se na categoria dos trabalhadores/colaboradores da empresa, considerando aspectos como direitos humanos, condições de trabalho, saúde e segurança, liberdade de negociação coletiva e comunicação.

Não foi possível abranger outras categorias, como herança cultural e os impactos sobre diferentes grupos de partes interessadas, incluindo comunidades locais, consumidores, fornecedores dos insumos e a sociedade em geral. Não ampliou-se o inventário devido à ausência de dados disponíveis sobre esses aspectos. Ainda não existe uma metodologia consolidada que avalie socialmente os demais setores e etapas envolvidos na construção civil.

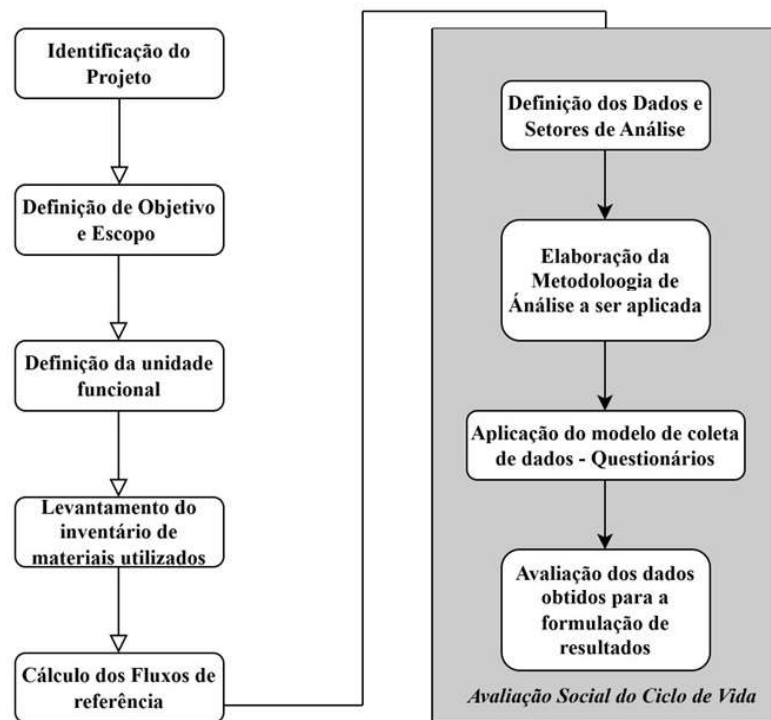
Resalva-se que atualmente existem poucos estudos específicos sobre a ACV-S no setor da construção civil, especialmente no contexto brasileiro. Uma revisão acadêmica recente de Miranda e Silvosso (2023) aponta que, embora a construção civil tenha grande impacto social e ambiental, o número de pesquisas que abordam a dimensão social da sustentabilidade nesse setor por meio da ACV-S é bastante reduzido.

Para ACV-S a coleta direta feita por meio de questionários. Questionários e entrevistas

são os exemplos mais claros de dado primário. Em ACV-S se torna muito prático a utilização deste tipo de dado, pois o ciclo de vida geralmente é composto por uma amostra muito grande a ser acessada, dependendo muito tempo e custo para a pesquisa. Os 5 temas sociais abordados são listados pela (UNEP/SETAC, 2009, p. 49) e, adicionalmente, são explorados mais a fundo nas Fichas Metodológicas (FMUS) de ACV-S (UNEP/SETAC, 2013). A Figura 25 representa o esquema geral da sequência de metodologia de avaliação do ciclo de vida social adotada.

A metodologia da ACV-S foi estruturada em etapas sequenciais que garantem coerência e objetividade na análise. Inicialmente, foram definidos os setores e dados de interesse que foi o setor do colaborador/trabalhador, seguidos da elaboração dos instrumentos de coleta, aplicados por meio de questionários. Os resultados obtidos foram avaliados de forma crítica, permitindo identificar impactos e benefícios sociais associados ao ciclo de vida da construção. Essa abordagem segue as diretrizes do UNEP/SETAC (2020), assegurando consistência metodológica e relevância social na avaliação.

Figura 25 – Esquema geral de aplicação da Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S).



Fonte: A Autora (2025).

As questões do questionário requereram o uso de um mecanismo de resposta escalonado, no qual alternativas de resposta são fornecidas para o entrevistado. No Modelo 1 de questionário aplicou-se a escala de Sim, Não e Não se aplica (N/A). No Modelo 2 foi aplicada uma escala de Likert (Likert, 1932) que implica em uma escala de avaliação de cinco em que a

atitude do respondente é medida de um extremo a outro com um igual número de possibilidades de respostas positivas e negativas e uma categoria intermediária (Rea e Parker, 2014b). Nesse caso foram as repostas 1-Nunca, 2-Às vezes, 3-Raramente, 4-Frequentemente e 5-Sempre.

Essa escala foi aplicada porque ela tem sido amplamente utilizada em estudos sociais onde são coletadas percepções não quantitativas sobre um tema específico (Gante *et al.*, 2020). As perguntas foram dispostas na sequência considerando que o objetivo principal das primeiras questões é estimular o interesse em continuar com o questionário sem confundir o entrevistado. O Modelo 1 de questionário está presente no Anexo V, e o Modelo 2 no Anexo VI.

É válido ressaltar que, de fato, nenhum questionário pode contemplar todas as informações de um determinado cenário, sendo sempre passíveis de modificação (Rea e Parker, 2014b). O instrumento de coleta deve se aproximar o mais próximo da realidade e trazer o máximo de acurácia de informação possível.

A Tabela 6 apresenta as sugestões de indicadores específicos da FMUS utilizados para cada subcategoria de Trabalhador. Os indicadores apresentados serão utilizados para a composição das perguntas de questionário ou traduzidos em documentos oficiais a serem conferidos pela pesquisa. Lembrando que um indicador listado acima pode ser traduzido em mais de uma pergunta ou documento, pois um indicador pode ser representado por mais de uma evidência.

Tabela 6 – Indicadores específicos utilizados para a classe do trabalhador.

| Subcategorias | Indicadores (UNEP 2010) |
|---|--|
| Liberdade de associação e negociação coletiva | <ul style="list-style-type: none"> • O emprego não é condicionado por nenhuma restrição ao direito à negociação coletiva; • Presença de sindicatos dentro da organização é devidamente apoiada; • Cópias de negociações coletivas e acordos são mantidos em arquivo; • Os trabalhadores são livres para aderir a sindicatos de sua escolha; • Empregados / representantes sindicais são convidados a contribuir para o planejamento de mudanças maiores na empresa; • Prazo mínimo para notificação (s) em relação a mudanças operacionais, incluindo se está especificado em acordos coletivos; • Os trabalhadores têm acesso a um processo de resolução neutro, vinculativo e independente disputa. |
| Salário Justo | <ul style="list-style-type: none"> • Menor trabalhador assalariado, em comparação ao salário mínimo; • Para os trabalhadores de baixa remuneração é considerado que os salários atendam às suas necessidades; • Presença de deduções suspeitas sobre os salários; |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Pagamento regular e documentada dos trabalhadores (semanal, bissemanal). |
| Trabalho infantil | <ul style="list-style-type: none"> • Ausência de crianças que trabalham sob a idade legal ou 15 anos de idade (14 anos para as economias em desenvolvimento); • As crianças não estão realizando o trabalho clandestino pelas convenções da OIT C138 e C182 (trabalhos perigosos); • Registros de todos os trabalhadores indicando os respectivos nomes e idades ou datas de nascimento são mantidos em arquivo; • Crianças que trabalham com menos de 15 anos e menores do que a maioridade pode frequentar a escola. |
| Horas trabalhadas | <ul style="list-style-type: none"> • Respeito dos acordos contratuais relativos as horas extras; • Uma comunicação clara das horas de trabalho e acordos de horas extras. |
| Trabalho forçado | <ul style="list-style-type: none"> • Trabalhadores concordam voluntariamente em condições de emprego. • Documentos originais pertencentes ao trabalhador não são mantidos por razões de segurança pela organização nem na contratação nem durante o emprego; • Os trabalhadores são livres para rescindir o seu emprego dentro dos limites vigentes; • Os trabalhadores são ligados por dívidas que excedam os limites legais para o empregador. |
| Oportunidades iguais/ Discriminação | <ul style="list-style-type: none"> • Presença de políticas formais sobre igualdade de oportunidades; • Números totais de casos de discriminação e ações tomadas; • Proporção de salário base entre homens e mulheres por categoria funcional. |
| Saúde e Segurança | <ul style="list-style-type: none"> • Número / percentagem de lesões ou acidentes fatais na organização pela ocupação; • Medidas gerais adequada de segurança no trabalho são tomadas; • Número de violação (grave / não grave) quanto a Segurança Ocupacional e Administração de Saúde (OSHA); • Programas de controle da educação, formação, aconselhamento, prevenção e risco em andamento para dar assistência a empregados. |

Fonte: A Autora (2025), adaptado de UNEP/SETAC (2013).

6.4 ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA ACV-A

Um dos objetivos específicos da pesquisa é analisar os impactos ambientais por meio dos inventários. Para realizar a análise dos impactos ambientais foi aplicada a ferramenta do SimaPro® para coletar, avaliar e monitorar os dados de desempenho da sustentabilidade dos produtos e serviços. Nesse intuito, foi utilizada a biblioteca de inventários Ecoinvent v2.1 do

SimaPro®, que contribui para uma análise robusta e detalhada dos impactos ambientais.

Foram empregados dois métodos para a análise do impacto ambiental, o método ReCiPe 2016 Midpoint (H) V.1.11 e o CML-A Baseline. A adoção da estratégia do World ReCiPe Midpoint (H) como método de avaliação de impacto ambiental inclui categorias de impacto de ponto médio (orientadas para os problemas) e de ponto final (orientadas para os danos). A estrutura igualitária do método considera um cenário de longo prazo e aspectos envolvendo impactos ambientais que ainda não são completamente comprovados (Rodrigues *et al.*, 2024).

Já o método CML-IA (Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden) é um procedimento para Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) usado para quantificar os impactos ambientais de processos e produtos. Ele se caracteriza por ser um método de avaliação de impacto orientado para o problema (problem-oriented), focando nas contribuições dos fluxos de processos às categorias de impacto como aquecimento global, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, depleção da camada de ozônio, entre outras (Campus *et al.*, 2019).

A principal vantagem da abordagem *Midpoint* na ACV reside em sua menor complexidade e menor nível de incerteza na modelagem dos impactos ambientais, especialmente quando comparada aos métodos do tipo *endpoint*. Isso se deve ao fato de que o método *Midpoint H* avalia os impactos em estágios intermediários do mecanismo ambiental, antes da quantificação dos danos finais, o que torna os resultados mais precisos e confiáveis para as categorias de impacto consideradas (Medeiros *et al.*, 2018).

Portanto, observa-se que o método ReCiPe pode ser considerado mais abrangente e integrado, sendo especialmente útil em análises que visam avaliar os impactos ambientais finais e/ou facilitar a comunicação dos resultados a diferentes stakeholders. Por outro lado, o método CML-IA é mais voltado para análises midpoint, oferecendo resultados mais detalhados com base em fundamentos científicos sólidos. A escolha entre os dois métodos depende do objetivo específico da ACV-A e do nível de detalhamento requerido (Neto *et al.*, 2020).

Desse maneira, definiu-se as seguintes etapas:

1. **Função, unidade funcional e fluxo de referência** – Adotou-se como unidade funcional a habitação popular do estudo de caso, considerando como fluxo de referência os componentes e insumos necessários à sua execução (e respectivas quantidades): blocos estruturais e de vedação (cerâmico ou concreto), argamassas de assentamento (cimento, cal, areia), graute (cimento, cal, areia e brita 0/ pedrisco), armadura em aço CA-50 e etc.

2. **Sistema de produto e Fronteira (limite) do sistema** – Baseada na norma ISO 14044 foram excluídas as entradas e saídas não significativas para os resultados do estudo. O limite estabelecido foi a "do portão ao portão" (do inglês *Gate-to-Gate*), que

significa que a ACV considera apenas as etapas internas a uma empresa ou processo específico, do momento em que os insumos entram na fábrica (portão de entrada) até o momento em que o produto sai da fábrica (portão de saída). Esse sistema é útil quando se avalia a eficiência e impacto ambiental de processos específicos dentro de uma cadeia maior. A ACV-A foi inicializada com 23 dados de entrada, conforme a Tabela 16.

3. Procedimentos de Alocação – Não são considerados processos de alocação dos descartes, uma vez que os resíduos gerados na obra (possíveis coprodutos gerados na atividade de construção e instalação) estão fora da fronteira do sistema e são de difícil controle na obtenção de informações. Desse modo, não foram considerados os possíveis destinos, bem como a possibilidade de matéria-prima substituindo outros materiais (retorno para o ciclo produtivo) e até mesmo a logística reversa que não é adotada.

4. Categorias de Impacto e métodos – Primeiramente executou-se a análise pelo método ReCiPe, em seguida pelo método CML-IA. Foram adotados os parâmetros de acordo com Cerclos (2023), que afirma que existem seis categorias de impacto mais frequentemente utilizadas em estudos de ACV aplicados ao setor da construção civil. Essas categorias incluem: Aquecimento Global, expresso em kg de CO₂ equivalente; Depleção da Camada de Ozônio Estratosférico, em kg de CFC-11 equivalente; Acidificação, em kg de SO₂ equivalente; Eutrofização, em kg de PO₄³⁻ equivalente; Formação de Ozônio Fotoquímico na Troposfera, expressa em kg de NO_x, kg de O₃ equivalente ou kg de eteno; e Depleção de Recursos Energéticos Não Renováveis, expressa em megajoules (MJ). Em cada método foram executados os gráficos com as categorias de impacto mais expressivas.

5. Requisitos dos dados – Foram utilizados dados do banco internacional Ecoinvent, que apesar de apresentar poucos inventários relacionados ao Brasil, é uma das mais utilizados nas análises de ACV na construção civil.

6. Limitações – Considerou-se o uso do *software* de ACV e banco de dados internacionais; a falta de acesso a dados primários (informações levantadas diretamente) de produção dos materiais; o uso de dados de inventários nacionais (publicações acadêmicas e órgãos); a vida útil de 50 anos da edificação (mínimo pela ABNT 15575). Não foram consideradas as distâncias médias para o cálculo de transporte.

7. Pressupostos – Foram computados somente os materiais utilizados, não sendo consideradas as embalagens. Os insumos como grampos, telas de amarração, aditivo e a água utilizada na execução de argamassas e grautes não são considerados devido as nuâncias e a falta de informação. Além disso, não foram computados o uso de fôrmas,

equipamentos, ferramentas dentre outros.

8. Tipo e formato do relatório (Comunicação interna) – O público-alvo deste estudo é a equipe de projetistas (arquitetos, engenheiros, empreendedores), com o foco voltado para comunicação interna e em apoio às tomadas de decisão ao longo do desenvolvimento de projeto para a prospecção de projetos sustentáveis.

A modelagem de dados no SimaPro® foi realizada em duas fases: a formação e separação dos insumos fornecidos e a seleção das categorias e métodos de impactos utilizados. Na etapa de formação e segregação dos insumos obtêm-se a formação de conjuntos de itens que compõem o sistema construtivo do empreendimento, tendo como finalidade designar uma unidade padrão para análise (Carvalho, 2020). Nessa etapa estudou-se a significância e magnitude dos impactos ambientais potenciais de gerenciamento (Costa e Jucá, 2022).

6.5 ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIAIS ATRAVÉS DA ACV-S

Para a obtenção do ACV-S, com o objetivo de parametrizar a metodologia de mensuração dos impactos sociais, a abordagem adotada baseou-se no método inicialmente desenvolvido em 2009, que resultou em um documento com as diretrizes para a concepção e aplicação do método ACV-S, e que foi atualizado em 2020. Esse documento intitulado Diretrizes para Avaliação do Ciclo de Vida Social (Chabrawi, 2023) serviu como base para a elaboração dos questionários aplicados.

Os questionários aplicados foram baseados no modelo idealizado no Centro de Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (GYRO). O GYRO já possuía material de apoio de pesquisas de ACV-S, os quais também sintetizam indicadores das 31 subcategorias da UNEP/SETAC. Com o intuito de atenuar os efeitos de subjetividades das perguntas, os questionários são divididos em duas partes: uma com perguntas de respostas de sim/não e uma segunda parte usando de respostas em escala de Likert.

Foi comunicado ao setor de Recursos Humanos a importância de conscientizar os entrevistados sobre a relevância e a utilidade de sua participação, tanto para a empresa quanto para os próprios trabalhadores. É fundamental que o entrevistado se sinta seguro, ciente de que todas as respostas são valiosas e que não existem respostas "certas" ou "erradas".

O questionário foi formatado de tal forma que as respostas pudessem ser inseridas diretamente no computador para processamento de dados. Assim, com as respostas dos questionários, foi possível elaborar os gráficos de análise social dos colaboradores. Como usualmente são utilizados dados secundários, faz-se necessário o uso de indicadores de qualidade de dados como a Matriz Pedigree, para sinalizar a sua robustez na pesquisa (Pinho,

Calmon e Justino, 2023). Nessa pesquisa foi utilizada a matriz Pedigree porque ela permite converter informações qualitativas de qualidade de dados em valores quantitativos de variância, a partir de 5 indicadores principais: confiabilidade (confiança na fonte); completeza; correlação temporal; correlação geográfica e correlação tecnológica (Silva e Baioche, 2021).

A adaptação utilizada propõe uma nota com uma escala de 1 a 5 para cada indicador utilizado. Durante a construção da matriz, os indicadores de qualidade recebem uma pontuação de 1 a 5, onde o 1 indica o melhor grau de qualidade e o 5 o pior. De acordo com Benedet Junior (2007), o uso da matriz de qualidade de dados envolve julgamentos subjetivos e pessoais.

As respostas obtidas foram organizadas em formato de tabela. Para este trabalho, algumas adaptações foram feitas à matriz, juntando os conceitos idealizados por outros trabalhos em uma única Matriz Pedigree, para diferentes tipos de dados avaliados (genéricos e específicos). A Tabela 7 a seguir é o modelo da Matriz Pedigree adaptada para esse contexto social amostral.

Tabela 7 – Matriz Pedigree adaptada para contexto social dados.

| Score | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------------|---|--|--|---|---|
| Indicator | | | | | |
| Confiabilidade da fonte | Dados específicos verificados da coleta de dados primários de várias fontes | Dados não verificados da coleta de dados primários de uma única fonte / dados secundários reconhecidos | Dados verificados da coleta Genérica ou dados de fontes não reconhecidas | Estimativa qualificada (por exemplo, por especialista) | Estimativa não qualificada ou origem desconhecida |
| Conformidade da completeza | Dados completos para o caso específico. | Seleção representativa específica | Seleção não representativa, baixo viés | Seleção não representativa, viés desconhecido | Único ponto de dados/ integridade desconhecida |
| Conformidade temporal | Menos de 1 ano de diferença para o período do conjunto de dados | Menos de 2 anos de diferença para o período do conjunto de dados | Menos de 3 anos de diferença para o período do conjunto de dados | Menos de 5 anos de diferença para o período do conjunto de dados | Idade dados com mais de 5 anos de diferença para o período do conjunto de dados |
| Conformidade geográfica | Dados da mesma geografia | Lugar com condições semelhantes ou média de países com condições ligeiramente diferentes | Média do setor econômico | Média nacional | Dados de regiões desconhecidas ou distintas |
| Conformidade tecnológica | Dados da mesma tecnologia (setor) | Dados de setor semelhante, por ex. dentro da mesma hierarquia do setor, ou média de setores com tecnologia similar | Dados de setor ligeiramente diferente, ou média de diferentes setores, setor em estudo incluído, com grande participação | Média dos diferentes setores, setor em estudo incluídos, com pequena participação, ou não incluídos | Dados com tecnologia / setor desconhecido ou de setores distintos |

Fonte: A Autora (2025), adaptado de Juchen (2019).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

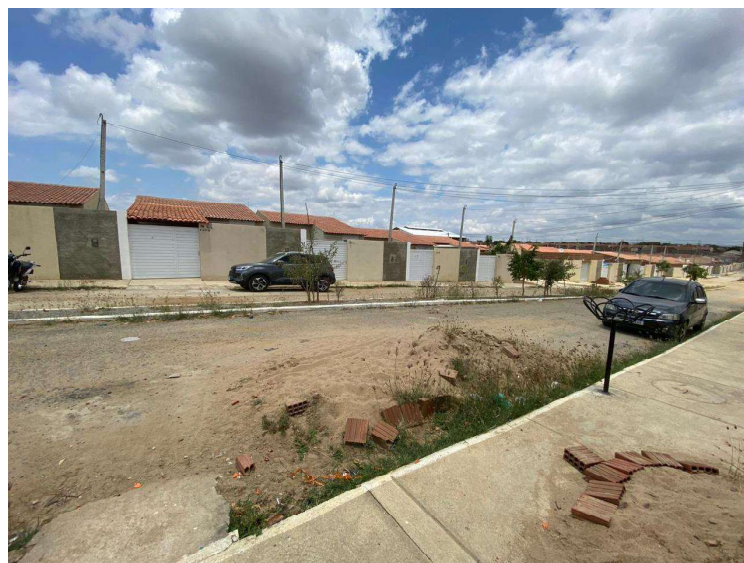
7.1 IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS E MÉTODOS CONSTRUTUTIVOS

A caracterização das unidades habitacionais foi realizada por meio de visitas técnicas ao local da obra. Durante essas visitas, foi possível estabelecer um diálogo direto com o gestor da obra, o responsável pelo setor de projetos e diversos colaboradores da empresa, o que possibilitou a obtenção de informações detalhadas sobre os processos construtivos adotados. Além disso, foram realizadas fotografias das unidades habitacionais com o objetivo de documentar visualmente as condições e características das construções.

O método construtivo empregado neste empreendimento é o método construtivo convencional, que utiliza elementos estruturais em concreto armado e vedação executada diretamente no local, desde a fundação até o acabamento (Oliveira; Fagundes, 2024). O sistema convencional dessa obra é composto por conjunto complexo de variáveis durante a execução de um(a) projeto/obra, tais como: materiais, mão-de-obra, cronogramas, produtividade, qualidade, fornecedores, dentre outros aspectos, resultando em projetos variados, desde o viés qualitativo ao quantitativo, principalmente, quanto ao critério de custos da obra (Aragão, 2022).

Nesse contexto, a construtora responsável pela obra buscou otimizar o gerenciamento da construção por meio de estratégias que incluíram a negociação de preços, a seleção de materiais de qualidade e a implementação de práticas construtivas mais ágeis. Essas ações permitiram uma adaptação parcial do sistema convencional para um modelo mais eficiente. As fotografias das unidades construtivas e do local da obra estão na Figura 26 e Figura 27.

Figura 26 – Vista da via de trânsito do empreendimento.



Fonte: A Autora (2024).

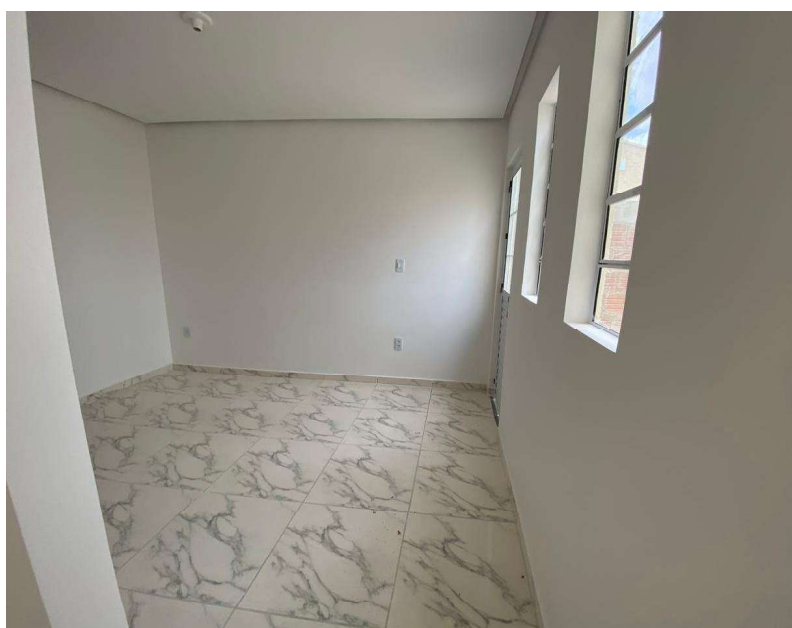
Figura 27 – Vista frontal da unidade habitacional modelo.



Fonte: A Autora (2024).

Em seguida foram obtidas as fotografias das áreas internas das unidades habitacionais. Com isso foi possível obter o modelo de revestimento interno. As paredes internas das áreas não molhadas foram revestidas com gesso desempenado, já as áreas molhadas foram revestidas com placas cerâmicas. O forro é o forro de gesso. As esquadrias são esquadrias de alumínio e as portas são de madeira. O portão de entrada da casa é um portão de correr de alumínio. A Figura 28 ilustra os revestimentos internos da unidade habitacional.

Figura 28 – Espaço interno da unidade habitacional.



Fonte: A Autora (2024).

A Tabela 8 especifica as características do modelo de construção explicitando os detalhes mais importantes como tipo de fundação, o tipo alvenaria executada, os revestimentos empregados e outras características importantes.

Tabela 8 – Quadro com a discriminação das características da construção.

| | |
|-------------------------------------|--|
| FUNDAÇÃO | Fundação Rasa: Radier |
| ESTRUTURA | Alvenaria estrutural com blocos de concreto |
| COBERTURA | Estrutura pontalexada de madeira, composta por trama de linhas, caibros e ripas; |
| REVESTIMENTOS | Interno: Paredes em áreas comuns em gesso desempenado, seguido por pintura com o uso de tinta pva e acrílica. Revestimento interno de paredes em áreas molhadas e piso com placas cerâmicas com dimensões de 58cm x 58cm. |
| | Externo: Revestimento argamassado, seguido por aplicação de textura acrílica. |
| | Piso: Em todos os ambientes cerâmica PEI 4. |
| | Teto: Forro em gesso. |
| | Calçada: Calçadas em concreto desempenado. |
| ESQUADRIAS | Esquadrias de Alumínio. |
| INSTALAÇÕES ELÉTRICAS | Composta por circuitos independentes de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico; |
| INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS | Sistema de abastecimento comum, com ramais internos de abastecimento, reservatório inferior externo executado em concreto armado com capacidade para 6000L. Reservatório superior interno em caixa d'água de polietileno com capacidade para 500L. |
| INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS | Composta por sistema de captação e destinação de efluentes residuais e esgoto, com aparelhos sanitários, tubulações, pias e tanques. |
| SISTEMA DE DRENAGEM URBANA | Drenagem urbana: Sistema de captação e destinação de águas pluviais para sarjeta da via. |

Fonte: A Autora (2025).

Executando o levantamento dos materiais utilizados por unidade habitacional, é possível fazer uma análise por grupo de insumos empregados em cada unidade. A Tabela 9 representa os grupos de insumo, organizados por categoria, tipo e quantidade de cada material utilizado. O Apêndice II possui todos os materiais analisados com os seus respectivos pesos, para que seja possível a formulação do ICV-A das unidades habitacionais.

Tabela 9 – Tabela dos materiais agregados utilizados na unidade habitacional.

| Grupo - Agregados | | |
|---|----------------|------------|
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Pedra britada n. 1 (9,5 a 19 mm) posto pedreira/fornecedor, sem frete | m ³ | 0,5684 |
| Brita / detalhe: 0 (4,8 mm a 9,5 mm) | m ³ | 0,8630 |
| Brita / detalhe: 1 (9,5 mm a 19 mm) | m ³ | 7,0846 |
| Areia / detalhe: fina | m ³ | 3,6579 |
| Areia / detalhe: média | m ³ | 0,8885 |

| | | |
|--|------------|-------------------|
| Areia / detalhe: grossa | m³ | 9,4332 |
| Areia / detalhe: para aterro | m³ | 1,5009 |
| Grupo - Armadura | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Aço CA-50, 12,5 mm, vergalhão | kg | 17,0531 |
| Aço CA-50, 10,0 mm, vergalhão | kg | 103,4467 |
| Aço CA-50, 8,0 mm, vergalhão | kg | 178,1182 |
| Tela de aço soldada nervurada CA-60 / detalhe: q - 92, fio = 4,2 mm, l x c = 2,45 x 6,0 m, malha = 15,0 x 15,0 cm | m² | 40,0610 |
| Tela de aço soldada nervurada CA-60 / detalhe: q - 113, fio = 3,8 mm, l x c = 2,45 x 6,0 m, malha = 10,0 x 10,0 cm | m² | 88,0600 |
| Arame recozido 18 BWG / detalhe: 1,25 mm (0,01 kg/m) | kg | 1,6844 |
| Arame galvanizado 18 BWG / detalhe: 1,24mm (0,009 kg/m) | kg | 2,9945 |
| Nervura treliçada / detalhe: TG 8 | m | 23,0460 |
| Coluna em aço CA-50 8,0 mm / detalhe: estribo 4.2 mm 7 x 17. 6,0 m | un. | 3,5567 |
| Grupo – Aditivos, colas e similares | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Espuma expansiva / detalhe: poliuretano | L | 0,6000 |
| Selante em poliuretano / detalhe: sachê 600 ml, branco | L | 1,3650 |
| Fibra em polipropileno | kg | 5,1083 |
| Massa plástica / detalhe: com catalizador, frasco de 400 g | un. | 0,0692 |
| Argamassa impermeabilizante / detalhe: Quartzolit Tecplus Top | kg | 471,6792 |
| Grupo – Diversos | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Prego de aço polido / detalhe: cabeça 15 x 15 (1 1/4 x 13) | kg | 0,5083 |
| Prego de aço polido / detalhe: cabeça 18 x 27 (2 1/2 x 10) | kg | 0,3305 |
| Prego de aço polido com cabeça 17 x 27 (2 1/2 x 11) | kg | 0,2931 |
| Prego com cabeça / detalhe: bitola 15 x 18 (1 1/2 x 13) | kg | 0,9629 |
| Prego com cabeça / detalhe: bitola 18 x 27 (2 1/2 x 10) | kg | 1,0813 |
| Prego com cabeça / detalhe: bitola 3 1/2 x 8 | kg | 1,6628 |
| Bloco de isopor / detalhe: 100 x 390 x 37 x 65 mm | un. | 14,5230 |
| Óleo Diesel combustível comum | L | 91,6681 |
| Thinner / detalhe: frasco 900 mL | L | 0,0242 |
| Bucha drywall / detalhe: 8 mm | un. | 10,0000 |
| Grupo – Pré-Moldados | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Poste de concreto para entrada de energia / detalhe: duplo t, 75/7 m | un. | 1,0000 |
| Bloco vedação / detalhe: 09 x 19 x 39 cm, 3,0 MPa | un. | 2.458,1583 |
| Meio bloco vedação / detalhe: 09 x 19 x 19 cm, 3,0 MPa | un. | 366,5818 |
| Canaleta de vedação / detalhe: 09 x 19 x 39 cm, 3,0 MPa | un. | 326,4526 |
| Tijolo cerâmico / detalhe: 8 furos | un. | 1.822,5900 |
| Verga pré-moldada / detalhe: 1 m | m | 36,0500 |
| Grupo – Esquadrias de Madeira | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Kit porta pronta de madeira / detalhe: interna h, 210 x 80 cm | un. | 1,0000 |
| Kit porta pronta de madeira / detalhe: interna ah, 210 x 80 cm | un. | 1,0000 |
| Kit porta pronta de madeira / detalhe: wc ah, 210 x 80 cm | un. | 1,0000 |

| | | |
|---|------------|-------------------|
| Jogo de alizar para porta de 80 cm / detalhe: 5 MDF rm cpx regulável 5 | un. | 8,0000 |
| Jogo de alizar para porta de 80 cm / detalhe: 5 MDF rm cpx encaixe n | un. | 8,0000 |
| Grupo – Esquadrias de Alumínio | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Janela basculante em alumínio / branco, sem grade, 40 x 100 cm (l x a) | un. | 2,0000 |
| Janela de correr em alumínio duas folhas / branco, sem grade, 100 x 100 cm (l x a) | un. | 2,0000 |
| Janela de correr em alumínio duas folhas / branco, sem grade 120 x 100 cm (l x a) | un. | 1,0000 |
| Janela de correr em alumínio duas folhas / branco, sem grade, 40 x 40 cm (l x a) | un. | 1,0000 |
| Porta de giro basculante em alumínio / natural, esquerda, 210 x 80 cm | un. | 2,0000 |
| Portão em alumínio branco / 2,485 m x 2,24 m com portão social de 0,80 m do lado direito com abertura para direita | un. | 1,0000 |
| Trilho em alumínio / com abaulado para roldana; 5 metros | un. | 1,0000 |
| Grupo – Concreto | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Concreto usinado bombeável / detalhe: classe de resistência c 25, com brita 0 e 1, slump = 140 +/- 20 mm, apenas fornecimento | m³ | 6,4883 |
| Grupo – Aglomerantes | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Cal / detalhe: hidratada CH I | kg | 773,4300 |
| Cimento Portland composto CP II / detalhe: F-32 | kg | 18,7200 |
| Cimento Portland composto CP II / detalhe: Z-32 | kg | 17,5600 |
| Grupo – Argamassas | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Argamassa colante / detalhe: AC I | kg | 773,4300 |
| Argamassa colante / detalhe: AC II | kg | 18,7200 |
| Argamassa colante / detalhe: AC III | kg | 17,5600 |
| Rejunte epóxi / detalhe: branco, frasco de 477 g | kg | 0,4316 |
| Rejunte para cerâmicas / detalhe: cor: cinza platina | kg | 32,7491 |
| Grupo – Revestimentos | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Cerâmica esmaltada / detalhe: 46 x 46 cm, quartzo branco, tipo "a", PEI 4 | m² | 61,0492 |
| Cerâmica esmaltada / detalhe: 58 x 58 cm, psi66470 bege, tipo "a", PEI 4 | m² | 21,4185 |
| Gesso / detalhe: lento | m² | 863,9475 |
| Grupo – Madeira para Formas | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Estronca de madeira 3,0 m | m | 9,1923 |
| Sarrafo de madeira / detalhe: 10 x 2 | m | 2,0000 |
| Sarrafo de madeira / detalhe: 7 x 2 | m | 33,6391 |
| Sarrafo de madeira / detalhe: 9 x 2 | m | 7,2400 |
| Sarrafo de madeira / detalhe: 7 x 2,5 | m | 1,6000 |
| Barrote 3 x 3 cm / detalhe: em madeira mista | m | 9,3602 |
| Grupo – Madeira para Telhado | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Linha de madeira 3,5 m / detalhe: 6 x 12 cm | m | 10,4162 |
| Linha de madeira 6,5 m / detalhe: 6 x 12 cm | m | 38,6885 |
| Ripa de madeira 3,5 m / detalhe: 1,5 x 5 cm | m | 97,2174 |

| | | |
|--|------------|-------------------|
| Caibro de madeira 4,0 m / detalhe: 5 x 3 cm | m | 35,7125 |
| Caibro de madeira 6,0 m / detalhe: 5 x 3 cm | m | 53,5688 |
| Caibro de madeira 6,5 m / detalhe: 5 x 3 cm | m | 12,8965 |
| Linha de madeira 5,0 m / detalhe: 6 x 12 cm | m | 4,9600 |
| Caibro de madeira 3,5 m / detalhe: 5 x 3 cm | m | 31,2499 |
| Caibro de madeira 5,0 m / detalhe: 5 x 3 cm | m | 84,3212 |
| Ripa de madeira 3,0 m / detalhe: 1,5 x 5 cm | m | 62,4968 |
| Grupo – Forro | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Placa de gesso / detalhe: 60 x 60 cm, espessura 12 mm (30 mm nas bordas) | m² | 48,6200 |
| Grupo – Pintura | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Textura acrílica / detalhe: lisa | L | 143,2533 |
| Selador / detalhe: para gesso | L | 19,4740 |
| Massa corrida | kg | 101,4960 |
| Tinta à base de resina acrílica, para sinalização horizontal viária | L | 0,0280 |
| Tinta látex acrílica / detalhe: cor: branco neve | L | 28,3498 |
| Massa acrílica | kg | 18,1067 |
| Grupo – Impermeabilização | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Lona plástica preta / detalhe: 100 m x 4 m e = 70 micrometros (14 kg) | m² | 209,2400 |
| Lona encerada / detalhe: 10 x 8 m | un. | 0,0500 |
| Grupo – Granitos e Pedras | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Pingadeira em granito 45 x 6,0 cm / detalhe: cinza imperial | m | 1,3500 |
| Pingadeira em granito 105 x 6,0 cm / detalhe: cinza imperial | m | 2,1000 |
| Pingadeira em granito 125 x 6,0 cm / detalhe: cinza imperial | m | 1,2500 |
| Soleira em granito 81 x 11 cm / detalhe: cinza imperial | m | 1,6200 |
| Divibox em granito 4 x 4 x 2 cm x 139 cm | m | 1,0000 |
| Grupo – Materiais da Cobertura | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Telha cerâmica tipo paulistinha / detalhe: comprimento 50 cm | un. | 1.757,2550 |
| Grupo – Materiais metalúrgico | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Parafuso cabeça chata / detalhe: fenda Phillips, bitola 6,1 x 65 | un. | 18,0000 |
| Parafuso de latão para assentamento e bucha / detalhe: nº 10, 75 mm | un. | 8,0000 |
| Suporte mão francesa com bucha / detalhe: 45 cm branco | un. | 2,0000 |
| Bucha de nylon / detalhe: nº 6 | un. | 20,0000 |
| Bucha de nylon / detalhe: nº 8 | un. | 39,2093 |
| Parafuso chipboard / detalhe: cabeça estrela, 4,5 x 50 mm | un. | 12,0000 |
| Parafuso chipboard / detalhe: cabeça estrela, 5,0 x 50 mm cr panela | un. | 39,2093 |
| Tampa cisterna / detalhe: 40 x 60 cm | un. | 1,0000 |
| Fôrma em chapa metálica (incluso material e mão de obra) | un. | 1,0000 |
| Grupo – Tubos e Eletrodutos | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| CAP esgoto SN NBR 5688 / detalhe: dn 50 mm | un. | 2,0000 |

| | | |
|---|------------|-------------------|
| Cone para haste de aterramento / detalhe: 5/8" | un. | 1,0000 |
| Curva 180° eletroduto roscável / detalhe: 3/4" | un. | 1,0000 |
| Eletroduto rígido roscável 3m / detalhe: 3/4" | m | 10,0000 |
| Luva eletroduto roscável / detalhe: 3/4" | un. | 7,0000 |
| Eletroduto corrugado reforçado / detalhe: dn 32 mm | m | 10,0100 |
| Luva de pressão para eletroduto flexível / detalhe: 20 mm (1/2") | un. | 17,0000 |
| Eletroduto corrugado / detalhe: 20 mm | m | 87,7080 |
| Eletroduto corrugado / detalhe: 25 mm | m | 15,5310 |
| Eletroduto corrugado / detalhe: 32 mm | m | 3,0510 |
| Curva 90° curta eletroduto roscável / detalhe: 3/4" | un. | 3,0000 |
| Mangueira eletroduto pead / detalhe: 3/4" preta | m | 0,6000 |
| Grupo – Cabos | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 1,5 mm NBR NM 247-3 / azul | m | 51,5270 |
| cabo elétrico antichama 450/750v 1,5 mm NBR NM 247-3/ preto | m | 45,2200 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 1,5 mm NBR NM 247-3 / vermelho | m | 45,2200 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 2,5 mm NBR NM 247-3/ azul | m | 56,6440 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 2,5 mm NBR NM 247-3/ verde | m | 56,6440 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 2,5 mm NBR NM 247-3/ vermelho | m | 56,6440 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 4,0 mm NBR NM 247-3/ azul | m | 3,8080 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 4,0 mm NBR NM 247-3/ verde | m | 3,8080 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 4,0 mm NBR NM 247-3/ vermelho | m | 3,8080 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 6,0 mm NBR NM 247-3/ azul | m | 1,1900 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 6,0 mm NBR NM 247-3/ preto | m | 1,1900 |
| Cabo elétrico antichama 450/750v 6,0 mm NBR NM 247-3/ verde | m | 2,3800 |
| Grupo – Caixas, Passagens e Disjuntores | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Quadro de distribuição elétrico NBR 15465 / detalhe: 6 disjuntores | un. | 1,0000 |
| Caixa para medidor / detalhe: monofásico padrão celpe | un. | 1,0000 |
| Disjuntor monofásico / detalhe: 25 A | un. | 1,0000 |
| Disjuntor monofásico / detalhe: 40 A | un. | 1,0000 |
| Disjuntor monofásico / detalhe: 10 A | un. | 3,0000 |
| Dispositivo DR / detalhe: monofásico 40 A | un. | 1,0000 |
| Grupo – Material Elétrico | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Caixa de luz retangular amarela NBR 15465 / detalhe: 4" x 2" | un. | 30,0000 |
| Arruela para eletroduto / detalhe: 3/4" | un. | 7,0000 |
| Bucha em alumínio para eletroduto / detalhe: 3/4" | un. | 1,0000 |
| Fita bandit / detalhe: 0,5 x 3/4" | un. | 5,5000 |
| Conector tipo grampo para haste de aterramento / detalhe: 5/8" | un. | 1,0000 |
| Haste de aterramento em cobre / detalhe: dn 5/8" | un. | 1,0000 |
| Isolador roldana em porcelana / detalhe: 72 x 72 mm | un. | 1,0000 |
| Arruela quadrada / detalhe: 1/2" | un. | 2,0000 |
| Parafuso galvanizado com porca m12 x 200 mm / detalhe: 1/2" | un. | 1,0000 |
| Fecho bandit / detalhe: 3/4" | un. | 7,0000 |
| Parafuso olhal para poste de energia padrão / detalhe: 5/16 x 17,5 cm | un. | 1,0000 |
| Grupo – Interruptores, Tomadas e Conjuntos | | |

| Insumo | Un. | Quantidade |
|---|-----|------------|
| Interruptor com placa NBR 14136 / detalhe: duplo | un. | 2,0000 |
| Interruptor com placa NBR 14136 / detalhe: simples vertical | un. | 3,0000 |
| Interruptor com placa NBR 14136 / detalhe: simples + tomada 2p+t 20a | un. | 1,0000 |
| Plafon em termoplástico branco / detalhe: simples | un. | 8,0000 |
| Placa cega NBR 14136 / detalhe: 4" x 2" | un. | 10,0000 |
| Tomada 2p+t com placa NBR 14136 / detalhe: dupla 10a | un. | 3,0000 |
| Tomada 2p+t com placa NBR 14136 / detalhe: simples horizontal 10a | un. | 5,0000 |
| Tomada 2p+t com placa NBR 14136 / detalhe: dupla 20a | un. | 3,0000 |
| Tomada 2p+t com placa NBR 14136 / detalhe: simples horizontal 20a | un. | 2,0000 |
| Espelho/Placa de 3 postos 4"x2", para tomadas e interruptores | un. | 12,0000 |
| Suporte de fixação para espelho / placa 4" x 2", para 3 modulos | un. | 22,0000 |
| Grupo – Tubos e Conexões Hidrossanitárias | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Anel borracha para tubo esgoto predial DN 75 mm (NBR 5688) | un. | 1,0000 |
| Joelho PVC, soldável, 90 graus, 25 mm, para agua fria predial | un. | 3,8974 |
| Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648) | m | 4,0318 |
| Joelho PVC, soldável, pb, 90 graus, DN 75 mm, para esgoto predial | un. | 1,0000 |
| Luva PVC soldável, 25 mm, para água fria predial | un. | 2,0000 |
| Nipel pvc, roscavel, 1/2", agua fria predial | un. | 1,0000 |
| Tubo coletor de esgoto PVC, jei, DN 100 mm (NBR 7362) | m | 2,5577 |
| CAP PVC, soldável, DN 100 mm, serie normal, para esgoto predial | un. | 1,0000 |
| Anel de vedação para esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | un. | 25,6100 |
| Anel de vedação para esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | m | 12,0000 |
| Anel de vedação para esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 75 mm | un. | 2,0000 |
| Anel de vedação para esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | un. | 1,0000 |
| Caixa de gordura NBR 5688 / detalhe: 520 x 330 x 510 mm | un. | 1,0000 |
| Caixa de passagem e inspeção de esgoto NBR 8160 / detalhe: 242,5 x 242,5 x 207 mm (7 l) | un. | 1,0000 |
| Caixa sifonada 3 entradas branca com grelha / detalhe: 100 x 100 x 50 mm | un. | 3,0000 |
| Curva 90° soldável nbr 5648 / detalhe: dn 25 mm | un. | 1,0000 |
| Joelho 45° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | un. | 3,0000 |
| Joelho 45° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | un. | 1,0000 |
| Joelho 45° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | un. | 2,0000 |
| Joelho 90° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | un. | 3,0000 |
| Joelho 90° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | un. | 7,0000 |
| Joelho 90° esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | un. | 1,0000 |
| Luva simples esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | un. | 1,0000 |
| Luva simples esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | un. | 7,0000 |
| Luva simples esgoto serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | un. | 2,0000 |
| Luva soldável NBR 5648 / detalhe: DN 25 mm | un. | 2,0000 |
| Junção com redução esgoto série normal NBR 5688 / DN 100 x 50 mm | un. | 1,0000 |
| Adaptador soldável curto NBR 5648 / detalhe: 25 mm x 3/4" | un. | 3,0000 |
| Registro de gaveta ar NBR 15705 / detalhe: DN 20 mm (3/4") | un. | 1,0000 |
| Registro de pressão ar NBR 15705 / detalhe: DN 20 mm (3/4") | un. | 1,0000 |
| Joelho 90 ° soldável NBR 5648 / detalhe: dn 25 mm | un. | 5,0000 |

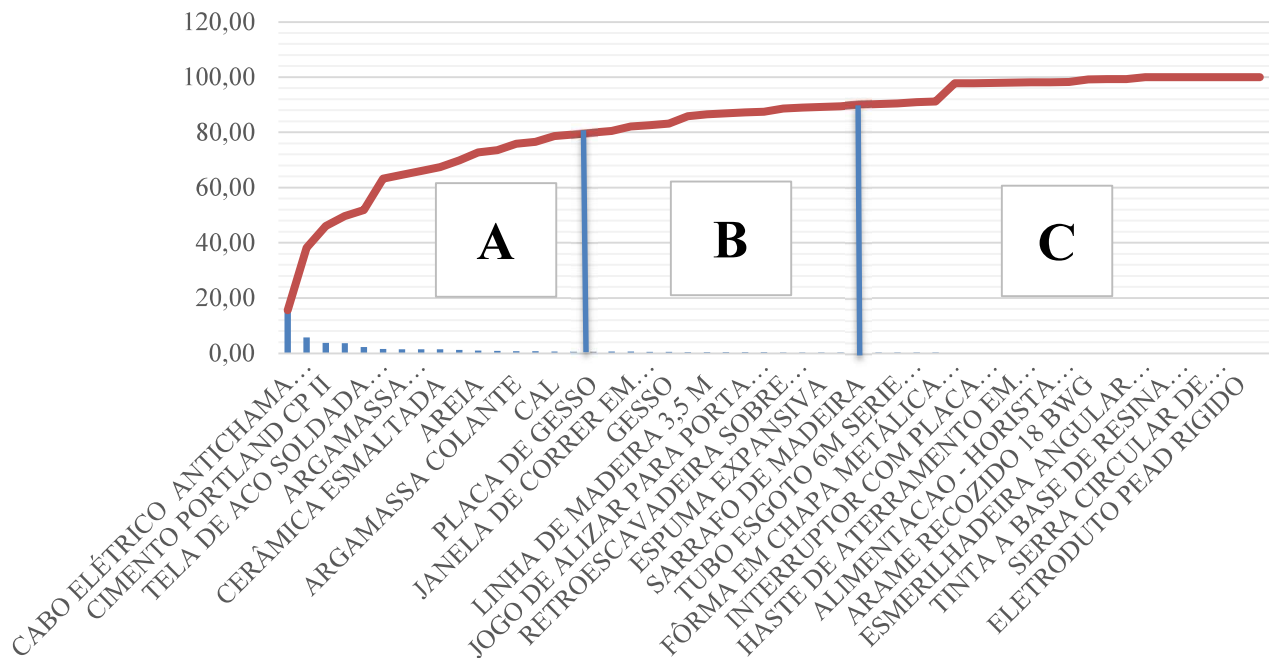
| | | |
|---|------------|-------------------|
| Joelho 90 ° soldável NBR 5648 / detalhe: dn 32 mm | un. | 1,0000 |
| Luva soldável com bucha de latão NBR 5648 / detalhe: 25 mm x 3/4" | un. | 6,0000 |
| Plug roscável NBR 5648 / detalhe: 1/2" | un. | 6,0000 |
| Tê soldável NBR 5648 / detalhe: DN 25 mm | un. | 5,0000 |
| Tê soldável com bucha de latão NBR 5648 / detalhe: 25 mm x 3/4" | un. | 5,0000 |
| Adaptador soldável com anel para caixa d'água NBR 5648 / 25 x 3/4" | un. | 1,0000 |
| Adaptador soldável com anel para caixa d'água NBR 5648 / 32 x 1" | un. | 2,0000 |
| Engate flexível NBR 14878 / detalhe: 1/2" x 30 cm | un. | 1,0000 |
| Engate flexível NBR 14878 / detalhe: 1/2" x 50 cm | un. | 1,0000 |
| Sifão plástico sanfonado / detalhe: universal | un. | 3,0000 |
| Tê esgoto série NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | un. | 2,0000 |
| Tê esgoto série NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | un. | 2,0000 |
| Tubo esgoto 6m série normal NBR 5688 / detalhe: DN 50 mm | m | 6,0405 |
| Tubo esgoto 6m serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | m | 25,1696 |
| Tubo esgoto 6m serie normal NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | m | 6,5342 |
| Tubo soldável 6 m NBR 5648 / detalhe: DN 25 mm | m | 33,1829 |
| Tubo soldável 6 m NBR 5648 / Detalhe: DN 32 mm | m | 5,2520 |
| Caixa d'água em polietileno / detalhe: 500 l , com tampa | un. | 1,0000 |
| Luva de redução soldável NBR 5648 / detalhe: 32 x 25 mm | un. | 3,0000 |
| Válvula em plástico para lavatório / detalhe: branco, 1" | un. | 2,0000 |
| Válvula em plástico tipo americana para pia / cromado, 3.1/2 " x 1.1/2 " | un. | 1,0000 |
| Redução excêntrica esgoto serie normal NBR 5688 / DN 100 x 75 mm | un. | 2,0000 |
| Redução excêntrica esgoto série normal nbr 5688 / DN 50 x 40 mm | un. | 1,0000 |
| Luva de correr esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 40 mm | un. | 1,0000 |
| Joelho 45° soldável NBR 5648 / detalhe: DN 32 mm | un. | 1,0000 |
| Joelho 45° soldável nbr 5648 / detalhe: DN 25 mm | un. | 1,0000 |
| Prolongador para registro docol / detalhe: 10 mm | un. | 5,0000 |
| Curva 90° longa esgoto NBR 5688 / detalhe: DN 100 mm | un. | 1,0000 |
| Grupo – Louças e Acessórios | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Pia cozinha / detalhe: 120 x 50 cm, branco gelo | un. | 1,0000 |
| Pia lavatório louça banheiro / detalhe: 30 x 38 cm, branco gelo | un. | 1,0000 |
| Vaso sanitário louça branca / detalhe: com caixa acoplada, acionamento duplo, linha evora 3/6 L | un. | 1,0000 |
| Tanque fixação / detalhe: 55 x 41 cm, m 03 branco gelo, sem furo lateral. | un. | 1,0000 |
| Grupo – Metais | | |
| Insumo | Un. | Quantidade |
| Acabamento para registro cromado / detalhe: 3/4" | un. | 2,0000 |
| Torneira de balcão em metal para lavatório / detalhe: 1/2" | un. | 1,0000 |
| Torneira de parede em metal para tanque e pia / detalhe: 1/2" | un. | 2,0000 |

Fonte: A Autora (2025).

Outro resultado obtido foi a curva ABC da unidade habitacional do empreendimento. Os insumos analisados como A são os produtos geralmente em fases de crescimento ou maturidade do ciclo de vida. Os produtos da categoria B são os possivelmente em fases iniciais ou de declínio do ciclo de vida. Já os insumos da categoria C são os produtos com baixa

demanda e pouca lucratividade. A curva ABC obtida está ilustrada na Figura 29.

Figura 29 – Curva ABC do empreendimento analisado.



Fonte: A Autora (2024).

Pode-se verificar que os itens mais orçados da categoria A são: cabo elétrico antichama 450/750V de 1,5 mm, em seguida o bloco de vedação, cimento Portland CPII, concreto, tela de aço, tijolo cerâmico, argamassa impermeabilizante, aço CA 50 de 8,0mm e cerâmica esmaltada. Esses materiais apresentam as maiores contribuições no impacto ambiental devido aos seus maiores pesos em quilogramas (Kg), refletindo tanto o volume quanto a relevância desses insumos ao longo do processo construtivo.

Os materiais da classe A, como cimento, aço, cerâmica e argamassa, concentram a maior parcela das cargas ambientais, devido ao alto consumo energético e emissões associadas à sua produção especialmente na fabricação de cimento Portland e na siderurgia, reconhecidas por seu elevado uso de recursos naturais e geração de CO₂. Esses fatos são posteriormente comprovados na ACV-A (Tabela 17 e Tabela 18).

Na análise dos itens da categoria B da Curva ABC foi possível constatar que a janela de correr de alumínio, o gesso, a tinta látex acrílica e madeira são os itens de destaque da categoria B do empreendimento. Embora menos expressivos em volume, esses itens apresentam impactos pontuais relacionados a processos de beneficiamento e transporte. Já os itens da classe C, como parafusos, tintas e eletrodutos, possuem baixa representatividade individual, mas seu conjunto pode contribuir de forma cumulativa para o impacto total do sistema.

De forma semelhante ao constatado por Danieli *et al.* (2021), materiais como areia, cimento, cal, brita, alumínio, aço, destacam-se como importantes contribuintes para os impactos ambientais significativos ao longo do ciclo de vida das construções. São justamente esses materiais elencados no grupo A da curva ABC do empreendimento. Na unidade residencial analisada possui-se 26680,88 Kg de areia, 48394,33 Kg de concreto e 5218,71Kg de cimento, que são valores consideráveis para análise de impacto.

7.2 ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO SOCIAL DO CICLO DE VIDA (ICV-S)

Para obter o ICV-S desse estudo de caso foram aplicados dois questionários, obtendo-se 36 respostas para o Modelo 1 e 36 respostas para o Modelo 2. O objetivo dessa etapa foi validar o método de coleta por meio da aplicação *in loco*, garantindo a confiabilidade dos dados. Durante a execução da pesquisa, foram apresentadas as finalidades do estudo e esclarecidas eventuais dúvidas, garantindo o pleno entendimento e a colaboração efetiva dos trabalhadores. A aplicação dos questionários ilustrados nos Apêndices F e G, resultou a Tabela 10, , que reúne as respostas referentes ao Modelo 1.

Tabela 10 – Quadro das respostas do Questionário Modelo 1.

| Modelo 1 de Questionário | | | | |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|
| | PERGUNTA | SIM | NÃO | N/A |
| Horas de trabalho | 1. Você trabalha mais de 40 horas semanais? | 35 | 1 | |
| | 2. Você trabalha mais de 48 horas semanais? | 2 | 34 | |
| | 3. Tem direito a férias regularmente? | 35 | 1 | |
| Trabalho forçado | 4. Você tem contrato assinado? | 35 | 1 | |
| | 5. Você tem como comprovar que é contratado(a)? | 35 | 1 | |
| | 6. Todos os temas abordados nas questões de 1 a 5 (jornada de trabalho e horas extras) estão de acordo com o contrato assinado? | 35 | 1 | |
| | 7. A sua carteira de trabalho é assinada? | 35 | 1 | |
| | 8. A carteira de trabalho foi assinada e devolvida a você? | 18 | 14 | 4 |
| Salário justo | 9. O trabalhador tem como pedir a demissão? Você consegue se desvencilhar do emprego a qualquer momento? | 19 | 14 | 3 |
| | 10. Existe alguma forma de vinculação do trabalhador a dívidas ou favores com o contratante? | 36 | | |
| | 11. Você recebe um salário-mínimo ou mais? | 36 | | |
| | 12. Em caso de deduções salariais, as deduções no salário no seu pagamento estão conforme o contrato específica? | 34 | 1 | |
| | 13. O pagamento é efetuado "em dia"? (Na data combinada) | 36 | | |
| Trabalho infantil | 14. Há comprovação de pagamento de salário? | 36 | | |
| | 15. O comprovante possui as deduções do salário discriminadas? | 36 | | |
| | 16. Consegue negociar os 30 dias de férias no ano? (por exemplo: dividir férias, trocar ou vender férias etc.) | 36 | | |
| | 17. Há menores aprendizes? (estudantes que dedicam meio período para trabalhar) | 35 | 1 | |
| | 18. Os menores aprendizes estudam? | 36 | | |
| Saúde e segurança | 19. Há treinamento de segurança e saúde no trabalho? | 36 | | |
| | 20. Você considera seu ambiente de trabalho saudável? | 36 | | |
| | 21. É fornecido EPI? (equipamento de segurança) | 36 | | |
| | 22. Há a exigência de exames de saúde periódicos? | 36 | | |

| | | | | |
|--------------------|--|----|----|--|
| Benefícios sociais | 23. Há benefícios sociais fornecidos pela empresa? | 36 | | |
| | 24. Você recebe plano de saúde? | | 36 | |
| | 25. Você recebe plano de saúde dentário? | | 36 | |
| | 26. Você recebe licença maternidade / paternidade? | 34 | 2 | |
| | 27. E estes benefícios estavam estipulados pelo contrato assinado? | 15 | 21 | |

Fonte: A Autora (2025).

Em relação as respostas do Modelo 2 de questionário, foi possível aplicar um modelo de avaliação com base na graduação da Escala Likert anteriormente mencionada. Esse questionário avaliou cinco subcategorias: Liberdade e Negociação Coletiva, Horas de Trabalho, Saúde e Segurança, Oportunidades Iguais e Comunicação. A Tabela 11 mostra a distribuição das respostas para cada pergunta do questionário Modelo 2.

Tabela 11 – Quadro das respostas do Questionário Modelo 2.

| Modelo 2 de Questionário | | | | | |
|----------------------------------|---|----|---|----|-------|
| PERGUNTA | | 1 | 2 | 3 | 4 5 |
| Liberdade de Negociação Coletiva | 28. Você é liberado para as reuniões coletivas do sindicato? | 36 | | | |
| | 29. A empresa aceita a divulgação das ações do sindicato? | | | 4 | 32 |
| | 30. Os trabalhadores são livres para participarem de movimentos sindicais? | 1 | | 9 | 26 |
| | 31. A empresa disponibiliza de instalações e possibilidades para as reuniões e comunicação das equipes locais? | | | 11 | 25 |
| | 32. Consegue negociar reajuste salarial? | 35 | | 1 | |
| Horas de Trabalho | 33. Com que frequência faz horas extras? | 32 | 2 | | 2 |
| | 34. Quando faz horas extras, faz mais de 2 horas além do horário normal? | 32 | 4 | | |
| Saúde e Segurança | 35. Na sua opinião, os treinamentos foram suficientes para suprir as necessidades de segurança e saúde no trabalho? | | | 8 | 28 |
| Oportunidades Iguais | 36. Há casos reportados pelos trabalhadores de discriminação entre pares ou chefia e subordinados? (seja de raça, gênero ou crença religiosa) | 36 | | | |
| | 37. Há a inclusão de trabalhadores com deficiência? | 35 | | 1 | |
| | 38. Você acha que as oportunidades são iguais a todos na empresa? | | | 1 | 12 23 |
| Comunicação | 39. Você considera a comunicação eficiente no seu local de trabalho e na empresa como um todo? | | | 2 | 17 17 |
| | 40. Você se sente acolhido e ouvido nos momentos necessários? | | | 1 | 20 15 |

Fonte: A Autora (2025).

Para complementar a validação, foi realizada a verificação por meio da Matriz Pedigree, conforme apresentado na Tabela 7. Essa avaliação resultou em um índice de incerteza de 1,4 em uma escala de 5, conforme demonstrado na Tabela 12. Esse valor indica um índice de incerteza qualitativo muito baixo, o que comprova que a análise simplificada realizada é representativa e confiável para a parcela de trabalhadores abrangida nesta análise social.

Tabela 12 – Análise de qualidade dos dados.

| | Confiabilidade e da Fonte | Correlação Temporal | Conformidade da Completeza | Conformidade Tecnológica | Conformidade Geográfica | Incerteza Média |
|-----------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|
| Coleta Primária | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1,4 |

Fonte: A Autora (2025).

Observou-se que em consonância com a literatura, a matriz Pedigree parece não descrever completamente a diferença entre usar um conjunto de dados europeu na Europa e usar este mesmo conjunto de dados no Brasil. Embora o conceito de atribuição de fatores quantitativos a partir de informações qualitativas seja razoável, os valores atribuídos parecem ser insuficientes para representar devidamente o aumento de incertezas envolvido.

O índice médio de incerteza indica que o instrumento de coleta utilizado é confiável para a aplicação no estudo de caso proposto por este trabalho. No entanto, ainda é possível sugerir algumas modificações no questionário, uma vez que, durante a fase piloto, alguns respondentes podem ter demonstrado receio em relação a determinados questionamentos. Além disso, é possível que respostas consideradas *outliers* tenham sido fornecidas por necessidade de contradição ou por outros motivos subjetivos.

Também pode-se sugerir um estudo sobre dados ausentes (*missing data*), pois alguns questionamentos podem não terem sido abordados de acordo com a categoria analisada. Seria importante também abranger o estudo para outras empresas pernambucanas para englobar a realidade local da região pernambucana e a realidade ao entorno do local de construção. Essas medidas não foram executadas uma vez que só foi possível ter acessibilidade a esses dados.

7.3 ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA (ICV-A)

Para a elaboração do ACV-A a construtora forneceu os insumos orçados para cada unidade habitacional, os quais foram armazenados no sistema *Sienge* como orçamento da obra. Ao todo, foram registrados 332 itens orçados. Na análise preliminar, verificou-se que 117 desses itens são dispensáveis para o inventário de ACV-A, pois correspondem à quantificação de mão de obra própria ou terceirizada e materiais que não apresentam impacto significativo na construção, conforme representatividade na curva ABC, nem acarretam maiores impactos ambientais durante o processo construtivo devido a pequena quantidade.

Os 215 insumos representativos foram alocados em 23 categorias de acordo com o tipo de material. A Tabela 13 é o inventário dos insumos mais impactantes de uma única unidade habitacional. Os insumos estão agregados por tipo de material (exemplo: concreto pré-moldado, areia, concreto usinado e etc.) para que a ACV-A pudesse ser executada.

O ICV utilizado demonstra uma estrutura metodológica consistente, organizada entre entradas conhecidas da natureza e entradas da esfera tecnológica, o que facilita a rastreabilidade dos fluxos de materiais e recursos no sistema construtivo analisado. Na primeira categoria, destacam-se areia, cascalho e pedras, com maior representatividade em massa, evidenciando a dependência de recursos naturais não renováveis e o potencial de

impacto em categorias como uso de recursos abióticos e modificação de ecossistemas.

Nas entradas tecnológicas, observa-se predominância de materiais de base mineral e de elevado consumo energético, como concreto, cimento CP-II-Z e tijolos convencionais. Esses elementos figuram entre os principais contribuintes para as emissões de CO₂ e para o esgotamento de recursos naturais. A inclusão de materiais industrializados, como PVC, alumínio, aço e poliestireno expansível (EPS), ainda que em menores quantidades, adiciona complexidade ao sistema devido ao alto impacto ambiental por unidade de massa.

De forma crítica, o inventário reflete um modelo construtivo tradicional, fortemente baseado em insumos convencionais e de alto impacto, o que evidencia a necessidade de incorporar alternativas sustentáveis, como materiais reciclados, técnicas de construção de baixo carbono e fontes energéticas renováveis. Essa análise reforça a importância da fase de inventário na ACV, pois é a partir dela que se definem as bases quantitativas e qualitativas para a identificação dos hotspots ambientais e o direcionamento de estratégias de mitigação.

Tabela 13 – Inventário dos insumos de cada unidade habitacional.

| Descrição | UN. | Quantidade | Peso (Kg) |
|----------------------------|----------------|------------|-----------|
| CONCRETO | Kg | 48394,33 | 48394,33 |
| AREIA | m ³ | 17,53 | 26680,88 |
| PEDRA | m ³ | 8,52 | 12717,16 |
| CIMENTO | kg | 5218,71 | 5218,71 |
| TIJOLO CERÂMICO | un. | 1822,59 | 4009,70 |
| TELHA CERÂMICA | un. | 1757,26 | 3514,51 |
| GESSO | Kg | 2354,03 | 2354,03 |
| CERÂMICA | m ² | 82,47 | 1706,33 |
| ARGAMASSA | Kg | 1314,57 | 1314,57 |
| MADEIRA | Kg | 1182,33 | 1182,33 |
| ALUMÍNIO | un. | 18,00 | 664,31 |
| AÇO | kg | 572,08 | 572,08 |
| TINTA | L | 191,11 | 220,37 |
| MASSA CORRIDA | un. | 119,60 | 119,60 |
| ÓLEO DIESEL | L | 91,67 | 78,19 |
| PVC | Kg | 68,96 | 68,96 |
| GRANITO | m | 7,32 | 39,62 |
| FERRO | un. | 1,00 | 21,13 |
| LOUÇA SANITÁRIA | un. | 2,00 | 17,54 |
| ISOPOR | un. | 14,52 | 13,62 |
| POLIETILENO | un. | 1,00 | 10,00 |
| CABOS ELÉTRICOS REVESTIDOS | m | 328,08 | 8,06 |
| POLIPROPILENO | Kg | 10,61 | 10,61 |
| COBRE | un. | 9,03 | 3,73 |
| BORRACHA | un. | 1,10 | 1,47 |

Fonte: A Autora (2025).

7.4 ANÁLISE SOCIAL DO CICLO DE VIDA (ACV-S)

Os resultados dos questionários Modelo 1 comprovam que a empresa oferece as condições de trabalho adequadas para os colaboradores. Além disso, os trabalhadores, desde a equipe administrativa até os colaboradores de obra, manifestaram satisfação com o valor do salário recebido. Por outro lado, a pesquisa também revelou que não são oferecidos benefícios como plano de saúde e plano odontológico, indicando uma oportunidade de melhoria.

O ICV-S indica que a construtora segue os parâmetros legais brasileiros no que se refere ao cumprimento das leis trabalhistas. O questionário Modelo 1 comprovou que apenas 2 pessoas trabalham mais de 48h semanais, o que equivale a 6% das respostas. No Brasil, a principal legislação que rege as relações de trabalho na construção civil é a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), instituída em 1943. Essa norma estabelece limites para a jornada de trabalho, geralmente entre 40 e 44 horas semanais. Qualquer período trabalhado além das 44 horas deve ser considerado hora extra, devendo ser remunerado com, no mínimo, 50% de adicional.

Em relação à pergunta 8, que questiona se a carteira de trabalho é devolvida, os trabalhadores que responderam negativamente o fizeram porque receberam apenas a Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS) no formato digital. Esse documento registra a vida profissional do trabalhador e garante o acesso aos direitos trabalhistas previstos em lei. Segundo o Ministério do Trabalho, a carteira de trabalho passou a ser emitida prioritariamente em formato digital, sendo a versão física utilizada de forma excepcional (MTE, 2024).

A pergunta de número 9 indica os contratos firmados são bem estruturados, de maneira que dificultam o desvinculamento da empresa a qualquer momento sem justificativa. 53% afirmaram que o trabalhador tem liberdade para pedir demissão e se desvincular da empresa cumprindo os tramites legais necessários, evitando o desfalque no quadro de funcionários.

A pergunta de número 17 sinaliza que há a presença de menores aprendizes que dedicam meio período de trabalho a empresa (97% afirmaram que há a presença de menores aprendizes). Confirmou-se também que 100% desses menores aprendizes estudam regularmente.

Verificou-se que a empresa fornece os treinamentos de segurança e saúde que são necessários para os colaboradores, de acordo com a periodicidade exigida. De acordo com o gráfico, 100% dos funcionários realizam os exames periódicos como está previsto em lei. A legislação brasileira que estabelece a obrigatoriedade de exames médicos periódicos para os funcionários é a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), através da Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7), que trata do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).

A Tabela 14 da análise geral do questionário Modelo 1, evidencia um desempenho social intermediário nas dimensões avaliadas, indicando avanços pontuais, mas também fragilidades estruturais nas condições de trabalho analisadas. Observa-se que a liberdade sindical é limitada, sugerindo barreiras práticas à atuação coletiva dos trabalhadores, apesar do reconhecimento formal desse direito.

Tabela 14 – Análise geral do questionário Modelo 1.

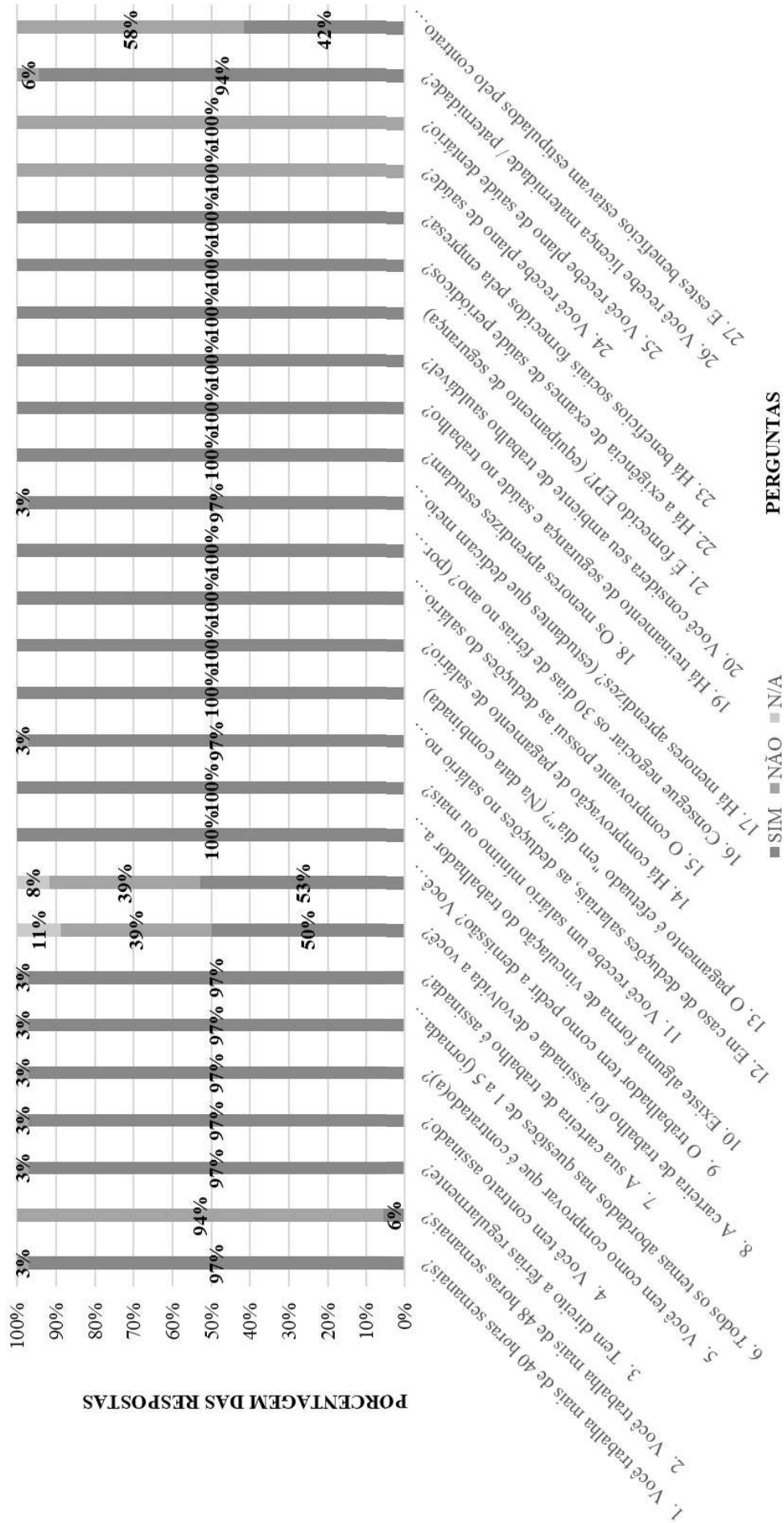
| Dimensão | Tendência predominante | Interpretação |
|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Liberdade sindical | Limitada | Liberdade formal, mas com restrições práticas à atuação coletiva. |
| Horas de trabalho | Regular | Frequência alta de horas extras, mas dentro dos limites legais. |
| Saúde e segurança | Satisfatória | Treinamentos considerados adequados pela maioria. |
| Oportunidades iguais | Parcial | Inclusão existe, mas desigualdade percebida. |
| Comunicação interna | Moderada | Comunicação funcional, mas pouco acolhedora. |

Fonte: A Autora (2025).

As horas de trabalho são classificadas como regulares, com ocorrência frequente de horas extras dentro dos limites legais. A dimensão saúde e segurança apresenta resultado satisfatório, demonstrando que os treinamentos e medidas preventivas são considerados adequados. Entretanto, aspectos como oportunidades iguais e comunicação interna revelam pontos críticos: há percepção de desigualdade nas relações de inclusão e uma comunicação mais funcional que participativa, o que indica a necessidade de fortalecer práticas de equidade e diálogo organizacional para aprimorar o desempenho social do empreendimento.

A Figura 30 é o gráfico da análise social dos trabalhadores de acordo com o questionário Modelo 1.

Figura 30 – Resultado das respostas do questionário Modelo 1.



Fonte: A Autora (2025).

Analisando o questionário Modelo 2 foi possível elaborar o gráfico da Figura 31 que analisa as porcentagens de respostas coletadas de acordo com a graduação na escala Likert. É possível observar que todos os colaboradores que responderam ao questionários afirmaram que nunca (resposta equivalente ao número 1) são liberados para as reuniões coletivas do sindicato. Porém, 32 pessoas responderam que a construtora sempre aceita a divulgação das ações do sindicato, e 4 pessoas responderam frequentemente (resposta equivalente número 4).

Na pergunta número 32, em relação à flexibilidade salarial observou-se que dos colaboradores participantes, 35 afirmaram que nunca conseguem negociar reajustes salariais, correspondendo ao nível 1 da escala de resposta, enquanto apenas um funcionário indicou que, às vezes. Esse padrão sugere baixa flexibilidade nas políticas de remuneração da organização.

Além disso, a análise do quadro de respostas revela que, de modo geral, os funcionários não realizam horas extras. Esse fato pode indicar dois possíveis cenários: (1) um controle rigoroso da jornada de trabalho, com foco em cumprimento estrito do expediente regular; ou (2) falta de oportunidades para geração de renda extra, o que, somado à baixa flexibilidade salarial, limita significativamente os meios de progressão financeira dos colaboradores.

De acordo com a análise gráfica, 100% dos colaboradores participantes afirmaram que nunca são liberados para as reuniões coletivas do sindicato. 89% dos respondentes estabeleceram que a construtora sempre aceita a divulgação de ações do sindicato, 11% consideram que a construtora aceita frequentemente.

No que concerne as horas de trabalho, 89% responderam que nunca realizaram horas extras. Em relação aos trabalhadores serem livres para participarem de movimentos sindicais, 72% responderam que sempre estão liberados para participar, 5% responderem que isso ocorre frequentemente e 3% responderam que nunca.

Em relação aos salários, 97% afirmaram que não conseguem negociar um reajuste salarial, 3% afirmaram que às vezes conseguem esse ajuste. Em relação as horas extras, cerca de 89% não realizam hora extra, e os que realizam, não ultrapassam 2 horas além do horário normal estabelecido. Em relação aos treinamentos, 78% afirmaram que os treinamentos são sempre suficientes para as condições de trabalho, já 22% opinaram que frequentemente isso acontece, podendo serem aprimorados de uma melhor maneira para a realidade local.

Um dado alarmante é que 97% responderam que nunca houve inclusão de trabalhadores deficientes na empresa, já 3% informaram que frequentemente há essa inclusão. Já em relação ao fato de as oportunidades serem iguais a todos na empresa, 64% afirmam que sempre há essa oportunidade de crescimento de maneira igualitária, 33% optaram por frequentemente, e 3% escolheram que às vezes há.

A pergunta número 36 revelou que nunca foi relatado um caso de discriminação entre colegas de trabalho ou entre chefia e subordinados com base em raça, gênero ou crença religiosa. Esse é um dado positivo, já que 100% dos respondentes assinalaram a opção “nunca”. Esse resultado sugere um ambiente de trabalho respeitoso e livre de episódios de discriminação direta, conforme a percepção dos colaboradores.

Por outro lado, os dados mostram um ponto crítico em relação à inclusão de pessoas com deficiência: 97% dos participantes afirmaram que não há trabalhadores com deficiência atuando na construtora. Esse número pode indicar uma baixa adesão às políticas de inclusão e diversidade, especialmente considerando que a legislação brasileira (Lei nº 8.213/91) estabelece cotas obrigatórias para empresas com 100 ou mais empregados, visando promover a inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho.

No que se refere à comunicação interna, os resultados indicam uma percepção amplamente positiva entre os colaboradores. 47% dos respondentes acreditam que a comunicação na construtora é eficiente, enquanto outros 47% afirmam que ela é frequentemente eficiente. Apenas 6% relataram que a comunicação é eficiente apenas às vezes. Esses dados sugerem que, embora haja espaço para aprimoramento, a maioria dos trabalhadores percebe os fluxos comunicacionais como adequados ou satisfatórios para o ambiente de trabalho.

O sentimento de acolhimento entre os colaboradores também apresenta resultados positivos. 42% dos respondentes afirmam que sempre se sentem acolhidos na empresa, enquanto 56% relatam que frequentemente se sentem acolhidos. Apenas 3% indicaram que esse sentimento ocorre apenas às vezes. Esses números refletem um ambiente organizacional majoritariamente receptivo e humanizado, no qual os trabalhadores se sentem respeitados.

Como a construtora analisada se enquadra no padrão pequeno/médio porte, foi possível observar que há um maior controle em relação ao trabalho, salários, benefícios sociais, saúde e segurança. No Brasil, as ações de construtoras e incorporadoras se mostram bastante tímidas frente à movimentação que empresas de outros setores vêm desempenhando nas temáticas ambientalista, social e de governança corporativa (Gil, 2021).

A Tabela 15 da análise geral do questionário Modelo 2 evidencia uma tendência social heterogênea no contexto analisado, com dimensões que demonstram avanços pontuais, mas ainda carecem de consolidação prática. A liberdade sindical apresenta-se limitada, sendo reconhecida apenas de forma formal, com restrições à negociação coletiva, o que indica fragilidades no exercício de representatividade dos trabalhadores. A dimensão horas de trabalho mostra que as horas extras são recorrentes e mantidas dentro de parâmetros legais.

Em contrapartida, a saúde e segurança aparecem como um ponto mais positivo, com

treinamentos frequentes, ainda que não abrangentes a todos os funcionários. Já a igualdade de oportunidades é percebida de maneira desigual, com inclusão formal, porém pouca efetividade na redução de assimetrias internas. Por fim, a comunicação interna é considerada razoável, mas não consolidada, sugerindo a necessidade de fortalecer canais de diálogo e engajamento.

Tabela 15 – Análise geral do questionário Modelo 2.

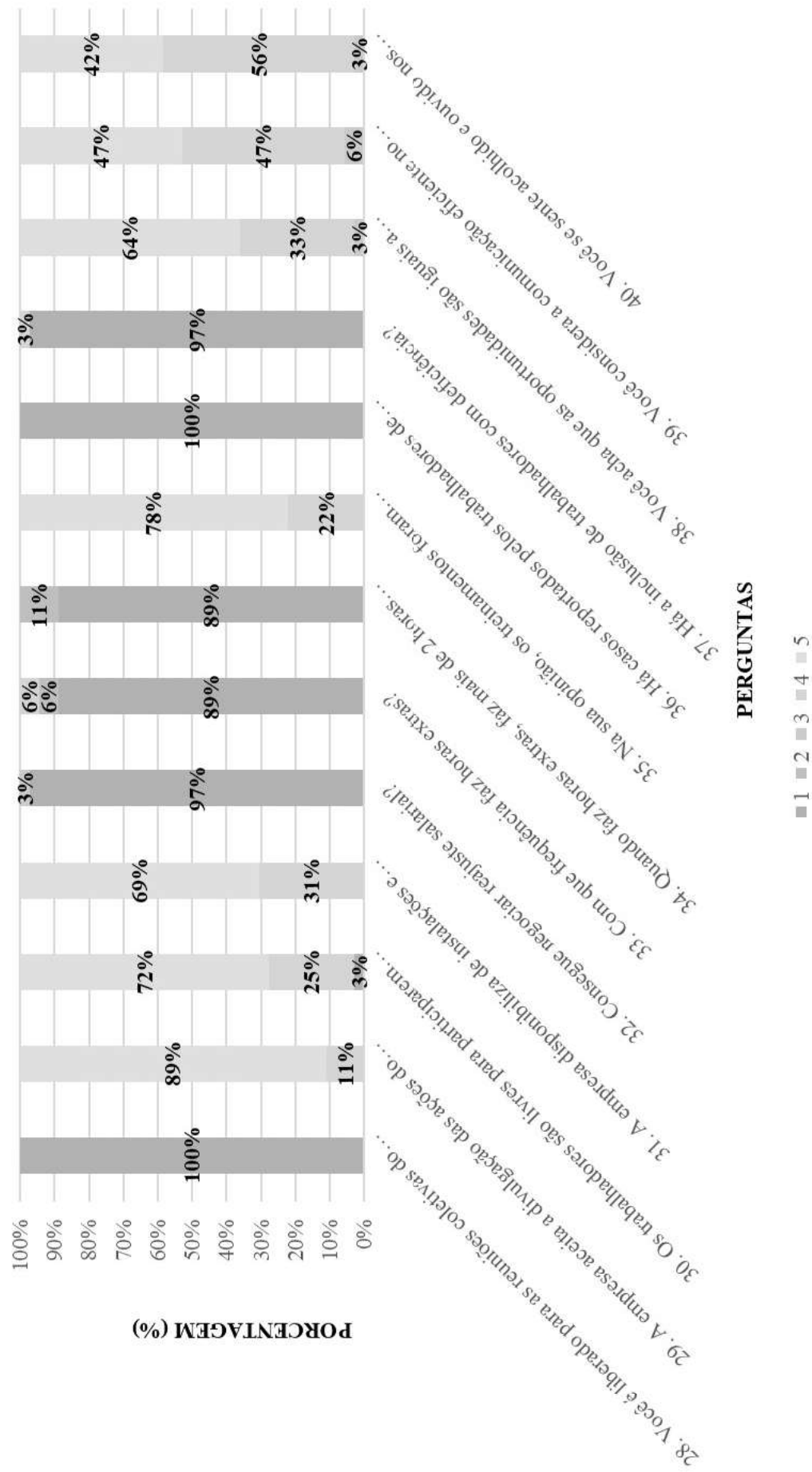
| Dimensão | Tendência predominante | Interpretação |
|----------------------------|-------------------------|---|
| Liberdade sindical | Raramente | Há permissão formal, mas restrições práticas à negociação coletiva. |
| Horas de trabalho | Frequentemente | Horas extras são comuns, controladas. |
| Saúde e segurança | Frequentemente/Sempre | Treinamentos regulares, mas não universais. |
| Igualdade de oportunidades | Às vezes | Inclusão formal, mas desigualdade percebida. |
| Comunicação interna | Às vezes/Frequentemente | Comunicação razoável, mas não consolidada. |

Fonte: A Autora (2025).

Júnior *et al.* (2022), executou um estudo prático brasileiro comparativo de habitações de interesse social (alvenaria cerâmica vs concreto) sob a ótica do ACV incluindo dimensão social. O Estudo constatou, assim como o presente estudo de caso, que havia um potencial salário justo, oportunidade de emprego, uso de trabalhadores locais e índice de sustentabilidade agregado ainda pouco quantificados.

O trabalho de Silva , Haddad e Vasco (2024) apontou claramente que habitações de interesse social no Brasil têm impactos negativos não totalmente tratados e que há lacunas em indicadores sociais de avaliação.

Figura 31 – Resultado das respostas do questionário Modelo 2.



Fonte: A Autora (2025).

7.5 ANÁLISE AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA (ACV-A)

Para a análise da ACV-A, foi utilizado o software SimaPro® 10.2 da ACV Brasil. Os resultados obtidos confirmam os dados reportados em estudos anteriores, indicando que o cimento, o concreto, a alvenaria de vedação e o revestimento cerâmico estão entre os materiais que mais contribuem para os impactos ambientais associados ao setor da construção civil.

Por meio da interface do software SimaPro® foi possível manipular o ICV dos insumos utilizados nas unidades habitacionais. As entradas e saídas de dados foram classificadas em dois grandes grupos: entradas provenientes da natureza (recursos naturais), que incluíram materiais como gesso, areia e pedra granito; e entradas da esfera tecnológica, que corresponderam aos demais insumos considerados na ACV-A. Essa categorização, ilustrada na Tabela 16 possibilitou uma organização mais precisa dos fluxos de materiais e energia ao longo do ciclo de vida da edificação.

Tabela 16 – Entrada de dados no software SimaPro®.

| Entradas conhecidas da natureza (recursos) | | |
|---|------------|-------------------|
| Descrição | UN. | Quantidade |
| Gesso | ton. | 2,35 |
| Areia, cascalho e pedras, extraídos para uso | ton. | 39,40 |
| Granito | Kg | 39,62 |
| Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis) | | |
| Concreto, 25 MPa (BR) | m³ | 19,35 |
| Cimento CP-II-Z (BR) | ton. | 5,22 |
| Telha de barro | ton. | 3,52 |
| Tijolo Convencional (GLO) | ton. | 4,01 |
| Cerâmica (RoW) | ton. | 1,71 |
| Argamassa (GLO) | ton. | 1,32 |
| Madeira | m³ | 1,10 |
| Alumínio (GLO) | ton. | 0,67 |
| Aço de Construção Civil (GLO) | ton. | 0,57 |
| Pintura (Tinta Acrílica) | ton. | 0,22 |
| Massa acrílica | ton. | 0,12 |
| Óleo Diesel | L | 91,67 |
| PVC (Policloreto de Vinila) | Kg | 78,93 |
| Ferro | Kg | 21,13 |
| Cerâmica Sanitária (GLO) | Kg | 17,54 |
| Poliestireno expansível (EPS) | Kg | 13,62 |
| Polipropileno | Kg | 10,61 |
| Cabos Elétricos (GLO) | Kg | 8,06 |
| Cobre | Kg | 3,73 |
| Borracha (GLO) | Kg | 1,47 |

Fonte: A Autora (2025).

7.5.1 ACV-A pelo método ReCiPe 2016 (Midpoint (H))

Verifica-se que, das 12 categorias de impacto analisadas, o alumínio é o principal responsável em 5 delas (Aquecimento Global, Acidificação Terrestre, Eutrofização de Água Doce, Escassez de Recursos Fósseis e Consumo de Água). Devido à sua elevada intensidade de impacto por quilograma, mesmo pequenas quantidades desse material exercem influência significativa nos resultados da ACV. O fluxograma simplificado da Figura 32, reforça que o alumínio é o principal insumo contribuinte para os impactos ambientais gerados na construção dessa unidade habitacional, seguido por concreto, argamassa e aço.

Esse insumo contribui com o alto consumo de energia na produção, as altas emissões de gases de efeito estufa potentes, e à geração de resíduos tóxicos, o que o torna um dos materiais ambientalmente mais agressivos, mesmo quando usado em pequenas proporções. Para reduzir esse impacto recomenda-se substituir alumínio por madeira certificada nas esquadrias e estruturas, usar alumínio reciclado (alumínio secundário), diminuir o uso de perfis e avaliar fornecedores com produção baseada em energia renovável.

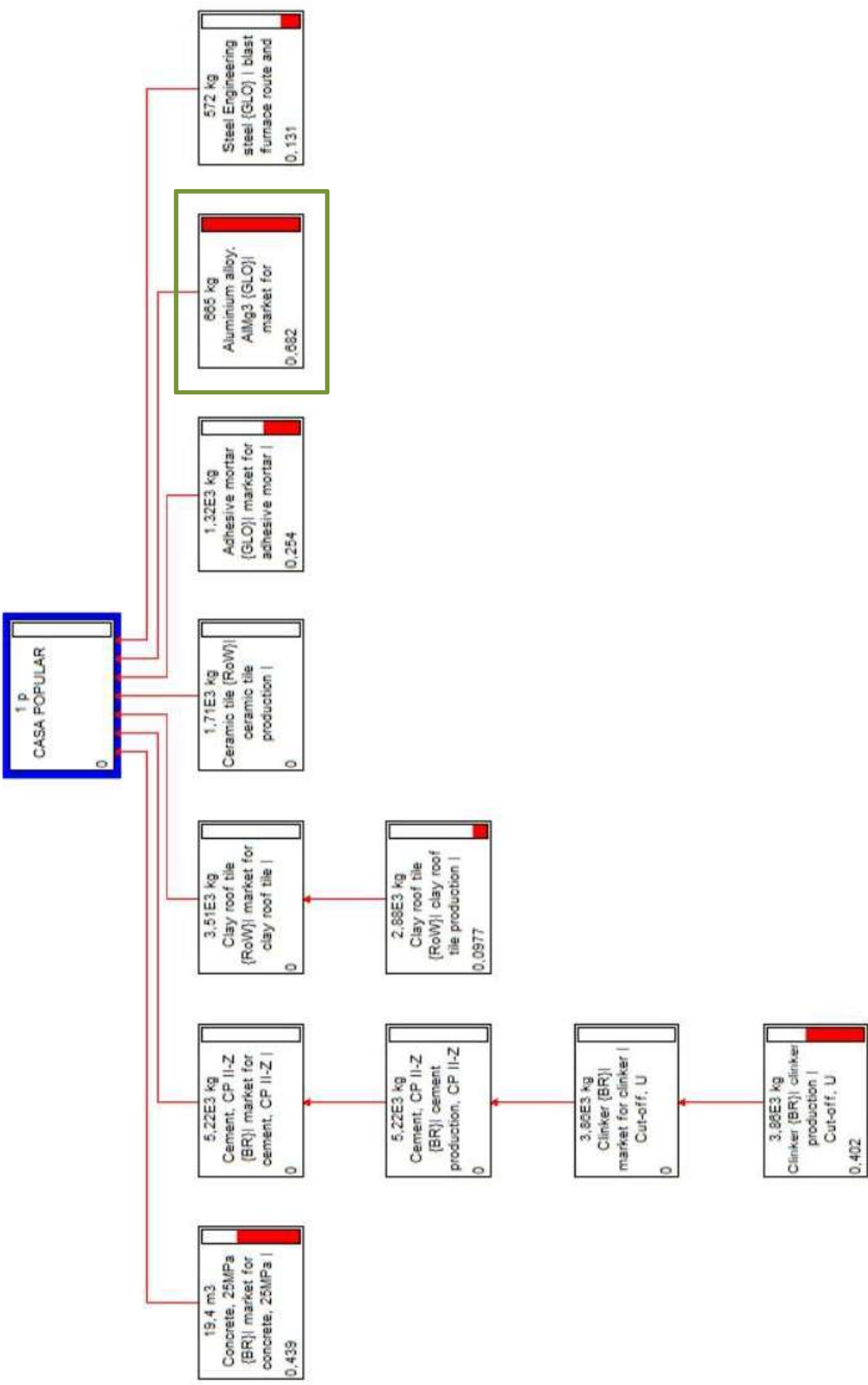
Em seguida, observa-se a relevância do alumínio (665 kg), que, apesar da menor quantidade, apresenta impacto expressivo em função da alta intensidade energética de sua produção. Os insumos cerâmicos, como telhas (3.515,3 kg) e revestimentos (1.712,6 kg), bem como o aço (572 kg), também contribuem para os impactos ambientais totais do sistema.

No caso dos materiais cerâmicos, a contribuição está associada ao alto consumo energético nos fornos de queima, geralmente alimentados por combustíveis fósseis ou biomassa, o que resulta em emissões significativas de CO₂ e material particulado. Já o aço possui elevada energia incorporada devido às etapas de fundição, laminação e transporte.

Esses resultados confirmam que a cadeia produtiva do cimento e do concreto constitui o ponto crítico da construção habitacional analisada, reforçando a necessidade de estratégias de mitigação, como a otimização do uso desses materiais, a incorporação de adições minerais e o incentivo à reciclagem de metais, visando à redução dos impactos ambientais associados.

O alumínio, o cimento, o concreto e a argamassa, respondem por mais de 70% do impacto total dessa unidade habitacional. Na categoria de consumo de água, é válido destacar que a proximidade de consumo de água entre o alumínio (38,80 m³) e o Aço (36,40 m³), o que revela a intensidade hídrica dos processos metalúrgicos, especialmente nas etapas de extração de bauxita, refino e laminação, no caso do alumínio, e de resfriamento e beneficiamento, no caso do aço. Esses resultados indicam que, embora utilizados em menores quantidades que o concreto e a argamassa, os materiais metálicos apresentam elevado impacto específico.

Figura 32 – Fluxograma da rede de impactos da casa popular modulada pelo Método ReCiPe 2016.



Fonte: A Autora (2025).

Os resultados referentes aos impactos ambientais para as 12 categorias analisadas estão apresentados na Tabela 17. Os valores totais obtidos em cada categoria de impacto podem ser considerados realistas e representativos por estarem vinculados a materiais e processos efetivamente incorporados ao inventário de uma unidade habitacional de interesse social.

A análise dos impactos ambientais, realizada por meio do método ReCiPe 2016, indicou que a categoria com maior contribuição negativa ao meio ambiente foi a ecotoxicidade terrestre, com um valor de $5,67 \times 10^4$ kg 1,4-DCB eq.. Essa categoria representa os impactos tóxicos potenciais decorrentes da emissão de substâncias químicas no ambiente, afetando diretamente os ecossistemas terrestres. Em termos técnicos, esse valor sinaliza uma carga ecotóxica terrestre muito elevada, típica de cadeias com metais e compostos orgânicos tóxicos.

Valores mais elevados indicam maior risco ecotóxico para os organismos do solo. Portanto, esse impacto obtido é um valor elevado, e normalmente isso significa que alguns materiais da construção estão associados à emissão de substâncias ecotóxicas para o solo. Para diminuir esse impacto sugere-se substituir PVC por materiais alternativos, usar tintas à base de água sem solventes, reduzir uso de metais pesados ou reciclá-los e otimizar o uso de cimento.

A categoria de impacto analisada que apresenta a menor contribuição para a ACV-A é a eutrofização de água doce, contribuindo com um valor de 0,46 Kg P eq.. Esse valor indica que a unidade habitacional analisada gera uma carga potencial de 0,46 Kg de fósforo disponível para provocar eutrofização em ecossistemas aquáticos. Tal resultado sugere a baixa presença de insumos fosfatados no inventário ou a adoção de práticas que reduzem o carreamento de sedimentos e lixiviados para corpos hídricos.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a adoção de estratégias de mitigação de impactos ambientais e sociais voltadas à redução do consumo de recursos naturais, eficiência produtiva e melhoria das condições laborais. Entre as principais medidas, destaca-se a substituição parcial de insumos de alto impacto, como o cimento Portland, por materiais pozolânicos ou resíduos industriais reutilizados (ex.: metacaulim, cinza volante, escória de alto-forno), o que contribui para a redução das emissões de CO₂ e do consumo energético.

No caso dos materiais metálicos, recomenda-se o uso de alumínio e aço com maior conteúdo reciclado e a otimização dos processos de fundição e laminação, visando diminuir o consumo hídrico e energético. Além disso, práticas de gestão ambiental em canteiros de obras, como o reaproveitamento de água, a triagem de resíduos e o controle de emissões atmosféricas, são essenciais para reduzir impactos diretos durante a execução.

No âmbito social, ações como capacitação profissional, programas de segurança ocupacional e incentivo à igualdade de oportunidades fortalecem a dimensão humana da

sustentabilidade, resultando em um sistema habitacional mais eficiente, ético e ambientalmente responsável.

O ferro por sua vez, é o insumo que contribui com o menor impacto ambiental em 11 das 12 categorias ambientais analisadas. O ferro apresenta o menor impacto ambiental na ACV-A de uma unidade habitacional popular devido ao seu uso em larga escala de material reciclado, menor energia incorporada por kg, processo produtivo eficiente e potencial de reuso. Esses fatores fazem com que, mesmo presente na estrutura, ele tenha uma baixa contribuição relativa.

Na interpretação dos resultados de toxicidade humana carcinogênica em estudos de ACV, não existe um valor absoluto que, por si só, possa ser classificado como alto ou baixo. A magnitude do impacto deve ser compreendida em termos comparativos, tanto entre as categorias de impacto do próprio estudo quanto em relação a pesquisas similares. Em análises de edificações, é comum que os valores de toxicidade humana, carcinogênica ou não, apresentem ordem de grandeza variando de dezenas a centenas de kg 1,4-DCB eq por unidade funcional (Xing *et al.*, 2016; Ortiz-Rodríguez *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o valor obtido de 226 kg 1,4-DCB eq pode ser considerado relevante, especialmente quando comparado às demais categorias de impacto avaliadas, indicando presença significativa de substâncias potencialmente tóxicas ao longo do ciclo de vida do sistema construtivo. Essa constatação reforça a necessidade de atenção aos materiais e processos associados à emissão de compostos orgânicos persistentes e metais pesados, frequentemente identificados como os principais contribuintes nessa categoria de impacto.

Com um valor de $2,07 \times 10^4$ kg CO₂ eq, o aquecimento global apresenta contribuição significativa no perfil de impactos da unidade habitacional avaliada. Esse resultado é consistente com valores reportados em estudos similares de edificações, nos quais as emissões de gases de efeito estufa associadas às etapas iniciais do ciclo de vida situam-se na ordem de dezenas de toneladas de CO₂ eq por unidade funcional, indicando que essa categoria deve ser considerada nas estratégias de mitigação.

A ACV-A, realizada pelo método ReCiPe 2016 (Midpoint (H)) no software SimaPro®, considerando como unidade funcional uma casa popular, evidencia que os materiais à base de cimento representam os principais responsáveis pelos impactos ambientais do sistema. O concreto (19,35 m³) e o cimento CP II-Z (5.226,3 kg) destacam-se pelas maiores contribuições, atribuídas sobretudo à etapa de produção do clínquer, reconhecida por seu elevado consumo energético e pelas emissões de gases de efeito estufa.

Tabela 17 – Análise dos insumos pelo método ReCiPe Midpoint (H) V1.11.

| Inventário de Insumos | Aquecimento Global | Material Particulado Fino | Acidificação Terrestre | Eutrofização de Água Doce | Ecotoxicidade Terrestre | Ecotoxicidade de Água Doce | Toxicidade Humana Carcinogênica | Toxicidade Humana Não Carcinogênica | Uso da Terra | Escassez de Recursos Minerais | Escassez de Recursos Fósseis | Consumo de Água |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Kg CO ₂ eq. | Kg PM _{2.5} eq. | Kg SO ₂ eq. | Kg P eq. | Kg 1,4-DCB | Kg 1,4-DCB | Kg 1,4-DCB | Kg 1,4-DCB | m ² a.crop.eq. | Kg Cu eq. | Kg. Oil eq. | m ³ |
| Concreto | 3,51 x 10 ³ | 4,22 | 11,2 | 0,02 | 1,68 x 10⁴ | 2,59 | 5,72 | 513,00 | 355,00 | 11,50 | 578,00 | 28,80 |
| Cimento | 3,83 x 10 ³ | 3,12 | 8,44 | 5,00 x 10 ⁻³ | 7,70 x 10 ³ | 1,00 | 1,56 | 215,00 | 87,70 | 10,20 | 388,00 | 15,70 |
| Telha Cerâmica | 1,51 x 10 ³ | 1,14 | 2,47 | 0,01 | 3,23 x 10 ³ | 0,52 | 6,13 | 59,00 | 10,50 | 49,50 | 325,00 | 1,65 |
| Tijolo Cerâmico | 593,00 | 0,42 | 0,97 | 7,95 x 10 ⁻³ | 3,37 x 10 ³ | 0,53 | 0,66 | 46,20 | 55,30 | 42,20 | 192,00 | 10,80 |
| Cerâmica | 1,10 x 10 ³ | 16,50 | 3,22 | 0,04 | 2,63 x 10 ³ | 4,45 | 13,40 | 396,00 | 26,40 | 44,60 | 335,00 | 8,48 |
| Argamassa | 2,03 x 10 ³ | 3,48 | 8,02 | 0,11 | 5,76 x 10 ³ | 10,30 | 12,20 | 953,00 | 81,40 | 100 | 643,00 | 21,50 |
| Madeira | 124,00 | 0,43 | 0,52 | 3,79 x 10 ⁻³ | 522 | 0,06 | 0,21 | 33,50 | 1,89 x 10³ | 0,02 | 34,20 | 0,62 |
| Alumínio | 5,46 x 10³ | 12,3 | 23,00 | 0,20 | 9,32 x 10 ³ | 5,09 | 56,90 | 819,00 | 115 | 60,80 | 1,26 x 10³ | 38,80 |
| Aço | 1,05 x 10 ³ | 0,57 | 1,83 | 1,04 x 10 ⁻³ | 609,00 | 0,0 | 0,85 | 33,80 | 31,10 | 24,70 | 240,00 | 36,40 |
| Tinta Acrílica | 676,00 | 1,17 | 2,70 | 0,03 | 1,49 x 10 ³ | 4,09 | 2,11 | 319,00 | 18,20 | 41,20 | 223,00 | 7,88 |
| Massa Acrílica | 67,40 | 0,11 | 0,33 | 2,20 x 10 ⁻³ | 163,00 | 0,31 | 0,20 | 35,80 | 1,52 | 2,01 | 29,10 | 1,04 |
| Óleo Diesel | 312,00 | 0,06 | 0,20 | 4,83 x 10 ⁻⁵ | 30,50 | 0,07 | 0,13 | 13,05 | 1,38 | 1,34 x 10 ⁻³ | 1,47 | 0,18 |
| PVC | 280,00 | 0,27 | 0,94 | 0,01 | 41,70 | 0,04 | 120,00 | 1,07 | x | 0,06 | 110,00 | 5,87 |
| Ferro | 0,06 | 6,82 x 10⁻⁵ | 1,6 x 10⁻⁴ | 4,32 x 10⁻⁷ | 0,96 | 1,35 x 10 ⁻⁴ | 5,43 x 10⁻⁵ | 0,01 | 5,10 x 10⁻⁴ | 1,06 x 10⁻⁵ | 0,02 | 4,50 x 10⁻⁵ |
| Louça Sanitária | 34,50 | 0,19 | 0,07 | 8,18 x 10 ⁻⁴ | 51,40 | 0,01 | 0,1 | 4,48 | 1,13 | 0,17 | 11,00 | 0,17 |
| Poliestireno Expandido | 33,30 | 0,021 | 0,07 | 1,70 x 10 ⁻⁴ | 4,27 | 0,02 | 0,03 | 3,96 | x | 0,06 | 24,40 | 0,16 |
| Polipropileno | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Cabos Elétricos | 50,00 | 0,74 | 2,29 | 0,01 | 5,00 x 10 ³ | 0,35 | 5,98 | 800,00 | 8,87 | 9,11 | 15,60 | 1,18 |
| Cobre | 3,93 | 0,03 | 0,05 | 2,09 x 10 ⁻³ | 48,90 | 0,05 | 1,82 | 14,30 | 1,92 | 2,14 | 1,02 | 0,21 |
| Borracha | 4,81 | 6,62 x 10 ⁻³ | 0,01 | 1,38 x 10 ⁻⁴ | 11,20 | 4,76 x 10 ⁻³ | 0,03 | 0,87 | 1,71 x 10 ⁻³ | 0,02 | 2,67 | 0,06 |
| TOTAL | 2,07 x 10⁴ | 44,80 | 66,34 | 0,46 | 5,67 x 10⁴ | 29,50 | 226,00 | 4,26 x 10³ | 2,68 x 10³ | 405,00 | 4,41 x 10³ | 180,00 |

Fonte: A Autora (2025).

O gráfico apresentado na Figura 33 ilustra a relação entre as categorias de impacto e os insumos utilizados no sistema avaliado. A partir de sua análise, observa-se que o alumínio se destaca como um dos principais hotspots do inventário, concentrando uma parcela expressiva das cargas de impacto em diversas categorias ambientais.

Entre os insumos avaliados, a cerâmica é a principal impactante para a categoria de material particulado fino, contribuindo com 16,5 Kg PM_{2.5} eq.. A cerâmica contribui potencialmente nessa categoria de impacto devido ao processo de queima em fornos durante a fabricação, ao manuseio e transporte de materiais secos, a ausência de sistemas de filtros ou controle de emissão e ao uso intenso de energia não limpa. Uma alternativa para reduzir esse impacto é aproveitar resíduos cerâmicos como agregado reciclado, o que evita uma nova queima.

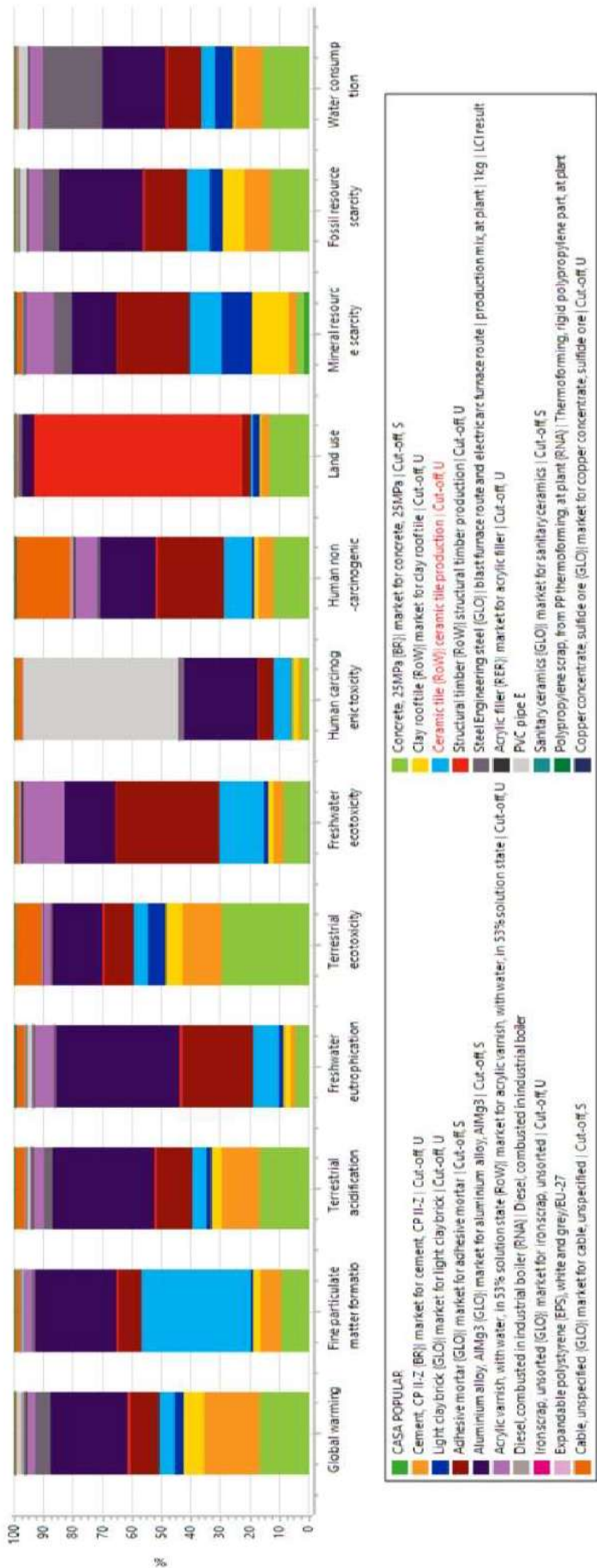
Na categoria de ecotoxicidade terrestre, o concreto se destaca como o insumo com maior contribuição, totalizando $1,68 \times 10^4$ kg 1,4-DCB eq. Essa representatividade não se deve à alta toxicidade do concreto por unidade de massa, mas sim ao seu elevado volume de uso na construção civil e à associação com cadeias produtivas intensivas em emissões tóxicas indiretas, como a produção de cimento, mineração de matérias-primas e uso de aditivos químicos.

Nas categorias de ecotoxicidade de água doce, toxicidade humana não carcinogênica e escassez de recursos minerais, a argamassa apresenta a maior contribuição entre os materiais analisados. Esse resultado está associado à presença de cimento em sua composição, cuja produção envolve a calcinação de calcário e o uso de aditivos que podem liberar metais pesados, como Cr, Ni e Zn, contribuindo com a toxicidade. Além disso, a argamassa é amplamente utilizada na unidade habitacional, de modo que mesmo impactos relativamente moderados por quilo se tornam significativos devido ao volume empregado.

Na categoria uso da terra, a madeira é o principal insumo contribuinte ($1,89 \times 10^3$ m²a.crop.eq.). O impacto no uso da terra não significa que a madeira seja ambientalmente desfavorável, mas reflete o fato de que sua produção requer a ocupação de áreas vivas para o cultivo e o manejo florestal. Na categoria escassez de recursos minerais a argamassa contribui de maneira impactante com 100 Kg. Oil eq. Essa medida demonstra que a argamassa demanda um esforço ambiental para extrair e refinar os materiais utilizados, considerando o impacto potencial sobre a disponibilidade futura desses recursos.

O PVC apresenta a maior contribuição na categoria de toxicidade humana carcinogênica (120 Kg 1,4-DCB), devido à presença de subprodutos tóxicos da produção, como dioxinas e furanos, e de estabilizantes metálicos. Mesmo pequenas quantidades de PVC apresentam elevada intensidade de impacto por quilo, e perdas durante o transporte, corte, instalação ou descarte podem aumentar a exposição humana a compostos carcinogênicos.

Figura 33 – Análise das categorias de impacto através do método ReCiPe Midpoint (H) V 1.11.



Analisar 1 p. CASA POPULAR; Método: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.11 / World (2010) H / Caracterização / A excluir processos de infra-estrutura / A excluir emissões de longo prazo

Fonte: A Autora (2025).

7.5.2 ACV-A pelo método CML-IA *baseline* (Centrum voor Milieukunde Leiden)

A ACV-A, realizada pelo método CML-IA baseline no SimaPro® e considerando como unidade funcional a construção de uma casa popular (1 p), indica que os fluxos relacionados a metais e componentes elétricos e de acabamento são determinantes para diversos impactos de caráter médio (midpoint). Especificamente, insumos como o alumínio e concentrados metálicos (cupríferos, zinco e chumbo) destacam-se por sua contribuição relativa elevada nas categorias associadas à exaustão de recursos minerais e à toxicidade ecotóxica, reflexo do alto consumo energético e dos processos de mineração e beneficiamento.

Paralelamente, materiais cerâmicos (telhas e revestimentos) e argamassas/adesivos aparecem como importantes em termos de consumo de matéria e emissões relacionadas à produção industrial, influenciando categorias como acidificação e formação de partículas.

Na prática, resultados dessa ordem refletem um impacto ambiental considerável, típico de edificações cuja matriz energética ainda é fortemente baseada em fontes fósseis, corroborando as observações de Castilho, Luiz e Tamura (2024), que destacam a influência direta da intensidade energética dos materiais sobre o desempenho ambiental global de empreendimentos habitacionais.

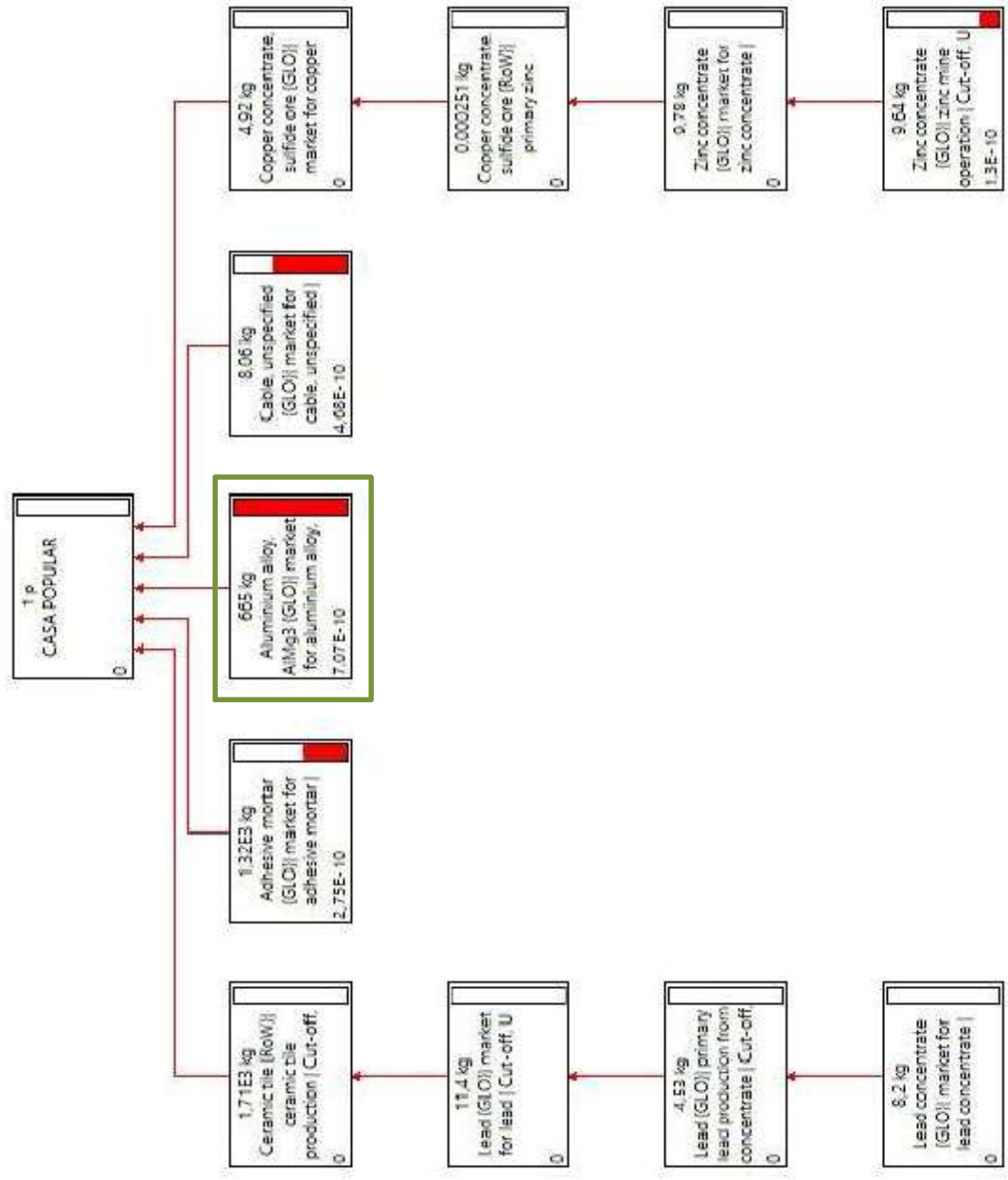
O fluxograma da Figura 34 apresenta a rede de impactos obtida pelo método CML, evidenciando que o alumínio é o material com maior contribuição negativa na ACV-A. Essa expressiva representatividade deve-se à elevada demanda energética de seu processo produtivo, principalmente durante a extração da bauxita e a eletrólise aplicada na etapa de refino.

O fluxograma indica que os maiores impactos ambientais da Casa Popular estão ligados à cadeia produtiva de metais (alumínio, cobre, chumbo e zinco) e à produção de insumos cimentícios. Esses materiais concentram os efeitos nas categorias de toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre/aquática e uso de recursos abióticos, evidenciando que a fase de extração e beneficiamento de matérias-primas é a mais crítica do ciclo de vida.

Como medidas de mitigação ambiental, recomendam-se ações voltadas à redução das cargas associadas às etapas mais impactantes do ciclo de vida. Dentre elas, destaca-se a substituição do alumínio primário por alumínio reciclado, capaz de reduzir em até 95% o consumo energético e as emissões de CO₂ da produção metálica.

Recomenda-se também a reciclagem de cabos e outros componentes metálicos, de modo a reduzir a extração mineral e a depleção de recursos não renováveis. Por fim, o uso de adições minerais na produção de argamassas e cimentos como escória de alto-forno, pozolanas e fíler calcário contribui para diminuir as emissões de CO₂ do clínquer.

Figura 34 – Fluxograma da rede de impactos da casa popular modulada pelo Método CML-IA.



Fonte: A Autora (2025).

A Tabela 16 ilustra a contribuição de impacto de cada insumo de acordo com cada categoria. Aplicando a ACV-A da unidade habitacional pelo método CML-IA, a categoria que apresentou o maior impacto ambiental é a depleção abiótica de combustíveis fósseis, expressa como consumo de recursos naturais não renováveis. O valor de $1,87 \times 10^5$ MJ na categoria de depleção abiótica de combustíveis fósseis indica um elevado consumo de energia proveniente de fontes não renováveis ao longo do ciclo de vida da unidade habitacional.

Observa-se que o polipropileno (PP) não apresentou pontuação em nenhuma das categorias de impacto analisadas, comportamento semelhante ao identificado no método ReCiPe 2016. Essa ausência de contribuição pode estar relacionada às características do seu processo produtivo, que não envolve a emissão significativa de substâncias associadas às categorias avaliadas, como metais pesados, nutrientes (fósforo e nitrogênio) ou ácidos fortes. Assim, o PP tende a apresentar baixo potencial de impacto nas categorias tradicionais de toxicidade e eutrofização, resultando em valores não mensuráveis dentro do escopo aplicado.

A categoria que apresentou menor potencial de impacto foi a depleção da camada de ozônio, visto que todos os insumos analisados contribuíram com o valor total de 0,000166 Kg CFC-11 eq. Esse valor é considerado um valor relativamente baixo, no entanto, mesmo valores pequenos não são desprezíveis, especialmente em construções em larga escala (como conjuntos habitacionais), pois o impacto pode se acumular significativamente.

A análise constatou que o cobre e os cabos elétricos possuem maior impacto na categoria toxicidade humana (368 e 3800 Kg 1,4-DB eq., respectivamente). Já o óleo diesel apresenta elevada contribuição para a categoria de aquecimento global (312 kg CO₂ eq.) devido à sua alta intensidade de emissão de gases de efeito estufa durante a combustão, especialmente dióxido de carbono (CO₂). Seu uso intensivo em transporte e operação de máquinas na construção civil amplifica esse impacto, refletindo-se em valores significativos.

Em síntese, o perfil de impactos sugere que, além das ações clássicas voltadas ao cimento e concreto, medidas direcionadas à redução do uso de metais primários, por meio de maior incorporação de conteúdo reciclado, reaproveitamento de componentes elétricos e seleção de alternativas de baixa intensidade energética, bem como à otimização do especificado para cerâmicas e argamassas, podem representar estratégias utilitárias de mitigação de impactos

O ferro é o material que contribui com os menores impactos em oito das nove categorias, também com exceção da categoria de depleção da camada de ozônio, em que o aço é o insumo de menor contribuição. Esse resultado é atribuído à menor quantidade de uso no sistema, à alta taxa de reciclagem do material, e aos baixos impactos unitários por quilograma em diversas categorias ambientais.

Tabela 18 – Análise dos insumos, CML-IA Baseline V 3.11 EU 25.

| Inventário de Insumos | Depleção Abiótica | Depleção Abiótica Combustíveis Fósseis | | Aquecimento Global | Depleção da Camada de Ozônio | Toxicidade Humana | Ecotoxicidade Aquática Água Doce | Ecotoxicidade Terrestre | Acidificação | Eutrofização |
|------------------------|-------------------------|--|------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | Kg Sb eq. | MJ | Kg CO ₂ eq. | Kg CFC-11 eq. | Kg 1,4-DB eq. | Kg 1,4-DB eq. | Kg 1,4-DB eq. | Kg 1,4-DB eq. | Kg SO ₂ eq. | Kg PO ₄ ³⁻ eq. |
| Concreto | 9,77 x 10 ⁻³ | 2,48 x 10 ⁴ | 3,46 x 10 ³ | 3,56 x 10 ⁻⁵ | 1,31 x 10 ³ | 697,00 | 13,60 | 11,30 | 3,09 | |
| Cimento | 1,32 x 10 ⁻⁴ | 1,67 x 10 ⁴ | 3,79 x 10 ³ | 1,97 x 10 ⁻⁵ | 283,00 | 52,70 | 9,59 | 6,58 | 1,61 | |
| Telha Cerâmica | 4,35 x 10 ⁻⁴ | 1,37 x 10 ⁴ | 1,49 x 10 ³ | 1,31 x 10 ⁻⁵ | 709,00 | 108,00 | 1,08 | 3,17 | 0,89 | |
| Tijolo Cerâmico | 4,95 x 10 ⁻⁵ | 8,04 x 10 ³ | 574,00 | 7,46 x 10 ⁻⁷ | 79,10 | 36,10 | 1,68 | 1,24 | 0,51 | |
| Cerâmica | 0,04 | 1,40 x 10 ⁴ | 1,07 x 10 ³ | 1,41 x 10 ⁻⁵ | 606,00 | 503,00 | 2,60 | 3,99 | 1,89 | |
| Argamassa | 0,02 | 2,72 x 10 ⁴ | 1,98 x 10 ³ | 3,24 x 10 ⁻⁵ | 2,35 x 10 ³ | 1,55 x 10 ³ | 15,50 | 9,87 | 4,51 | |
| Madeira | 9,24 x 10 ⁻⁶ | 1,46 x 10 ³ | 121,00 | 1,07 x 10 ⁻⁶ | 39,50 | 30,10 | 0,88 | 0,68 | 0,26 | |
| Alumínio | 0,06 | 5,33 x 10 ⁴ | 5,34 x 10 ³ | 3,19 x 10 ⁻⁵ | 4,93 x 10 ³ | 1,07 x 10 ⁴ | 24,20 | 28,50 | 10,90 | |
| Aço | 7,80 x 10 ⁻³ | 1,03 x 10 ⁴ | 1,03 x 10 ³ | 1,50 x 10 ⁻¹² | 64,20 | 2,13 | 0,78 | 2,26 | 0,17 | |
| Tinta Acrílica | 3,50 x 10 ⁻³ | 9,44 x 10 ³ | 659,00 | 7,98 x 10 ⁻⁶ | 423,00 | 390,00 | 2,30 | 3,33 | 1,55 | |
| Massa Acrílica | 1,81 x 10 ⁻⁴ | 1,23 x 10 ³ | 65,20 | 1,68 x 10 ⁻⁶ | 25,10 | 22,20 | 0,20 | 0,41 | 0,09 | |
| Óleo Diesel | 6,40 x 10 ⁻⁷ | 61,90 | 312,00 | 2,95 x 10 ⁻⁷ | 96,30 | 19,40 | 6,06 | 0,20 | 0,05 | |
| PVC | 2,58 x 10 ⁻⁵ | 4,67 x 10 ³ | 262,00 | x | 494,00 | 90,60 | 0,72 | 1,16 | 0,09 | |
| Ferro | 4,64 x 10 ⁻⁹ | 0,74 | 0,06 | 6,79 x 10 ⁻¹⁰ | 0,02 | 4,59 x 10 ⁻³ | 1,17 x 10 ⁻⁴ | 2,13 x 10 ⁻⁴ | 5,92 x 10 ⁻⁵ | |
| Louça Sanitária | 1,72 x 10 ⁻⁴ | 458,00 | 33,60 | 4,85 x 10 ⁻⁷ | 22,00 | 16,00 | 0,30 | 0,09 | 0,04 | |
| Poliestireno Expandido | 2,66 x 10 ⁻⁶ | 1,04 x 10 ³ | 32,40 | 2,50 x 10 ⁻⁹ | 1,07 | 0,33 | 0,04 | 0,09 | 7,51 x 10 ⁻³ | |
| Polipropileno | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Cabos Elétricos | 0,04 | 633,00 | 48,7 | 5,13 x 10 ⁻⁷ | 3,80 x 10 ³ | 1,60 x 10 ³ | 10,10 | 2,74 | 0,85 | |
| Cobre | 0,01 | 43,00 | 3,83 | 3,22 x 10 ⁻⁸ | 368,00 | 242,00 | 0,67 | 0,06 | 0,13 | |
| Borracha | 6,44 x 10 ⁻⁵ | 114,00 | 4,61 | 1,11 x 10 ⁻⁷ | 3,91 | 2,52 | 0,04 | 0,01 | 6,23 x 10 ⁻³ | |
| TOTAL | 0,19 | 1,87x10 ⁵ | 2,03x10 ⁴ | 1,66x10 ⁻⁴ | 1,56x10 ⁴ | 1,61x10 ⁴ | 90,40 | 75,60 | 26,60 | |

Fonte: A Autora (2025).

Na Figura 35 é possível observar que o alumínio apresenta os maiores impactos em oito das nove categorias analisadas, sendo exceção a categoria de depleção da camada de ozônio. Para mitigar os impactos ambientais associados ao uso do alumínio na construção civil é recomendável priorizar o uso de alumínio reciclado, otimizar o consumo por meio de soluções de projeto, substituir o material por alternativas de menor impacto sempre que possível e selecionar fornecedores com boas práticas ambientais.

O concreto apresentou a maior contribuição para a categoria de depleção da camada de ozônio ($3,56 \times 10^{-5}$ kgCFC-11eq.) na ACV da unidade habitacional. Esse impacto se deve, principalmente, aos processos indiretos associados à sua cadeia produtiva, como a fabricação de cimento, o uso de aditivos químicos e o consumo energético intensivo. Embora o concreto não contenha substâncias destruidoras da camada de ozônio, sua produção envolve etapas que geram emissões indiretas relevantes, incorporadas ao inventário analisado.

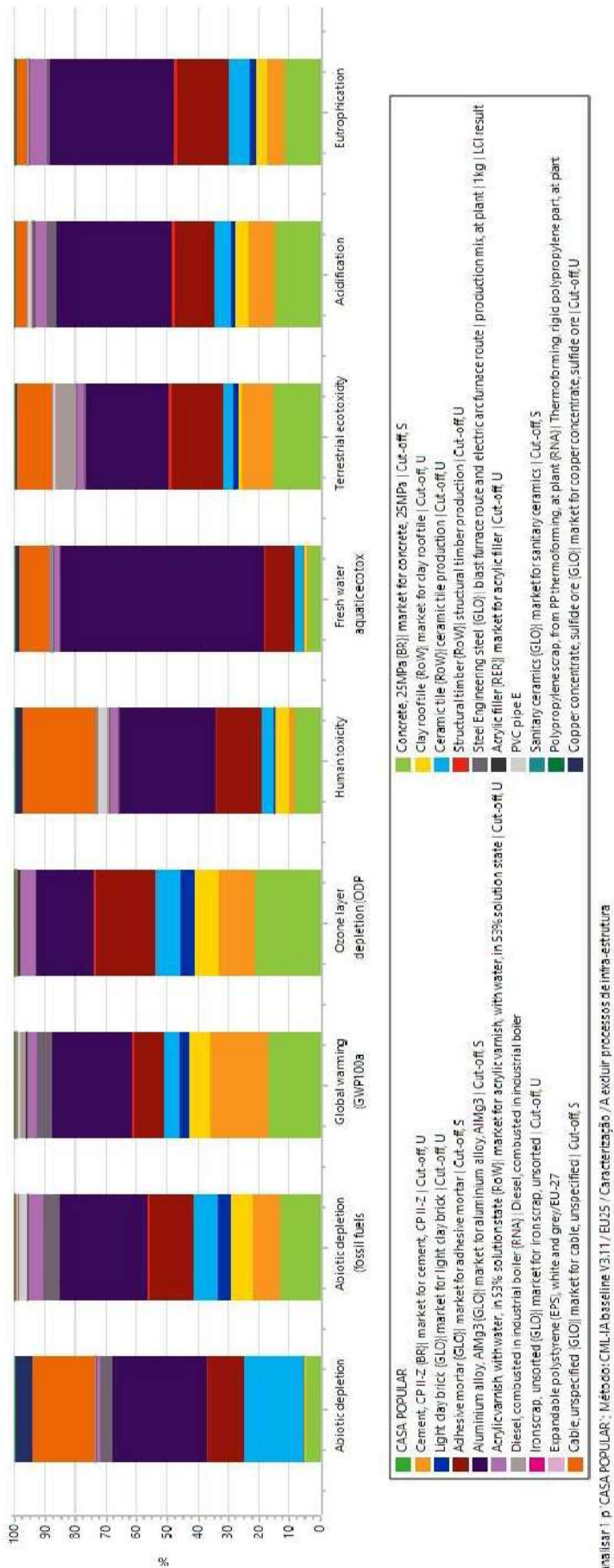
Uma solução para a diminuição do impacto nas emissões de GEE é substituir esse método de construção convencional pelo processo construtivo pré-fabricado. De acordo com Jayawardana *et al.* (2023), o método prefabricado proporcionou uma redução de emissões de GEE (CO₂-eq) da ordem de 8,06 % em relação à construção tradicional, e essa vantagem ambiental se refletiu em todas as categorias de impacto intermediárias (“midpoint”) avaliadas.

Em consonância com o estudo de Medeiros, Durante e Callejas (2018), que evidenciou que, em edifícios de ensino, os sistemas estruturais como superestrutura, cobertura e vedações, são os principais responsáveis pelos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida, o presente estudo de caso confirma essa tendência, apontando tais sistemas como os mais impactantes. No caso analisado, a superestrutura destaca-se como a principal fonte de impacto, por ser composta de concreto armado e aço, materiais empregados em grandes volumes e com elevada carga ambiental associada.

A análise integrada das dimensões ambiental e social evidenciou que as variáveis materiais e operacionais foram determinantes no desempenho geral do sistema habitacional. Materiais como cimento, concreto e cerâmica, que apresentaram maior contribuição ambiental nas categorias de emissões de CO₂ e uso de recursos naturais, também estiveram associados a condições laborais de maior esforço físico e exposição a riscos ocupacionais.

Por outro lado, dimensões sociais como comunicação interna e igualdade de oportunidades mostraram correlação indireta com a eficiência operacional do canteiro. Dessa forma, as propostas de melhoria priorizam a redução do uso de insumos de alto impacto, o fortalecimento das práticas de capacitação e segurança, e a otimização dos processos construtivos, buscando equilíbrio entre desempenho ambiental e bem-estar social.

Figura 35 – Análise das categorias de impacto através do método CML-IA Baseline V 3.11 EU 25.



Fonte: A Autora (2025).

Foi possível comparar algumas categorias analisadas pelo método ReCiPe e CML-IA. Na categoria de aquecimento global, ambos os métodos forneceram valores muito próximos de impacto ($\text{CML} = 2,03 \times 10^4 \text{ KgCo}_2\text{eq.}$ $\text{ReCiPe} = 2,07 \times 10^4 \text{ KgCo}_2\text{eq.}$). Isso ocorreu porque os métodos CML e ReCiPe, embora distintos em sua abordagem geral, fornecem valores muito próximos para a categoria de aquecimento global, pois ambos utilizam os mesmos fatores de caracterização definidos pelo IPCC. Isso garante coerência nos resultados dessa categoria, independentemente do método de avaliação de ciclo de vida empregado.

Na categoria de ecotoxicidade terrestre, os métodos CML e ReCiPe apresentaram valores distintos de impacto: o método CML indicou 90,40 kg 1,4-DB eq., enquanto o ReCiPe forneceu um valor significativamente maior, de $5,67 \times 10^4 \text{ kg 1,4-DB eq.}$ Essa discrepância decorre das diferentes abordagens de modelagem. O CML utiliza fatores de caracterização mais simplificados e diretos, ao passo que o ReCiPe incorpora modelos mais complexos, que levam em consideração o transporte, a persistência e a toxicidade das substâncias ao longo do tempo. Como resultado, o ReCiPe tende a apresentar valores mais elevados ou abrangentes, refletindo uma avaliação mais detalhada do risco ecotóxico para os organismos do solo.

Em ambos os métodos, como principais contribuintes para o impacto total destacam-se os materiais: alumínio, tijolos, cimento, concreto, argamassa e barras de aço, que também respondem pela maior parte dos impactos nas categorias estudadas por Chaudhary e Akhtar (2022). Segundo a ACV executada por Leão *et al.* (2022), o tijolo de solo-cimento (eco-brick) deveria substituir os tijolos convencionais de cerâmica ou concreto uma vez que apresentou melhor desempenho nas categorias de impactos analisadas.

As diferenças entre os métodos ReCiPe e CML-IA não representam inconsistências, mas refletem abordagens distintas de modelagem. Conforme apontado por Rybaczewska-Błażejowska e Jezierski (2024), os resultados numéricos variam significativamente entre os métodos especialmente em categorias como ecotoxicidade, escassez de recursos minerais e consumo hídrico enquanto a ordenação de perfis muitas vezes permanece semelhante. Isso pode ser constatado na análise da unidade habitacional do estudo de caso.

Essas variações decorrem de fatores como a diferença nos fatores de caracterização, no escopo geográfico e no nível de agregação (midpoint vs endpoint) utilizado pelos métodos. Em particular, ReCiPe integra danos finais à saúde humana, ecossistemas e recursos, o que tende a elevar os valores enquanto o CML-IA permanece em níveis mais simplificados. Portanto, a escolha do método influencia diretamente a interpretação e a priorização das estratégias de mitigação, sendo recomendável a análise complementar entre ambos para uma visão mais abrangente e robusta do desempenho ambiental do sistema avaliado (Huijbregts *et al.*, 2017).

A fim de ampliar a compreensão dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida da unidade habitacional analisada, foi realizada uma avaliação comparativa entre os métodos ReCiPe 2016 e CML-IA Baseline. Nas Tabela 19 e Tabela 20 é possível identificar convergências e divergências na quantificação e interpretação dos impactos. Assim, a análise conjunta dos resultados obtidos por ambos os métodos destaca as principais categorias de impacto e os materiais mais representativos no desempenho ambiental do sistema construtivo.

Tabela 19 – Síntese interpretativa da ACV-A pelo método ReCiPe 2016.

| CATEGORIA PRINCIPAL | MAIORES CONTRIBUINTES | INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL |
|---|------------------------------|--|
| Aquecimento global / energia | Alumínio, Cimento, Concreto | Elevadas emissões de CO ₂ e consumo energético. |
| Toxicidade humana | Argamassa, Alumínio, Cimento | Exposição a metais pesados e compostos químicos. |
| Ecotoxicidade terrestre / aquática | Concreto, Cimento, Argamassa | Efluentes e resíduos industriais. |
| Uso de recursos (minerais e fósseis) | Alumínio, Argamassa | Extração de bauxita e uso de combustíveis fósseis. |
| Uso da terra | Madeira | Ligado à ocupação florestal. |
| Consumo de água | Concreto, Argamassa | Uso intensivo de água no preparo e aplicação. |

Fonte: A Autora (2025).

Tabela 20 – Síntese interpretativa da ACV-A pelo método CML-IA baseline.

| CATEGORIA | PRINCIPAIS CONTRIBUINTES | INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL |
|---|---------------------------------|--|
| Recursos minerais (ADP) | Alumínio, cobre, aço | Extração intensiva de minerais não renováveis. |
| Recursos fósseis (ADP fóssil) | Alumínio, cimento, argamassa | Alto consumo energético em fornos e eletrólise. |
| Aquecimento global (GWP) | Cimento, concreto, alumínio | Emissão de CO ₂ da calcinação e energia elétrica. |
| Toxicidades (HTP, TETP, FAETP) | Cerâmica, argamassa, alumínio | Liberação de metais e compostos tóxicos. |
| Acidificação e eutrofização | Cimento, cerâmica | Emissões atmosféricas e efluentes. |
| Depleção da camada de ozônio (ODP) | Cimento, alumínio | Impacto menor, porém presente nas cadeias industriais. |

Fonte: A Autora (2025).

8 CONCLUSÃO

A partir desse trabalho, foi possível constatar que a ACV é uma ferramenta eficaz, que traz benefícios desde a fase de concepção do projeto até a sua execução. A ACV-A da unidade habitacional utilizando o método ReCiPe, revelou a predominância de impacto na categoria ecotoxicidade terrestre, com valor de $5,69 \times 10^4$ kg 1,4-DCB-eq. Esse resultado indica que o maior impacto ambiental está relacionado à contaminação do solo por substâncias tóxicas.

Por outro lado, a ACV-A conduzida pelo método CML indicou o maior impacto na

categoria depleção abiótica de combustíveis fósseis, com um valor de $1,87 \times 10^5$ MJ. Esse resultado evidencia que o sistema construtivo analisado consome grandes quantidades de energia não renovável, contribuindo significativamente para o esgotamento de recursos fósseis.

Constatou-se que, independentemente do método utilizado, ambos apontaram o alumínio como o insumo mais impactante e o ferro como o menos impactante. O alumínio apresenta maior impacto ambiental devido ao seu processo produtivo intensivo em energia e emissões, enquanto o ferro destaca-se por seu menor impacto, relacionado à alta reciclabilidade, menor intensidade energética e formas de aplicação mais sustentáveis no setor da construção.

Os desafios da sustentabilidade na Agenda 2030 envolvem a complexidade de integrar crescimento econômico, justiça social e conservação ambiental. Nesse contexto, a ACV contribui para o alcance dos ODS ao subsidiar políticas públicas, inovações tecnológicas e práticas empresariais que minimizam impactos negativos e potencializam benefícios socioambientais, fortalecendo a transição para modelos de desenvolvimento mais resilientes.

Outro ponto de destaque é a necessidade de diminuir o uso de materiais cimentícios, além de priorizar o uso de materiais locais ou com fabricação próxima ao canteiro de obras, optando por elementos com tecnologias menos agressivas ao meio ambiente ou que utilizem elementos alternativos e/ou elementos reciclados em sua composição.

Os principais desafios relacionados ao ACV-S foram a dificuldade na atribuição de causalidade; a falta de padronização e maturidade metodológica; a complexidade na coleta e validação de dados sociais; a integração de diferentes dimensões da sustentabilidade; a capacitação técnica e resistência organizacional e as limitações na aplicação prática em cadeias.

Os principais desafios para a aplicação da ACV-A incluem a coleta e qualidade dos dados; a definição do escopo e fronteiras do sistema; a alocação de impactos; as incertezas e variabilidade dos dados; a escolha e aplicação dos métodos de avaliação de impacto; a modelagem espacial e impactos específicos e a interpretação dos resultados e comunicação.

Ressalta-se que o presente estudo teve como base apenas uma das 750 unidades habitacionais do empreendimento analisado, o que representa uma amostra limitada diante da escala total do projeto. Considerando-se o conjunto completo das unidades, os impactos ambientais e sociais associados tenderiam a ser significativamente ampliados, evidenciando a importância de políticas e práticas construtivas mais sustentáveis em larga escala.

Nesse sentido, recomenda-se a realização de novos estudos comparativos, abrangendo outros tipos construtivos, tecnologias e contextos regionais, a fim de aprofundar a compreensão sobre as variáveis que influenciam o desempenho ambiental e social das habitações populares e contribuir para a formulação de diretrizes mais eficazes de sustentabilidade no setor.

REFERÊNCIAS

- ABD RASHID, A. F.; YUSOFF, S. A review of life cycle assessment method for building industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 244-248, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.043>.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNTa. NBR ISO 14040. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. 2009.
- ABNTb. NBR ISO 14044. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. 2009.
- ACV Brasil Sustentabilidade Prest. Serv., Consult. e Asses. Avaliação do Ciclo de Vida Brasil. SimaPro. 2024. Disponível em: <https://acvbrasil.com.br/software/simapro>. Acesso em: 20 de ago. 2024.
- ALMEIDA, A. P. A. Redefinições da Estrutura(ção) Urbana e da Cidade Média de Caruaru/PE. **Formação (Online)**, v. 29, n. 54, p. 445-474, 2022.
- ARAGÃO, J. V., COSTA, A. F., SILVA, G. L., SILVA, S. M., MACÊDO, J. S., GALDINO JR., C. J., MILANEZ, V. F. A., SARUBBO, L. A. Analysis of the environmental life cycle of bacterial cellulose production. **Chemical Engineering**, v. 79, 2020.
- ARAGÃO, W. D.; SILVA, T. A. L.; JÚNIOR, O. L. M.; BATISTA, J. C.; CARVALHO, O. G. G.; RODRIGUES, A. S.; OLIVEIRA, Y. F. D.; SILVA, J. R. F.; OLIVEIRA, J. P.; SIRONI, J. F. Steel frame–construção sustentável e comparação com o sistema construtivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e49011932118-e49011932118, 2022.
- ATTIÉ, D.; SALGADO, F. A. Avaliação do Ciclo de Vida na construção civil brasileira: análise de impactos ambientais. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 1, p. 18-27, 2021.
- BARBHUIYA, S.; DAS, B. B. Life Cycle Assessment of construction materials: Methodologies, applications and future directions for sustainable decision-making. **Case Studies in Construction Materials**, v. 19, p. e02326, 2023.
- BASSO, K.; RECH, E.; BASEGGIO, H. W. Análise bibliométrica da co-autoria em marketing no Brasil: evidências a partir de artigos publicados em eventos promovidos pela ANPAD entre 2000 e 2009. **Análise–Revista de Administração da PUCRS**, v. 24, n. 1, p. 3-15, 2013.
- BENOIT-NORRIS, C.; TRAVERZO, M.; NEUGEBAUER, S.; EKENER, E.; SCHAUBROECK, T.; RUSSO GARRIDO, S. Guidelines for social life cycle assessment of products and organizations 2020. 2020.
- BENOIT-NORRIS, C., CAVAN, D. A., NORRIS, G. Identifying social impacts in product supply chains: overview and application of the social hotspot database. **Sustainability**, v. 4, n. 9, p. 1946-1965, 2012.
- BORK, C. A. S.; JUNIOR, D. J. B.; OLIVEIRA, J. G. Social life cycle assessment of three

companies of the furniture sector. **Procedia Cirp**, v. 29, p. 150-155, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. MCTI. Projeto do MCTI quer descarbonizar construção civil por meio de edifícios com zero emissão de CO₂. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/12/projeto-do-mcti-quer-descarbonizar-construcao-civil-por-meio-de-edificios-com-zero-emissao-de-co2>. Acesso em: 27 de jun. 2025.

BRUNDTLAND, G. H. Our souls are too long for this short life. Sustainable Development International. London, 1999. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. Global methodology for the environmental assessment of buildings using EN 15978:2011. Reino Unido: BRE Global Ltd, 2018.

BUYLE, M.; BRAET, J.; AUDENAERT, A. Life cycle assessment in the construction sector: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 379-388, out. 2013.

CALDAS, L.; CARVALHO, M.; TOLEDO FILHO, R. Inserção da ACV no processo de projeto de edificações: avaliação de alternativas e ferramentas computacionais para a prática de mercado. **Paranoá**, n. 28, 2020.

CAMPOS, S.; WEINSCHUTZ, R.; CHERUBINI, E.; MATHIAS, A. L. Avaliação comparativa da pegada de carbono de margarina e manteiga produzidas no Sul do Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 93-100, 2019.

CANDIDO, V. Por que o Reino Unido pode deixar de ser uma liderança climática. NEXO, ponto.futuro, 2023. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2023/08/05/por-que-o-reino-unido-pode-deixar-de-ser-uma-lideranca-climatica>. Acesso em: 25 de set. 2025.

CARVALHO, T.; N. Diretrizes da avaliação do ciclo de vida aplicadas à tomada de decisões em projeto. MÔNICA SANTOS SALGADO MARCOS MARTINEZ SILVOSO THIAGO MELO GRABOIS. **Materialidade e Tecnologias Digitais**, p. 280, 2020.

CASTILHO, B. C.; LUIZ, A. M. F.; TAMURA, S. H. L. S. Análise comparativa de impactos ambientais em edificações de alvenaria estrutural e taipa de pilão: um estudo de caso em habitação de interesse social. **Revista Transverso**, v. 1, n. 16, 2024.

CAVALCANTI, J. E.; MOURA, D. C.; WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S. Análise dos extremos climáticos no município de Santa Cruz do Capibaribe-PE. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 202-221, 2020.

CAZANOVA, R. C.; TIMM, J. F. G.; MACIEL, V. G.; PETROLI, P. A.; PASSUELO, A. Estrutura de Ferramenta Baseada em ACV para Comunicação do Desempenho Ambiental no Setor da Construção Civil. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2020.

CHAUDHARY, A.; AKHTAR, A. Template for Evaluating Cradle-to-Site Environmental Life Cycle Impacts of Buildings in India. **ACS Environmental Au**, v. 3, n. 2, p. 94-104, 2022.

CECÍLIO, A. B. G. A.; FERNANDES, M. L.; FERNANDES NETO, M.; ORRÚ, A. P.,

CARVALHO, R. S. Inovações tecnológicas na construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 12, n. 10, p. 54-71, 2021.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION). EN 15978—Sustainability of Construction Works — Assessment of Environmental Performance of Buildings— Calculation Method. 2011. Disponível em: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/62c22cef-5666-4719-91f9-c21cb6aa0ab3/en-15978-2011>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CERCLOS, C. A. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para edificações. Green Building Council Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/avaliacao-do-ciclo-de-vida-acv-para-edificacoes/>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

CHABRAWI, A. M. R. O.; ANDRADE, J. M. D.; TRAVERZO, M.; UGAYA, C. M. L. Avanços à Avaliação Social do Ciclo de Vida: Contribuições Teóricas e Práticas. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 39, p. e39501, 2023.

CHAUDHARY, A.; AKHTAR, A. Template for Evaluating Cradle-to-Site Environmental Life Cycle Impacts of Buildings in India. **ACS Environmental Au**, v. 3, n. 2, p. 94-104, 2022.

CHAU, C. K.; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. **Applied Energy**, v. 143, p. 395-413, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>.

CICHOSKI, P.; CORONA, H. M. P.; MELLO, N. A. Desenvolvimento sustentável e agenda 2030: reflexões sobre a relação sociedade e natureza. **Terr@ Plural**, v. 16, p. 1-23, 2022.

COSTA, A. R. S.; JUCÁ, J. F. T. Impactos Ambientais Do Ciclo De Vida Do Sistema De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Urbanos Do Município De Paulista/Pe-brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, p. 966-980, 2022.

COSTA, A. F.; ARAGÃO, J. V.; DUARTE, A. D.; MACEDO, J. S.; GALDINO JR, C. J.; MILANEZ, V. F.; SILVA, G. L.; SARUBBO, L. A. Analysis of the environmental life cycle of dyeing in textiles. **Chemical Engineering Transactions**, v. 86, p. 727-732, 2021.

CRAWFORD, R. H.; STEPHAN, A. Significance of embodied energy in building life cycle assessment. *Journal of Building Engineering*, v. 26, 2019.

CURRAN, M. A. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. EPA – Environmental Protection Agency: Cincinnati, EUA, 2006.

DALMORA, G.; LUZZI, K.; HEMKEMEIER, M. A contribuição da análise do ciclo de vida (ACV) para a minimização dos impactos ambientais de processos produtivos: uma abordagem teórica. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 2, p. e422714-e422714, 2023.

DANIELI, S.; LONGHI, M. A.; MACIEL, V. G.; KIRCHHEIM, A. P. Avaliação da receptividade de cimentos de menor impacto ambiental pelo público consumidor Receptivity assessment of lower environmental impact cements by the consumer public. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 65228-65258, 2021.

DIAS, D. M. S.; LIMA, E. L. O. (In)sustentabilidade na construção civil: impactos

socioambientais na produção habitacional no Brasil. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 18, n.4, p. 01-29, 2025.

DOMÊNICO, M. D.; RIBEIRO, L. A.; SILVA, T. L. Life Cycle Assessment of Single-Story Low-Income Housing: A Brazilian Case Study. **Buildings**, v. 14, n. 7, p. 1980, 2024.

DUARTE, S. T. V. G.; CARVALHO, E. F.; SILVA, L. F. O.; SOUSA, G. F. Impactos da indústria do minério quartzito na sociedade de Varzea/PB: um estudo de caso sob o prisma da ACV-S/Impacts of the quartzite minerals industry in the Varzea/PB society: a case of study the ACV-S prism. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3477-3485, 2020.

EC European Comission-Joint Research Center-Institute for Environment and Sustainability. Manual do Sistema ILCD – Sistema Internacional de Referência de Dados de Ciclo de Vida de Produtos e Processos. Guia Geral para Avaliações do Ciclo de Vida: Orientações detalhadas. VASCONCELOS, L. M. (trad.). CNI/Ibict (Ed.). 2014. 318 p.

EKENER, E.; HANSSON, J.; GUSTAVSSON, M. Addressing positive impacts in social LCA—discussing current and new approaches exemplified by the case of vehicle fuels. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, p. 556-568, 2018.

ELOY, C. M.; HERNÁNDEZ, F. D. J. R.; ESPINOSA, J. A. G.; BAUTISTA, J. J. C.; AMERO, L., NARDONI, R.; ANZORENA, M. P. S.; TRIBOUILLARD, C. Habitação de interesse social no Brasil. **Proposta sobre melhorias habitacionais. Brasília, DF. Nota Técnica no IDB-TN-2178**, 2021.

EPD. Environmental Products Declaration Disponível em: <http://www.environmentalproductdeclarations.com/>. Acesso em: 20 de março de 2024.

EPLCA. European Platform on Life Cycle Assessment. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>. Acesso em: 20 de março de 2024.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN EN 15978: sustainability of construction works: assessment of environmental performance of buildings – calculation method. Brussels, 2011.

FARIAS, E. E. V.; OLIVEIRA, R.; SILVA, M. M. P.; MELO, T. A. Avaliação do ciclo de vida da construção civil habitacional brasileira. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e58011125360-e58011125360, 2022.

FERREIRA, J. C. Lean Construction: Um Estudo de Caso numa Obra Situada na Cidade de Santa Cruz do Capibaribe-PE. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual da Paraíba, Araruna-Paraíba.

FRAGA, A. A. C.; ALVES, J. L. Conjuntura dos indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em relação ao ODS 11-Cidades e Comunidades Sustentáveis. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 114371-114383, 2021.

FRAILE-GARCIA, E.; FERREIRO-CABELLO, J.; MARTINEZ-CAMARA, E.; JIMENEZ-MACIAS, E. Optimization based on life cycle analysis for reinforced concrete structures with one-way slabs. **Engineering Structures**, v. 109, p. 126-138, 2016.

FRANKL, P., RUBIK, F. Life Cycle Assessment in Industry and Business: adoption of patterns, applications and implications. Berlin: Springer-Verlag, 2000. 280 p.

GALIMSHINA, A.; MOUSTAPHA, M.; HOLLBERG, A.; LASVAUX, S.; SUDRET, B.; HABERT, G. Strategies for robust renovation of residential buildings in Switzerland. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 2227, 2024.

GANTE, Á. G. C.; GONZÁLEZ, W. E. S.; ORTEGA, J. B.; CASTILLO, J. E.; FERNÁNDEZ, A. S. Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. **Revista de la alta tecnología y sociedad**, v. 12, n. 1, 2020.

GIL, L. A. Análise da conjuntura de incorporadoras e construtoras frente ao movimento Environmental, Social and Governance–ESG no Brasil. Trabalho de Graduação (Trabalho de Diplomação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, Brasil, 2021.

HABITABILITY. A relação entre construção civil e meio ambiente e a influência da tecnologia. MRV & CO, Impacto Positivo, 2022. Disponível em: <https://habitability.com.br/construcao-civil-e-meio-ambiente/>. Acesso em: 30 de nov. 2024.

HUANG, B.; GAO, X.; XU, X.; SONG, J.; GENG, Y.; SARKIS, J.; FISHMAN, T.; KUA, H.; NAKATANI, J. A life cycle thinking framework to mitigate the environmental impact of building materials. **One Earth**, v. 3, n. 5, p. 564-573, 2020.

HUIJBREGTS, M. A.; STEINMANN, Z. J. N.; ELSHOUT, P. M. F.; STAM, G.; VERONES, F.; VIEIRA, M.; ZIJP, M.; HOLLANDER, M.; VAN ZELM, R. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. **The international journal of life cycle assessment**, v. 22, n. 2, p. 138-147, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 22 de jul. de 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022: Brasil tinha 16,4 milhões de pessoas morando em Favelas e Comunidades Urbanas. Agência IBGE Notícias, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41797-censo-2022-brasil-tinha-16-4-milhoes-de-pessoas-morando-em-favelas-e-comunidades-urbanas>. Acesso em: 22 de fev. de 2025.

IEA (Int. Energy Agency) and UNEP (United Nations Environment Programme). Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. In UNEP, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>. Acesso em 14 de fevereiro de 2024.

JAYAWARDANA, J., SANDANAYAKE, M., JAYASINGHE, J. A. S. C., KULATUNGA, A. K., ZHANG, G. A comparative life cycle assessment of prefabricated and traditional construction—A case of a developing country. **Journal of Building Engineering**, v. 72, p. 106550, 2023.

JUCHEN, R. T. Método de coleta de dados para inventário de ACV Social. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, Brasil, 2019.

JÚNIOR, G. B. Avaliação de intercetezas em inventários do ciclo de vida. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2007.

LARA, B. L. E.; PENTEADO, C. S. G. Environmental assessment of construction waste prevention: A case study in a social housing project in Southeast Brazil. **Cleaner Waste Systems**, v. 8, p. 100145, 2024.

LEÃO, A. S.; ARAUJO, M. C.; DE JESUS, T. B.; ALMEIDA, E. D. S. Is the Soil-Cement Brick an Ecological Brick? An Analysis of the Life Cycle Environmental and Energy Performance of Masonry Walls. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12735, 2022.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22 140, p. 55– 55, 1932.

LIMA, D.; SILVA, C. F.; BESSA, S. A. A hibridação e o sincretismo cultural na evolução do território sertanejo do nordeste do Brasil: sistemas construtivos vinculados aos modos de vida e ao lugar. In Atas do 4º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira. Paulo B. Lourenço, Carlos Maia, Arnaldo Sousa Melo, Clara Pimenta do Vale (eds.) Universidade do Minho Escola de Engenharia, Guimarães, Portugal. pp. 131-143, 2023.

LIMA, P. L. N.; ARAÚJO, M. F. L.; MARTILDES, J. A. L.; FLORENCIO, P. R. C.; FERREIRA, W. E. S. Diagnóstico de Impactos Ambientais na Disposição Irregular de Resíduos da Construção Civil no Município de Santa Cruz do Capibaribe. 6º Congresso SUL-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu, PR, 23 a 25 de Maio de 2023.

LIMA, J. D. S.; RAMOS, M. E. S.; CRUZ, C. S. T.; BEZERRA, R. R. R.; BORGES, F. Q.; LISBOA, E. G.; PENA, H. W. A.; SOUZA, M. J. R.; MOURÃO, F. V. Práticas sustentáveis de logística reversa aplicadas na área de construção civil: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3514-e3514, 2024.

LOPES, T. D. P. Desempenho térmico de habitações de interesse social com diferentes sistemas construtivos em Santa Catarina. Florianópolis, 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MAHECHA, R. E. G.; CALDAS, L. R.; GARAFFA, R.; LUCENA, A. F.; SZKLO, A.; TOLEDO FILHO, R. D. Constructive systems for social housing deployment in developing countries: A case study using dynamic life cycle carbon assessment and cost analysis in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 227, p. 110395, 2020.

MARCONDES, R.; SILVA, S. L. R. O protocolo Prisma 2020 como uma possibilidade de roteiro para revisão sistemática em ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 18, n. 39, p. 1-19, 2022.

MARQUES, M. D.; SIMÕES, R. D.; BRAGA JUNIOR, S. S. Sustentabilidade na Construção Civil: Possibilidades e Dificuldades. **ARACÊ**, v. 7, n. 3, p. 11087-11111, 2025.

MEDEIROS, L. M.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. **Ambiente**

Construído, v. 18, n. 2, p. 365-385, 2018.

MENDES, I. M B. Tomada de decisão quanto à escolha de materiais, considerando os impactos ambientais do transporte no ciclo de vida das edificações. 2020. 46f. Trabalho de Monografia (Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

MENEGATTI, L. C.; CALDAS, L. R.; TOLEDO FILHO, R. D. Projetar para desmontar: revisão sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de estruturas de concreto. **Mix Sustentável**, v.9, n.2, p. 157-170, 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. MTE. Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS). Serviços, Trabalho, Carteira de Trabalho, publicação em 22 de março de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/servicos/trabalhador/carteira-de-trabalho>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

MIRANDA, M. E. A., SILVOSO, M. M. Avaliação Social do Ciclo de Vida: revisão sobre as pesquisas acadêmicas no Brasil. Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (EUROELECS), 2023.

MONTEIRO, M. J. O. Proposta de ações para se conviver com a escassez de recursos hídricos: abordagem ao município de Santa Cruz do Capibaribe, em Pernambuco. 2022. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

NASCIMENTO, A. S.; GONÇALVES, A. T. P. Proposta de implementação de práticas de logística reversa de pós-consumo no tratamento de resíduos sólidos: um estudo multicaso no setor têxtil e de confecção de Santa Cruz do Capibaribe. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 9, n. 4, p. 55-75, 2023.

NASCIMENTO, M. A.; TORRES, E. A. AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO CICLO DE VIDA: ESTUDO DE CASO APLICADO A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Scientia: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 6, n.1, p. 92-124, 2021.

NAÇÕES UNIDAS. UN. Setor da construção baixa emissões de CO₂ pela primeira vez, diz Pnuma BR. ONU News. Perspectiva Global Reportagens Humanas, Clima e Meio Ambiente, 2025. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2025/04/1846816>. Acesso em: 07 de jun. 2025.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. UN. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Casa ONU Brasil, 2024. © Copyright 2024 Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 de set. 2024.

NETO, L. A. S.; SOUZA, N. L. S.; ROSSATO, I. F.; HENKES, J. A.; KEINE, S. Avaliação Dos Métodos Para Aplicação Da Análise Do Inventário Do Ciclo De Vida Na Indústria Moveleira. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 126-152, 2020.

NETO, J. F. A. Aplicação de Ferramentas de Sustentabilidade Ambiental para Gestão Pública de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental,

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Caruaru, Pernambuco, p.107. 2024.

OLIVEIRA, E. A.; FAGUNDES, F. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUÇÃO MODULAR E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 7, n. 1, 2024.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the Construction Industry: a review of recent developments based on LCA. **Construction and Building Materials**, v. 23, p. 28-39, 2009.

ORTIZ-RODRÍGUEZ, O.; GUEVARA-LUNA, J.; MENDIVIL, M. Environmental and human health impacts of building materials in residential buildings: A life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 248, 2020.

PAGE, M. J.; MACKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; MOHER, D.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, 2021.

PAGE, M. J.; MACKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; MOHER, D. Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. **Journal of clinical epidemiology**, v. 134, p. 103-112, 2021.

PASSER, A.; LASVAUX, S.; ALLACKER, K.; LATHAUWER, D.; SPIRINCKX, C.; WITTSTOCK, B.; KELLENBERGER, D.; GSCHÖSSER, F.; WALL, J.; WALLBAUM, H. Environmental Product Declarations Entering the Building Sector: Critical Reflections Based on 5 to 10 Years Experience in Different European Countries. **Int. J. Life Cycle Assess**, v.20, p.1199–1212, 2015.

PEREIRA, E. F.; PEREIRA FRANCO, A. Modelo do inventário de ciclo de vida: embasamento ambiental para design de ambientes. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 19-34, 2022.

PINHO, G. C. S.; CALMON, J. L. C.; JUSTINO, B. M. P. Avaliação do Ciclo de Vida Aplicada a Edificações em Contêineres: Revisão Crítica e Contribuições para a Padronização das Pesquisas. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, p. 339-360, 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). Países ricos usam seis vezes mais recursos naturais e geram 10 vezes mais impactos climáticos do que países de baixa renda. Painel Internacional de Recursos, Notícias e Reportagens, 2024. Disponível: https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/paises-ricos-usam-seis-vezes-mais-recursos-naturais-e?utm_source=chatgpt.com. Acesso: 10 de jul. 2025.

RAMESH, T.; PRAKASH, R.; SHUKLA, K. K. Life cycle energy analysis of buildings: an overview. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 10, p. 1592-1600, 2010.

RANDO, G. L.; BARROS, L. S. A. D.; FRANCO, R. L. M.; ERERIA, S. C.; ROCHA, T. L. R. D. Métodos construtivos para habitações sociais. 2021.Trabalho de Conclusão de Curso

(Curso Técnico em Edificações) – Etec Júlio de Mesquita, Santo André, 2021.

RASHID, A. F. A.; YUSOFF, S. A review of life cycle assessment method for building industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 244-248, 2015.

REA, L. M.; PARKER, R. A. Designing and conducting survey research: A comprehensive guide. [s.l.] John Wiley & Sons, 2014a.

REA, L. M.; PARKER, R. A. Designing and conducting survey research: A comprehensive guide. [s.l.] John Wiley & Sons, 2014b.

REDE EMPRESARIAL BRASILEIRA DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA. ACV na prática/O que é ACV. Rede Empresarial Brasileira de Avaliação de Ciclo de Vida, VetorArt Design, 2024. Disponível em: <https://redeacv.org.br/pt-br/o-que-e-acv/>. Acesso em: 30 de mar. 2024.

RINKEVICIUS, R. M.; MORALES, M. F. D.; TERIBELE, A. Uso do Aplicativo TALLY na Avaliação do Ciclo de Vida de Edifícios: Estudo de caso com uma edificação multifamiliar brasileira. **Pixo: Revista de Arquitetura Cidade e Contemporaneidade**, v. 5, n. 17, 2021.

REZAEI, F.; BULLE, C.; LESAGE, P. Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment in the Early and Detailed Building Design Stages. **Building Environ**, v.153, p.158–167, 2019.

ROCHA, M. S. S.; ASSIS, E. S. Aplicação da abordagem ecossistêmica na Avaliação do Ciclo de Vida. Ensus 2024 - XII Encontro de Sustentabilidade em Projeto [148], 2024.

RÖCK, M.; HOLLBERG, A.; HABERT, G.; PASSER, A. LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages. **Building and Environment**, v. 140, p. 153–161, 2018.

RODRIGUES, G. J.; NETO, G. A.; BARROS, R. A.; CHIAVELLI, H. G. R.; SILVA, M. J.; MARQUES, G. O. Análise do ciclo de vida do concreto autoadensável com e sem adição de cinza de bagaço de cana de açúcar. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 12, p. e11123-e11123, 2024.

RYBACZEWSKA-BŁAŻEJOWSKA, M.; JEZIERSKI, D. Comparison of ReCiPe 2016, ILCD 2011, CML-IA baseline and IMPACT 2002+ LCIA methods: a case study based on the electricity consumption mix in Europe. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 29, n. 10, p. 1799-1817, 2024.

SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE. LEI Nº 1.635/2007. EMENTA: Aprova o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Santa Cruz do Capibaribe, define o perímetro urbano e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camarasantacruzdocapibaribe.pe.gov.br/Leis%20Aprovadas/Lei1635-2007.pdf>. Acesso em: 1 de abr. 2025.

SANTIN, J. R.; BERNDSEN, G. R. DIREITO À CIDADE, PARTICIPAÇÃO E URBANISMO SUSTENTÁVEL: desafios e possibilidades do Poder Local no Brasil e na Espanha. **Revista de Direito da Cidade**, v. 15, n. 1, p. 331-360, 2023.

SANTOS, M. D. N.; ANDRADE, R. C.; VERNIN, N. S.; NETTO, A. T. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NA GESTÃO DE RESÍDUO SÓLIDOS URBANOS: UMA REVISÃO

BIBLIOGRÁFICA. **Revista Internacional de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 126-140, 2022.

SÄYNÄJOKI, A.; HEINONEN, J.; JUNNILA, S.; HORVATH, A. Can life-cycle assessment produce reliable policy guidelines in the building sector?. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 1, p. 013001, 2017.

SCHERZ, M.; WIESER, A. A.; PASSER, A.; KREINER, H. Implementation of life cycle assessment (LCA) in the procurement process of buildings: a systematic literature review. **Sustainability**, v. 14, n. 24, p. 16967, 2022.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional Industrial. A Importância da Construção Civil. **Informativo Econômico**, 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/07/informativo-economico-importancia-construcao-civil-final-julho-2021.pdf>. Acesso em 14 de fevereiro de 2024.

SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. **Interfacehs**, v. 1, n. 1, 2006.

SGARIONI, C. N.; MOTA, S. C. Aplicação do ecodesign na construção civil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 29, p. 1407-1419, 2024.

SILVA, G. A.; BRÄSHER, M.; LIMA, J. A. O.; LAMB, C. M. S. R. Avaliação do Ciclo de Vida: ontologia terminológica. Ibict: Brasília, DF. 2015. 72 p.

SILVA, J. L. Método para avaliação de impactos ambientais no processo de projeto de edifícios públicos. 2022. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SILVA, E. N.; MELLO, L. C. B. B. Proposta de um sistema de gestão integrando os princípios da construção enxuta (Lean Construction) aos aspectos da gestão da qualidade, segurança, meio ambiente e saúde ocupacional, com o foco nas empresas de pequeno porte da construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 79384-79414, 2021.

SILVA, L. P. P.; HADDAD, A. N.; VASCO, D. A. Da habitação de interesse social à habitação acessível sustentável.: uma revisão bibliográfica com vistas à reflexão. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 20, p. 1-22, 2024.

SIMAPRO. Software de ACV líder mundial. © Copyright PRé Sustainability 2024. Disponível em: <https://network.simapro.com/acvbrasil/>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

STEFANI, S. R.; DELGADO, C. Sustentabilidade organizacional e suas métricas: revisão sistemática utilizando o método PRISMA. **Revista Gestão em Análise**, v. 10, n. 3, p. 204-219, 2021.

TEXEIRA, W. P.; MÉNDEZ, M. Análise do ciclo de vida de componentes de painel fotovoltaico: estudo do berço-ao-portão. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), p.103. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). UNEP/SETAC. Life Cycle Approaches – the road from analysis to practice. United Nations Environment Program/Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Paris, France, 2005. 89 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). UNEP/SETAC. Guidelines for social life cycle assessment of products. Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). UNEP/SETAC. The Life Cycle Initiative – International Life Cycle Partnerships for a Sustainable World. Disponível em: <https://www.lifecycleinitiative.org/> acessado em 29 de março de 2012.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). UNEP/SETAC. The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA). Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2013.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). UNEP/SETAC. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020. Paris: UNEP, 2020. Disponível em: <https://ciraig.org/index.php/project/guidelines-for-social-life-cycle-assessment-of-products-and-organisations-2020/#:~:text=The%20Guidelines%20for%20Social%20Life,final%20distribution%20of%20the%20flour>. Acesso em: 06 de jun. 2025.

URBIZAGÁSTEGUI-ALVARADO, R. Bibliometria brasileira: análise de copalavras. **Transinformação**, v. 34, p. e220004, 2022.

VITORIO JUNIOR, P. C.; YEPES, V.; KRIPKA, M. Comparison of Brazilian Social Interest Housing Projects Considering Sustainability. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 10, p. 6213, 2022.

WAHRLICH, J.; ALVARENGA, R. A. F.; HENKES, J. A.; ROSSATO, I. F.; SIMIONI, F. J. Avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida: uma revisão. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 9(2), 183-201, 2020.

WEN, B.; MUSA, S. N.; ONN, C. C.; RAMESH, S.; LIANG, L.; WANG, W.; MA, K. The role and contribution of green buildings on sustainable development goals. **Building and Environment**, v. 185, p. 107091, 2020.

XING, S.; HORNE, R.; MCKAY, J. Life cycle assessment of office buildings: Methodology and case studies. **Building and Environment**, v. 91, p. 82-92, 2016.

ZARI, M. P. Ecosystem services impacts as part of building materials selection criteria. **Materials Today Sustainability**, [S.l.]: Elsevier, v. 4, n. 3, p. 1-10. 2019.

APÊNDICE A – Quadro com os Pesos dos Insumos Orçados

| CONCRETO | | PESO (Kg) |
|---|--|--------------|
| CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL / Detalhe: CLASSE DE RESISTÊNCIA C 25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 140 +/- 20 MM, APENAS FORNECIMENTO | | 15571,92 |
| CIMENTO | | PESO (Kg) |
| CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II / Detalhe: F-32 | | 5218,16 |
| CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II / Detalhe: Z-32 | | 0,55 |
| TIJOLO CERÂMICO | | PESO (Kg) |
| TIJOLO CERÂMICO / Detalhe: 8 FUROS | | 4009,70 |
| TELHA CERÂMICA | | PESO (Kg) |
| TELHA CERÂMICA TIPO PAULISTINHA / Detalhe: COMPRIMENTO 50 CM | | 3514,51 |
| GESSO | | PESO (Kg) |
| GESSO / Detalhe: LENTO | | 863,95 |
| PLACA DE GESSO / Detalhe: 60 X 60 CM, ESPESSURA 12 MM (30 MM NAS BORDAS) | | 810,33 |
| CAL / Detalhe: HIDRATADA CH I | | 679,74 |
| CERÂMICA | | PESO (Kg) |
| CERÂMICA ESMALTADA / Detalhe: 46 x 46 CM, QUARTZO BRANCO, TIPO "A", PEI 4 | | 769,75 |
| CERÂMICA ESMALTADA / Detalhe: 58 X 58 CM, PS166470 BEGE, TIPO "A", PEI 4 | | 936,58 |
| AGREGADOS | | PESO (Kg) |
| PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE | | 795,76 |
| BRITA / Detalhe: 0 (4,8 mm a 9,5 mm) | | 1294,50 |
| BRITA / Detalhe: 1 (9,5 mm a 19 mm) | | 10626,90 |
| AREIA / Detalhe: FINA | | 5121,06 |
| AREIA / Detalhe: MEDIA | | 1314,98 |
| AREIA / Detalhe: GROSSA | | 14149,80 |
| AREIA / Detalhe: PARA ATERRO | | 2401,44 |

| | |
|---|------------------|
| ATERRO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO INCLUSO TRANSPORTE / Detalhe: SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE, MALHADA DO MEIO | 3693,60 |
| ARGAMASSA | PESO (Kg) |
| ARGAMASSA COLANTE / Detalhe: AC I | 773,43 |
| ARGAMASSA COLANTE / Detalhe: AC II | 18,72 |
| ARGAMASSA COLANTE / Detalhe: AC III | 17,56 |
| REJUNTE EPOXI / Detalhe: BRANCO, FRASCO DE 477 G | 0,43 |
| REJUNTE PARA CERÂMICAS / Detalhe: COR: CINZA PLATINA | 32,75 |
| ARGAMASSA IMPERMEABILIZANTE / Detalhe: Quartzolit Tecplus Top | 471,68 |
| ÓLEO DIESEL | PESO (Kg) |
| OLEO DIESEL COMBUSTIVEL COMUM | 78,19 |
| PVC (Policloreto de Vinila) | PESO (Kg) |
| JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA ÁGUA FRIA PREDIAL | 0,08 |
| TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, ÁGUA FRIA (NBR-5648) | 0,69 |
| JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 90 GRAUS, DN 75 MM, PARA ESGOTO PREDIAL | 0,13 |
| LUVA PVC SOLDAVEL, 25 MM, PARA ÁGUA FRIA PREDIAL | 0,03 |
| NIPEL PVC, ROSCAVEL, 1/2", ÁGUA FRIA PREDIAL | 0,02 |
| TUBO COLETOR DE ESGOTO PVC, JEI, DN 100 MM (NBR 7362) | 3,33 |
| CAP ESGOTO SN NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 0,06 |
| CURVA 180° ELETRODUTO ROSCÁVEL NBR 15465 / Detalhe: 3/4" | 0,09 |
| ELETRODUTO RÍGIDO ROSCÁVEL 3M NBR 15465 / Detalhe: 3/4" | 2,67 |
| LUVA ELETRODUTO ROSCÁVEL NBR 15465 / Detalhe: 3/4" | 0,70 |
| ELETRODUTO CORRUGADO REFORÇADO NBR 15465 / Detalhe: DN 32 MM | 1,20 |
| LUVA DE PRESSÃO PARA ELETRODUTO FLEXÍVEL NBR 15465 / Detalhe: 20 MM (1/2") | 0,12 |
| ELETRODUTO CORRUGADO NBR 15465 / Detalhe: 20 MM | 3,75 |
| ELETRODUTO CORRUGADO NBR 15465 / Detalhe: 25 MM | 0,99 |
| ELETRODUTO CORRUGADO NBR 15465 / Detalhe: 32 MM | 0,43 |
| CURVA 90° CURTA ELETRODUTO ROSCÁVEL NBR 15465 / Detalhe: 3/4" | 0,08 |
| MANGUEIRA ELETRODUTO PEAD / Detalhe: 3/4" PRETA | 0,03 |
| CAP PVC, SOLDAVEL, DN 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL | 0,08 |
| CAIXA DE GORDURA NBR 5688 / Detalhe: 520 X 330 X 510 MM | 4,69 |

| | |
|---|-------|
| CAIXA DE PASSAGEM E INSPEÇÃO DE ESGOTO NBR 8160 / Detalhe: 242,5 X 242,5 X 207 MM (7 L) | 1,18 |
| CAIXA SIFONADA 3 ENTRADAS BRANCA COM GRELHA / Detalhe: 100 X 100 X 50 MM | 0,84 |
| CURVA 90° SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 0,05 |
| JOELHO 45° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 0,06 |
| JOELHO 45° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 0,05 |
| JOELHO 45° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,37 |
| JOELHO 90° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 0,06 |
| JOELHO 90° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 0,42 |
| JOELHO 90° ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,20 |
| LUVA SIMPLES ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 0,02 |
| LUVA SIMPLES ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 0,14 |
| LUVA SIMPLES ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,20 |
| LUVA SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 0,04 |
| JUNÇÃO COM REDUÇÃO ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 X 50 MM | 0,20 |
| ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO NBR 5648 / Detalhe: 25 MM X 3/4" | 0,06 |
| JOELHO 90 ° SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 0,12 |
| JOELHO 90 ° SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 32 MM | 0,44 |
| LUVA SOLDÁVEL COM BUCHA DE LATÃO NBR 5648 / Detalhe: 25 MM X 3/4" | 0,21 |
| PLUG ROSCÁVEL NBR 5648 / Detalhe: 1/2" | 0,06 |
| TÊ SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 0,15 |
| TÊ SOLDÁVEL COM BUCHA DE LATÃO NBR 5648 / Detalhe: 25 MM X 3/4" | 0,23 |
| ADAPTADOR SOLDÁVEL COM ANEL PARA CAIXA D'ÁGUA NBR 5648 / Detalhe: 25 X 3/4" | 0,01 |
| ADAPTADOR SOLDÁVEL COM ANEL PARA CAIXA D'ÁGUA NBR 5648 / Detalhe: 32 X 1" | 0,29 |
| ENGATE FLEXÍVEL NBR 14878 / Detalhe: 1/2" X 30 CM | 0,07 |
| ENGATE FLEXÍVEL NBR 14878 / Detalhe: 1/2" X 50 CM | 0,10 |
| TÊ ESGOTO SERIE NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 0,20 |
| TÊ ESGOTO SERIE NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,34 |
| TUBO ESGOTO 6M SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 2,29 |
| TUBO ESGOTO 6M SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 21,81 |
| TUBO ESGOTO 6M SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 1,46 |
| TUBO SOLDÁVEL 6 M NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 6,29 |
| TUBO SOLDÁVEL 6 M NBR 5648 / Detalhe: DN 32 MM | 1,58 |
| LUVA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: 32 X 25 MM | 0,08 |

| | |
|---|------|
| REDUÇÃO EXCÊNTRICA ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 100 X 75 MM | 0,26 |
| REDUÇÃO EXCÊNTRICA ESGOTO SERIE NORMAL NBR 5688 / Detalhe: DN 50 X 40 MM | 0,03 |
| LUVIA DE CORRER ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 0,02 |
| JOELHO 45° SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 32 MM | 0,04 |
| JOELHO 45° SOLDÁVEL NBR 5648 / Detalhe: DN 25 MM | 0,02 |
| CURVA 90° LONGA ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,19 |
| QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICO NBR 15465 / Detalhe: 6 DISJUNTORES | 0,50 |
| CAIXA PARA MEDIDOR / Detalhe: MONOFÁSICO PADRÃO CELPE | 2,01 |
| PLÁSTICO | |
| PESO (Kg) | |
| SIFÃO PLÁSTICO SANFONADO / Detalhe: UNIVERSAL | 0,27 |
| VÁLVULA EM PLÁSTICO PARA LAVATÓRIO / Detalhe: BRANCO, 1" | 0,30 |
| VÁLVULA EM PLÁSTICO TIPO AMERICANA PARA PIA / Detalhe: CROMADO, 3,1/2" X 1.1/2" | 0,20 |
| BUCHA DRYWALL / Detalhe: 8 MM | 0,05 |
| CAIXA DE LUZ RETANGULAR AMARELA NBR 15465 / Detalhe: 4" X 2" | 0,84 |
| DISJUNTOR MONOFÁSICO / Detalhe: 25 A | 0,10 |
| DISJUNTOR MONOFÁSICO / Detalhe: 40 A | 0,11 |
| DISJUNTOR MONOFÁSICO / Detalhe: 10 A | 0,36 |
| DISPOSITIVO DR / Detalhe: MONOFÁSICO 40A | 0,20 |
| INTERRUPTOR COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: DUPLO | 0,02 |
| INTERRUPTOR COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: SIMPLES VERTICAL | 0,15 |
| INTERRUPTOR COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: SIMPLES + TOMADA 2P+T 20A | 0,08 |
| PLAFON EM TERMOPLÁSTICO BRANCO / Detalhe: SIMPLES | 0,65 |
| PLACA CEGA NBR 14136 / Detalhe: 4" X 2" | 0,40 |
| TOMADA 2P+T COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: DUPLA 10A | 0,21 |
| TOMADA 2P+T COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: SIMPLES HORIZONTAL 10A | 0,30 |
| TOMADA 2P+T COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: DUPLA 20A | 0,06 |
| TOMADA 2P+T COM PLACA NBR 14136 / Detalhe: SIMPLES HORIZONTAL 20A | 0,15 |
| LONA PLÁSTICA PRETA / Detalhe: 100 M X 4 M E = 70 MICROMETRO (14 KG) | 7,32 |
| LONA ENCERADA / Detalhe: 10 X 8 M | 0,28 |
| MASSA PLÁSTICA / Detalhe: COM CATALIZADOR, FRASCO DE 400 G | 0,03 |
| BUCHA DE NYLON / Detalhe: N° 6 | 0,40 |
| BUCHA DE NYLON / Detalhe: N° 8 | 0,71 |

| | |
|--|------------------|
| ESPELHO / PLACA DE 3 POSTOS 4" X 2", PARA INSTALACAO DE TOMADAS E INTERRUPTORES | 3,60 |
| SUPORTE DE FIXACAO PARA ESPELHO / PLACA 4" X 2", PARA 3 MODULOS | 0,30 |
| AÇO | PESO (Kg) |
| ACO CA-50, 12,5 MM, VERGALHAO | 17,05 |
| ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO | 103,45 |
| AÇO CA 50 - 8,0 MM / Detalhe: VERGALHÃO | 178,12 |
| ARAME RECOZIDO 18 BWG / Detalhe: 1,25 mm (0,01 kg/m) | 1,68 |
| ARAME GALVANIZADO 18 BWG / Detalhe: 1,24MM (0,009 KG/M) | 2,99 |
| PREGO DE AÇO POLIDO COM CABECA 17 X 27 (2 1/2 X 11) | 0,29 |
| PREGO DE AÇO POLIDO / Detalhe: CABEÇA 15 x 15 (1 1/4 x 13) | 0,51 |
| PREGO DE AÇO POLIDO / Detalhe: CABEÇA 18 x 27 (2 1/2 x 10) | 0,33 |
| PREGO COM CABEÇA / Detalhe: BITOLA 15 X 18 (1 1/2 X 13) | 0,96 |
| PREGO COM CABEÇA / Detalhe: BITOLA 18 X 27 (2 1/2 X 10) | 1,08 |
| PREGO COM CABEÇA / Detalhe: BITOLA 3 1/2 X 8 | 1,66 |
| TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA / Detalhe: FIO D = 1,24 MM, MALHA 15 x 15 MM; 7,5 X 50 CM | 13,45 |
| TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA CA-60 / Detalhe: Q - 92, FIO = 4,2 MM, L X C = 2,45 X 6,0 M, MALHA = 15,0 X 15,0 CM | 59,27 |
| TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA CA-60 / Detalhe: Q - 113, FIO = 3,8 MM, L X C = 2,45 X 6,0 M, MALHA = 10,0 X 10,0 CM | 158,51 |
| NERVURA TRELICADA / Detalhe: TG 8 | 18,92 |
| COLUNA EM AÇO CA50 8,0 MM / Detalhe: ESTRIBO 4,2 MM 7 X 17. 6,0 M | 10,00 |
| FITA BANDIT / Detalhe: 0,5 X 3/4" | 0,77 |
| FECHE BANDIT / Detalhe: 3/4" | 0,08 |
| ARRUELA QUADRADA / Detalhe: 1/2" | 0,10 |
| PARAFUSO GALVANIZADO COM PORCA M12 X 200 MM / Detalhe: 1/2" | 0,19 |
| PARAFUSO OLHAL PARA POSTE DE ENERGIA PADRÃO / Detalhe: 5/16 x 17,5 CM | 0,05 |
| PARAFUSO CABEÇA CHATA / Detalhe: FENDA PHILLIPS, BITOLA 6,1 X 65 | 0,29 |
| PARAFUSO DE LATÃO PARA ASSENTAMENTO E BUCHA / Detalhe: N° 10, 75 MM | 0,16 |
| SUPORTE MÃO FRANCESA COM BUCHA / Detalhe: 45 CM BRANCO | 0,96 |
| PARAFUSO CHIPBOARD / Detalhe: CABEÇA ESTRELA, 4,5 X 50 MM | 0,04 |
| PARAFUSO CHIPBOARD / Detalhe: CABEÇA ESTRELA, 5,0 X 50 MM CR PANELA | 0,12 |
| PRÉ-MOLDADO | PESO (Kg) |
| POSTE DE CONCRETO PARA ENTRADA DE ENERGIA / Detalhe: DUPLO T, 75/7 M | 4948,01 |

| | |
|---|---------------------------|
| BLOCO VEDAÇÃO / Detalhe: 09 X 19 X 39 CM, 3,0 MPA | 22123,42 |
| MEIO BLOCO VEDAÇÃO / Detalhe: 09 X 19 X 19 CM, 3,0 MPA | 1539,64 |
| CANAleta DE VEDAÇÃO / Detalhe: 09 X 19 X 39 CM, 3,0 MPA | 3432,65 |
| TIJOLO CERÂMICO / Detalhe: 8 FUROS | 4009,70 |
| VERGA PRÉ-MOLDADA / Detalhe: 1 M | 778,68 |
| MADEIRA | |
| KIT PORTA PRONTA DE MADEIRA / Detalhe: INTERNA H, 210 X 80 CM | PESO (Kg) 28,50 |
| KIT PORTA PRONTA DE MADEIRA / Detalhe: INTERNA AH, 210 X 80 CM | 23,00 |
| KIT PORTA PRONTA DE MADEIRA / Detalhe: WC AH, 210 X 80 CM | 36,10 |
| ESTRONCA DE MADEIRA 3,0 M | 39,83 |
| SARRAFO DE MADEIRA / Detalhe: 10 X 2 | 1,92 |
| SARRAFO DE MADEIRA / Detalhe: 7 X 2 | 22,61 |
| SARRAFO DE MADEIRA / Detalhe: 9 x 2 | 6,26 |
| SARRAFO DE MADEIRA / Detalhe: 7 X 2,5 | 1,34 |
| BARROTE 3 X 3 CM / Detalhe: EM MADEIRA MISTA | 6,32 |
| LINHA DE MADEIRA 3,5 M / Detalhe: 6 X 12 CM | 107,14 |
| LINHA DE MADEIRA 6,5 M / Detalhe: 6 X 12 CM | 397,94 |
| RIPA DE MADEIRA 3,5 M / Detalhe: 1,5 X 5 CM | 81,58 |
| CAIBRO DE MADEIRA 4,0 M / Detalhe: 5 X 3 CM | 56,39 |
| CAIBRO DE MADEIRA 6,0 M / Detalhe: 5 X 3 CM | 84,58 |
| CAIBRO DE MADEIRA 6,5 M / Detalhe: 5 X 3 CM | 20,36 |
| LINHA DE MADEIRA 5,0 M / Detalhe: 6 X 12 CM | 51,02 |
| CAIBRO DE MADEIRA 3,5 M / Detalhe: 5 X 3 CM | 49,34 |
| CAIBRO DE MADEIRA 5,0 M / Detalhe: 5 X 3 CM | 133,14 |
| RIPA DE MADEIRA 3,0 M / Detalhe: 1,5 X 5 CM | 34,96 |
| ALUMÍNIO | |
| JANELA BASCULANTE EM ALUMÍNIO / Detalhe: BRANCO, SEM GRADE, 40 X 100 CM (L X A) | PESO (Kg) 10,00 |
| JANELA DE CORRER EM ALUMÍNIO DUAS FOLHAS / Detalhe: BRANCO, SEM GRADE, 100 X 100 CM (L X A) | 16,00 |
| JANELA DE CORRER EM ALUMÍNIO DUAS FOLHAS / Detalhe: BRANCO, SEM GRADE 120 X 100 CM (L X A) | 11,14 |
| JANELA DE CORRER EM ALUMÍNIO DUAS FOLHAS / Detalhe: BRANCO, SEM GRADE, 40 X 40 (L X A) | 12,96 |
| PORTA DE GIRO BASCULANTE EM ALUMÍNIO / Detalhe: NATURAL, ESQUERDA, 210 X 80 CM | 16,00 |

| | |
|---|------------------|
| PORTÃO EM ALUMÍNIO BRANCO / Detalhe: 2,485 M X 2,24 M COM PORTÃO SOCIAL DE 0,80 M DO LADO DIREITO COM ABERTURA PARA DIREITA | 596,03 |
| TRILHO EM ALUMÍNIO / Detalhe: COM ABAULADO PARA ROLDANA; 5 METROS | 2,00 |
| ARRUELA PARA ELETRODUTO / Detalhe: 3/4" | 0,18 |
| BUCHA EM ALUMÍNIO PARA ELETRODUTO / Detalhe: 3/4" | 0,01 |
| TINTA | PESO (Kg) |
| TINTA A BASE DE RESINA ACRÍLICA, PARA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL VIÁRIA (NBR 11862) | 0,04 |
| TEXTURA ACRÍLICA / Detalhe: LISA | 147,30 |
| SELADOR / Detalhe: PARA GESSO | 27,11 |
| TINTA LÁTEX ACRÍLICA / Detalhe: COR: BRANCO NEVE | 45,93 |
| MASSA | PESO (Kg) |
| MASSA CORRIDA | 101,50 |
| MASSA ACRÍLICA | 18,11 |
| GRANITO | PESO (Kg) |
| PINGADEIRA EM GRANITO 45 X 6,0 CM / Detalhe: CINZA IMPERIAL | 4,30 |
| PINGADEIRA EM GRANITO 105 X 6,0 CM / Detalhe: CINZA IMPERIAL | 6,70 |
| PINGADEIRA EM GRANITO 125 X 6,0 CM / Detalhe: CINZA IMPERIAL | 3,99 |
| SOLEIRA EM GRANITO 81 X 11 CM / Detalhe: CINZA IMPERIAL | 9,47 |
| DIVIBOX EM GRANITO 4 X 4 X 2 CM X 139 CM | 2,30 |
| PIA COZINHA / Detalhe: 120 X 50 CM, BRANCO GELO | 12,86 |
| BORRACHA | PESO (Kg) |
| ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL DN 75 MM (NBR 5688) | 0,01 |
| ANEL DE VEDAÇÃO PARA ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 50 MM | 1,28 |
| ANEL DE VEDAÇÃO PARA ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 100 MM | 0,13 |
| ANEL DE VEDAÇÃO PARA ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 75 MM | 0,02 |
| ANEL DE VEDAÇÃO PARA ESGOTO NBR 5688 / Detalhe: DN 40 MM | 0,04 |
| CABOS | PESO (Kg) |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 1,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: AZUL | 0,93 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 1,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: PRETO | 0,81 |

| | |
|---|------------------|
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 1,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERMELHO | 0,81 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 2,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: AZUL | 1,59 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 2,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERDE | 1,59 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 2,5 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERMELHO | 1,59 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 4,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: AZUL | 0,16 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 4,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERDE | 0,16 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 4,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERMELHO | 0,16 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 6,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: AZUL | 0,07 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 6,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: PRETO | 0,07 |
| CABO ELÉTRICO ANTICHAMA 450/750V 6,0 MM NBR NM 247-3 / Detalhe: VERDE | 0,14 |
| LOUÇA SANITÁRIA | PESO (Kg) |
| PIA LAVATÓRIO LOUÇA BANHEIRO / Detalhe: 30 X 38 CM, BRANCO GELO | 3,54 |
| VASO SANITARIO LOUÇA BRANCA / Detalhe: COM CAIXA ACOPLADA, ACIONAMENTO DUPLO, LINHA EVORA 3/6 L | 14,00 |
| THERMO FIBRA | PESO (Kg) |
| TANQUE FIXAÇÃO / Detalhe: 55 X 41 CM, M 03 BRANCO GELO, SEM FURO LATERAL. | 3,00 |
| METAL | PESO (Kg) |
| ACABAMENTO PARA REGISTRO CROMADO / Detalhe: 3/4" | 0,29 |
| TORNEIRA DE BALÇÃO EM METAL PARA LAVATÓRIO / Detalhe: 1/2" | 0,23 |
| TORNEIRA DE PAREDE EM METAL PARA TANQUE E PIA / Detalhe: 1/2" | 0,50 |
| FERRO | PESO (Kg) |
| TAMPA CISTERNA / Detalhe: 40 X 60 CM | 21,13 |
| FERRO | PESO (Kg) |
| BLOCO DE ISOPOR / Detalhe: 100 X 390 X 37 X 65 MM | 13,62 |
| COBRE | PESO (Kg) |
| CONE PARA HASTE DE ATERRAMENTO / Detalhe: 5/8" | 0,03 |
| REGISTRO DE GAVETA AR NBR 15705 / Detalhe: DN 20 MM (3/4") | 0,28 |
| REGISTRO DE PRESSÃO AR NBR 15705 / Detalhe: DN 20 MM (3/4") | 0,30 |
| PROLONGADOR PARA REGISTRO DOCOL / Detalhe: 10 MM | 0,10 |

| | | |
|--|----------------------|------------------|
| CONECTOR TIPO GRAMPO PARA HASTE DE ATERRAMENTO / Detalhe: 5/8" | | 0,03 |
| HASTE DE ATERRAMENTO EM COBRE / Detalhe: DN 5/8" | | 3,00 |
| | POLIETILENO | PESO (Kg) |
| CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO / Detalhe: 500 L, COM TAMPA | | 10,00 |
| | POLIPROPILENO | PESO (Kg) |
| FIBRA EM POLIPROPILENO | | 5,11 |
| | POLIURETANO | PESO (Kg) |
| ESPUMA EXPANSIVA / Detalhe: POLIURETANO | | 0,41 |
| SELANTE EM POLIURETANO / Detalhe: SACHÊ 600 ML, BRANCO | | 2,09 |
| | PORCELANA | PESO (Kg) |
| ISOLADOR ROLDANA EM PORCELANA / Detalhe: 72 X 72 MM | | 0,35 |
| | THINNER | PESO (Kg) |
| THINNER / Detalhe: FRASCO 900 ML | | 0,02 |

Fonte: Autora (2025).

APÊNDICE B – Quadro de Artigos da Web of Science

| AUTOR | TÍTULO | MÉTODO | RESULTADOS |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Al-Ameen e Cavalaro (2024) | Comparative life cycle assessment of sprayed-UHPC sandwich panels over brick & block cavity construction. | Uma análise de inventário de ciclo de vida (ICV) foi realizada para coletar os dados necessários para a ACV e LCCA do painel cimentício sanduíche. Os procedimentos de recolha de dados e cálculo foram seguidos de acordo com as recomendações da ISO 14044:2006 e EN 15804:2012. | O estudo descobriu que a integração da SUHPC-SP à construção típica de B&B pode reduzir os impactos ambientais em até 500% e os custos em até 180%. |
| Aparna e Baskar (2024) | Scientometric analysis and panoramic review on life cycle assessment in the construction industry. | Destaca o estado relevante da pesquisa de ACV, bem como os termos-chave e as áreas em desenvolvimento na construção. | Uma visão geral aprofundada da situação atual, desenvolvendo conceitos incluindo desafios, bem como campos emergentes de ACV no sector da construção. |
| Baptista <i>et al.</i> (2024) | A comparative life cycle assessment of ETICS and ventilated façade systems with timber cladding. | São avaliadas quatro soluções de retrofit: dois Sistemas Compositos de Isolamento Térmico Externo (ETICS). A ACV foi realizada utilizando o software SimaPro aplicando os métodos EPD (2018) e ReCiPe 2016 Endpoint (H). | Os resultados deste estudo mostram que, faseadamente, a produção e manutenção dos materiais componentes têm maior contribuição em termos de impacto ambiental. |
| Chen e Gallardo (2024) | A Multi-Objective Optimization Method for the Design of a Sustainable House in Ecuador by Assessing LCC and LCEI. | O Revit foi escolhido para modelagem devido aos seus recursos BIM abrangentes, recursos robustos para projeto e documentação arquitetônica e integração perfeita com análise de energia e ferramentas de LCA, como Autodesk Insight 2023 e Tally 2024. | As casas sustentáveis conseguem uma redução de 98% no Potencial de Destruição da Camada de Ozono, uma redução de 75% no Potencial de Aquecimento Global e uma queda de 45% na Procura de Energia Primária, embora ainda incorram num aumento de 30% no custo. |
| Ghanbari; Rusch e Skitmore (2024) | BIM-based environmental assessment of residential renovation projects during the operational phase. | Combinação de modelagem de informações de construção (BIM) com os softwares Design Builder e Meteonorm para avaliar o impacto ambiental da renovação de edifícios durante a fase operacional. O processo é demonstrado em um estudo de caso aplicado a um típico edifício residencial unifamiliar de dois andares na cidade de Teerã. | Foi mostrado que, combinando o isolamento, o vidro, o sistema de aquecimento e as portas mais eficazes, seria possível alcançar uma redução de 15% no consumo de energia e de 44% nas emissões de CO ₂ . |
| Jafari <i>et al.</i> (2024) | A comparative LCA of external wall assemblies in context of Iranian market: considering embodied and operational energy through BIM application. | O Autodesk Green Building Studio (GBS) é usado para determinar as cargas operacionais de cada parede. Simapro, software de avaliação de ciclo de vida, é aplicado para gerenciamento de dados sobre impactos ambientais. | A redução das emissões de carbono tem a maior prioridade, de modo que a substituição de 1 m ² de parede de alvenaria por drywall pré-fabricado de poliestireno extrudado (XPS) pode resultar na economia de 1.257,85 kgCO ₂ eq. |
| Alfalah <i>et al.</i> (2023) | Assessing life cycle cost and environmental impact for | A metodologia integra ferramentas avançadas, incluindo o Autodesk Revit para modelagem precisa de edifícios, o | A análise LCC revela a opção mais rentável como o betão armado com CMU isolado e vidros triplos, |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---|
| | office building construction in Saudi Arabia. | software Design Builder para simulações de consumo de energia e o software One Click LCA para avaliações de ACV. | poupando 5,6% ou 11.962.496 reais sauditas em comparação com a linha de base. |
| Chaudhary e Akhtar (2023) | Template for Evaluating Cradle-to-Site Environmental Life Cycle Impacts of Buildings in India. | Foi obtido o orçamento detalhado para a construção da residência do oficial médico e dos alojamentos das enfermeiras para uma subdivisão do hospital em Jagdishpur (Bhojpur), no estado de Bihar, Índia, em 2013. Com isso, executou-se a ACV. | Os resultados mostram que dos 78 materiais utilizados, tijolos, perfis de alumínio, barras de aço e cimento são os principais contribuintes para o impacto ambiental total do edifício. |
| Lei <i>et al.</i> (2023) | Carbon Emission Reduction Evaluation of End-of-Life Buildings Based on Multiple Recycling Strategies. | A ACV foi empregada para estudar e comparar os benefícios da economia de carbono de três estratégias de gestão diferentes (reciclagem, remanufatura e reutilização) na fase EoL de edifícios (incluindo residenciais, escritórios, comerciais e edifícios escolares). | Os resultados mostram que, em comparação com a demolição tradicional e o tratamento de aterros, a implementação de estratégias de gestão integrada para edifícios residenciais, de escritórios, comerciais e escolares pode reduzir as emissões de carbono em 193,5–526,4 kgCO ₂ -e/m ² . |
| Zhao; Yu e Guo (2023) | Bamboo as a sustainable construction material for residential buildings in the cold and severe cold regions of China. | A comparação considera a análise de inventário da fase de materialização, operação e fim de vida (EoL), o consumo de energia simulado pelo software comercial IES-VE e as emissões de carbono avaliadas por um método baseado em processo. | Os resultados para as cinco cidades mostram que o uso de bambu em vez da estrutura convencional de concreto armado reduziria o consumo de energia em 3% a 5% e reduziria as emissões de CO ₂ em 7% a 20%. |
| Jayawardana <i>et al.</i> (2023) | A comparative life cycle assessment of prefabricated and traditional construction – A case of a developing country. | Investiga o desempenho ambiental, do berço ao portão, de um edifício de escritórios de estudo de caso construído no Sri Lanka e de métodos de construção pré-fabricados em comparação com a construção tradicional in-situ em edifícios utilizando a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV). | Os resultados revelam que a construção com pré-fabricados proporciona uma economia de emissões de gases de efeito estufa (GEE) de 8,06%. As análises revelaram uma distância ótima de 120 km, proporcionando economia ambiental ao adotar a pré-fabricação. Além disso, usando materiais alternativos de concreto verde na pré-fabricação podem reduzir as emissões totais de GEE em 2,83–12,05%. |
| Lu e Deng (2023) | OpenBIM-based assessment for social cost of carbon through building life cycle | Este estudo propõe um método para estimar o ciclo de vida do edifício SCC baseado em OpenBIM. Este método é dividido em: 1) definição dos limites do sistema, 2) entrada de dados e inventário, 3) cálculo de emissões de carbono, 4) cálculo estático de SCC, 5) cálculo dinâmico de SCC e 6) armazenamento de informações usando IFC. | Os resultados mostram que o ciclo de vida máximo do CAA atinge 5.872,4 RMB/m ² , o que excede o custo de construção. Embora os resultados de SCC obtidos por diferentes modelos de LCIA variem amplamente, os da saúde humana são os objetos de proteção mais preocupados. |
| Scherz <i>et al.</i> (2023) | Strategies to improve building environmental and economic performance: an exploratory study on 37 residential building scenarios. | Foram criados 37 cenários com três diferentes padrões energéticos avançados. O ciclo de vida dos cenários construtivos foi analisado de acordo com a norma europeia EN-15978. O cálculo dos impactos ambientais de todos os cenários construtivos é realizado no software LCA SimaPro. | O custo adicional de construção (23%) para medidas de eficiência energética, incluindo isolamento térmico e mudança de equipamento técnico do edifício, é superior ao potencial de redução dos custos operacionais ao longo de 50 anos. Por outro lado, a melhoria dos padrões energéticos permite uma redução dos impactos ambientais em 25%. |

| | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Scherz; Kreiner e Passer (2023) | Sustainable procurement for carbon neutrality of buildings: A Life Cycle Assessment (LCA)-based bonus/malus system to consider external cost in the bid price. | Esse estudo desenvolve um sistema de bônus/malus baseado na ACV. O sistema de bônus/malus desenvolvido com base na ACV é colocado no contexto do processo austriaco de aquisição de edifícios. | Os resultados mostram que, sob os pressupostos do exemplo de validação, uma redução de 38% nas emissões de GEE pode ser alcançada com apenas um aumento de 10% no custo. |
| Scherz <i>et al.</i> (2023) | Transition of the procurement process to Paris-compatible buildings: consideration of environmental life cycle costing in tendering and awarding. | Para validar o quadro teórico desenvolvido, o custeio do ciclo de vida ambiental (eLCC) foi realizado num estudo de caso de habitação unifamiliar, tendo em conta os custos externos causados pelas emissões de GEE. | Uma decisão baseada no custo do ciclo de vida (LCC) leva a uma redução de 12% nas emissões de GEE. Uma redução adicional nas emissões de GEE pode ser alcançada através da adjudicação de contratos baseados em eLCC |
| Cimiano-Prados <i>et al.</i> (2023) | Sustainable Retrofitting Criteria in Heritage Buildings: Case Study in Seville (Spain). | Foi utilizado o CYPECAD MEP para a construção e definição energética dos e a ferramenta HULC para a introdução das instalações e para a obtenção da certificação energética. O SimaPro foi utilizado para conduzir a ACV. | Os resultados mostram que a “proposta sustentável” representa uma melhoria ambiental significativa, na qual se pode apreciar uma redução nas emissões de CO ₂ e na energia incorporada, além de uma certificação energética ideal. |
| Abdelaal <i>et al.</i> (2023) | Sustainable assessment of concrete structures using BIM–LCA–AHP integrated approach. | Classificar e seleccionar o tipo de concreto com base em critérios de sustentabilidade, usando o método de processo de hierarquia analítica (AHP) e o One-Click LCA. | Os resultados mostraram que a utilização de 50% de GGBFS na mistura de concreto é a alternativa mais sustentável em termos de emissões de CO ₂ e energia incorporada. |
| Bucklin <i>et al.</i> (2023) | Environmental Impact of a Mono-Material Timber Building Envelope with Enhanced Energy Performance. | Para a avaliação do potencial ambiental dos sistemas MMWW, foi realizada uma análise de ACV de acordo com EN ISO 14040 e EN ISO 14044. A modelagem do ciclo de vida foi realizada no GENERIS®, aqui utilizado como software para uma ACV de acompanhamento de projeto. As informações ambientais baseiam-se em conjuntos de dados fornecidos pela base de dados ambiental alemã ÖKOBAUDAT | Em comparação com outras construções de madeira com propriedades físicas de construção semelhantes, o sistema proposto apresentou valores de PAG mais baixos (-15,63 kg CO ₂ eq./m ² construção). O desenvolvimento e a análise demonstram o potencial do uso da fabricação subtrativa controlada digitalmente para melhorar a qualidade da madeira sólida e alcançar um melhor desempenho ambiental. |
| Newberry; Harper e Norman (2023) | Carbon assessment of building shell options for eco self-build community housing through the integration of building energy modelling and life cycle analysis tools. | A integração do IES VE e do One Click LCA permitindo uma avaliação dos dados do ACV para informar tomadas de decisões de projeto. | Os resultados mostram que o carbono operacional é altamente sensível à percentagem de energias renováveis no mix energético da rede, o que é difícil de prever e influencia a escolha do projeto. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sobierajewicz; Adamczyk e Dylewski (2023) | Ecological and Economic Assessment of the Reuse of Steel Halls in Terms of LCA | Foi proposta a metodologia de avaliação de parâmetros ecológicos, econômicos e técnicos cumulativos (EET) de indicador ecológico generalizado (WE) para avaliação rápida e prática do efeito ecológico de pavilhões metálicos multiuso, com base em ACV. | Referindo-se aos resultados dos custos cumulativos totais $QI = 400\text{--}500 \text{ EUR/m}^2$ da fase I da obra em relação aos custos do ciclo secundário $QII = 270\text{--}330 \text{ EUR/m}^2$, este rácio é a favor da reutilização da estrutura e é de 67% para todos os tipos de salas analisadas. |
| Saint <i>et al.</i> (2023) | Sandbag housing construction in South Africa: life cycle assessment and operational energy modelling. | A ACV ambiental analisou o SBT em dois cenários: manual e automatizado, baseado na extração de areia. A análise do custo do ciclo de vida (LCC) avaliou a casa SBT nos diferentes estágios do ciclo de vida. O software SimaPro versão 9.2.0.2 PhD (PRÉ Consultants BV 2019) foi utilizado para modelar dados de inventário mais relevantes para a África do Sul. | As emissões iniciais de CO_2 e incorporadas totalizam 189 e 174 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ para os cenários automatizado e manual. Assumindo que não há descarbonização, as emissões operacionais equivalem a 7.966 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$, mas podem ser tão baixas quanto 1.444 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ (alcançando zero líquido até 2050). Os impactos de CO_2 e incorporados ao longo da vida, ou seja, estágios A e C, totalizam 262 e 247 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ para os cenários automatizado e manual, respectivamente. |
| Vasishta; Mehany e Killingsworth (2023) | Comparative life cycle assesment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA) of precast and cast-in-place buildings in United States. | Uma abordagem do berço ao túmulo foi usada para avaliar impactos para sistemas de construção pré-moldados e moldados no local construídos nos Estados Unidos (EUA), utilizando o software Open LCA e o manual NIST para LCCA. | Os resultados mostraram que os sistemas pré-moldados que utilizam sistemas de construção de painéis sanduíche tiveram custos de ciclo de vida (LCC) 21% mais baixos em comparação com o sistema de construção moldado no local. A fase de construção e a fase de operação também tiveram LCC 38% e 24% menor em comparação aos sistemas construtivos moldados no local. |
| Deng e Lu (2023) | Multi-level assessment for embodied carbon of buildings using multi-source industry foundation classes. | O ciclo de vida do carbono incorporado da construção do caso é simulado usando diretamente modelos BIM heterogêneos de múltiplos recursos existentes na fase de projeto. De acordo com a metodologia, uma ferramenta inovadora da IFC, NMBIM, é desenvolvida para automatizar. | O ciclo de vida do carbono incorporado do edifício é simulado, reduzindo de 837,23 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ para 727,08 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ |
| Abu-Ennab <i>et al.</i> (2022) | Comparative life cycle assessment of large-scale 3D printing utilizing kaolinite based sulfoaluminate cement concrete and conventional construction. | Os impactos ambientais dos cenários estudados são calculados através da base de dados e literatura do Gabi. | A análise LCA mostra que a substituição de paredes de alvenaria convencionais por paredes KCSC impressas em 3D reduz EE, GWP e EP em cerca de 12%, 55% e 4% por unidade de volume e em ca. 55%, 77% e 53% por unidade de resistência à compressão do painel de parede. |
| Leão <i>et al.</i> (2022) | Is the Soil-Cement Brick an Ecological Brick? An Analysis of the Life Cycle Environmental and | O sistema do produto foi modelado utilizando o software Simapro v8.5 com a biblioteca de alocação no ponto de substituição (APOS) do banco de dados Ecoinvent v3.6. | Os resultados mostraram que as matérias-primas são uma grande contribuição para as paredes de alvenaria de solo-cimento, seguidas pelas juntas e ligações com pilares. |

| | Energy/Performance of Masonry Walls. | | |
|-------------------------------------|---|---|--|
| Maury-Ramírez e Belie (2022) | Environmental and Economic Assessment of Eco-Concrete for Residential Buildings: A Case Study of Santiago de Cali (Colombia). | Os métodos padrão LCA e LCC desenvolvidos pela Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) e pela Organização Internacional de Padronização (ISO) foram seguidos. Em ambos os casos, o software Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES) versão 2.1 foi selecionado para o desenvolvimento integrado de ACV e LCC. Foi utilizado um servidor Microsoft SQL, BEES integra Simapro versão 8.0 e Ecoinvent 2017. | Os resultados indicam que 40% de concreto com cinza volante ou 50% de escória de alto forno seriam recomendados para reduzir a acidificação ou o potencial de aquecimento global, respectivamente. Porém, considerando as políticas públicas existentes, a melhor opção para o estudo de caso é o concreto com 50% de escória. |
| Cheng <i>et al.</i> (2022) | BIM-enabled life cycle assessment of concrete formwork waste reduction through prefabrication. | Integra avaliação do ciclo de vida (ACV) e modelagem de informação e construção (BIM) para quantificar a possível redução de resíduos de cofragem ao longo do ciclo de vida através da pré-fabricação de um projeto de construção. | A pré-fabricação pode reduzir o desperdício de forma em 59,68% -71,83%, proveniente principalmente de paredes retas e lajes. Este número pode aumentar continuamente até 90% se a pré-fabricação for mais aplicada e promovida. |
| Cauteren <i>et al.</i> (2022) | Design optimization of hybrid steel/timber structures for minimal environmental impact and financial cost: A case study. | A ferramenta MMG+ _KULeuven é usada para os cálculos LCA e LCC. Esta ferramenta utiliza o método belga LCA para edifícios ou Perfil ambiental de elementos de construção (inglês) combinado com um módulo para cálculos LCC baseado em SuFiQuaD em linha com as normas ISO e europeias para LCA. | Os resultados mostram que, dependendo das condições de projeto, as estruturas híbridas de aço/madeira são, em alguns casos, ótimas de Pareto. |
| Berges-Alvarez <i>et al.</i> (2022) | Environmental and economic criteria in early phases of building design through Building Information Modeling: A workflow exploration in developing countries. | Foi executada a aplicação de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) por meio da metodologia BIM. Análise foi executada por meio do Autodesk Revit 2022 utilizando a escala Likert. | Os resultados revelam uma oportunidade para gerar a consciência de sustentabilidade entre os intervenientes e reduzir o impacto ambiental da construção em termos de custos. |
| Scherz <i>et al.</i> (2022) | Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) in the Procurement Process of Buildings: A Systematic Literature Review. | Foram aplicadas as diretrizes do método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) e conduzimos uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR) sobre ACV na fase inicial de projetos de construção civil. | Os resultados mostram que numerosos artigos se centraram em concursos sustentáveis ou contratos públicos ecológicos na indústria da construção. A utilização de LCA nesses processos ainda é pouco difundida. Apenas um número reduzido de estudos (incluindo alguns baseados em casos reais e decisões judiciais) demonstra aplicação prática |
| Rezende <i>et al.</i> (2022) | A Lean and Green approach for the eco-efficiency assessment on construction | Os resultados foram obtidos analisando conjuntamente VSM e LCA. A ferramenta de software openLCA v.1.7 e o banco de dados ecoinvent versão 3.6 foram utilizados para fornecer dados de base para completar os sistemas de produtos de | Os resultados afirmam que o light steel framing apresentou um valor agregado 43% maior que o concreto armado na etapa 1, enquanto teve 8% menos impactos potenciais de aquecimento global na etapa 2. |

| | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|
| | sites: description and case study. | estrutura de concreto e light steel framing durante o processo de modelagem de ACV. | A etapa 3 concluiu que o light steel framing foi 1,38 vezes mais eficiente do que o light steel framing. |
| Al-Obaidy; Courard e Attia (2022) | A Parametric Approach to Optimizing Building Construction Systems and Carbon Footprint: A Case Study Inspired by Circularity Principles. | A metodologia consiste em análise tipológica de construção paramétrica, automatizada através do software One Click LCA (Life Cycle Assessment) e Microsoft Excel com 21 projetos alternativos e 630 iterações. Foram realizadas análises de impacto ambiental para sistemas construtivos de madeira, aço, concreto e híbridos, seguindo as normas ISO 14040 e CEN/TC 350. | Os resultados indicam que a utilização de materiais locais de origem biológica, incluindo madeira, pode reduzir o impacto ambiental dos edifícios. Os resultados da análise de sensibilidade fornecem evidências de que o peso do material de construção, o potencial de reutilização de materiais e a capacidade de desmantelamento da construção são os fatores mais influentes em edifícios. |
| Tian e Spatari (2022) | Environmental life cycle evaluation of prefabricated residential construction in China. | ACV baseada em processos seguindo a estrutura de quatro estágios dos padrões ISO 14040/44. O modelo de ICV foi construído de acordo com as quantidades (insumos) de materiais e energia definidas para os projetos e modelado utilizando o software GaBi LCA. | Os resultados revelam que, com exceção da eutrofização marinha, os métodos de pré-fabricação oferecem mais vantagens ambientais em comparação com os métodos tradicionais para todas as categorias de impacto. |
| Shang <i>et al.</i> (2022) | Life cycle sustainable assessment of natural vs artificial lightweight aggregates. | O sistema de avaliação foi dividido em quatro categorias de critérios marcadas como demandas da sociedade, custos econômicos, impactos ambientais e desempenho técnico, e a cada uma delas foi atribuído um número de subíndices. Uma pesquisa qualitativa por questionário com sete subíndices e um cálculo quantitativo com oito subíndices foram executados. | A análise de sensibilidade mostra que a relação oferta-demanda de matérias-primas tem um grande impacto na sustentabilidade dos agregados leves, e a distância de transporte das matérias-primas é o fator crítico na produção de LWA. |
| Amiri <i>et al.</i> (2021) | Embodied emissions of buildings - A forgotten factor in green building certificates. | Na primeira etapa foram definidos três cenários opcionais de materiais de construção (concreto otimizado, híbrido concreto-madeira e edifícios de madeira), além do caso base do edifício de concreto localizado na Islândia. Em segundo lugar, foi realizada uma ACV para cada cenário. Por fim, foi avaliado o número de pontos LEED e o nível de certificação LEED. | A ACV apresentou o menor impacto ambiental para a construção de madeira seguida pela construção híbrida de concreto-madeira. No referencial LEED, os cenários de madeira e híbrido obtiveram 14 e 8 pontos relacionados à seleção de materiais. Dentre esses pontos, apenas 3 foram acreditados diretamente para emissões incorporadas. |
| Yayla; Kayakutlu e Kayaalica (2021) | Life Cycle Assessment with BIM Towards Sustainable Energy Policy-Making: The Case of Urban Transformation in Istanbul. | De acordo com os cenários de eficiência energética, foram realizadas análises energéticas no modelo BIM. A estratégia mais custo-efetiva foi determinada com o método Life Cycle Cost. | Quando comparado com a situação atual, é possível poupar energia até 227 GWh por ano, o que equivale à procura anual de energia para aquecimento de aproximadamente 30.000 habitações, na área de estudo de caso. |
| Oladazimi <i>et al.</i> (2021) | Sustainability Identification of Steel and Concrete Construction Frames with Respect to Triple Bottom Line. | Para a avaliação ambiental dos dois pórticos construtivos, foi realizado o método ACV com base no referencial apresentado pela ISO 14040 e ISO 14044. O método LCC foi selecionado para a avaliação econômica de acordo com os processos fundamentais do LCC. Para avaliações sociais, foi | Construir com estrutura de aço custa quase 40% mais do que sua contraparte de concreto. Em geral, dar um peso de grande importância à dimensão ambiental leva a uma preferência de sustentabilidade do aço em detrimento da estrutura de betão, enquanto dar um |

| | | | |
|-------------------------------|---|---|---|
| | | considerada a técnica S-LCA com base nas diretrizes da UNEP/SETAC. | peso de grande importância às dimensões económicas ou sociais leva a uma preferência de sustentabilidade do betão em detrimento da estrutura de betão a estrutura de aço. |
| Kania <i>et al.</i> (2021) | Analyses of the Life Cycles and Social Costs of CO₂ Emissions of Single-Family Residential Buildings: A Case Study in Poland. | A investigação baseou-se na análise dos ciclos de vida dos edifícios através de LCAs (focadas nas emissões de CO ₂) utilizando o OneClickLCA. Este software está em conformidade com a norma EN 15978. | Constatou-se que as emissões anuais de CO ₂ por metro quadrado de superfície de construção nos objetos analisados estavam na faixa de 30 a 176 kg CO ₂ . O maior contribuinte para os efeitos ambientais foi o consumo de energia (58% a 90%). |
| Karlsson <i>et al.</i> (2021) | Achieving net-zero carbon emissions in construction supply chains – A multidimensional analysis of residential building systems. | Com o apoio da ACV dos sistemas construtivos de referência, foram feitas estimativas das magnitudes dos potenciais atuais e futuros para reduções de emissões de GEE em toda a construção civil cadeia de suprimentos. | Os resultados indicam que as emissões de gases com efeito de estufa podem ser reduzidas até 40% com as tecnologias e práticas atualmente disponíveis, com reduções potenciais ainda maiores de 80% até ao ano 2030 e 93% até ao ano 2045. |
| Lukic <i>et al.</i> (2021) | Embodied energy and GHG emissions of residential multi-storey timber buildings by height – A case with structural connectors and mechanical fasteners. | O modelo do edifício foi submetido à multiplicação paramétrica num edifício de vários andares e modelado no software Cadwork, o software CAD/CAM 3D. A ferramenta de software utilizada para o cálculo da ACV foi o SimaPro v9.0. | Os resultados revelaram a importância dos conectores e fixadores, uma vez que representam até 4,80% do CED não renovável ao nível do edifício, e até 25,66% quando se avalia a estrutura de madeira portante. |
| Xue <i>et al.</i> (2021) | BIM Integrated LCA for Promoting Circular Economy Sustainable Construction An Analytical Review. | Esse estudo identificou as implicações, considerações, contribuições e desafios da ACV integrada ao BIM e da adoção da Economia Circular na indústria, por meio da análise crítica da literatura recente. | O estudo concluiu que as contribuições científicas em BIM, LCA e construção aumentaram significativamente nos últimos anos. O estudo demonstrou que a integração do BIM com a LCA pode trazer grandes benefícios na avaliação de todo o ciclo de vida do edifício |
| Struhala e Ostrý (2021) | Life-Cycle Assessment of a Rural Terraced House: A Struggle with Sustainability of Building Renovations. | Ilustra a situação utilizando um estudo de caso de uma casa rural na República Checa. Compara a ACV da casa original e a sua proposta de renovação, bem como a demolição seguida de nova construção. | Os resultados mostram que a renovação proposta reduziria os impactos ambientais globais (OEs) da casa em até 90% e a demolição e nova construção em até 93%, dependendo das fontes de energia. |
| Cabeza <i>et al.</i> (2021) | Embodied energy and carbon of structural building materials: Worldwide progress and barriers through literature map analysis. | A metodologia deste estudo é dividida em duas partes. A primeira é uma análise da literatura sobre o tema, desenvolvida através de uma análise bibliométrica e de alguns mapas de literatura a partir de uma busca na base de dados <i>Scopus</i> . A segunda parte é uma análise quantitativa dos valores de energia incorporada e do carbono incorporado relatados na literatura. | Em relação aos valores de energia incorporada e carbono incorporado revisados por pares, o aço representa o material com maior energia incorporada, 32–35 MJ/kg. Na alvenaria, a energia incorporada é maior do que nos materiais de concreto e terra. A madeira tem maior energia incorporada do que os materiais mencionados anteriormente. Por outro lado, |

| | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|---|
| | | | | os materiais terrosos e a madeira apresentam os menores coeficientes de carbono incorporado, sendo inferiores a 0,01 kg CO ₂ /kg. |
| Alaux <i>et al.</i> (2021) | Embodied greenhouse gas emissions reduction for structural elements in office buildings. | O cálculo da ACV foi realizado em conformidade com as normas europeias que regulamentam a ACV de edifícios e produtos de construção (EN 15978 e EN 15804). A base de dados genérica utilizada para esta ACV é a Ecoinvent 3.5, que está disponível na ferramenta de simulação SimaPro. | | A implementação destas estratégias identificadas nos estudos de caso e na sua ACV conduziu a uma redução máxima de 15% nas emissões de GEE para edifícios de escritórios de vários andares em comparação com um edifício convencional de betão. |
| Müller <i>et al.</i> (2021) | The Dilemma of Balancing Design for Impact Sound with Environmental Performance in Wood Ceiling Systems — A Building Physics Perspective | Os impactos ambientais são quantificados com base no consumo total de energia proveniente de recursos renováveis e não renováveis. Além disso, são investigados o potencial de aquecimento global (PAG), o potencial de acidificação do solo e da água (PA) e o potencial de eutrofização (PE). Para o equilíbrio dos impactos ambientais, são utilizadas as construções de acordo com a base de dados ÖKOBAUDAT. | | A comparação com materiais pesados, como o concreto, mostra a relação da otimização acústica com a mudança do perfil ambiental. |
| Moňoková e Vilcekova (2020) | Sustainable Construction - Environmental Impacts Assessment of Architectural Elements and Building Services. | A metodologia de avaliação ACV e o software eTool LCD foram utilizados para modelar os efeitos do ciclo de vida das casas. | | Esta análise obteve o papel das tecnologias ambientais verdes utilizadas para as seguintes categorias de impacto selecionadas: GWP, EP, AP e potencial fotoquímico de formação de ozônio dentro do limite “Cradle to gate com opções”. |
| Cheng; Tam e Chen (2020) | A BIM-LCA Approach for Estimating the Greenhouse Gas Emissions of Large-Scale Public Buildings: A Case Study. | Combina a teoria da avaliação do ACV e a tecnologia de modelagem de informações de construção (BIM), propondo assim um método de avaliação de edifícios verdes através do cálculo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos edifícios do berço ao túmulo. Os softwares BIM (Revit e Designbuilder) são aplicados neste estudo. | | Os resultados mostram que o BIM pode fornecer uma fonte rica de informações de engenharia necessárias para ACV. Além disso, a fase de operação e manutenção desempenha o papel mais importante na redução de GGE de um edifício ao longo de todo o ciclo de vida. |
| Yao <i>et al.</i> (2020) | Evaluating the Environmental Impact of Construction within the Industrialized Building Information Modelling Approach. | Um ciclo de vida modelo de avaliação de ACV, nomeadamente modelo de entrada-processo-saída (IPO), é proposto para analisar o impacto ambiental da construção da camada padrão de edifícios industrializados de quatro vidas etapas do ciclo, nomeadamente transporte, empilhamento, montagem e moldagem no local. A abordagem de monetização da disposição a pagar (DAP) foi aplicado para fazer uma comparação quantitativa. | | Os resultados revelam que o estágio de montagem tem o maior impacto no meio ambiente com 66,13% entre os quatro estágios do ciclo de vida, seguido por transporte com 16,39%, empilhamento com 10,29% e fundido no local com 7,19%. |
| Mitterpach; Igaz e Štefko (2020) | Environmental Evaluation of Alternative Woodbased External Wall Assembly. | A análise ambiental Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (LCIA) foi realizada pelo software SimaPro, utilizando o método IMPACT2002+ em termos de impacto em componentes selecionados (saúde humana, qualidade dos ecossistemas, alterações climáticas, recursos). | | Os resultados da pesquisa mostraram que a montagem do material da parede externa influencia significativamente o resultado da análise LCIA, sendo a escolha do material isolante o mais importante, pois |

| | | | | |
|------------------------------------|--|---|---|---|
| | | | | o isolamento representa em média mais de 80% do volume das estruturas de madeira. |
| Caldas <i>et al.</i> (2020) | Bamboo bio-concrete as an alternative for buildings' climate change mitigation and adaptation. | A estrutura proposta é testada em um edifício de bioconcreto de bambu (BBC) e comparada com sistemas construtivos convencionais. O Método está organizado em três partes: (1) Caracterização de Alternativas Construtivas, (2) Quadro de Avaliação Dinâmica do Impacto das Mudanças Climáticas e (3) Avaliação Dinâmica do Ciclo de Vida (DLCA), usando Avaliação Dinâmica do Ciclo de Vida e simulação de energia térmica. | A estrutura proposta é testada em um edifício de bioconcreto de bambu (BBC) e comparada com sistemas construtivos convencionais. O Método está organizado em três partes: (1) Caracterização de Alternativas Construtivas, (2) Quadro de Avaliação Dinâmica do Impacto das Mudanças Climáticas e (3) Avaliação Dinâmica do Ciclo de Vida (DLCA), usando Avaliação Dinâmica do Ciclo de Vida e simulação de energia térmica. | O aumento da BBC na envolvente do edifício, de 10 cm para 20 cm, leva à melhoria do stock de carbono e reduz o carbono operacional. |
| Mohammad; Masad e AL-Ghamdi (2020) | 3D Concrete Printing Sustainability: A Comparative Life Cycle Assessment of Four Construction Method Scenarios. | A ACV foi realizada para uma parede externa de suporte de 1 m ² em todos os quatro cenários. A modelagem LCA foi realizada no GaBi 9.2.1.68, da Thinkstep, utilizando o banco de dados GaBi 2020 de acordo com os bancos de dados GaBi e princípios de modelagem. | A ACV foi realizada para uma parede externa de suporte de 1 m ² em todos os quatro cenários. A modelagem LCA foi realizada no GaBi 9.2.1.68, da Thinkstep, utilizando o banco de dados GaBi 2020 de acordo com os bancos de dados GaBi e princípios de modelagem. | A análise da ACV mostrou que o 3DCP reduziu significativamente os efeitos ambientais em termos de potencial de aquecimento global (GWP), potencial de acidificação (PA), potencial de eutrofização (EP), potencial de formação de smog (SFP) e esgotamento de combustíveis fósseis (FFD), em comparação com métodos de construção convencionais. |
| Khan e Ali (2020) | Sustainable construction Lessons learned from life cycle assessment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA). | São realizadas a avaliação do ciclo de vida e a análise do custo do ciclo de vida de seis misturas de concreto que incluem resíduos de construção e demolição (RCD), lama de mármore, casca de arroz e cinza de bagaço como substituto parcial do cimento. Esses tipos de concreto são comparados entre si e com o concreto comum para selecionar o melhor tipo de concreto possível para um país em desenvolvimento, como o Paquistão. | São realizadas a avaliação do ciclo de vida e a análise do custo do ciclo de vida de seis misturas de concreto que incluem resíduos de construção e demolição (RCD), lama de mármore, casca de arroz e cinza de bagaço como substituto parcial do cimento. Esses tipos de concreto são comparados entre si e com o concreto comum para selecionar o melhor tipo de concreto possível para um país em desenvolvimento, como o Paquistão. | Os resultados mostram que, embora para um país agrícola como o Paquistão, os resíduos agrícolas são preferíveis para utilização se as emissões de CO ₂ e CO provenientes da casca de arroz e de NO _x e SO ₂ provenientes das cinzas do bagaço forem controladas. Com base nos resultados, recomenda-se a utilização do RCD em concreto devido à pequena quantidade de emissões atmosféricas e aos preços acessíveis. |
| Göswein <i>et al.</i> (2020) | Using anticipatory life cycle assessment to enable future sustainable construction. | Esse artigo adapta a abordagem a-ACV para fins específicos da construção em termos teóricos para os quatro desafios e aplica o método a um inovador sistema de envelope modular pré-fabricado, o CleanTechBlock (CTB). | Esse artigo adapta a abordagem a-ACV para fins específicos da construção em termos teóricos para os quatro desafios e aplica o método a um inovador sistema de envelope modular pré-fabricado, o CleanTechBlock (CTB). | Os resultados do estudo de caso mostram que é necessária uma escolha otimizada de materiais e um design de produto para alcançar o menor impacto ambiental. |
| Jiang <i>et al.</i> (2019) | Cradle-to-Site Carbon Emissions Assessment of Prefabricated Rebar Cages for High-Rise Buildings in China. | O método LCA é aplicado para calcular as emissões de carbono "do berço ao local". A comparação é em três etapas: etapa de preparação dos materiais de construção, etapa de transporte e etapa de construção no local; três tipos de componentes estruturais: paredes de cisalhamento, lajes e vigas; três recursos: mão de obra, materiais e máquinas; e dois cenários: ISRB e PRC. | O método LCA é aplicado para calcular as emissões de carbono "do berço ao local". A comparação é em três etapas: etapa de preparação dos materiais de construção, etapa de transporte e etapa de construção no local; três tipos de componentes estruturais: paredes de cisalhamento, lajes e vigas; três recursos: mão de obra, materiais e máquinas; e dois cenários: ISRB e PRC. | Globalmente, as emissões de CO ₂ podem ser reduzidas em 1,24% através da adoção do método PRC para edifícios altos, pelo que se recomenda a adoção de PRC para este efeito. |
| Schlegl <i>et al.</i> (2019) | LCA of buildings in Germany: Proposal for a | Os atuais arquivos de submissão e banco de dados da DGNB são avaliados e revisados criticamente no que diz respeito a seu uso nos benchmarks automatizados de ACV. Primeiro, é | Os atuais arquivos de submissão e banco de dados da DGNB são avaliados e revisados criticamente no que diz respeito a seu uso nos benchmarks automatizados de ACV. Primeiro, é | Os resultados destacam as oportunidades e desafios no desenvolvimento de uma base de dados para benchmarking. Antes que os benchmarks de ACV de |

| | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|
| | future benchmark based on existing databases | criada uma base de dados harmonizada a partir do grande número de edifícios avaliados. Em segundo lugar, os dados são examinados quanto à sua adequação para benchmarking no que diz respeito ao formato, estrutura e nível de detalhe dos dados. | longo prazo possam ser desenvolvidos e implantados, um formato padronizado e uniforme de submissão de resultados, que seja indiferente em relação ao software de ACV usado, precisa ser desenvolvido. |
| Najjar <i>et al.</i> (2019) | Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings. | O BIM é utilizado como plataforma de modelagem da edificação, onde é feita a seleção de bancos de dados de materiais e clima. Os dados do modelo BIM são então repassados para uma abordagem de ACV que é utilizada com dois objetivos principais: (1) aumentar a eficiência energética operacional; e (2) reduzir os impactos ambientais do prédio estudado. | Os impactos em termos de intensidade anual de utilização de energia podem ser reduzidos em cerca de 45%, a utilização e o custo da energia durante o ciclo de vida podem ser aumentados em mais de 50% e os impactos ambientais, como a acidificação e o potencial de aquecimento global, podem ser reduzidos em mais de 30%, devido ao uso da estrutura proposta. |
| Francart <i>et al.</i> (2019) | Requirements set by Swedish municipalities to promote construction with low climate change impact. | Foram concebidas entrevistas semiestruturadas para captar o ponto de vista dos representantes municipais, centrando-se na sua experiência, na sua utilização de ferramentas de ACV e nos motivadores e barreiras percebidos às suas práticas. | Os resultados mostram que os grandes municípios são mais propensos a ter políticas específicas e a implementar mais medidas do que os seus congêneres mais pequenos. |
| Leotoa e Lizarralde (2019) | Challenges in evaluating strategies for reducing a building's environmental impact through Integrated Design. | Foi utilizado o Estimador de Impacto Athena para Edifícios (IE4B), desenvolvida para arquitetos e projetistas de edifícios. Foi aplicada também a estrutura ISO 14040 para ACV. | Os resultados mostram uma redução de 60% no potencial de aquecimento global (GWP) e de 62% no consumo de energia nos estudos de caso. |
| Santos <i>et al.</i> (2019) | Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction. | Os autores realizaram uma análise sistemática da literatura sobre construção sustentável e BIM. | A pesquisa resultou em um total de 317 artigos de periódicos para o período entre 2008 e 2017. |
| Buhamdan <i>et al.</i> (2019) | A multi-criteria lifecycle assessment framework for evaluating building systems design. | Este artigo apresenta uma estrutura de avaliação do ciclo de vida multicritério (MCLCA) para avaliar os projetos de edifícios, a fim de reduzir o impacto nos critérios de avaliação selecionados. | O estudo de caso mostra que a aplicação do quadro proposto contribui para reduzir o impacto negativo do ciclo de vida dos sistemas de construção. |
| Santos <i>et al.</i> (2019) | Integration of LCA and LCC analysis within a BIM-based environment. | Foi proposta uma estrutura BIM-LCA/LCC, que levou ao desenvolvimento de um manual de entrega de informações e uma definição de visualização de modelo (IDM/MVD), utilizando o esquema de classes de base da indústria (IFC) dentro de um Ambiente baseado em BIM. | Observa-se que, embora os esquemas IFC mais recentes já considerem algumas das informações exigidas, um número considerável de propriedades ainda é necessário para realizar uma análise abrangente de ACV e CCV. |
| Palacios-Munoz <i>et al.</i> (2018) | Simplified structural design and LCA of reinforced concrete beams strengthening techniques. | Fornece uma metodologia simplificada para dimensionar o reforço, superando a necessidade de amplo conhecimento em estruturas. | O modelo proposto é adequado, pouco demorado e com base científica para obter os dados necessários em uma ACV de reforço de vigas de concreto armado. |

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Lozano-Miralles <i>et al.</i> (2018) | Comparative Study on the Environmental Impact of Traditional Clay Bricks Mixed with Organic Waste Using Life Cycle Analysis. | (ACV) para avaliar os impactos ambientais de tijolos de barro cozidos que incorporam resíduos orgânicos. Os potenciais impactos ambientais são analisados e comparados usando o método ReCiPe midpoint LCA usando SimaPro 8.0.5.13. Os resultados obtidos com este método são comparados com os obtidos com um segundo método – Impact 2002+ v2.12. | Os resultados da ACV mostram que a incorporação de resíduos orgânicos em tijolos é favorável do ponto de vista ambiental e é uma abordagem alternativa promissora em termos de impactos ambientais, pois leva a uma diminuição de 15-20% em todas as categorias de impacto estudadas. |
| Carretero-Ayuso e Sanz-Calcedo (2018) | Comparison between building roof construction systems based on the LCA. | Baseada em técnicas de Avaliação do Ciclo de Vida, esta pesquisa compara o impacto ambiental de 11 variantes para construção de coberturas em edifícios residenciais. | Constatou-se que as coberturas planas trafegáveis geram maiores emissões de dióxido de carbono e utilizam mais energia na sua construção, e que as coberturas planas com acabamento em brita exigem menor custo de manutenção decenal. |
| Öztaş (2018) | The Limitations of LCA Methodology Towards Sustainable Construction Materials. | Neste estudo, objetivou-se a promoção do uso da ACV para o tijolo. Portanto, foram avaliados os estudos recentes sobre ACV da produção de tijolos e os problemas na utilização da ACV para os materiais de construção foram identificados | Como resultado observou-se que o padrão ISO não inclui todas as regras sobre ACV. Nos países em desenvolvimento, deveriam ser desenvolvidas bases de dados nacionais ou regionais devido à importância dos fatores locais. Para a fase AICV, o método AICV simplificado utilizando as categorias de impacto segundo a EN 15804. |
| Lützkendorf (2018) | Assessing the environmental performance of buildings: trends, lessons and tensions. | São examinados seis tópicos: o desenvolvimento do modelo clássico de sustentabilidade dos “três pilares”; a adequação dos critérios e indicadores de avaliação; o manejo do progresso tecnológico; o desconto dos impactos ambientais; a avaliação ambiental dos edifícios existentes; e o maior desenvolvimento dos requisitos legais. | As ações recomendadas são fornecidas para as principais partes interessadas. |
| Fraille-Garcia <i>et al.</i> (2017) | Repercussion the use phase in the life cycle assessment of structures in residential buildings using one-way slabs. | São combinadas variáveis representativas para definir a estrutura de um edifício: grades de pilares, variações na geometria de lajes unidirecionais e diferentes materiais. Um modelo discreto que incorpora 360 casos é construído para comparar a confiabilidade do modelo com um estudo em projetos de estruturas reais. | Os resultados mostram a importância da fase de uso em edifícios residenciais no que diz respeito aos efeitos gerados durante as demais fases (produção, execução e demolição), bem como suas elevadas variações, de até 140,4%. |
| Macias <i>et al.</i> (2017) | Embodied and operational energy assessment of different construction methods employed on social interest dwellings in Ecuador. | A avaliação energética operacional utiliza a energia de refrigeração para alcançar o conforto no interior da habitação através de simulações com EnergyPlus. A modelagem LCA é conduzida usando bancos de dados GaBi LCI (Life Cycle Inventory). | A energia operacional, ao longo do ciclo de vida das unidades habitacionais em estudo, é a que mais consome energia, variando de 81,1% a 97,0% da energia total. Mostrando que é durante a fase operacional as unidades habitacionais que mais energia é demandada. |
| Taha, Ibrahim e Ali (2017) | Steel as a sustainable choice towards the green building concept. | Os dados de uma fábrica siderúrgica privada no Egito foram compilados como um passo para completar o inventário do ciclo de vida egípcio a respeito da análise do aço. Foi | O aço não é apenas um material sustentável, mas também edifícios com estrutura de aço, que podem fornecer soluções interessantes ao longo de todo o |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|
| | | aprimorado o banco de dados ENLCl, iniciado e desenvolvido por Ali <i>et al.</i> | ciclo de vida que alcançam atributos de construção verde com base na sua caracterização sustentável. A LCI Nacional Egípcia (ENLCl) deve ser desenvolvida para realizar a ACV completa dos edifícios. |
| Passer <i>et al.</i> (2016) | Impact of building refurbishment strategies on the energetic payback. | Abordagem proposta num estudo de caso residencial como projeto de remodelação de referência construído na década de 1960. Os indicadores ambientais demanda cumulativa de energia, potencial de aquecimento global e escassez ecológica foram avaliados para a ACV cobrindo todas as fases do ciclo de vida durante um período de estudo de referência de 60 anos. | Os resultados mostraram que o cenário ideal de remodelação do ponto de vista da ACV era uma remodelação de alta qualidade da envolvente térmica através da utilização de elementos pré-fabricados de fachada, coletores solares térmicos e também painéis fotovoltaicos. |
| Passer <i>et al.</i> (2016) | The impact of future scenarios on building refurbishment strategies towards plus energy buildings. | Os métodos baseiam-se nas Normas Europeias do CEN/TC 350. As entradas e saídas dos materiais de construção foram baseadas na lista de quantidades dos elementos e foram modeladas usando SimaPro 7.3.3 com o banco de dados incluído, ou seja, Ecoinvent versão 2.2. | Os resultados indicaram que uma remodelação de alta qualidade da envolvente térmica com elementos de fachada pré-fabricados, como coletores solares térmicos e painéis fotovoltaicos, representou a remodelação ideal. |
| Fraille-Garcia <i>et al.</i> (2016) | Optimization based on life cycle analysis for reinforced concrete structures with one-way slabs. | Através da análise do ciclo de vida (ACV) dos materiais e métodos utilizados para a implementação das diferentes alternativas, é estabelecida uma comparação através do método Eco-Indicador '99. | Os resultados mostram que o número de pilares condiciona os impactos obtidos, sendo de salientar que a opção menos utilizada em edifícios residenciais reais apresenta valores muito atrativos em termos de impacto ambiental. |
| Islam <i>et al.</i> (2016) | Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. | A abordagem de avaliação do ciclo de vida (ACV) foi utilizada para avaliar seis indicadores de categoria LCEI. Uma abordagem simplificada de ACV foi realizada usando o software SimaPro (versão 7.3) da PRé, em conformidade com as diretrizes da ISO 14044. | Os resultados mostram que a fase de operação tem o impacto mais dominante para todos os indicadores, exceto uso de água e geração de resíduos sólidos. Para todas as categorias de impacto, as contribuições globais dos impactos de todo o ACV aumentaram significativamente se a vida útil projetada aumenta. |
| Sierra-Perez <i>et al.</i> (2016) | Environmental implications of the use of agglomerated cork as thermal insulation in buildings. | Este estudo analisa o desempenho ambiental de um painel isolante de cortiça, constituído por cortiça aglomerada proveniente de resíduos florestais de cortiça, através da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida cradle-to-gate. | Os resultados indicam que a utilização de materiais isolantes naturais não implica necessariamente uma redução dos impactos ambientais devido a processos de fabricação com baixo desenvolvimento tecnológico. |
| Taha, Ibrahim e Ali (2016) | Steel as a sustainable choice towards the green building concept. | Os dados de uma fábrica siderúrgica privada no Egipto foram compilados como um passo para completar o inventário do ciclo de vida egípcio, para que a indústria siderúrgica pudesse ser avaliada ambientalmente. | Foi demonstrado que um edifício verde não possui um método de construção específico, mas é um conjunto de técnicas, materiais e tecnologias adequadamente integradas para melhorar o desempenho ambiental do edifício. |

| | | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| Jaillon, Dong e Poon (2016) | Life cycle assessment of precast and cast-in-situ construction. | Para estabelecer o modelo ACV, o banco de dados Ecoinvent é adotado para fornecer dados secundários de processos upstream. O modelo LCA é estabelecido no SimaPro 8. O modelo é composto por mais de cem processos de projeto. | Verifica-se que a fachada pré-moldada tem um desempenho 6,3% melhor do que a fachada moldada <i>in situ</i> em termos de emissões de carbono. A emissão de carbono para fachada pré-moldada é de 647 kg CO ₂ eq, enquanto o valor é de 708 kg CO ₂ eq para fachada moldada <i>in-situ</i> . |
| Lewandowska <i>et al.</i> (2015) | Between full LCA and energy certification methodology—a comparison of six methodological variants of buildings environmental assessments. | As soluções de compromisso propostas eram híbridas, utilizando, em vários graus, a avaliação do ciclo de vida ambiental (ACV) e a certificação energética. As avaliações de impacto do ciclo de vida foram realizadas utilizando o IMPACT 2002+. | Os resultados alcançados demonstraram que as simplificações incluídas na certificação energética conduzem a uma queda significativa dos impactos ambientais (77,9% em média) em relação ao impacto calculado para a ACV completa. |
| Bork, Junior e Gomes (2015) | Social Life Cycle Assessment of three companies of the furniture sector. | Compara, por meio da avaliação de sustentabilidade, diferentes sistemas construtivos industrializados com o sistema convencional utilizado na construção de habitações sociais no Brasil. A análise social foi realizada com a utilização da metodologia SLCA, considerando que a empresa é a unidade fundamental do sistema de ciclo de vida. | A análise da Avaliação do Ciclo de Vida Social das três empresas do setor moveleiro demonstra que estas poderiam incorporar requisitos sociais de sustentabilidade para melhorar seu desempenho social, ou seja, a análise dos Indicadores de Impacto onde a empresa não apresentou desempenho satisfatório poderia ser o foco para a introdução de melhorias. |
| Lotteau <i>et al.</i> (2015) | Critical review of life cycle assessment (LCA) for the built environment at the neighborhood scale. | Compilação de todos os artigos relacionados à ACV do ambiente construído em escala de bairro. O foco é realizado em 21 estudos de caso existentes que são analisados de acordo com critérios derivados das quatro fases dos padrões internacionais de ACV. | Os estudos de casos mostram que a literatura existente sobre estudos de caso é escassa e que as escolhas metodológicas são altamente heterogêneas em cada fase da ACV. |
| Li e Yuan (2015) | Environmental Impacts of Residential Buildings of Two Different Layouts in Shenzhen. | São analisados dois layouts de edifícios diferentes (três unidades de apartamentos e seis unidades de apartamentos). A metodologia quantitativa de avaliação do ciclo de vida (ACV) é aplicada à estimativa das cargas ambientais. | Os resultados mostram que os dois layouts de construção não apresentam grande diferença nos impactos ambientais. No entanto, com base no modelo LCA, o processo de fabricação de materiais leva aos maiores impactos, representando mais de 90% do total das necessidades energéticas. |
| Du <i>et al.</i> (2014) | Life cycle assessment as a decision support tool for bridge procurement: environmental impact comparison among five bridge designs. | Foi aplicada uma estrutura abrangente de ACV para pontes rodoviárias, obedecendo à metodologia LCA ReCiPe (H). | Os resultados completos fornecem dados sobre a liberação de milhares de produtos químicos associados à produção e utilização dos materiais. |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Feng e Hewage (2014) | Life cycle assessment of living walls: air purification and energy performance. | Avaliação comparativa do ciclo de vida (ACV) de três sistemas de paredes vivas: sistema de treliça, sistema de caixa de plantio e sistema de camada de feltro usando referências e base de dados do SimaPro. | Os resultados demonstraram que o sistema de camada de feltro não é ambientalmente sustentável na limpeza do ar e na economia de energia em comparação com o sistema de treliça e o sistema de painel modular. |
| Pacheco-Torres <i>et al.</i> (2014) | Analysis of CO ₂ emissions in the construction phase of single-family detached houses. | Esta investigação analisa o impacto ambiental das emissões de CO ₂ na construção civil nos seguintes processos de (ACV):(A1) fornecimento de matéria-prima; (A2) transporte; (A3) fabricação; (A4) transporte; (A5) processos de construção/instalação no local. | No caso de uma moradia unifamiliar isolada, o valor obtido foi de 385 kg CO ₂ /m ² de superfície deste tipo de edifício. Também foi obtida a distribuição dessas emissões entre as unidades de obra. |

Fonte: A Autora (2025).

APÊNDICE C – Quadro de Artigos da SciELO

| AUTOR | TÍTULO | MÉTODO | RESULTADOS |
|--------------------------------|--|--|--|
| Chabrawi <i>et al.</i> (2023) | Bridging the Gaps in Social Life Cycle Assessment: Theoretical and Practical Contributions | Revisão de literatura que mapeou as principais lacunas teórico-metodológicas da ACV-S para a identificação convergências. | Indicou consenso entre indicadores sociais; métodos de medição de dados subjetivos; predomínio de dados secundários; subutilização das Ciências Sociais, etc. |
| Ricardo <i>et al.</i> (2023) | Life cycle assessment application in the optimum design of reinforced concrete structures | A caracterização das categorias de impacto foi realizada através do software GaBi (PE International GmbH). O software GaBi e a base de dados Ecoinvent estão alinhados com as recomendações da documentação. O fator de caracterização empregado foi o método EDIP 1997. | Os resultados demonstraram que os modelos estruturais para as classes C40 obtiveram os melhores resultados para 67% das categorias de potenciais impactos avaliados, com valores de impacto potencial variando entre 7,4% e 21,2%, incluindo a possibilidade de poupança de 18 mil kg de CO ₂ emitidos. |
| Bacelara; Dias e Ludwig (2022) | Reduction of the environmental impacts of reinforced concrete columns by increasing the compressive strength: a life cycle approach | O software OpenLCA foi escolhido para realizar a ACV. Para a LCI, foi utilizada a base de dados Ecoinvent para fornecer o inventário dos materiais deste estudo. | Os efeitos diretos da maior resistência dos concretos tornaram possível reduzir o consumo de concreto em 15%. Houve também uma redução significativa causada pelos efeitos indiretos da maior resistência dos concretos, com a redução do consumo de aço até 22%. |
| Caldas <i>et al.</i> (2022) | Circular economy in concrete production: Greenhouse Gas (GHG) emissions assessment of rice husk bio-concretes | Foi utilizada a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), com escopo cradle-to-gate, utilizando o método GWPbio, que contempla a influência do carbono biogênico na redução de emissões. | A substituição do cimento por CCA e da areia por CA são estratégias promissoras para a produção de bioconcretos para aplicações específicas para reduzir suas emissões de GEE. No entanto, esse benefício varia de acordo com a disponibilidade de CA, eficiência de transporte e vida útil do BCA. |
| Lima <i>et al.</i> (2022) | Durability, life cycle cost and life cycle assessment of binary mixtures with fly ash, rice husk ash and concrete demolition waste | O AutoCAD foi utilizado para dimensionar a imagem e delinear a área penetrada. Através de uma rotina chamada DIMENSION, foi medido o comprimento de cada uma das linhas, gerando assim um arquivo no formato Excel. O SimaPro 8.5.2. foi utilizados softwares para avaliação de impacto ambiental. | O menor custo do concreto foi alcançado na maior resistência à compressão (35 MPa) e o aditivo para concreto contendo 15% de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado de concreto reciclado e 25% de substituição do cimento pela cinza de casca de arroz pode ser classificado como o mais ecologicamente correto e sustentável. |
| Sampaio <i>et al.</i> (2022) | Avaliação do ciclo de vida de lajes pré-moldadas treliçadas com adição de resíduos de borraça de pneu | O método utilizado para a fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) foi o CML2001, e uma análise de sensibilidade foi realizada, utilizando o método ReCiPe. | A laje elaborada com concreto contendo resíduo de borraça de pneu gerou, em média, 5% a mais de emissões em todas as categorias de impacto analisadas, sendo a produção de cimento do tipo CP II Z 32 o processo mais crítico. |
| Azevedo, Geraldi e | Avaliação do Ciclo de Vida | O método de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) | O conjunto que apresentou menor consumo energético |

| | | | |
|------------------------------------|--|--|---|
| Ghisi (2020) | de diferentes envoltórias para habitações de interesse social em Florianópolis | utilizado foi o IMPACT 2002+. Os resultados obtidos foram comparados com a aplicação do método ReCiPe. Aplicou-se simulação computacional com o EnergyPlus. | foi o de parede de tijolo de adobe e cobertura com laje maciça. Os dois métodos utilizados para a fase de AICV apresentaram resultados coerentes. |
| Caldas, Carvalho, e Toledo (2020) | Avaliação de estratégias para a mitigação dos impactos ambientais de revestimentos argamassados no Brasil | Foi aplicada a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009), e foram considerados dados do Ecoinvent v3.3. | Foi verificado que é possível reduzir de 15% a 64% de impactos ambientais do revestimento somente pela escolha da técnica de execução. |
| Lopes, Queiroz e Kiperstok (2018) | Environmental performance of a full-scale wastewater treatment plant applying Life Cycle Assessment | A ACV foi realizada por meio da utilização do software SimaPro® e o método de avaliação de impactos escolhido foi o CML. | As fôrmas confeccionadas com madeira tratada e o aço CA 50 apresentaram maior potencial de geração de impactos ambientais para a fase de construção. |
| Luciane, Durante e Callejas (2018) | Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos | O inventário do ciclo de vida (ICV) foi elaborado a partir da base de dados Ecoinvent 2.0, adotando-se o World ReCiPe midpoint H como método de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV). Utilizou-se o software SimaPro 8.0 para modelagem. | Constatou-se que os sistemas de superestrutura, cobertura e vedações foram os mais contributivos, o que reforça a necessidade de busca de alternativas inovadoras para minimizar os impactos ambientais dos sistemas tradicionalmente praticados. |
| Marinoski e Ghisi (2018) | Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC | Análise da viabilidade ambiental e econômica de diferentes opções de sistemas de aproveitamento de água pluvial para um projeto de uma edificação residencial foi desenvolvido um método baseado em conceitos da ACV (Análise de Ciclo de Vida). | Os resultados apontam que, entre as opções analisadas, os sistemas mais viáveis ambientalmente são os que possuem reservatório inferior de armazenamento de água pluvial de plástico reforçado com fibra de vidro. |
| Silva, Gomes e Saade (2018) | The contribution of life-cycle assessment to environmentally preferable concrete mix selection for breakwater applications | Quando não havia dados locais específicos disponíveis, o banco de dados Ecoinvent v. 2.2 e o SimaPro 7.3 foram a base para a execução do ACV. | Embora as misturas ativadas por silicato de sódio rivalizassem com a referência em termos de PAG, os impactos em diversas categorias foram aumentados. |
| Caldas e Sposto (2017) | Emissões de CO ₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto | Foi aplicada a ACV com foco na quantificação das emissões de CO ₂ , que de certa forma pode ser considerada um inventário de ciclo de vida (ICV). O estudo foi baseado na NBR ISO 14040. | Os resultados mostraram que as capitais localizadas na Região Norte e Sudeste foram as que apresentaram maiores e menores valores, respectivamente, de emissões relacionadas ao transporte para ambos os tipos de componentes. |
| Marques, Gomes e Kern (2016) | Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de | Foram utilizadas as técnicas de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e de Levantamento de Aspectos e Impactos | O cenário que empregou fibras de polipropileno foi mais vantajoso ambientalmente em quatro categorias entre as |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | fibrocimento com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno | Ambientais (Laia) para analisar comparativamente os impactos ambientais causados. | sete avaliadas, confirmando assim, com essa avaliação, que o uso de amianto é mais desfavorável que o uso de polipropileno sob o foco ambiental. |
| Mendesa, Bueno e Ometto (2016) | Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos | Revisão bibliográfica dos principais métodos de AICV. Foi realizado um levantamento na base de dados <i>Web of Knowledge</i> utilizando strings. | Foram identificados 13 métodos de AICV, desenvolvidos majoritariamente em países da Europa e utilizados em todo o mundo, inclusive no Brasil. |
| Rodriguez, Villamizar-Gallardo e García (2016) | Life cycle assessment of four potable water treatment plants in northeastern Colombia | Os dados para a execução da análise do ciclo de vida (ACV) foram analisados com base no banco de dados Ecoinvent v.3.01 e processados no software LCADData Manager. | Em plantas PLA-CA e PLA -POR, o processo de floculação tem a maior carga ambiental, o que é atribuível ao agente coagulante, com uma percentagem entre 47 e 73% do impacto total. |
| Kulay, Viñas e Hespanhol (2015) | Avaliação de desempenho ambiental de sistemas para fornecimento de água quente para uso doméstico | Análise de Inventário procedeu-se a Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida (AICV) dos quatro arranjos por meio da aplicação do método ReCiPe Midpoint (H) versão 1.07 para efeito de AICV. | Os resultados indicaram que os sistemas elétrico e híbrido são menos agressivos ao ambiente em todos os impactos verificados, e que o sistema a gás detém o pior desempenho do conjunto. |
| Borges <i>et al.</i> (2014) | Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II) | Para tal avaliação foram utilizadas ferramentas de Análise do Ciclo de Vida apoiadas pelo software Umberto 5.5. O software permite, ainda, uma análise de fluxo de materiais e energia, através de suas redes de fluxo, fornecendo uma análise tanto de aspectos ambientais quanto de aspectos financeiros. | Os resultados mostraram que o consumo energético é reduzido em 45,8% na produção do concreto geopolimérico, quando comparado à produção do concreto de cimento Portland de desempenho mecânico equivalente. |
| Passuello <i>et al.</i> (2014) | Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos | Revisão bibliográfica de estudos de caso relacionados à pegada de carbono do clínquer Portland. Foram selecionadas as medições que deveriam ser executadas em laboratório: emissão de CO ₂ no processo de calcinação; e consumo energético do forno rotativo. | Os resultados obtidos demonstram uma redução em 22% da pegada de carbono do clínquer alternativo em relação ao clínquer Portland, indicando as etapas do processo produtivo que mais colaboram para estes valores. |
| Reichert e Mendes (2014) | Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos | A Avaliação dos Impactos de Ciclo de Vida (AICV) foi feita com a utilização de indicadores de sustentabilidade ambiental, econômica e social. | Conclui-se que a aplicação da avaliação de ciclo de vida facilita o apoio à decisão em sistemas municipais de gestão de resíduos sólidos urbanos, sendo que, no caso em estudo, o cenário mais sustentável foi construído pelos atores vinculados diretamente ao órgão municipal de gestão de resíduos. |

Fonte: A Autora (2025).

APÊNDICE D – Quadro de Artigos da *Scopus*

| AUTOR | TÍTULO | MÉTODO | RESULTADOS |
|--|--|---|---|
| Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) | Life cycle assessment and life cycle cost analysis of different walling materials with an environmental approach (comparison between earth based vs. conventional construction techniques in Iran) | Para este propósito, são avaliados 22 sistemas de paredes estruturais, incluindo 18 técnicas de construção em terra estabilizadas e não estabilizadas. Também são avaliados o impacto ambiental e os custos do ciclo de vida associados. | Os resultados mostram que as alternativas de paredes de terra não estabilizadas têm impactos ambientais significativamente menores do que os materiais convencionais. |
| Ghanbari, Rusch e Skitmore (2024) | BIM-based environmental assessment of residential renovation projects during the operational phase | Combinação de modelagem de informações de construção (BIM) com os softwares Design Builder e Meteonorm para avaliar o impacto ambiental da renovação de edifícios durante a fase operacional. O processo é demonstrado em um estudo de caso aplicado a um típico edifício residencial unifamiliar de dois andares na cidade de Teerã. | Foi mostrado que, combinando o isolamento, o vidro, o sistema de aquecimento e as portas mais eficazes, seria possível alcançar uma redução de 15% no consumo de energia e de 44% nas emissões de CO ₂ . |
| Huang <i>et al.</i> (2024) | Life-Cycle Emissions (LCCE) of Buildings: Implications, Calculations, and Reductions | Para determinar AD, uma análise de processo (PA), entrada-saída (IO) informações e uma ACV híbrida são necessárias. PA e IO são básicos métodos. | Um total de 826 casos globais de cálculo de emissões de carbono de edifícios foram obtidos a partir de 161 estudos baseados na estrutura da divisão do estágio do CV do edifício estipulada pela ISO 21930 e nos princípios básicos do fator de emissão (EF). |
| Morganti <i>et al.</i> (2024) | A1–A5 Embodied Carbon Assessment to Evaluate Bio-Based Components in Façade System Modules | Foram consideradas as etapas de estudo apresentadas, desde o início até a conclusão prática (A1–A5). Essas etapas incluem a coleta de dados quantitativos do projeto sobre materiais e componentes, bem como dados ambientais de fontes primárias (primeiro plano) e secundárias (de segundo plano). | As conclusões revelam que a substituição dos materiais atualmente utilizados por materiais à base de madeira e biocompósitos reduziu as emissões incorporadas, particularmente substituindo perfis de caixilharia de alumínio. |
| Rauf, Atroy e Crawford (2024) | Evaluating the impact of material service life on embodied energy of residential villas in the United Arab Emirates | Utilizando uma análise híbrida baseada em entradas-saídas, quantificou-se a energia incorporada no ciclo de vida de uma villa nos Emirados Árabes Unidos com mais de 50 anos de vida útil do edifício, utilizando os valores médios, mínimos e máximos de vida útil do material. Cálculos matemáticos foram realizados usando MS Excel, e uma lista detalhada de quantidades com mais de 170 materiais de construção. | Para o caso base, a energia incorporada inicial foi de 57% (7.390,5 GJ), enquanto a energia incorporada recorrente foi de 43% (5.690 GJ) da energia incorporada do ciclo de vida com base nos valores médios de vida útil do material. |
| Sharma e Chani (2024) | Embodied water-energy nexus towards sustainable building construction: Case | Uma abordagem híbrida que utiliza o CEE e o EEC a partir de bases de dados indianas e EPiC e apoiada por inventário | Os resultados deste estudo mostram que as construções convencionais indianas são fortemente |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | of conventional Indian houses | de materiais baseado em investigações de campo são os principais constituintes do estudo. | consumidoras de EW, embora conservadoras no lado de EE. Os principais materiais com impacto em EE diferem daqueles proeminentes com impacto na EW no cenário de consumo. |
| Sugahara <i>et al.</i> (2024) | Environmental Evaluation of Experimental Heat-treated Oriented Strand Board | Seguiu-se os procedimentos das normas ISO 14040 (2006a), ISO 14044 (2006b) e EN 15804+A2 (2019), considerando o ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.04 / World (2010) Método H. O software SimaPro foi usado para implementar os conjuntos de dados mundiais de impactos ambientais do ICV, como Ecoinvent. | Comparando os painéis experimentais (tratados termicamente) e tradicionais, as versões experimentais tiveram melhor desempenho na maioria das categorias e apresentaram comportamento mais seguro nas categorias relacionadas à saúde humana, além de não utilizarem parafina, cupinçida e outros produtos. |
| Alfalsh <i>et al.</i> (2023) | Assessing life cycle cost and Environmental Impact for office Building construction in Saudi Arabia | A metodologia integra ferramentas como o Autodesk Revit para modelagem precisa de edifícios, o software Design Builder para simulações de consumo de energia e o software One Click LCA para avaliações do ciclo de vida. | A análise do LCC revela a opção mais rentável como o betão armado com CMU isolado e vidros triplos, poupando 5,6% ou 11.962.496 reais sauditas em comparação com a linha de base. |
| Barbhuiya e Das (2023) | Life Cycle Assessment of construction materials: Methodologies, applications and future directions for sustainable decision-making | As abordagens metodológicas utilizadas na ACV, incluindo análise de inventário, avaliação de impacto, normalização, métodos de alocação e análise de incerteza, são discutidas em detalhes. | o artigo identificou várias direções futuras para a pesquisa de ACV na área de materiais de construção. Estas incluem a integração da ACV com o Building Information Modeling (BIM) para melhorar a tomada de decisões nas fases iniciais do projeto. |
| Felicioni <i>et al.</i> (2023) | A comparative cradle-to-grave life cycle approach for addressing construction design choices: An applicative case study for a residential tower in Aalborg, Denmark | Duas entradas principais são usadas para realizar uma ACV cradle tograve abrangente para todo o edifício: a lista de quantidades de um modelo BIM do Revit e a demanda de energia do DesignStudio. Em seguida, é realizada uma ACV usando a ferramenta One Click LCA para uma vida útil de 50 anos e 12 categorias de impacto. | Os resultados confirmam a oportunidade de basear a discussão sobre opções alternativas de design em elementos mais objetivos e baseados em dados para apoiar as diferentes posições que já envolvem uma ampla gama de critérios arquitetônicos, funcionais e financeiros. |
| Katebi, Tushmanlo e Asadollahfardi (2023) | Environmental life cycle assessment and economic comparison of different roof systems | A avaliação do ciclo de vida (ACV) de um metro quadrado de vigas de concreto e telhados de vigas de croma com vários tipos de concreto, blocos de argila e poliestireno, laje de concreto e laje de concreto Uboot do berço ao portão e técnica de processamento usando o software Simapro 9.1.1.7 com a linha de base da CML-IA(2001). Além disso, os resultados da ACV obtidos foram comparados com os resultados obtidos pelo software GaBi. | Os resultados do aquecimento global, acidificação e eutrofização utilizando o método de base CML-IA (World 2000) foram ligeiramente diferentes dos resultados das técnicas BEES+ e do IPCC. A viga de concreto com telhado de blocos de concreto é o telhado mais econômico entre os diferentes telhados. |
| Kouvara <i>et al.</i> (2023) | Circular, Local, Open: A Recipe for Sustainable Building Construction | Avaliações do ciclo de vida, de acordo com DIN EN ISO 14040. Os fluxos de materiais e energia foram modelados | Os resultados da ACV indicaram que a sustentabilidade ecológica do concreto polimérico é amplamente influenciada pelas resinas utilizadas, |

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| | | usando o software GaBi TS v8.7. A avaliação de impacto foi realizada de acordo com ReCiPe 2016 v. | contribuindo com até 90% do impacto ecológico, dependendo da receita e da categoria. |
| Larasati <i>et al.</i> (2023) | Effects of utilizing various types of facade material on the Embodied and operational energy; a case study of apartment building in Indonesia | Este estudo utilizou o método Input-Output Analysis (IOA) para calcular a energia incorporada (EE) de materiais de construção. Foi realizada uma simulação energética utilizando a aplicação OpenStudio + EnergyPlus para avaliar a energia operacional (EO) de edifícios com diferentes tipos de fachadas. | Os resultados da ACV mostraram que materiais sólidos de concreto pré-moldado com espessuras de 120 e 150 mm apresentam emissões de EE e de gases de efeito estufa que são mais que o dobro da média. Em contrapartida, as paredes removíveis de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC) não isoladas apresentaram o menor EE, correspondendo a 50% da média. |
| Leão <i>et al.</i> (2023) | Rigorous environmental and energy life cycle assessment of blast furnace pig iron in Brazil: The role of carbon and iron sources, and co-product utilization | Uma avaliação do ciclo de vida (ACV) foi realizada neste estudo com base na ISO 14040 e ISO 14044. O sistema do produto foi modelado usando o software Simapro® versão 8.5 com o banco de dados Ecoinvent™ versão 3.6 usando a biblioteca de alocação no ponto de substituição (APOS). | Os resultados mostram que a prática existente na utilização de coprodutos (SI) proporcionou mais ganhos em termos de GWP, CEDNR, FRS e MRS (11% em média) do que as atuais misturas de insumos de ferro e carbono (S2, 9% em média) se comparadas. |
| Morganti <i>et al.</i> (2023) | Integrated Platform-Based Tool to Improve Life Cycle Management and Circularity of Building Envelope Components | Práticas de ACV a 100% para todos os produtos analisados na plataforma, ao mesmo tempo que utiliza dados secundários fornecidos pela ACV Kyklos quando os dados primários não estão disponíveis. Além da contribuição de ferramentas do tipo CE4Con para a promoção da sustentabilidade. | A integração dos seus dados ambientais primários na ACV Kyklos através da base de dados DMP aumenta significativamente a precisão e a fiabilidade das avaliações ambientais. |
| Mowafy, Zayat e Marzouk (2023) | Parametric BIM-based life cycle assessment framework for optimal sustainable design | Utilizou-se a modelagem do Autodesk Revit. A segunda etapa é a quantificação das emissões operacionais utilizando a base de dados KBOB (Conferência de Coordenação de Proprietários de Edifícios Públicos). A terceira etapa é o desenvolvimento de ambos os scripts paramétricos de acordo com as etapas do ciclo de vida incluídas a serem otimizadas utilizando o algoritmo evolutivo NSGA-II. A seguir, o modelo de Análise Envolvória de Dados (DEA) é utilizado é desenvolvido e integrado com as soluções frontais paramétricas de LCA baseadas em BIM. | Ao comparar os modelos integrados LCA e DEA com três soluções de projeto ideais, a abordagem convencional desenvolve soluções de projeto com maior Potencial de Aquecimento Global (GWP) incorporado do que a abordagem circular. |
| Paz <i>et al.</i> (2023) | Life cycle inventory of recycled aggregates derived from construction and demolition waste | Desenvolveu-se um ICV associado à derivação de ARs de RCD com base em dados primários obtidos de uma unidade de processamento de RCD para caracterizar os potenciais efeitos ambientais. Os dados foram obtidos por uma empresa beneficiária de CDW localizada na cidade de Cascavel, Paraná, Brasil. | A produção inclui energia incorporada e água medindo 2,22–4,35 MJ/m ³ e 15,38–30,30 L/m ³ , respectivamente; enquanto isso, a emissão de CO ₂ do processo de beneficiamento é de 5,07–6,20 kg·CO ₂ /m ³ |
| Sharma e Singh (2023) | Embodied energy assessment: | Este artigo revisa a literatura publicada sobre avaliação energética incorporada de edifícios a partir do âmbito de | Ha diversidade de métodos, como análise de processos e análise de entradas/saídas e suas combinações, |

| | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|
| | a comprehensive review of methods and software tools | métodos, ferramentas de avaliação do ciclo de vida como modelagem de informações de construção. Google Scholar e Scopus foram selecionados como bases de dados para pesquisa bibliográfica. | adotados com diferentes fontes de dados e limites de sistema variados para cada processo (dependendo da disponibilidade de dados), o que leva à inconsistência nos resultados. |
| Shaukat (2023) | LCA in Saudi Arabia: a critical review | Utilizando a base de dados Scopus e a Internet, foi realizada uma revisão do estado da arte para este artigo. “ACV”, “Avaliação do Ciclo de Vida” e “Arábia Saudita” foram as palavras-chave utilizadas para pesquisar estudos científicos, relatórios industriais, cursos de formação e conferências relacionadas com a aplicação de ACV na Arábia. | Necessidade urgente de promover a ACV na Arábia Saudita e a academia pode desempenhar um papel de liderança, oferecendo cursos de curta duração, formação para a indústria e participando em projetos conjuntos para realizar estudos de ACV. Além disso, bases de dados locais de ACV e consultorias também devem ser promovidas |
| Valencia-Barba <i>et al.</i> (2023) | Dynamic life cycle assessment of the recurring embodied emissions from interior walls: Cradle to grave assessment | A elaboração do inventário de ciclo de vida (ICV) foi realizada utilizando a base de dados Ecoinvent 3. A metodologia de avaliação ReCiPe foi selecionada para realizar a avaliação de impacto ambiental (LCIA) | Os resultados mostram a importância de maximizar a vida útil dos sistemas e edifícios, a fim de reduzir as emissões associadas, uma vez que o impacto pode ser reduzido em até 60% numa perspectiva de 120 anos para o mesmo sistema. |
| Vieira <i>et al.</i> (2023) | Life cycle assessment in the ceramic tile industry: a review | Levantamento e análise crítica dos estudos dedicados a esta área do conhecimento e pesquisas em normas, mostrando detalhadamente as etapas de construção de uma ACV. O progresso de padrões, software e bancos de dados, entre outras ferramentas que oferecem desenvolvimentos na avaliação do ciclo de vida foi identificado usando dados. | Os resultados da análise de ACV enfatizam a importância do processo de fabricação e a dependência de fontes não renováveis de combustíveis na indústria de revestimentos cerâmicos. |
| Yue <i>et al.</i> (2023) | A dynamic calculation model of the carbon footprint in the life cycle of hospital building: a case study in China | On the basis of field and literature research, the basic framework is built using dynamic life cycle assessment (DLCA), and the gray prediction model is used to predict the future value. Finally, a CFP model covering the whole life cycle has been constructed and applied to a hospital building in China. | Os resultados da pesquisa mostram que a DLCA é mais precisa do que a avaliação estática tradicional do ciclo de vida (ACV) ao medir objetos de longo prazo, como as emissões de carbono em todo o ciclo de vida do edifício hospitalar. |
| Arvizu-Piña <i>et al.</i> (2022) | Use of the EVAMED tool to assess the carbon footprint of a building with a life cycle approach in the Latin American context | Uso do EVAMED é baseado em uma série de algoritmos que implementam a lógica de cálculo da metodologia LCA. Esta metodologia baseia-se nas fases do ciclo de vida e nos módulos definidos na norma EN 15978. | O case que utiliza isolamento térmico reduz a pegada de carbono do seu ciclo de vida em quase 40% em comparação com o case que não o utiliza. |
| Adem Atmaca e Nihat Atmaca (2022) | Carbon footprint assessment of residential buildings, a review and a case study in Turkey | Este estudo revisa os estudos relacionados e calcula o CFP de um edifício residencial construído na Turquia, considerando o tipo de materiais de construção, hábitos de consumo de energia, fases de manutenção e demolição num ciclo de vida de 50 anos. | Este artigo revelou que o PCP do transporte de habitantes é 6,5% superior ao da fase de construção, contribuindo com 15,13% das emissões globais. |

| | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| Colarossi <i>et al.</i> (2022) | Life cycle assessment and circularity evaluation of a PV panel integrated with phase change material | A análise de ciclo de vida baseada na norma ISO 14040, quanto a circularidade do sistema proposto, propondo um procedimento de cálculo alternativo à nova norma italiana UNI 160856. | Os resultados mostram que o sistema permite a redução do impacto nas alterações climáticas em cerca de 11%, atingindo um desempenho potencial de circularidade de cerca de 45%. |
| Esťková, Fabiánová e Ondová (2022) | Concrete Structures and Their Impacts on Climate Change and Water and Raw Material Resource Depletion | Neste estudo, foi utilizado o software SimaPro 8.5.0.0 para identificar o desempenho ambiental da construção civil. | Os valores calculados dos potenciais de aquecimento global por metro quadrado de construção de parede variaram de 234,16 a 283,46 kg CO ₂ eq para o período de 20 anos. |
| Feng, Sadiq e Hewage (2022) | Exploring the current challenges and emerging approaches in whole building life cycle assessment | Esta pesquisa conduziu uma revisão abrangente dos estudos do WBLCA com base no banco de dados Web of Science Core Collection com o título de pesquisa “avaliação do ciclo de vida do edifício”. | Com base na literatura pesquisada, foram resumidos três desafios principais que impactariam a confiabilidade e a precisão dos resultados do WBLCA. |
| Fnais <i>et al.</i> (2022) | The application of life cycle assessment in buildings: challenges, and directions for future research | Uma revisão sistemática da literatura foi realizada para identificar pesquisas atuais e aplicações de ACV em edifícios. A base de dados da Scopus foi utilizada como fonte de pesquisa. | A consideração da dimensão temporal na modelação de sistemas de produtos está a tornar-se essencial para compreender as emissões poluentes e o consumo de recursos resultantes. Esta dimensão de tempo está faltando atualmente nos bancos de dados de inventário de ACV. |
| Hassan <i>et al.</i> (2022) | Toward a national life cycle assessment tool: Generative design for early decision support | Revisão e análise de métodos de integração de ACV durante os estágios iniciais de projeto e estudo da situação da ACV e da eficiência energética no Egito através de publicações, códigos de construção e especificações de construção de edifícios residenciais. | Um método de implementação sugerido baseado no projeto generativo foi desenvolvido como uma estrutura de ferramenta que se concentra principalmente nas paredes externas de edifícios residenciais como o primeiro passo da ferramenta nacional de ACV. |
| Honarvar, Golabchi e Ledari (2022) | Building circularity as a measure of sustainability in the old and modern architecture: A case study of architecture development in the hot and dry climate | Uma comparação entre diferentes ferramentas de ACV foi mostrada, que devido ao uso do software Revit para modelagem 3D e Design Builder torna o software One Click LCA uma escolha melhor que o outro. Os cálculos realizados seguem EN 15978. | Os resultados indicaram que em comparação com a arquitetura anterior; o desenvolvimento da arquitetura reduziu o consumo de energia em 78%. |
| Kaoula <i>et al.</i> (2022) | Life cycle assessment of traditional Saharan houses: Towards a sustainable building? | O cálculo do consumo de energia do edifício é realizado pelo motor de cálculo Comfie integrado no Pleiades e é adaptado dos algoritmos do método de sistemas Th-BCE. As entradas para esta análise são calculadas pelo EQUER. | O vão permite desempenhos ambientais próximos dos das casas ecológicas. Se recomenda a utilização de um telhado de cúpula grande em vez de do que um telhado de cúpula múltipla e pequena para melhores desempenhos. |

| | | | |
|--------------------------------|---|--|---|
| Rauf, Attouy e Crawford (2022) | Embodied and Operational Energy of a Case Study Villa in UAE with Sensitivity Analysis | Foi realizada uma avaliação detalhada da energia incorporada associada à construção da moradia de estudo de caso utilizando uma abordagem híbrida de input-output, seguida de uma análise de sensibilidade focada nas variações relacionadas com a energia associada. | A energia incorporada inicial foi de 57% da energia incorporada do ciclo de vida e 19% da energia do ciclo de vida da villa, enquanto a energia incorporada recorrente foi de 43% da energia incorporada do ciclo de vida e 14% da energia do ciclo de vida da villa. |
| Schenk e Amiri (2022) | Life cycle energy analysis of residential wooden buildings versus concrete and steel buildings: A review | Os artigos para revisão de literatura foram selecionados usando o método PRISMA. Algumas conversões de unidades e suposições foram feitas para ter a mesma unidade e formato. | Descobriu-se que a energia de demolição contribui apenas com uma pequena quantidade para o consumo total de energia do ciclo de vida. |
| Struhala e Ostrý (2022) | Life-Cycle Assessment of phase-change materials in buildings: A review | Esta revisão da literatura foi baseada em uma pesquisa on-line nas bases de dados Science Direct e Scopus realizada até novembro de 2021. | A revisão mostra uma notável falta de dados precisos que descrevam os impactos ambientais dos PCMs. |
| Tian e Spatari (2022) | Environmental life cycle evaluation of prefabricated residential construction in China | A avaliação de impacto do ciclo de vida é usada para avaliar o desempenho e os impactos ambientais dos dois projetos comparados pela unidade funcional. Dentro do software GaBi, o método hierárquico de ponto médio da Receita 2016 é aplicado. | Os resultados revelam que os métodos de pré-fabricação oferecem mais vantagens ambientais em comparação com os métodos tradicionais para todas as categorias de impacto. |
| Teng <i>et al.</i> (2022) | A systematic review of the integration of building information modeling into life cycle assessment | Usou-se o <i>IVOSviewer</i> para revisar sistematicamente o corpo de conhecimento sobre ACV integrada ao BIM. Foram analisados estudos de caso envolvendo 82 edifícios de publicações selecionadas entre 2011 e 2021, utilizando técnicas cienciométricas. | Os resultados evidenciam que a maioria deles foram estudos de edifícios residenciais, baixos e de concreto e utilizaram o Autodesk Revit para estabelecimento de modelos BIM. |
| Abouhamad e Abu-Hamd (2021) | Life Cycle Assessment Framework for Embodied Environmental Impacts of Building Construction Systems | A metodologia para ACV segue a estrutura de quatro etapas recomendada pela ISO 14040 e ISO 14044. A avaliação ambiental é realizada de acordo com uma estrutura modular recomendada pela EN 15978 para ACV no edifício e pela EN 15804 para ACV no nível do produto. | A fase de produção material teve a maior contribuição para os impactos incorporados, atingindo cerca de 90%. Comparado com o sistema de construção RCC convencional, o sistema de construção HRS teve 41% mais energia incorporada no ciclo de vida. |
| Barreto <i>et al.</i> (2021) | Life cycle costs and impacts of massive slabs with varying concrete cover | Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) de acordo com a ISO 14040 e ISO 14044, e Custo do Ciclo de Vida (LCC) de acordo com a BS ISO 15686-5 e BS EN 16627 seguindo o dimensionamento e o SL. | Os resultados destacam que o aumento da espessura do cobrimento de concreto aumenta a durabilidade da estrutura, reduz custos e impactos ambientais por ano de vida útil prevista. |
| Ben-Alon <i>et al.</i> (2021) | Life cycle assessment (LCA) of natural vs conventional building assemblies | A avaliação de impacto ambiental utilizou a metodologia de ACV ambiental conforme definida pela série ISO de padrões de ACV. A fase incorporada foi modelada usando o SimaPro versão 8.5 para dados de inventário US-LCI e Ecolnvent que são relevantes para a América do Norte. | Os resultados mostram que, ao combinar os impactos ambientais incorporados e operacionais, os conjuntos naturais reduzem a procura de energia em 32–59% nos climas quentes desérticos, 29–55% nos climas semiáridos, 46–73% nos climas mediterrânicos, 34– |

| | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| | | | 57% em climas temperados e 27–50% em climas continentais. |
| Bianco, Tomos e Vinai (2021) | Analysis of the environmental impacts of alkali-activated concrete produced with waste glass-derived silicate activator – A LCA study | Os cálculos de inventário e impacto foram suportados pelo SimaPro 8. O método escolhido neste estudo para a avaliação de impacto foi o International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Midpoint+. | Os resultados mostram que a adoção de concretos álcali-ativados em vez de concreto OPC permite uma redução significativa nas categorias ambientais de aquecimento global (redução média de 64% para AABC e 70% para AABR). |
| Cabeza <i>et al.</i> (2021) | Embodied energy and carbon of structural building materials: Worldwide progress and barriers through literature map analysis | Uma análise da literatura sobre o tema, desenvolvida através de uma análise bibliométrica e alguns mapas de literatura a partir de uma busca na base de dados Scopus. A visualização foi feita através do software VOSviewer. | Esta análise sistemática evidencia a falta de padronização e discordância quanto à avaliação dos coeficientes, fonte da base de dados e sistema de limites utilizados na avaliação da metodologia de ACV. |
| Leite <i>et al.</i> (2021) | An ecodesign method application at the experimental stage of construction materials development: A case study in the production of mortar made with ornamental rock wastes | ACV com base nos fatores de normalização do método ReCiPe Midpoint (H). Foi adotada a Simulação de Monte Carlo através do software openLCA. | Os resultados indicaram que somente a substituição da areia pode reduzir consideravelmente os impactos ambientais na produção de argamassas. |
| Li <i>et al.</i> (2021) | Multi-scale life cycle energy analysis of residential buildings in Victoria, Australia – A typology perspective | O software AusZEH (Australian Zero Emission House) foi utilizado. Os coeficientes de EE para materiais de construção são derivados do banco de dados de Desempenho Ambiental na Construção (EPiC). | Os resultados da pesquisa fornecem referências valiosas sobre intensidades energéticas de diversas tipologias de edifícios residenciais. |
| Pan e Teng (2021) | A systematic investigation into the methodological variables of embodied carbon assessment of buildings | Primeiramente é estabelecida uma estrutura para examinar variáveis em quatro dimensões metodológicas, ou seja, diferenças temporais, disparidades espaciais, inconsistências processuais e diversidades físicas. Em seguida, utilizando esta estrutura, é realizada uma normalização em três etapas para minimizar as discrepâncias em diferentes variáveis entre 244 estudos de caso publicados entre 2000 e 2020. | O estudo fornece uma base teórica, utilizando onze variáveis, para explicar as variações no carbono relatado de diferentes edifícios, o que facilita melhor as comparações entre casos e benchmarking em estudos futuros. São identificadas onze variáveis que afetam os resultados. |
| Rauf, Attouye e Crawford (2021) | Life cycle energy analysis of a house in UAE | Utilizando a abordagem IOBHA, a energia incorporada do edifício do estudo de caso foi calculada multiplicando as quantidades entregues de cada material pelo coeficiente de | Os resultados deste estudo sugerem a importância de incluir a energia incorporada inicial e recorrente dos edifícios nas análises energéticas do ciclo de vida dos |

| | | | |
|-------------------------------------|--|---|---|
| | | energia incorporada do respectivo material que foi obtido da base de dados EPIC. | edifícios, que neste caso representaram 18% e 17% da energia do ciclo de vida do edifício. |
| Tavares <i>et al.</i> (2021) | What is the potential for prefabricated buildings to decrease costs and contribute to meeting EU environmental targets? | O modelo de ciclo de vida segue a ISO 14040 e CEN/TC 350 padrões usando as fases descritas. | A pré-fabricação pode diminuir ainda mais a carga do estoque de construção em até 6% e reduzir os custos do estoque de construção em até 10%. |
| Valencia-Barba <i>et al.</i> (2021) | Life cycle assessment of interior partition walls: Comparison between functionality requirements and best environmental performance | A análise é realizada nas etapas da produção à construção (abordagem “do berço à entrega”), utilizando Ecoinvent como base de dados de base e ReCiPe como metodologia de avaliação. | Os resultados mostram que a fase do produto tem a maior contribuição para o impacto ambiental (média de 78%), seguida pelo transporte (média de 21%) e construção com média <1%. |
| Wang, Lewis e Barlaz (2021) | Development of Streamlined Life-Cycle Assessment for the Solid Waste Management System | Foram desenvolvidas LCAs para 18 cenários para um hipotético sistema de GRSU dos EUA usando uma unidade funcional de 1 tonelada métrica de resíduos sólidos urbanos usando modelos de processo do SolidWaste Life-cycle Optimization (SWOLF). | Os resultados fornecem orientação sobre quais impactos, fluxos e insumos devem ser priorizados durante o desenho inicial da estratégia. |
| Weimann <i>et al.</i> (2021) | Environmental Evaluation of Gypsum Plasterboard Recycling | A avaliação ambiental foi baseada na norma internacional para avaliações de ciclo de vida ISO 14040/44. O cálculo dos fluxos de materiais e consumo de energia foi realizado com Umberto (Umberto NXT universal, IFU Institut fuer Umwelttechnik, Hamburgo, Alemanha), um software. | Os resultados mostraram que a utilização de gesso reciclado pode ser ambientalmente vantajosa em comparação com a utilização de gesso natural ou gesso FGD. |
| Abouhamad e Abu-Hamd (2020) | Life Cycle Environmental Assessment of Light Steel Framed Buildings with Cement-Based Walls and Floors | The specific methodology for LCA in construction works is detailed in the European standard EN 15978. O consumo de energia do edifício foi estimado utilizando o software de simulação energética eQUEST. O Estimador de Impacto Athena para Edifícios (IE4B) foi usado. | Os resultados do estudo de caso relacionados ao GWP e PE foram os seguintes. As fundações do edifício foram responsáveis por 29% do GWP incorporado e 20% do PE incorporado. |
| Jayalath <i>et al.</i> (2020) | Life cycle performance of Cross Laminated Timber mid-rise residential buildings in Australia | A estrutura de análise desenvolvida neste estudo segue os princípios descritos na AS ISO 14040:2019 e EN 15978. O TRNSYS foi usado para estimar o desempenho energético operacional dos edifícios do estudo de caso com dados meteorológicos atuais do TMY do Meteonorm 7.3.3. | Os resultados da análise LCC mostraram que a construção CLT é 1,3% menor que a RC convencional em Melbourne e 0,9% menor em Sydney e Brisbane. |
| Omran <i>et al.</i> (2020) | Application of Life Cycle Energy Assessment in Residential Buildings: A Critical Review of Recent Trends | This paper analyzed instances of the LCEA application in residential buildings using a systematic literature review. The review considered publication materials from various academic databases, namely Scopus, Google Scholar, and Web of Science. | As descobertas indicam que a tendência atual de aplicação de LCEA em edifícios residenciais sofre de imprecisões significativas resultantes de definições incompletas dos limites do sistema, em conjunto com a falta de consenso sobre medições de energias. |

| | | | |
|------------------------------------|---|--|--|
| Onat e Kucukvar (2020) | Carbon footprint of construction industry: A global review and supply chain analysis | A base de dados Scopus é utilizada para a revisão da literatura utilizando palavras-chave específicas e filtragem. S. A ferramenta EUREAPA utiliza EXIOBASE 2.1 como um banco de dados MRIO global. | As descobertas mostraram que aproximadamente 60% desses estudos se concentram na indústria de construção chinesa e a maioria dos estudos analisou as pegadas de carbono da construção em nível nacional (75%) e em nível municipal (18%). |
| Saade, Guest e Amor (2020) | Comparative whole building LCAs: How far are our expectations from the documented evidence? | O método se baseou na busca de contribuições na base de dados Scopus, devido à sua cobertura de uma série de periódicos que publicam ACVs relacionadas à construção que foram revisadas por pares. | A avaliação de mais de 250 estudos de caso apontou que as ACV aplicadas a sistemas complexos, como um edifício, incorporam questões cruciais a serem modeladas e as regras práticas perdem a veracidade. |
| Teng e Pan (2020) | Estimating and minimizing embodied carbon of prefabricated high-rise residential buildings considering parameter, scenario and model uncertainties | A análise estocástica é implementada combinando o método DQI e o procedimento MCS. EcoInvent 3.4 no software SimaPro 9.0 é adotado para conduzir a análise DQI. | Os resultados indicam que o carbono incorporado da caixa é em média de 561 kg CO ₂ /m ² . Os resultados revelam que 31,6% do carbono incorporado pode ser possivelmente reduzido combinando os cenários pré-definidos. |
| Vitorio Junior, Kripka (2020) | Fair wage potential as a tool for social assessment in building projects | Os resultados comprovaram que os salários pagos pela cadeia produtiva da construção são justos. No entanto, existem diferenças entre o PTF dos trabalhadores masculinos e femininos, dos trabalhadores brancos e não-brancos, dos trabalhadores sindicalizados e não sindicalizados e dos trabalhadores formais e informais. | A Fase 1 selecionou e identificou dois projetos residenciais brasileiros, que foram considerados para os seguintes processos: extração de matéria-prima, fabricação de materiais de construção e construção de moradias. A Fase 2 reuniu os inventários do ciclo de vida social e executou-os utilizando a avaliação do ciclo de vida social (SLCA). |
| Ben-Alon <i>et al.</i> (2019) | Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of natural vs conventional building materials: A case study on cob earthen material | Implementação com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida ambiental, conforme na série ISO 14040. O software SimaPro foi utilizado para modelar dados de inventário para a América do Norte. O método TRACI (Ferramenta para Redução e Avaliação de Produtos Químicos e Outros Impactos Ambientais) é utilizado para categorizar e caracterizar as emissões do inventário. | Os resultados do estudo mostram que a produção de sabugo requer apenas 18-38% de energia e reduz 75-82% dos impactos das alterações climáticas globais quando comparada com materiais convencionais. |
| Ben-Alon, Lofness e Harries (2019) | Integrating Earthen Building Materials and Methods into Mainstream Construction Using Environmental Performance Assessment and Building Policy | A ACV apresentada foi implementada seguindo o formato e metodologia das Normas ISO 14040 e 14044, usando o software SimaPro, o banco de dados US-LCI sempre que possível, e processos EcoInvent que são globalmente aplicáveis (ou seja, processos RoW). | Os resultados da avaliação ambiental mostram que as montagens de paredes de terra reduzem significativamente os impactos ambientais em 62-99% quando comparadas com montagens convencionais, tais como estruturas de madeira e blocos de betão. |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|--|
| Ben-Alon <i>et al.</i> (2019) | The Biophilic Power and Environmental Urgency of Earthen Construction | A ACV apresentada neste artigo foi implementada com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida ambiental descrita na série de normas ISO 14040 [44,45], utilizando o software SimaPro, o banco de dados US-LCI sempre que possível, e EcoInvent. | Os resultados de uma Avaliação Ambiental do Ciclo de Vida (ACV) de materiais de construção em terra, do berço ao portão, enumeram a preferência ambiental dos materiais em terra em relação aos materiais convencionais. |
| Cózar <i>et al.</i> (2019) | Life cycle assessment as a decision-making tool for selecting building systems in heritage intervention: Case study of Roman Theatre in Itálica, Spain | A aplicação da ACV segue a ISO 14040 (UNE-EN ISO 14040a), ISO 14044 (UNE-EN ISO 14044 2006) e EN 15978 (UNE-EN 15978 2012). | Os resultados do impacto ambiental de cada opção são comparados, tendo como referência os valores obtidos para a opção 1 (solução padrão de uso frequente). |
| Gonçalves <i>et al.</i> (2019) | Environmental and economic comparison of the life cycle of waterproofing solutions for flat roofs | A aplicação da metodologia NativeLCA permite seleccionar conjuntos de dados de ACV coerentes para serem utilizados como genéricos, a fim de representar os materiais impermeabilizantes. | Os resultados da avaliação multicritério permitiram seleccionar na fase de projeto as soluções de impermeabilização mais e menos vantajosas. |
| Heidari <i>et al.</i> (2019) | Streamlined Life Cycle Assessment of an Innovative Bio-Based Material in Construction: A Case Study of a Phase Change Material Panel | A ferramenta Bilan Produit foi seleccionada como a ferramenta SLCA e uma ACV matricial foi seleccionada como o método SLCA mais comumente usados. Foram utilizados dois métodos de avaliação de impacto: o IMPACT 2002+ e o ReCiPe. | AACV matricial proporcionou uma triagem rápida do ciclo de vida do produto e seus estágios críticos, ou seja, estágios do ciclo de vida com alto impacto. No entanto, os resultados das ferramentas completas de ACV e SLCA foram quantitativos e baseados em bases de dados científicas. |
| Krueger, Stoker e Gaustad (2019) | “Alternative” materials in the green building and construction sector Examples, barriers, and environmental analysis | Através de um levantamento de programas e diretrizes de construção verde, literatura existente sobre materiais alternativos e avaliação do ciclo de vida usando vários bancos de dados de inventário. A análise foi conduzida de acordo com os pesos das categorias de impacto ambiental baseados no Conselho Consultivo Científico da EPA. | Estes resultados mostram que, embora muitas vezes os materiais alternativos sejam de facto promissores na redução dos impactos ambientais do ambiente construído, até que ponto pode ser uma questão difícil de quantificar e depende de uma variedade de fatores. |
| Luo, Sandanayake e Zhang (2019) | Direct and indirect carbon emissions in foundation construction e Two case studies of driven precast and cast-in-situ piles | Um modelo de quantificação baseado em processo é desenvolvido para medir as principais emissões e impactos devidos ao uso de materiais, transporte e equipamentos. A ACV foi conduzida embasada nas normas ISO 14000 e ISO 14040. | Os resultados indicaram 113,04 e 107,46 kgCO ₂ por estaca por metro de profundidade para o estudo de caso A e B, respectivamente. Também observaram uma redução no uso de equipamentos e um aumento no transporte nas emissões de GEE para estacas pré-moldadas cravadas em comparação com estacas <i>in-situ</i> . |
| Rocha e Caldeira-Pires (2019) | Environmental product declaration promotion in Brazil: SWOT analysis and strategies | A principal ferramenta utilizada para analisar os fatores que influenciam a promoção da DAP no Brasil foi a análise SWOT. Para a execução da análise de LCA, os conjuntos de | Os resultados mostraram que o Brasil possui um contexto técnico e institucional que permite o crescimento da DAP devido ao estágio inicial da base de dados de ACV, programas de DAP, envolvimento |

| | | dados virão de um projeto patrocinado pelaecoinvent para gerar o ciclo de vida brasileiro para seu banco de dados. | das partes interessadas e disponibilidade de especialistas. |
|---|--|--|---|
| Tavakol-Davani <i>et al.</i> (2019) | Combining Hydrologic Analysis and Life Cycle Assessment Approaches to Evaluate Sustainability of Water Infrastructure: Uncertainty Analysis | Os dados para os impactos ambientais dos processos neste estudo foram adaptados da base de dados Ecoinvent (Ecoinvent, 2.2) usando GaBi 6. Foi selecionada a abordagem uWISE (urban Water Infrastructure Sustainability Evaluation) de Tavakol-Davani <i>et al.</i> | Os resultados sugerem que tal modelo inspirado na topologia é capaz de fornecer uma capacidade ideal do sistema RAC em função da profundidade anual da precipitação. Especificamente, se o sistema pudesse capturar 1/40 da profundidade anual da precipitação em cada evento a partir dos telhados, o sistema RAC seria ideal. |
| Achenbach, Wenker e Rüter (2018) | Life cycle assessment of product- and construction stage of prefabricated timber houses: a sector representative approach for Germany according to EN 15804, EN 15978 and EN 16485 | Os inventários de ciclo de vida (ICV) foram compilados com base em dados anuais de 12 fabricantes participantes de casas pré-fabricadas de madeira. Foi desenvolvido um modelo específico de ACV para o cálculo dos fluxos de entradas e saídas referentes às unidades funcionais ao nível da fábrica. | Os maiores impactos provêm da fabricação dos materiais de construção. Porém, para as categorias GWP e AP, cerca de 30% dos impactos têm origem na pré-fabricação dos elementos construtivos, no seu transporte e nos processos no canteiro de obras. |
| Hossain, MD e Poon (2018) | Comparative LCA of wood waste management strategies generated from building construction activities | Os cenários estudados foram modelados no software SimaPro 8.1.0 e os impactos foram avaliados pelo método IMPACT 2002 +. | Os resultados da ACV mostraram que reduções significativas dos impactos ambientais para a produção de aglomerado (cenário 1) e composto de madeira-cimento (cenário 2) a partir de resíduos de madeira em comparação com a produção de madeira virgem. |
| Lawania e Biswas (2018) | Application of life cycle assessment approach to deliver low carbon houses at regional level in Western Australia | Esta ACV empregou as quatro etapas da ISO 14040-44 (ISO2006a; ISO2006b). O banco de dados forneceu informações sobre energia e materiais, enquanto uma ferramenta de classificação energética foi utilizada para gerar informações específicas do local sobre o consumo de energia. | Com exceção de dois locais mais quentes, as emissões médias de GEE ao longo do ciclo de vida e o consumo de energia incorporado das casas em 16 locais na WA regional foram estimados em 469 t de CO ₂ equivalente e 6,9 TJ. |
| Pujadas-Gispert, Sanjuan-Delmas e Josa (2018) | Environmental analysis of building shallow foundations: The influence of prefabrication, typology, and structural design codes | Cálculo de ACV de acordo com as normas ISO 14040 (ISO 14040:2006) e ISO 14044 (ISO 14044:2006). Foi utilizado o software SimaPro 8.2.3.0, juntamente com o método de cálculo Hierarquia de ponto médio ReCiPe. Todas as informações ambientais foram retiradas do banco de dados Ecoinvent. | Os resultados mostraram que os FCS moldados in loco e flexíveis em profundidades moderadamente rasas (e, portanto, com menos armadura de aço) e os FCS pré-moldados com reduções consideráveis nos volumes de concreto tiveram menores impactos ambientais. |
| Robati, McCarthy e Kokogiannakis (2018) | Integrated life cycle cost method for sustainable structural design by focusing on a benchmark office building in Australia | Foram utilizados os pacotes CAD Etabs, Safe e uma planilha do Microsoft Excel para verificação dos requisitos mínimos do código de projeto de concreto. Para analisar a energia ao longo da vida do projeto foi utilizado o DesignBuilder. As quantidades de materiais de construção são de NS11401.1. | O edifício de escritórios projetado com método de construção leve (laje waffle) e concreto normal (peso normal) apresenta menor custo de ciclo de vida (50 anos de vida útil) em comparação com as demais alternativas de projeto. |

| | | | |
|-------------------------------|---|--|--|
| Silgado <i>et al.</i> (2018) | Multi-criteria decision analysis to assess the environmental and economic performance of using recycled gypsum cement and recycled aggregate to produce concrete: The case of Catalonia (Spain) | O método VIKOR MCDA foi empregado para determinar a melhor ou um conjunto de boas alternativas para produção de concreto. Para a ACV, os dados foram complementados com a base de dados Ecoinvent v 2.2, e foram adaptados para o espanhol contexto. | Os resultados deste estudo mostraram que a melhor opção para concreto estrutural e não estrutural foi a utilização de RGC e RA. |
| Teng <i>et al.</i> (2018) | Reducing building life cycle carbon emissions through prefabrication: Evidence from and gaps in empirical studies | O método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses (PRISMA) foi utilizado para a meta-análise. | Os resultados mostram que as emissões de carbono incorporadas e operacionais destes casos variaram significativamente de 105 a 864 kg CO ₂ /m ² e de 11 a 76 kg CO ₂ /m ² /ano, respectivamente. |
| Vieira <i>et al.</i> (2018) | Consideration of strength and service life in cradle-to-gate life cycle assessment of self-compacting concrete in a maritime area: a study in the Brazilian context | O software SimaPro foi utilizado como ferramenta para realizar a ACV. Para avaliar a durabilidade do concreto, o SL de cada mistura foi estimado através do software Life-365. | Com base em todos os indicadores analisados, concluiu-se que a utilização do maior teor de GGBFS no cimento era a solução ambientalmente preferível. |
| Balasbaneh e Marsono (2017) | Strategies for reducing greenhouse gas emissions from residential sector by proposing new building structures in hot and humid climatic conditions | A ferramenta de ACV Simapro.8 foi usada para identificar o desempenho ambiental dos seis tipos de edifícios. O Banco de Dados do Inventário do Ciclo de Vida da Malásia (MYLCID) foi usado no LCI. | O resultado primário mostra que os pré-fabricados de madeira são a melhor escolha devido a terem emissões mais baixas para a mitigação das alterações climáticas na construção civil. |
| Kaziolas <i>et al.</i> (2017) | LCA of timber and steel buildings with fuzzy variables uncertainty quantification | Foi quantificado o potencial de sustentabilidade da construção em madeira e aço, calculando o impacto ambiental causado ao longo do ciclo de vida de um edifício residencial com estrutura de aço e de um edifício de madeira. | O cálculo foi ampliado com a utilização de variáveis fuzzy que representam a incerteza dos diversos parâmetros envolvidos. |
| Rosado <i>et al.</i> (2017) | Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil | Os potenciais impactos ambientais relacionados aos dois processos produtivos foram estimados utilizando a metodologia Impact 2002+. | A produção de agregados reciclados é preferível à de materiais naturais para as categorias de impacto “inorgânicos respiratórios”, “ecotoxicidade terrestre”, “ocupação do solo”, “aquecimento global” e “energias não renováveis”. |
| Zuo <i>et al.</i> (2017) | Green building evaluation from a life-cycle perspective in Australia: A critical review | A metodologia de pesquisa para revisão da literatura sobre avaliação de edifícios verdes incluiu duas etapas: definição do escopo e revisão do mapeamento. Utilizou-se as bases de dados Web of Science, ProQuest e Scopus para busca. | A revisão crítica da literatura existente mostrou que existe um reconhecimento generalizado de que a indústria da construção exige que a avaliação ambiental e econômica ande de mãos dadas. |

| | | | |
|---|---|--|---|
| Carabaño <i>et al.</i> (2016) | Comparative Life Cycle Assessment of the Conventional Façade SOS Natura and the Natural Water Tank Façade | A metodologia utilizada segue e atende aos requisitos das normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. Da mesma forma, segue-se os requisitos da norma EN 15804:2012. | O perfil NWTf apresenta um comportamento ambiental ligeiramente melhor quando comparado ao perfil CF para todo o ciclo de vida na maioria das categorias de impacto analisadas. |
| Lawania e Biswas (2016) | Achieving environmentally friendly building envelope for Western Australia's housing sector: A life cycle assessment approach | A estrutura de LCA para este estudo integra a ferramenta LCA com o software de classificação energética credenciado NatHERS. Os dados de LCI foram inseridos no software SimaPro 8.0.5.13 LCA para calcular as emissões de GEE e o consumo de EE associado ao uso de diferentes materiais para o edifício. | Os resultados mostram que a envolvente do edifício que consiste numa parede sanduíche moldada in situ com núcleo de espuma de tereftalato de polietileno (PET), janelas com vidros duplos e telhas de betão tem as menores emissões de GEE do ciclo de vida e o consumo de energia incorporado. |
| Martínez-Rocamora, Solís-Guzmán e Marrero (2016) | LCA databases focused on construction materials: A review | Foi realizada uma revisão dos bancos de dados de ACV existentes contendo dados para materiais de construção. Uma lista de características e critérios para a sua avaliação é desenvolvida e posteriormente aplicada para comparar. | Ecoinvent e GaBi Database são identificados como os bancos de dados de ACV mais completos de acordo com as características definidas para o estudo. A ELCD é considerada a melhor base de dados gratuita, destacando-se por mesclar dados de bases de dados. |
| Souza <i>et al.</i> (2016) | Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls | A ACV d com o software SimaPro 7.3 e com o método de avaliação de impacto do ciclo de vida IMPACT 2002+ (versão Q2.2). | Os resultados não foram significativos quanto aos impactos na Saúde Humana e na Qualidade dos Ecossistemas. Foram realizadas diversas análises de sensibilidade. |
| Suarez, Roca e Gasso (2016) | Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context | A ACV foi aplicada com o IMPACT 2002+. Foram utilizados dados locais sempre que possível para garantir que o inventário do ciclo de vida (ICV) fosse representativo de Espanha. Os dados foram completados e/ou comparados com a base de dados Ecoinvent v2.0. | O estudo mostra que o processo de reciclagem do gesso consome menos de 65% da energia necessária para a obtenção do gesso natural (GN), e emite menos de 65% dos gases de efeito estufa produzidos no processo de obtenção do GN. |
| Carreras <i>et al.</i> (2015) | Multi-objective optimization of thermal cubicles considering the total cost and life cycle environmental impact | As cargas de energia são calculadas usando EnergyPlus v.8. O impacto ambiental associado à geração da eletricidade consumida e ao fabrico dos materiais de construção é avaliado através da metodologia do Ecoindicador 99 (EI99) que se baseia nos princípios da ACV. | Identificaram-se soluções que reduzem cerca de 40% tanto o custo como o impacto ambiental. As soluções ótimas apresentam também melhorias económicas e ambientais em comparação com os cubículos que são construídos com base nos requisitos da legislação espanhola. |
| Chau, Leung e Ng (2015) | A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon | Os três tópicos abordados foram comparados em relação aos seus objetivos de avaliação, metodologias e resultados. | Foi revelado que resultados bastante consistentes podem ser derivados dos três fluxos no que diz respeito à contribuição relativa das diferentes fases do ciclo de vida. |

| | Emissions Assessment on buildings | | |
|-----------------------------|---|--|--|
| Du <i>et al.</i> (2015) | Life-Cycle Energy Implications of Downtown High-Rise vs. Suburban Low-Rise Living: An Overview and Quantitative Case Study for Chicago | É utilizado uma variedade de fontes de dados para uma comparação quantitativa do consumo de energia do ciclo de vida associado à vida residencial típica em arranha-céus no centro da cidade e em arranha-céus suburbanos em Chicago e arredores. | Este trabalho fornece uma comparação quantitativa do consumo de energia do ciclo de vida associado à vida residencial típica em arranha-céus no centro da cidade e em arranha-céus suburbanos em Chicago e arredores. |
| Shafiq <i>et al.</i> (2015) | Carbon footprint assessment of a typical low rise office building in Malaysia using building information modelling (BIM) | Os elementos estruturais foram projetados de acordo com as normas BS EN 1992, Eurocódigo 2. O projeto estrutural seguiu a BS EN 1992. Foi utilizado o banco de dados do Inventário de Carbono e Energia (ICE) de Geoff Hammond e Craig Jones e as diretrizes DEFRA foram adotados. | O estudo destacou que até 31% da pegada de carbono incorporada foi evitada no edifício. O modelo M1 (G25XS280) teve o maior rendimento, enquanto o modelo M4 (G35XS460) teve a menor contribuição. |
| Cabeza <i>et al.</i> (2014) | Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review | Revisão que organiza a literatura sobre avaliação do ciclo de vida (ACV), análise de energia do ciclo de vida (LCEA) e análise de custos do ciclo de vida (LCCA) realizados para avaliação ambiental de edifícios e da indústria e setor relacionado à construção. | A maior parte da ACV e da LCEA são realizadas no que é apresentado como “edifícios exemplares”, ou seja, edifícios que foram concebidos e construídos como edifícios de baixo consumo de energia, mas existem muito poucos estudos sobre “edifícios tradicionais”. |
| Ko <i>et al.</i> (2014) | A trend analysis on the environmental impact of construction industry in Korea | This study quantitatively assessed the effects of Korea's construction industry on environment using the Life Cycle Assessment (LCA). | Os resultados do estudo revelaram o seguinte: Na indústria de construção coreana, a carga ambiental aumentou 5,4% anualmente, e a sua percentagem em relação à carga ambiental de toda a indústria chegou a 6%. |
| Santos <i>et al.</i> (2014) | Comparative study of the life cycle assessment of particleboards made of residues from sugarcane bagasse (Saccharum spp.) and pine wood shavings (<i>Pinus elliotii</i>) | Utilizou-se dados coletados in loco, ou provenientes de fontes da literatura brasileira. O inventário foi multiplicado pelas categorias de impacto e seus respectivos fatores de equivalência com base no método EDIP. | Os resultados indicaram que o aglomerado de pinus apresenta o maior potencial de impacto ambiental. |
| Sedrez e Haddad (2014) | Different approaches in LCA: Contributions to the methodological development | As análises consideraram o inventário de padrões europeus disponível na base de dados Ecoinvent v2.0. O software utilizado para o desenvolvimento dos cálculos relevantes foi o SimaPro v 7.1.8. A aplicação do método EIO-LCA caracterizou os processos industriais. | A pesquisa identificou o uso massivo de bancos de dados, demonstrando a necessidade de inclusão de dados de países em desenvolvimento por meio da disponibilização de dados por meio de auditorias ambientais obrigatórias. |

Fonte: A Autora (2025).

**APÊNDICE E – Modelo 1 de Questionário Objetivo para a parte Interessada do
Trabalhador**

| | Modelo 1 de Questionário | Sim | Não | N/A |
|--------------------|---|-----|-----|-----|
| Horas de trabalho | 1. Você trabalha mais de 40 horas semanais? | | | |
| | 2. Você trabalha mais de 48 horas semanais? | | | |
| | 3. Tem direito a férias regularmente? | | | |
| Trabalho forçado | 4. Você tem contrato assinado? | | | |
| | 5. Você tem como comprovar que é contratado(a)? | | | |
| | 6. Todos os temas abordados nas questões de 1 a 5 (jornada de trabalho e horas extras) estão de acordo com o contrato assinado? | | | |
| | 7. A sua carteira de trabalho é assinada? | | | |
| | 8. A carteira de trabalho foi assinada e devolvida a você? | | | |
| | 9. O trabalhador tem como pedir a demissão? Você consegue se desvincular do emprego a qualquer momento? | | | |
| | 10. Existe alguma forma de vinculação do trabalhador a dívidas ou favores com o contratante? | | | |
| Salário justo | 11. Você recebe um salário mínimo ou mais? | | | |
| | 12. Em caso de deduções salariais, as deduções no salário no seu pagamento estão conforme o contrato específica? | | | |
| | 13. O pagamento é efetuado "em dia"? (Na data combinada) | | | |
| | 14. Há comprovação de pagamento de salário? | | | |
| | 15. O comprovante possui as deduções do salário discriminadas? | | | |
| Trabalho infantil | 16. Consegue negociar os 30 dias de férias no ano? (por exemplo: dividir férias, trocar ou vender férias etc.) | | | |
| | 17. Há menores aprendizes? (estudantes que dedicam meio período para trabalhar) | | | |
| | 18. Os menores aprendizes estudam? | | | |
| Saúde e segurança | 19. Há treinamento de segurança e saúde no trabalho? | | | |
| | 20. Você considera seu ambiente de trabalho saudável? | | | |
| | 21. É fornecido EPI? (equipamento de segurança) | | | |
| | 22. Há a exigência de exames de saúde periódicos? | | | |
| Benefícios sociais | 23. Há benefícios sociais fornecidos pela empresa? | | | |
| | 24. Você recebe plano de saúde? | | | |
| | 25. Você recebe plano de saúde dentário? | | | |
| | 26. Você recebe licença maternidade / paternidade? | | | |
| | 27. E estes benefícios estavam estipulados pelo contrato assinado? | | | |

Fonte: A Autora (2025), adaptado do UNEP/SETAC (2019).

APÊNDICE F – Modelo 2 de Questionário Objetivo na Escala Likert para parte Interessada de Trabalhador

| | 1-Nunca | 2- Raramente | 3- Às vezes | | | | | | |
|----------------------------------|---|--------------|-------------|--|---|---|---|---|---|
| | 4- Frequentemente | | 5-Sempre | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Liberdade de negociação coletiva | 28. Você é liberado para as reuniões coletivas do sindicato? | | | | | | | | |
| | 29. A empresa aceita a divulgação das ações do sindicato? | | | | | | | | |
| | 30. Os trabalhadores são livres para participarem de movimentos sindicais? | | | | | | | | |
| | 31. A empresa disponibiliza de instalações e possibilidaes para as reuniões e comunicação das equipes locais? | | | | | | | | |
| | 32. Consegue negociar reajuste salarial? | | | | | | | | |
| Horas de trabalho | 33. Com que frequência faz horas extras? | | | | | | | | |
| | 34. Quando faz horas extras, faz mais de 2 horas além do horário normal? | | | | | | | | |
| Saúde e segurança | 35. Na sua opinião, os treinamentos foram suficientes para suprir as necessidades de segurança e saúde no trabalho? | | | | | | | | |
| Oportunidades iguais | 36. Há casos reportados pelos trabalhadores de discriminação entre pares ou chefia e subordinados? (seja de raça, gênero ou crença religiosa) | | | | | | | | |
| | 37. Há a inclusão de trabalhadores com deficiência? | | | | | | | | |
| | 38. Você acha que as oportunidades são iguais a todos na empresa? | | | | | | | | |
| Comunicação | 39. Você considera a comunicação eficiente no seu local de trabalho e na empresa como um todo? | | | | | | | | |
| | 40. Você se sente acolhido e ouvido nos momentos necessários? | | | | | | | | |

Fonte: A Autora (2025) adaptado do UNEP/SETAC (2019).

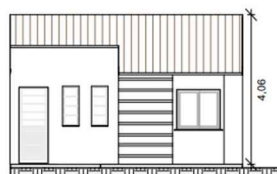
ANEXO A – Planta do Loteamento Construído com as Identificações dos Lotes



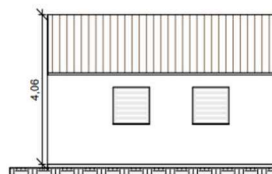
5 PLANTA DO LOTEAMENTO
ESCALA - 1 : 5000

Fonte: Construtora do Estudo de Caso (2025).

ANEXO B – Projeto Arquitetônico das Fachadas



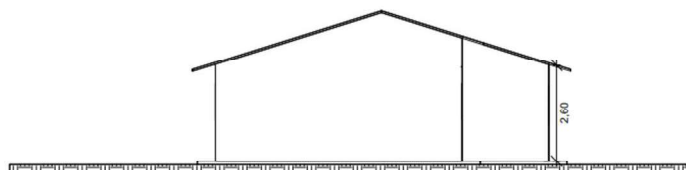
1 FACHADA FRONTAL
ESCALA - 1 : 100



2 FACHADA POSTERIOR
ESCALA - 1 : 100



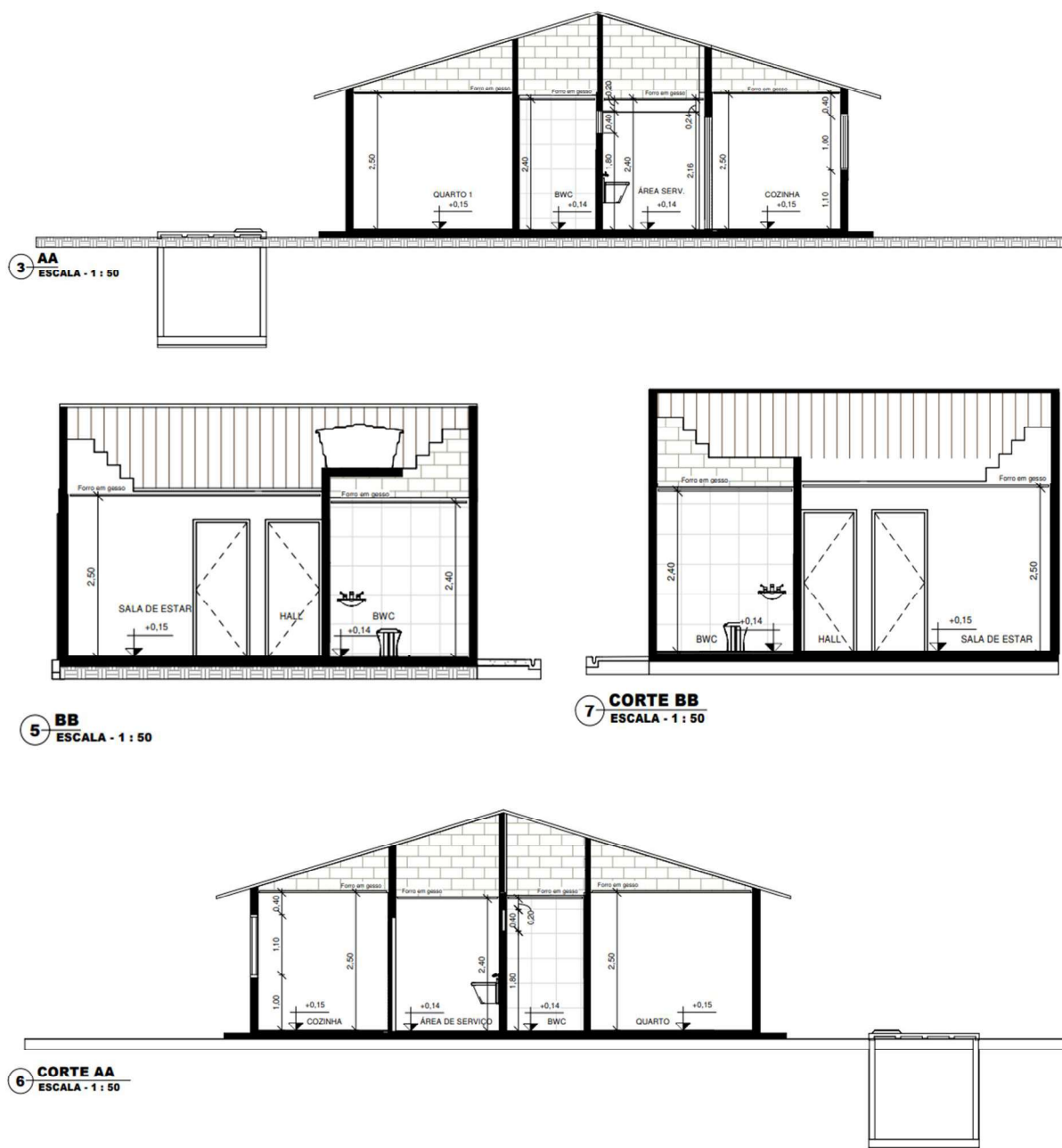
3 FACHADA LAT. ESQUERDA
ESCALA - 1 : 100



4 FACHADA LAT. DIREITA
ESCALA - 1 : 100

Fonte: Construtora do Estudo de Caso (2025).

ANEXO C – Plantas de Corte da Unidade Habitacional



Fonte: Construtora do Estudo de Caso (2025).