



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Arquitetura e Urbanismo



BETHÂNIA CAROLINA DA COSTA FERNANDES

**ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE:
UMA REVISÃO CRÍTICA E PROPOSITIVA SOBRE
OS PROCEDIMENTOS DE PROJETO**

Ouro Preto
2025

BETHÂNIA CAROLINA DA COSTA FERNANDES

**ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE:
UMA REVISÃO CRÍTICA E PROPOSITIVA SOBRE
OS PROCEDIMENTOS DE PROJETO**

Trabalho Final de Graduação apresentado
ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal de Ouro Preto, como
requisito parcial para obtenção do título de
Arquiteta e Urbanista.

Orientador: Prof. Dr. Clécio Magalhães do
Vale

Ouro Preto
2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F363a Fernandes, Bethânia Carolina da Costa.

Arquitetura e sustentabilidade [manuscrito]: uma revisão crítica e propositiva sobre os procedimentos de projeto.. / Bethânia Carolina da Costa Fernandes. - 2025.

78 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. + Diagrama - SIM.

Orientador: Prof. Dr. Clécio Magalhães do Vale.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Arquitetura e Urbanismo .

1. Arquitetura. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Sustentabilidade. 4. Créditos de carbono. I. Vale, Clécio Magalhães do. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 72:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Bethânia Carolina da Costa Fernandes

Arquitetura e sustentabilidade: uma revisão crítica e propositiva sobre os procedimentos de projeto

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Arquiteta e Urbanista

Aprovada em 28 de agosto de 2025

Membros da banca

Dr. Clécio Magalhães do Vale - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Maurício Leonard de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Estefânia Momm de Melo

Clécio Magalhães do Vale, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 08/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Clecio Magalhaes do Vale**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/09/2025, às 14:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0974921** e o código CRC **4D09565F**.

RESUMO

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia brasileira, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) e por impulsionar diversos outros setores. Entretanto, esse mesmo setor é marcado pela exploração intensiva de recursos naturais, pela elevada emissão de gases de efeito estufa e pela geração de resíduos, configurando um modelo de produção insustentável que compromete ecossistemas, comunidades e trabalhadores. Apesar dos avanços tecnológicos, persiste o desafio de reduzir drasticamente as emissões, sobretudo na fabricação de materiais como cimento, aço e vidro, que respondem por grande parte do impacto ambiental do setor. Diante desse cenário, este trabalho buscou: (1) compreender como a cadeia produtiva da construção contribui para o aquecimento global; (2) identificar estratégias para mitigar as emissões de gases de efeito estufa inerentes aos processos construtivos; e (3) propor um metaprojeto que considere aspectos ambientais, sociais e técnicos em prol de uma arquitetura de baixo impacto. As reflexões desenvolvidas evidenciam que a sustentabilidade não deve ser entendida apenas em sua dimensão técnica, mas também ética e social, reconhecendo o papel dos trabalhadores e das práticas construtivas locais. As diretrizes do metaprojeto e o estudo de caso em Ouro Branco demonstraram a viabilidade de uma prática arquitetônica comprometida com a realidade regional e as necessidades contemporâneas, valorizando materiais locais, reduzindo impactos de transporte, integrando estratégias passivas de conforto ambiental e prevendo a flexibilidade e a permanência das edificações. Em última instância, a principal contribuição deste TFG está em destacar a arquitetura como agente transformador na busca por novos paradigmas de desenvolvimento, em que projetar não significa apenas criar edifícios eficientes, mas pensar espaços que expressem sensibilidade ao lugar, equidade social e responsabilidade intergeracional.

Palavras-chave: Arquitetura; Sustentabilidade; Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono.

ABSTRACT

The construction industry plays a key role in the Brazilian economy, contributing significantly to the Gross Domestic Product (GDP) and driving several other sectors. However, it is also marked by the intensive extraction of natural resources, high greenhouse gas emissions, and large amounts of waste, which configure an unsustainable production model that compromises ecosystems, communities, and workers. Despite technological advances, the sector still faces the urgent challenge of drastically reducing emissions, particularly in the production of materials such as cement, steel, and glass, which account for most of its environmental impact. In this context, this study aimed to: (1) understand how the construction supply chain contributes to global warming; (2) identify strategies to mitigate greenhouse gas emissions inherent to construction processes; and (3) propose a metaproject that integrates environmental, social, and technical aspects in pursuit of low-impact architecture. The reflections developed throughout the research show that sustainability should not be understood solely in its technical dimension, but also in its ethical and social scope, by recognizing the role of workers and the value of local construction practices. The guidelines presented in the metaproject and the case study in Ouro Branco demonstrate the feasibility of an architectural practice committed to the regional context and contemporary needs, by prioritizing locally available materials, reducing transport-related impacts, integrating passive strategies for environmental comfort, and ensuring the flexibility and permanence of buildings. Ultimately, the main contribution of this Final Graduation Project lies in highlighting architecture as a transformative agent in the search for new development paradigms. Designing is not only about creating efficient buildings, but about conceiving spaces that express sensitivity to place, social equity, and intergenerational responsibility.

Keywords: Architecture; Sustainability; Low-Carbon Construction Technologies.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQUA (HQE) - Alta Qualidade Ambiental - *Haute Qualité Environnementale*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

BIM - *Building Information Modeling*

BRE - *Building Research Establishment*

CAT - Comunicação de Acidente de Trabalho

CFCs - Clorofluorcarbonetos

CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

CLT - Consolidação das Leis do Trabalho

CNI - Confederação Nacional da Indústria

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de carbono

COP - Conferência das Partes

DESA - Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais

EPIs - Equipamentos de Proteção Individual

GEE - Gases de efeito estufa

HFCs – Hidrofluorcarbonetos

IFMG - Instituto Federal de Minas Gerais

IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

NR - Norma Regulamentadora

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PAIR - Perda auditiva induzida por ruído

PIB - Produto Interno Bruto

PCBs - *Polychlorinated Biphenyls*

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RCC - Resíduos da construção civil

RSU - Resíduos sólidos urbanos

SBN - Soluções Baseadas na Natureza

TFG - Trabalho Final de Graduação

UFSJ - Universidade Federal de São João del-Rei

USGBC - *U.S. Green Building Council*

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*

WCS - *World Conservation Strategy*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. A CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS SOCIAMBIENTAIS	10
2.1 A QUESTÃO DOS TRABALHADORES	21
3. ARQUITETURA: O QUE MUDOU COM O TEMPO?	30
4. AS ORIGENS DO DISCURSO SOBRE A SUSTENTABILIDADE	34
4.1 A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	39
4.2 NORMAS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	44
4.3 OS DESAFIOS DA ATUALIDADE: ALTERNATIVAS AO DISCURSO	47
5. ARQUITETURA DE BAIXO CARBONO	53
5.1 PERSPECTIVAS COMPLEMENTARES	55
6. METAPROJETO: ESTRATÉGIA DE TRABALHO	59
6.1 ESTUDO DE CASO EM OURO BRANCO, MG	62
6.1.1 Contexto	62
6.1.2 Programa de necessidades: Usos	64
6.1.3 Implantação	65
6.1.4 Análise climática	68
6.1.5 Sistemas construtivos	70
6.1.6 Sistemas complementares	72
6.1.7 Considerações finais	72
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental consolidou-se como um dos principais temas das últimas décadas em razão do crescente impacto das atividades humanas sobre o planeta, e à medida que os efeitos das mudanças climáticas se tornam mais evidentes, torna-se imperativo repensar a forma com que habitamos e nos relacionamos com o planeta.

De acordo com Silva (2022), o relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2014, apontou que o período entre 1983 e 2012 foi o mais quente dos últimos 800 anos no hemisfério norte. Associado ao aumento da temperatura (aquecimento global), temos uma série de consequências em cadeia, como o derretimento das geleiras, a elevação do nível dos oceanos e a intensificação da ocorrência de eventos climáticos extremos - tempestades, inundações, ondas de calor, secas prolongadas e incêndios florestais - que frequentemente se convertem em desastres socioambientais, afetando ecossistemas, infraestrutura urbana e populações humanas em escala planetária.

Entre as principais causas desse quadro, destaca-se o agravamento do efeito estufa em decorrência das ações antrópicas, sobretudo a queima de combustíveis fósseis - como carvão, petróleo e gás natural, que constituem a principal fonte de emissões de dióxido de carbono (CO₂) - associadas à geração de energia, ao transporte e a processos industriais intensivos. Somam-se a esses fatores o desmatamento, as queimadas e a gestão inadequada de resíduos - práticas impulsionadas pelo crescimento populacional e pelos padrões insustentáveis de consumo (figuras 01 e 02); o que evidencia a urgência de se reconsiderar o atual modelo de desenvolvimento econômico.

Esses fatores podem acarretar não apenas impactos ambientais imediatos - como a poluição generalizada, a degradação dos ecossistemas e a perda da biodiversidade - mas também efeitos sociais e econômicos significativos, expressos em crises sanitárias e migrações forçadas. Nesse contexto, configura-se um processo de retroalimentação: ao mesmo tempo em que o processo de urbanização pressiona os recursos naturais e amplia as emissões de gases de efeito estufa, as próprias mudanças climáticas agravam as fragilidades socioambientais urbanas.

O relatório *World Urbanization Prospects* (2018), elaborado pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (DESA) das Nações Unidas, evidencia essa

dinâmica ao demonstrar que a população urbana mundial saltou de “751 milhões, em 1950, para 4,2 bilhões em 2018, representando 55% de toda a população mundial”. Estimava-se, ainda, que até 2050 esse contingente atingiria a marca de 7 bilhões de pessoas (Silva, 2022, p. 8). Contudo, esse marco já foi ultrapassado. As projeções mais recentes das Nações Unidas indicam que a população mundial deve atingir cerca de 9,7 bilhões até 2050 e alcançar um pico de aproximadamente 10,3 bilhões na década de 2080, antes de uma possível estabilização (UNITED NATIONS, 2022; UNITED NATIONS, 2024). Considerando que as cidades concentram cerca de 78% de toda a energia consumida e respondem por mais de 60% das emissões globais de gases de efeito estufa, fica evidente que elas se configuram como territórios estratégicos no enfrentamento da crise ambiental. Assim, a forma como ocupamos o território e conduzimos os processos de urbanização será determinante para mitigar ou, ao contrário, intensificar os impactos sobre o planeta.



Figuras 01 e 02: Problemas ambientais urbanos.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/poluicao.htm>
<https://123ecos.com.br/docs/poluicao-ambiental/>

Neste cenário, a construção civil - um dos setores mais expressivos da economia mundial - desempenha um papel decisivo, seja pelo potencial transformador que carrega, seja pelos impactos negativos que pode causar: trata-se de uma indústria com alto consumo de energia e recursos naturais, responsável por cerca de 40% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) - nomeadamente em razão da produção de materiais como cimento, aço e vidro. A isso somam-se a geração massiva de resíduos sólidos e a intensa transformação do território, frequentemente marcada pela substituição de áreas verdes por grandes empreendimentos. Esse conjunto de práticas evidencia um modelo produtivo guiado pela lógica extrativista e ainda pouco comprometido com a busca por equilíbrio socioambiental.

A cadeia produtiva da construção civil é extensa, fragmentada e heterogênea, abarcando desde a extração de recursos naturais até as etapas de uso e manutenção das edificações no pós obra. A falta de controle efetivo sobre a origem e o destino dos insumos, aliada à informalidade que permeia o fluxo produtivo, torna o mapeamento e o dimensionamento dos impactos socioambientais ainda mais desafiador. Nesse cenário, é igualmente fundamental reconhecer o papel dos trabalhadores da construção civil, que, embora estejam na linha de frente da produção, frequentemente operam em condições precárias, invisibilizados pelas dinâmicas do setor. Assim, a sustentabilidade não pode ser reduzida a uma perspectiva meramente técnica ou ambiental: deve incorporar também uma dimensão ética e social.

Apesar dos inúmeros desafios, há caminhos possíveis para reorientar o setor. O uso de materiais de baixo impacto, a adoção de estratégias de eficiência energética, o emprego de técnicas construtivas inovadoras - assim como técnicas tradicionais - e o planejamento urbano sustentável configuram alternativas promissoras. Nesse sentido, certificações ambientais como BREEAM, LEED, AQUA e o Selo Casa Azul têm buscado incentivar práticas mais responsáveis. Contudo, tais instrumentos ainda permanecem restritos a nichos específicos, sem alcançar, muitas vezes, a escala e a profundidade necessárias para promover uma transformação estrutural do setor, quando não se limitam a cumprir um papel meramente mercadológico, servindo como estratégias de *marketing* para o setor imobiliário.

Neste ponto, a arquitetura desponta como um campo estratégico de articulação entre projeto, tecnologia, sociedade e meio ambiente. O arquiteto, enquanto agente de síntese e tomada de decisão, assume um papel crucial na proposição de soluções

capazes de conciliar desempenho ambiental, viabilidade técnica e justiça social. É no processo de projeto que se definem escolhas fundamentais - desde os materiais e os sistemas construtivos empregados até as formas de ocupação do território e a qualidade dos espaços produzidos.

Diante desse panorama, este trabalho propõe uma revisão crítica e propositiva dos procedimentos de projeto, com ênfase no papel da arquitetura enquanto prática transformadora. A pesquisa busca mapear os impactos ambientais do setor, analisar a cadeia produtiva e seus agentes - incluindo os trabalhadores e a forma como eles podem ser afetados durante esses processos; discutir o conceito de sustentabilidade e suas aplicações no campo da construção; avaliar estratégias, normas e certificações, e, por fim, apresentar um conjunto de diretrizes projetuais sustentáveis, estruturadas sob a forma de um metaprojeto. O objetivo é contribuir para o debate acadêmico e profissional acerca de caminhos possíveis para uma arquitetura de baixo carbono, tecnicamente viável e socialmente comprometida.

2. A CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A indústria da construção civil desempenha papel de destaque na economia brasileira, contribuindo significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2021, o setor respondeu por 13,8% do PIB industrial, ocupando a primeira posição entre os dez principais segmentos da indústria nacional (figura 03). Sua importância vai além dessa contribuição direta, pois movimenta diversos outros setores e impulsiona o desenvolvimento social e urbano do país. Alguns estudos indicam que, a cada emprego direto gerado na construção, são criados mais de dois outros postos de trabalho em atividades relacionadas (Roth; Garcias, 2009) - perdendo apenas para a produção de alimentos (como pode ser observado na figura 04), o que demonstra seu papel fundamental na geração de renda e oportunidades.

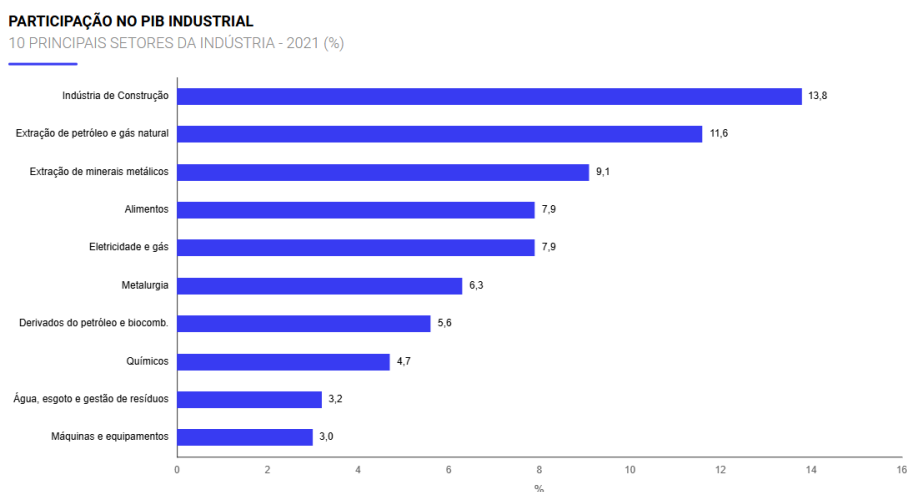


Figura 03: Participação no PIB Industrial.
Fonte: CNI – Estatísticas.

Paralelamente, essa mesma indústria é caracterizada pela **exploração desenfreada de recursos naturais; intensa geração de resíduos e elevado consumo energético**, o que acarreta sérios impactos ambientais. Em escala mundial, estima-se que o setor construtivo, do qual faz parte a produção arquitetônica e urbanística, seja responsável por entre 12 e 16% do consumo de água potável, 35% do uso de energia primária e 38% das emissões de dióxido de carbono - dados que não podem ser negligenciados (Saramago, 2022).

PARTICIPAÇÃO NO EMPREGO INDUSTRIAL
10 PRINCIPAIS SETORES DA INDÚSTRIA - 2023 (%)

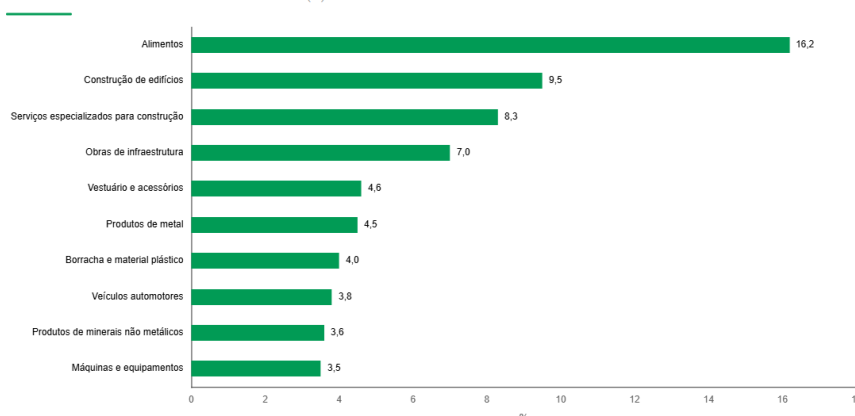


Figura 04: Participação no Emprego Industrial.
Fonte: CNI – Estatísticas.

De acordo com Agopyan (2011), a fabricação de materiais como cimento, aço e vidro constitui uma das principais fontes de emissão de carbono na indústria da construção civil. Contudo, a hipersegmentação da cadeia produtiva, aliada à presença de informalidade em diferentes etapas, dificulta a obtenção de dados consistentes sobre a maior parte dos insumos utilizados no setor. Essa limitação compromete o mapeamento preciso dos impactos ambientais em escala mais abrangente e dificulta a formulação de estratégias efetivas de mitigação, o que evidencia a necessidade de uma abordagem sistêmica e sustentável que considere todos os elos da cadeia produtiva da construção civil. Somente ao compreender a totalidade de suas etapas - da extração de recursos naturais à destinação final dos resíduos¹ - é possível identificar oportunidades de mitigação dos impactos socioambientais.

Grosso modo, ela subdivide-se em: 1- Extração de matérias primas e recursos naturais; 2- Beneficiamento e produção de insumos básicos e componentes mais complexos para posterior comercialização; 3- Transporte; 4- Concepção e desenvolvimento de projetos; 5- Construção, propriamente dita; 6- Práticas de uso e de manutenção; 7- Demolição e/ou desmontagem ao final da vida útil; e, por fim, a 8- Destinação dos resíduos gerados. Como pode ser observado na figura 05 (Diagrama da cadeia produtiva da construção civil - adaptado pela autora), é notória a heterogeneidade deste segmento.

¹ Alguns autores dividem a cadeia produtiva da construção civil em três grandes grupos: cadeia montante, cadeia principal e cadeia jusante. Como o próprio nome sugere, o primeiro refere-se aos processos que antecedem a obra; o segundo, à fase de execução da obra; e o terceiro envolvendo todos os serviços do pós-obra.

Adicionalmente, ressalta-se que os processos em questão são regidos por regulamentações, tais como normas técnicas, códigos de obras, planos diretores, e também são impactados por políticas públicas de alcance mais amplo, incluindo as de natureza fiscal. Tais processos demandam recursos ambientais e econômicos; e acarretam impactos sociais que transcendem os usuários diretos, atingindo cidadãos, empresas e órgãos governamentais (Agopyan, 2011).

Para se ter uma ideia, a produção de **cimento** é responsável por cerca de 24,9% das emissões nacionais de GEE² – das quais 90% são provenientes da fase de clínquerização³. Trata-se da principal matéria prima do concreto que, por sua vez, corresponde à segunda substância mais utilizada no planeta - perdendo apenas para a água (Saramago, 2022). Perante o exposto, uma boa estratégia para a diminuição do teor de clínquer seria o aproveitamento de resíduos oriundos de outras cadeias produtivas, como escórias de alto forno e cinzas volantes. Essa substituição, no entanto, estaria condicionada à disponibilidade desses produtos, o que poderia limitar o potencial de redução das emissões.

No caso do **aço**, estima-se que a sua fabricação seja responsável por aproximadamente 8% das emissões mundiais diretas de GEE (Saramago, 2022). Grande parte desses impactos advém do emprego de carvão mineral – fonte fóssil não renovável, que, por sua vez, exerce dupla função nas siderúrgicas: como combustível, no aquecimento dos altos fornos, e como reagente, no processo de redução do minério de ferro. Como sugere a autora, o uso de carvão vegetal poderia ser considerado uma boa opção para tentar reduzir esses impactos, mas, por outro lado, exerceria grande pressão sobre as florestas nativas remanescentes.

Em se tratando de **componentes cerâmicos**, outro material amplamente utilizado na Construção Civil, além das emissões significativas de GEE durante as etapas de calcinação e queima da argila, destaca-se também o elevado consumo de energia, sobretudo de origem térmica. Como alternativa para mitigar os impactos da extração da argila, propõe-se a incorporação de resíduos, como escórias de aciaria e

² O aumento da concentração dos GEE – como hidrofluorcarbonetos (HFCs), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e, principalmente, dióxido de carbono (CO₂) – na atmosfera reduz a “transparência” da camada de ar que envolve a Terra, responsável pela manutenção da temperatura em níveis adequados à vida, prejudicando a dissipação da energia produzida, levando, consequentemente, ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

³ Processo em que a matéria-prima se transforma, sob alta temperatura, no clínquer, que depois será moído junto ao gesso para originar o cimento Portland.

lamas provenientes de estações de tratamento de água, à massa cerâmica. Contudo, essa prática pode gerar um efeito colateral relevante: a liberação de CH₄, em razão da presença de matéria orgânica nesses resíduos. Tendo em vista que o CH₄ apresenta um potencial de aquecimento global significativamente superior ao do CO₂, a adoção dessa estratégia, ainda que alivie a demanda por recursos naturais, pode resultar no aumento da intensidade das emissões associadas ao efeito estufa.

Esses são apenas alguns dos exemplos que evidenciam a complexidade dos processos, e, sobretudo, das decisões. Em outras palavras, trata-se de uma série de desafios interconectados que exigem uma análise aprofundada, considerando-se que uma intervenção pontual pode, inadvertidamente, acabar gerando novos problemas.

E os impactos não se limitam às etapas de extração e beneficiamento. O setor de transportes, no que lhe diz respeito, apresenta-se como responsável por cerca de 9% das emissões nacionais de CO₂, dos quais 40% estão associados ao traslado de cargas que, em muitos casos, viajam por longas distâncias utilizando majoritariamente combustíveis fósseis, como o diesel (Saramago, 2022). A título de exemplo, em razão do esgotamento das reservas próximas, a extração de areia natural no estado de São Paulo tem ocorrido a distâncias cada vez maiores - superiores a 100 km da capital - o que acarreta um aumento expressivo no consumo de energia e na emissão de poluentes (Roth; Garcias, 2009).

Nesse contexto, é imperativo ressaltar a **críticidade inerente às fases de projeto e planejamento**, pois são elas que delineiam os pilares e as diretrizes de todas as etapas subsequentes de uma empreitada. É precisamente neste ponto que a expertise e a atuação dos profissionais da área se tornam indispensáveis e decisivas, como destaca Agopyan (2011, p. 15):

As decisões de projeto, como localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes, afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia, bem como a otimização ou não da execução e o efeito global no seu entorno (corte, aterro, inundações, ventilação, insolação), sem falar nos impactos estéticos e urbanísticos mais amplos.

De modo geral, a indústria da construção civil enfrenta desafios ambientais significativos em todas as suas fases. E desde o início, a geração de resíduos é um problema central, mas é durante a execução das obras que esses impactos se tornam

mais visíveis (figuras 06 e 07), a partir dos expressivos montantes de entulhos, o que contribui para a sobrecarga dos sistemas de limpeza pública. Os resíduos da construção civil (RCC) não se limitam apenas a restos de tijolos ou argamassa, como é comumente pensado. Eles compreendem uma variedade de materiais, como embalagens de papel e plástico, terra, vegetação, ferragens, madeira e até resíduos orgânicos, como alimentos e bitucas de cigarro, o que resulta em um volume bastante heterogêneo e de difícil separação (Roth; Garcias, 2009). Estudos apontam que os RCC correspondem a uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos (RSU), representando entre 50% e 70% do total gerado (Saramago, 2022). Contudo, apesar das diretrizes existentes, a maioria dos municípios ainda não faz essa gestão da maneira adequada, o que inviabiliza práticas como a reciclagem.



Figuras 06 e 07: Resíduos de construção civil.

Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br/gestao/a-importancia-da-gestao-de-residuos-na-construcao-civil/>

<https://qualidadeonline.wordpress.com/2017/04/13/aprendendo-a-gerenciar-os-residuos-da-construcao-civil-com-a-norma-tecnica/>

Esse montante é, muitas vezes, amplificado por perdas associadas a processos construtivos ineficientes ou que ainda não foram otimizados. Segundo Oliveira (1998, *apud* Roth; Garcias, 2009), o setor ainda apresenta significativa resistência a mudanças. A prática de quebrar blocos cerâmicos após a execução das paredes para a passagem das tubulações elétricas e hidráulicas, bem como o uso indiscriminado de materiais, que muitas vezes resulta na aquisição de quantidades superiores às realmente necessárias ou até mesmo de insumos inadequados ou sem utilidade, configuram comportamentos recorrentes no setor.

Nesse sentido, o emprego de tecnologias digitais nas etapas de planejamento, notadamente os *softwares* de modelagem tridimensional (*BIM - Building Information Modeling*), tem revolucionado a forma como os projetos são concebidos, analisados e executados. Essas ferramentas permitem a integração e compatibilização dos mesmos, facilitando a detecção antecipada de possíveis interferências, como cruzamentos entre tubulações e vigas, ou incompatibilidades entre elementos construtivos, por exemplo. Com essa abordagem, é possível realizar ajustes ainda na fase de projeto, evitando que problemas sejam identificados apenas durante a obra, o que comumente resulta em retrabalhos, atrasos e aumento de custos. Além disso, a modelagem precisa permite estimativas orçamentárias mais assertivas, controle de quantitativos e planejamento logístico, reduzindo desperdícios de materiais e otimizando os recursos disponíveis (Freitas *et. al*, 2018).

Embora a metodologia BIM e suas ferramentas ofereçam diversas vantagens, muitos profissionais ainda encontram desafios na hora de utilizá-las por se tratar de uma abordagem recente no cenário global, e, especialmente, no contexto brasileiro, que demorou a incorporá-la. É natural que exista insegurança diante do novo; e a transição para novas tecnologias nem sempre é um processo simples, mas com o tempo e o apoio adequado, a superação dessas barreiras pode resultar em ganhos significativos em termos de eficiência e qualidade em todo o setor (Freitas *et. al*, 2018).

Outro ponto extremamente relevante refere-se às etapas subsequentes, de uso e manutenção. Em escala global, 38% das emissões de dióxido de carbono são provenientes do setor construtivo, sendo que apenas 10% são derivadas da fabricação de materiais e do processo de construção. Os outros 28% advêm da operação dos edifícios em si, isto é, do seu próprio funcionamento (Saramago, 2022).

A autora ainda aponta que o expressivo aumento da demanda por climatização artificial não pode ser atribuído somente às mudanças climáticas, mas, em grande parte, à ausência de estratégias projetuais que respondam adequadamente às condições climáticas locais. Sem falar do aumento do poder aquisitivo, que tem possibilitado a aquisição desses equipamentos por um número cada vez maior de usuários, o que contribui para a intensificação do problema. Ainda que uma parcela significativa desses equipamentos tenha migrado para o uso de hidrofluorcarbonetos (HFCs) em detrimento dos clorofluorcarbonetos (CFCs), é fundamental ressaltar que os primeiros contribuem substancialmente para o aquecimento global, enquanto os últimos são reconhecidos por seu impacto destrutivo sobre a camada de ozônio (Saramago, 2022). Como se observa, a questão não se limita exclusivamente aos custos envolvidos na construção de um edifício, mas, sobretudo, nos gastos necessários para sua manutenção e funcionamento ao longo do tempo.



Figura 08: Demolição de prédio.

Fonte: <https://www.demolidorasaobento.com/blog>

Ao final de sua vida útil, as edificações são frequentemente submetidas a **processos de demolição ou desmonte** (figura 08), motivados por deterioração, obsolescência funcional ou pressão imobiliária. Nesses casos, os resíduos gerados representam um passivo ambiental significativo, especialmente quando não são devidamente reutilizados, reciclados ou destinados a aterros sanitários licenciados. O descarte inadequado desses materiais pode comprometer a qualidade do solo e dos

recursos hídricos, além de sobrecarregar os sistemas públicos de gestão de resíduos. Embora a **incineração** seja uma alternativa para a redução volumétrica e recuperação parcial da energia contida nos materiais, essa prática também resulta na emissão de poluentes atmosféricos e na produção de resíduos tóxicos, exigindo controle rigoroso e tecnologias adequadas de tratamento (Nagalli, 2016).

Paralelamente, o processo de urbanização e a expansão territorial das cidades, muitas vezes motivados pela **especulação imobiliária**, têm promovido a substituição de edificações preexistentes - por vezes ainda funcionais - por novos empreendimentos de maior valor econômico, ao mesmo tempo em que avançam sobre áreas ambientalmente frágeis (Silva, 2022) tanto pelo mercado imobiliário como pela população pobre excluída do mercado formal de moradia. Esse modelo de crescimento desordenado resulta na sobrecarga da infraestrutura urbana, na destruição de biomas e paisagens naturais, bem como na intensa impermeabilização do solo, fatores que contribuem para o agravamento do escoamento superficial, a formação de ilhas de calor e o aumento do risco de enchentes.

Com mais da metade da população mundial concentrada em centros urbanos, parcela significativa reside em áreas de risco (figura 09), frequentemente carentes de infraestrutura adequada e particularmente vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas. A intensificação de eventos extremos, como chuvas intensas, deslizamentos, inundações e períodos prolongados de estiagem, afeta de maneira mais severa as populações de baixa renda, ampliando as desigualdades socioespaciais e comprometendo a segurança hídrica e a resiliência urbana (Silva, 2022).



Figura 09: Moradias em áreas de alto risco.

Fonte: <https://www.brasildefato.com.br/2018/07/04/brasil-tem-83-milhoes-de-pessoas-vivendo-em-areas-de-risco/>

Com isso, percebe-se que os impactos sociais são tão expressivos quanto as questões ambientais e, como veremos a seguir, afetam inclusive os trabalhadores que atuam nas diferentes etapas do processo construtivo. A informalidade, a precarização das condições de trabalho e a baixa qualificação técnica figuram entre os entraves estruturais mais recorrentes do setor (figura 10) (Silveira *et al.*, 2005), revelando uma dimensão social frequentemente negligenciada nas discussões sobre sustentabilidade.



Figura 10: Informalidade na construção civil.

Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/informalidade-na-construção-civil-quando-quem-é-o-1º-barboza-zizas>

A partir das revisões bibliográficas realizadas ao longo deste trabalho, elaborou-se um quadro que sintetiza os principais impactos associados a cada uma das fases da cadeia produtiva da construção civil. Observa-se que a maior concentração desses impactos ocorre nas etapas iniciais da cadeia, especialmente nos processos de extração das matérias-primas, que costumam provocar alterações significativas tanto no meio ambiente quanto nas dinâmicas sociais. Tais atividades afetam diretamente as condições de vida e de trabalho das populações envolvidas, expondo os trabalhadores a riscos diversos e, muitas vezes, precárias condições de trabalho. Soma-se a isso os efeitos sociais mais amplos, como o deslocamento de comunidades e a degradação do entorno natural, o que compromete o bem-estar coletivo. Esse cenário evidencia a necessidade de considerar, já nas fases iniciais do processo construtivo, tanto a procedência dos materiais quanto as condições socioambientais de sua extração, a fim de mitigar impactos muitas vezes irreversíveis.

Principais impactos AMBIENTAIS E SOCIAIS associados à cada uma das etapas da cadeia produtiva da Construção Civil	
Extração	- Modificação profunda do relevo - Erosão e desmoronamento (pedreiras) - Risco de acidentes - Desmatamento (extração de madeira nativa) - Esgotamento de jazidas (minerais) - Modificação dos cursos d'água; levando ao seu assoreamento - Comprometimento da biodiversidade local - Alto consumo de energia (operação de máquinas e equipamentos) - Poluição sonora (ruído excessivo) - Emissão de poluentes atmosféricos - Contaminação do ar, água e solos - Inalação de poeira e partículas finas - Impactos sociais e psicológicos - deslocamento de comunidades
Beneficiamento e Produção	- Alto consumo de energia (operação de máquinas e equipamentos) - Poluição sonora (ruído excessivo) - Risco de acidentes - Emissão de poluentes atmosféricos - Inalação de poeira e partículas finas - Geração de resíduos tóxicos - Contaminação do ar, água e solos
Transporte	- Interrupção de fluxos naturais (construção de portos, estradas e ferrovias) - Risco de acidentes - Emissão de poluentes atmosféricos - Dispersão de insumos mal acondicionados
Construção	- Geração de resíduos de construção/demolição - Emissão de poluentes atmosféricos - Poluição sonora (ruído excessivo) - Interrupção de fluxos naturais / alteração da paisagem - Transtornos ao tráfego urbano devido à movimentação de caminhões com cargas pesadas e especiais - Contaminação do ar, água e solos - Inalação de poeira e partículas finas - Depreciação de imóveis vizinhos
Uso e Manutenção	- Alto consumo de energia - Emissão de GEE - Geração de resíduos; disposição inadequada
Demolição e Destinação Final	- Emissão de GEE - Geração de resíduos; disposição inadequada - Alteração da paisagem - Contaminação do ar, água e solos - Proliferação de vetores de doenças - Risco de acidentes

Fonte: Organizado pela autora, 2025.

2.1 A Questão dos Trabalhadores

Incluir o trabalhador da construção civil nas questões relativas à sustentabilidade é fundamental para avançarmos nesse debate, afinal, trata-se daqueles que estão na linha de frente, com atuação direta nos locais de extração (minas, pedreiras, jazidas, leitos de rios, etc.), nas fábricas e pontos de distribuição, nos canteiros de obras, como também pelas estradas. Ou seja, aqueles que, de fato, fazem acontecer.

Quando se fala em “sustentabilidade” ou “desenvolvimento sustentável”, é natural que as pessoas façam uma rápida associação entre meio ambiente e economia, esquecendo-se, muitas vezes, da vertente social (figura 11). Vale ressaltar que essa esfera reforça o compromisso que as empresas devem ter com todas as pessoas que, direta ou indiretamente, estão ligadas a ela, considerando-se o bem-estar comum, seja dentro ou fora da empresa, o que abrange a sociedade como um todo. Como sugere Agopyan (2011, p.14), “o aumento da sustentabilidade do setor depende de **soluções em todos os níveis**, articulados dentro de uma visão sistêmica.”



Figura 11: Tripé da Sustentabilidade.
Fonte: <https://meiosustentavel.com.br/triple-bottom-line/>

Um dos principais entraves para a consolidação dessa visão sistêmica é a questão da informalidade, que, segundo Agopyan (2011), permanece fortemente enraizada na construção civil e se manifesta de múltiplas formas: precarização das

condições de trabalho; ausência de segurança e proteção social (direitos trabalhistas); desrespeito às normas ambientais; baixa qualidade construtiva; sonegação fiscal; etc.

Diante desse cenário, torna-se essencial destacar a existência de instrumentos normativos que buscam regulamentar as condições de trabalho e reduzir os riscos ocupacionais. Entre eles, destaca-se a Norma Regulamentadora nº 4 (NR-4), que estabelece parâmetros de classificação das atividades econômicas em graus de risco, variando de 1 a 4, de acordo com a gravidade do potencial de adoecimento ou de disseminação de doenças. Essa normatização permite compreender, de forma objetiva, a vulnerabilidade de diversos setores, conforme demonstra o quadro a seguir.

Classes de risco segundo a NR-4.	
Classe de Risco	Descrição
1	Baixo risco individual para o trabalhador e para a coletividade, com baixa probabilidade de causar doença ao ser humano.
2	Risco individual moderado para o trabalhador e com baixa probabilidade de disseminação para a coletividade. Podem causar doenças ao ser humano, para as quais existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.
3	<i>Risco individual elevado para o trabalhador e com probabilidade de disseminação para a coletividade.</i> Podem causar doenças e infecções graves ao ser humano, para as quais nem sempre existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.
4	<i>Risco individual elevado para o trabalhador e com probabilidade elevada de disseminação para a coletividade.</i> Apresenta grande poder de transmissibilidade de um indivíduo a outro. Podem causar doenças graves ao ser humano, para as quais não existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento.

Fonte: Adaptado da NR-4 (Brasil, 1978).

De acordo com Gomes (2011), em relação aos riscos e à nocividade, todas as etapas da construção civil estão inseridas em uma classificação de risco 3 ou 4, refletindo a complexidade das tarefas executadas (figuras 12 e 13) e sua conexão intrínseca com os riscos ocupacionais. Na classificação de risco 3, tem-se: a construção de edifícios, as obras de terraplenagem, os serviços de preparação do terreno, as instalações elétricas e hidráulicas, sistemas de ventilação e refrigeração, as obras de acabamento e serviços não especializados. Na classificação de risco 4, tem-se: a demolição e preparação de canteiros de obras, perfurações e sondagens, e obras de fundações.



Figuras 12 e 13: Complexidade das tarefas desempenhadas na construção civil.

Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/trabalho-em-altura-nas-industrias-e-na-construção-civil-pereira/>
<https://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2023/03/20/trabalhador-de-construcao-civil-cai-em-buraco-de-fundacao-de-predio-em-manhuacu.ghtml>

Tendo como referência o enquadramento normativo da NR-4, a identificação, a comunicação e o controle desses perigos no interior das empresas são operacionalizados pela NR-5, que rege a atuação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e orienta a elaboração de mapas de risco como instrumento participativo de prevenção. O uso das cores na classificação dos riscos ocupacionais tem origem no modelo de mapa de riscos desenvolvido na Itália, na década de 1970, como uma ferramenta participativa voltada à prevenção de acidentes. No Brasil, essa prática foi sistematizada pela Fundacentro (1995), que consolidou a seguinte padronização: verde para riscos físicos, vermelho para riscos químicos, marrom para

riscos biológicos, amarelo para riscos ergonômicos e azul para riscos de acidentes de natureza mecânica ou operacional.

Essa convenção, sintetizada no quadro abaixo, tornou-se referência nacional para a identificação visual dos riscos presentes nos ambientes de trabalho; e além da distinção por cores, utiliza-se também círculos de diferentes dimensões para indicar a intensidade do risco associada a cada um deles (Gomes, 2011).

Grupo de Risco	Exemplos de Agentes	Cor
Físicos	Ruído, calor, frio, pressões, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes e vibrações.	Verde
Químicos	Poeiras, fumo, gases, vapores, névoas, neblinas e substâncias compostas ou produtos químicos em geral.	Vermelho
Biológicos	Fungos, vírus, parasitas, bactérias, protozoários e bacilos.	Marrom
Ergonômicos	Esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno e noturno, jornadas de trabalho prolongadas, monotonia e repetitividade e outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico.	Amarelo
Acidentes	Arranjo físico inadequado, iluminação inadequada, probabilidade de incêndio e explosão, eletricidade, máquinas e equipamentos sem proteção, armazenamento inadequado, quedas e animais peçonhentos.	Azul

Classificação dos riscos ocupacionais por cores.

Fonte: Adaptado da NR-5 (Brasil, 1978) e Fundacentro (1995).

Para além dessa identificação visual, torna-se fundamental compreender a maneira como cada um desses agentes se manifesta no cotidiano, seja nas etapas precedentes ou nos próprios canteiros de obras, bem como os efeitos que podem provocar no organismo humano. Novamente, a partir das revisões bibliográficas que fundamentaram este trabalho, elaborou-se um novo quadro, mas agora relacionando os possíveis danos associados a cada um dos tipos de riscos, o qual evidencia a abrangência e a complexidade do setor no campo ocupacional, reforçando a necessidade de uma gestão de riscos integrada e contínua para a manutenção da saúde, vida e bem estar dos trabalhadores.

Destaca-se, nesse processo, o trabalho de Rosa (2003), que exerceu papel fundamental na estruturação da tabela.

Natureza do Risco	Agente/Condição	Efeitos à Saúde
Físicos	Ruído (ex.: serra circular; furadeira; lixadeira; esmerilhadeira; perfuratriz bate-estaca e betoneira, etc.)	Perda auditiva induzida por ruído (PAIR), zumbido, estresse, hipertensão, insônia.
	Calor	Estresse térmico, desidratação, câibras, exaustão pelo calor, insolação, desmaios.
	Frio	Hipotermia, rigidez muscular, alterações circulatórias, doenças respiratórias.
	Pressões Anormais	Barotrauma, embolia, dor de ouvido, alterações cardiovasculares e pulmonares.
	Umidade	Dermatites, micoses, bronquite, rinite, agravamento de doenças respiratórias.
	Radiações Ionizantes	Queimaduras, alterações celulares, risco de câncer, leucemia, catarata.
	Radiações Não Ionizantes	Queimaduras de pele, câncer de pele, catarata, estresse térmico.
	Vibrações (ex.: Compactadores, marteleiros e vibradores de concreto.	Doença de Raynaud, dores lombares, problemas articulares, distúrbios circulatórios.
Químicos	Poeiras provenientes de cimento e gesso	Irritação ocular e respiratória, dermatites, rinite, bronquite crônica, silicose.
	Fumos metálicos (solda)	Intoxicação, febre dos fumos metálicos, doenças pulmonares.
	Vapores de tintas, solventes e colas	Tontura, náuseas, cefaleia, irritação das vias respiratórias, hepatotoxicidade.
	Produtos corrosivos de limpeza	Queimaduras químicas na pele e mucosas, intoxicação por contato ou inalação.
	Névoas, neblinas e gases (CO, NOx, etc.)	Intoxicação aguda, dor de cabeça, fadiga, risco de morte por asfixia (CO).

Fonte: Elaborado pela autora.

Biológicos	Bactérias (ex.: <i>Clostridium</i> , <i>Leptospira</i>)	Infecções cutâneas, leptospirose, tétano.
	Vírus (ex.: hepatite, influenza, COVID-19)	Infecções respiratórias, hepatites, doenças virais incapacitantes.
	Fungos e mofo	Alergias, dermatites, micoses, aspergilose, problemas respiratórios crônicos.
	Protozoários e parasitas	Infecções intestinais, diarreia, febre, fadiga crônica.
	Contato com animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, ratos)	Acidentes com veneno, zoonoses, leptospirose.
Ergonômicos	Posturas inadequadas e esforço físico intenso	Dores musculoesqueléticas, lombalgias, hérnias de disco, fadiga.
	Levantamento e transporte manual de peso	Lesões na coluna, distensões, hérnias, sobrecarga articular.
	Jornadas prolongadas / monotonia	Estresse, fadiga crônica, queda de produtividade, transtornos mentais.
	Movimentos repetitivos	LER/DORT (lesões por esforços repetitivos), inflamações tendíneas, bursites.
	Pressão psicológica e estresse	Ansiedade, depressão, distúrbios do sono, síndrome de burnout.
Acidentes	Quedas de altura	Fraturas graves, traumatismos, risco de morte.
	Choques elétricos	Queimaduras, arritmias, parada cardíaca, morte súbita.
	Máquinas sem proteção / ferramentas cortantes	Amputações, cortes profundos, esmagamentos.
	Desmoronamentos / soterramentos	Lesões graves, asfixia, óbito.
	Incêndios e explosões	Queimaduras, intoxicação por fumaça, óbito.
	Arranjo físico inadequado / queda de materiais	Contusões, fraturas, traumatismos cranianos.

Fonte: Elaborado pela autora.

As condições de trabalho nos canteiros frequentemente refletem um cenário marcado pela vulnerabilidade e pela precariedade, o que contribui para que a construção civil figure entre os setores com maior índice de acidentes, em razão do uso intensivo de equipamentos pesados, da realização de atividades em altura, da manipulação de cargas e, sobretudo, da insuficiência de medidas de segurança (Camargo *et al.*, 2018).

Uma pesquisa realizada em um Hospital Universitário de Ribeirão Preto (SP) constatou que, do total de 6.122 prontuários hospitalares de acidentados, 618 estavam relacionados a ocorrências de acidentes de trabalho, o que corresponde a 10,09% do conjunto analisado. Desses, 150 registros referiam-se a trabalhadores da construção civil, representando 24,27% dos casos. Ressalta-se, ainda, que em nenhum dos prontuários pesquisados havia registro da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), o que impossibilita o estabelecimento de vínculos entre os pacientes/trabalhadores e as empresas em que atuavam. Tal lacuna pode estar associada ao fato de muitos atuarem de maneira autônoma e sem vínculo formal ou, ainda, à recusa em fornecer o nome das mesmas, motivada pelo receio de eventuais punições (Silveira *et al.*, 2005).

O estudo também revelou que os trabalhadores eram, em sua totalidade, do sexo masculino, com predominância da faixa etária entre 31 e 40 anos (34,7%), sendo 55,3% procedentes da própria cidade. As ocupações mais atingidas foram pedreiros e ajudantes (55,2%), seguidos por carpinteiros, marceneiros e serralheiros (17,2%), pintores (7,5%) e outras funções correlatas (18,6%). As principais causas de acidentes foram quedas (37,3%), em escadas, muros e andaimes; contato com ferramentas e máquinas (16%) - que, nem sempre, são submetidos a manutenções ou utilizados corretamente, o que revela imprudência ou descuido no uso diário; acidentes de trajeto (12,7%) e impactos por objetos (11,3%) - muitos deles, arremessados por outros colegas, ou que caíram, simplesmente por falta de proteção ou armazenamento inadequado. Quanto às lesões, os membros superiores foram os mais afetados (30,7%), seguidos por cabeça (24%), múltiplos segmentos corporais (19,3%) e membros inferiores (16%). Infelizmente, trata-se, em sua grande maioria, de trabalhadores que “são atendidos inadequadamente em relação a salários, alimentação e transporte; possuem pequena capacidade reivindicatória e,

possivelmente, reduzida conscientização sobre os riscos aos quais estão submetidos” (Silveira *et al.*, 2005, p. 43).

A esse quadro somam-se a falta de aptidão para realizar as tarefas exigidas ou a ausência de treinamentos adequados; o desuso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) ou o seu uso, mas em tamanhos inadequados; a presença de ambientes insalubres e a precariedade de instalações básicas, como sanitários, refeitórios, alojamentos e acesso à água potável. Os riscos, contudo, não se restringem ao plano físico: também incidem sobre a saúde mental dos trabalhadores, manifestando-se em estresse e esgotamento, sobretudo diante de jornadas extensas e da pressão constante por produtividade, sem falar da transitoriedade e da alta rotatividade (Santana; Oliveira, 2004; Silveira *et al.*, 2005).

A exposição dos trabalhadores a agentes tóxicos constitui uma preocupação recorrente. Em diferentes etapas do processo produtivo, como na clínquerização das cimenteiras ou na queima de resíduos em carvoarias e siderúrgicas, ocorre significativa emissão de material particulado e de compostos nocivos. Esses poluentes estão associados a diversas enfermidades, incluindo doenças respiratórias e cardiovasculares, além de dermatites, gastrites e até câncer. Nas carvoarias, em particular, as condições de trabalho revelam-se ainda mais críticas, com a inalação contínua de fumaça (responsável por intoxicações por monóxido de carbono), e irritações oculares, fatores que comprometem gravemente a saúde dos trabalhadores (Santi; Gonçalves, 2019).

Os adicionais de insalubridade e de periculosidade configuram-se como um dos principais mecanismos de compensação financeira diante da exposição dos trabalhadores a condições nocivas. O adicional de insalubridade, previsto na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e regulamentado pela NR-15, varia conforme o grau de exposição ao agente nocivo. Já o de periculosidade, por sua vez, corresponde a 30% fixos sobre o salário-base (sem adicionais), independentemente do tempo ou da intensidade da exposição, desde que o trabalhador esteja em área de risco (NR-15, CLT, art. 193).

Entretanto, ainda que representem um ajustamento monetário, tais adicionais não eliminam os riscos a que os trabalhadores permanecem submetidos, configurando-se, muitas vezes, como medidas paliativas (Gomes, 2011). Na prática, a ênfase na compensação financeira tende a desviar a atenção de estratégias

estruturais mais efetivas, como a melhoria das condições de trabalho, a adoção de tecnologias mais seguras, o uso adequado de equipamentos de proteção individual e coletiva e a gestão integrada da saúde ocupacional.

Essa fragilidade na proteção, como destaca Gomes (2011), é ainda mais evidente em contextos de menor visibilidade, como nas pequenas obras, que por serem de curta duração e geralmente de menor porte, tendem a receber menos atenção tanto da sociedade quanto dos órgãos de fiscalização. Essa condição resulta em menor rigor na aplicação das normas de segurança e prevenção de acidentes, ampliando a vulnerabilidade dos trabalhadores, seja pela ausência de equipamentos de proteção adequados, seja pela carência de medidas de controle e acompanhamento técnico.

Fica evidente, portanto, que, mais do que a concessão de adicionais ou a simples distribuição de uniformes e EPIs, torna-se indispensável a adoção de medidas estruturais que integrem ações de prevenção, formalização, fiscalização efetiva e melhor organização dos canteiros, sobretudo no que se refere às condições sanitárias, a fim de reduzir a vulnerabilidade que os caracteriza. Esse processo envolve, ainda, a valorização e a qualificação da mão de obra, reconhecida como pilar fundamental da cadeia produtiva. Por fim, soma-se a isso a necessidade de promover ambientes inclusivos, pautados na igualdade de gênero e no combate à discriminação, de modo a tornar o setor mais justo, diverso e sustentável.

O aprofundamento dessa discussão, no entanto, demanda a retomada das raízes históricas e teóricas de alguns outros conceitos.

3. ARQUITETURA: O QUE MUDOU COM O TEMPO?⁴

A tríade “*firmitas, utilitas e venustas*” concebida por Vitrúvio e, alguns séculos depois, reformulada por Alberti, estabelece, de modo geral, que uma edificação deve ser não apenas sólida e funcional, mas também esteticamente agradável. Embora distantes no tempo, ambos os autores concordam que esses conceitos sintetizam requisitos básicos a que uma obra arquitetônica deveria atender.

Para o tratadista, o primeiro pilar estaria associado à solidez e durabilidade das construções - em que os recursos e/ou materiais não deveriam ser poupados; o segundo, à funcionalidade - a partir da exata distribuição dos cômodos, cada item no seu devido lugar, de modo a garantir seu uso; o terceiro, por sua vez, referindo-se à beleza e proporção estética - refletindo o aspecto agradável e de bom gosto.

Quatorze séculos mais tarde, Alberti os retoma sob uma nova perspectiva - mais prática e humanista, “cujo ponto focal está no sujeito que compreende o real e o constrói” (Brandão, 2000, p. 201 *apud* Carneiro, 2006, p. 85), articulando-os de maneira a propiciar uma relação de igualdade (equilíbrio) e conexão entre as partes, a fim de que nenhuma delas se sobrepusesse em relação às outras. Assim, ele enfatiza que: *firmitas* deve considerar a resistência e robustez **adaptadas às práticas locais e às necessidades humanas**, e não apenas à perenidade; *utilitas*, além de garantir a funcionalidade, **deve atender às necessidades dos diversos usuários**, refletindo sua utilidade frente à sociedade; e *venustas*, por sua vez, deve integrar a beleza com a funcionalidade e a solidez, **considerando a proporcionalidade entre a aparência estética e o conteúdo ético** - e não apenas a estética isolada. Em síntese, “*firmitas, utilitas e venustas* equacionam-se de modo que a ausência de qualquer uma delas passa a implicar a falência da arquitetura a que se referem.” (Carneiro, 2006, p. 87)

Da mesma forma, tantos outros séculos após Alberti - em época de modernidade radicalizada - surge uma nova iniciativa em busca da atualização dessa

⁴ Este tópico foi elaborado com base no subcapítulo “3.2 DOS CLÁSSICOS À SUSTENTABILIDADE: *Firmitas, utilitas e venustas*” da dissertação de Carneiro (2006) - “Arquitetura e sustentabilidade: a clássica tríade arquitetônica e a modernidade giddensiana - a complexa relação entre arquitetura, meio ambiente e sociologia”, cuja contribuição foi determinante para orientar e impulsionar o desenvolvimento deste estudo.

tríade. Nesse sentido, Carneiro (2006, p. 89) sugere como esses conceitos poderiam ser atualizados para incluir a questão da sustentabilidade:

é na releitura dessa tríade clássica que se intenta encontrar a chave de uma relação entre arquitetura, meio ambiente e teoria sociológica. Almeja-se, sem querer deturpar noções tão significativas à teoria arquitetônica, reinterpretar estes termos na ambiência da modernidade de modo a possibilitar uma discussão que trate de *firmitas*, *utilitas* e *venustas* com base na sustentabilidade. Assim, da mesma maneira que a arquitetura acontece pela fusão luminosa destes três átomos, a sustentabilidade arquitetônica dar-se-ia pela adição, a essas três noções, daquela sustentabilidade calcada na democracia, equidade e diversidade.

Para a autora, ao abordar a *firmitas* nesse novo contexto, de distanciamento espaço-temporal, seria fundamental resgatar os princípios da sustentabilidade, o que implicaria em avaliar a escolha de materiais e técnicas construtivas sob a ótica da democracia, equidade e diversidade. Compreender as propriedades dos materiais e as técnicas construtivas torna-se essencial não para seguir modismos, mas para perceber que **cada escolha possui implicações que transcendem o local e o momento.**

Com a globalização, a conexão “entre diferentes regiões ou contextos sociais se enredam através da superfície da terra como um todo” (GIDDENS, 1991: 59). Assim, a lógica que deve ser divulgada não é aquela do raciocínio meramente econômico já que o custo das escolhas tomadas excede a questão das cifras. **Optar por uma solução em detrimento de outra significa, na modernidade exacerbada, projetar em nível global decisões tomadas num contexto local. Hoje, as ações cotidianas trazem consequências globalizadas.** Nesse sentido, qual a extensão do conhecimento dos arquitetos quando, em seus escritórios, optam por um piso em granito, cerâmica ou madeira? Muitas vezes, a decisão final – nos moldes de Alberti – considera propriedades físicas, características estéticas e condições financeiras na tentativa de aliar economia, funcionalidade, praticidade, facilidade construtiva e beleza. Entretanto, **um novo questionamento torna-se iminente: como a escolha de materiais e técnicas afeta a dimensão ambiental, não apenas em sua localidade, mas também de modo global?** Ou ainda, a possibilidade de causar agressões à natureza, ou seja, de riscos ecológicos, é também avaliada quando se opta por um produto e/ou técnica construtiva em detrimento de outro(a)? (Carneiro, 2006, p.95, grifo nosso).

Neste ponto, Carneiro (2006) sugere analisar a ideia de risco apresentada por Giddens: no período das sociedades tradicionais, o cálculo de risco não fazia parte das atividades cotidianas, uma vez que o futuro estava ligado ao destino ou à vontade divina, por exemplo. Haviam ali, perigos e infortúnios, mas estes eram encarados como algo externo e imprevisível – em outras palavras, ocasionados por “má sorte”. À vista disso, é possível identificar, nesse contexto, dois tipos de riscos: o externo e o fabricado. O primeiro, proveniente de fatores naturais e das tradições culturais. O segundo, como o próprio nome sugere, **consequências da intervenção humana no meio ambiente** - intensificada pela globalização e pelo avanço do conhecimento científico. Se, historicamente, as preocupações humanas estavam voltadas para os riscos naturais, hoje, as ameaças mais significativas são decorrentes das ações humanas.

O fato de ser “criado” poderia sugerir que há um maior controle sobre esse risco moderno. No entanto, apesar do avanço das técnicas de cálculo de riscos, que incorporam um número crescente de variáveis, a imprevisibilidade do futuro, especialmente no contexto do capitalismo, permanece. A máxima de Giddens sobre o equilíbrio entre oportunidade e perigo se aplica plenamente à época. A crescente complexidade dos sistemas sociais e a interferência humana nos ecossistemas geram novos e imprevisíveis perigos, subvertendo a ilusão de um controle total sobre o futuro. Ainda segundo Carneiro (2006, p. 96): “É nesse sentido que a arquitetura, criada a partir da manipulação de outros objetos e materiais, pode contribuir para o debate da sustentabilidade ao propor uma *firmitas* que diminua a possibilidade do risco fabricado - já que a opção de eliminá-lo não existe.”

A fim de alcançar esse objetivo, é fundamental recorrer aos princípios do saber ambiental, conforme conceituado por Leff (2001, *apud* Carneiro, 2006), que enfatizam a democracia, a justiça social e a diversidade. **Ao analisarmos criticamente o modo como os edifícios são produzidos, podemos trazer à tona discussões que têm sido obscurecidas pela predominância de representações visuais e pela influência da mídia.**

No que se refere à *utilitas*, vertente responsável pela adequação do ambiente ao uso... A separação entre tempo e espaço, evidenciada anteriormente, transformou a maneira como percebemos e utilizamos os ambientes - consequentemente, a arquitetura. A crescente interconexão digital e a busca por novas formas de interação

exigem que os espaços construídos sejam mais flexíveis, adaptáveis e inclusivos. A sustentabilidade, nesse contexto, transcende os aspectos ambientais, abrangendo a criação de ambientes que promovam a inclusão social, valorizem a identidade cultural local e sejam economicamente viáveis. A arquitetura deve construir **espaços que tenham significado para as pessoas, conectando-as com o lugar e com a comunidade**; em outras palavras, fornecer condições para que os encontros - independente da sua natureza - aconteçam. Ao criar ambientes mais justos, equitativos e sustentáveis, ela contribui para a construção de um futuro melhor para todos, respondendo às demandas de uma sociedade em constante evolução.

Por fim... “Adicionar sustentabilidade à *venustas* implica compreender que a natureza é agora um fator que também pode colocar em cheque certas determinações estéticas por inserir novas questões éticas à prática arquitetônica” (Carneiro, 2006, p. 99).

O conceito de beleza na arquitetura, originalmente associado à forma e à proporção, vem sendo redefinido no contexto da modernidade tardia. A globalização e a busca por uma estética universalizada (“padronização”) **desafiam a valorização da diversidade cultural e da identidade local**. Paralelamente, a sustentabilidade impõe novas exigências, questionando a escolha de materiais e as práticas construtivas. A arquitetura contemporânea precisa encontrar um equilíbrio entre a criação de projetos icônicos e a valorização das especificidades de cada lugar, buscando uma estética que seja ao mesmo tempo inovadora e **sensível às questões sociais e ambientais**. A beleza, nesse novo contexto, não se limita à forma, mas engloba a capacidade da arquitetura de promover o bem-estar, a inclusão social e a conexão com o lugar.

Infelizmente, o sistema-mundo capitalista acaba por reduzir a noção de sustentabilidade à dimensão técnico-material (e econômica), limitando-a à vertente de eficiência técnica e tecnológica, em detrimento de questões éticas e sociais. Nesse sentido, Saramago (2022) argumenta que o termo “sustentabilidade” tem sido utilizado de forma ampla e muitas vezes vaga, servindo como justificativa para práticas que não são necessariamente sustentáveis. A autora aponta para a necessidade de uma análise mais crítica e rigorosa do conceito, mas, para avançar nessa discussão, torna-se imprescindível retomar as origens do conceito de sustentabilidade.

4. AS ORIGENS DO DISCURSO SOBRE A SUSTENTABILIDADE

A compreensão do percurso histórico do conceito de sustentabilidade implica em retomar as diferentes formulações que antecederam e moldaram o debate contemporâneo. Como veremos a seguir, essa evolução teórica encontrou respaldo e maior difusão por meio de eventos internacionais, que reforçaram e consolidaram cada etapa desse processo.

De acordo com Saramago (2022), o termo **desenvolvimento** ganhou centralidade no período pós-Segunda Guerra Mundial, sobretudo após o discurso de Harry Truman, em 1949, que classificou grande parte do mundo como **subdesenvolvido**. Essa categorização reduziu a diversidade cultural e social do Sul global a uma condição de atraso, impondo o modelo industrial e econômico do Norte como horizonte universal. Sob a justificativa de assistência técnica e financeira, consolidou-se uma hierarquia internacional que legitimou dependências econômicas e políticas, condicionando as dinâmicas de crescimento de países periféricos.

Para Melo (2022), a “sustentabilidade” começou a ganhar relevância entre as décadas de 1960 e 1970, impulsionada por crises ambientais globais, como as explosões nucleares, a expansão das zonas industriais acompanhada da ocorrência de chuvas ácidas e o uso intensivo de pesticidas e inseticidas químicos, que resultaram nos primeiros registros de envenenamento e intoxicação em massa. Esse cenário se agravou com a **crise do petróleo de 1973**, que evidenciou a limitação dos recursos ambientais e a dependência deles tanto para o crescimento econômico dos países quanto para a garantia das condições essenciais de habitabilidade. Assim, as primeiras discussões ambientais surgiram fortemente vinculadas à economia e à preocupação com a disponibilidade e qualidade dos recursos.

Em 1972, o Clube de Roma⁵ publicou o relatório *The Limits to Growth* (*Os Limites do Crescimento*), no qual se advertia que a manutenção das tendências de crescimento populacional e econômico, sem mudanças estruturais, poderia levar o planeta a um colapso ecológico e social em menos de um século. O documento expôs a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento baseado na ideia de crescimento ilimitado, antecipando o esgotamento dos recursos naturais e a crise ambiental. Essas

⁵ Organização internacional formada, em 1968, por cientistas, economistas, líderes empresariais e outras personalidades preocupados com os desafios globais.

reflexões tiveram impacto direto na **Conferência de Estocolmo** - realizada no mesmo ano - considerada o primeiro grande evento internacional da agenda ambiental global (Saramago, 2022).

Oficialmente chamado de *United Nations Conference on the Environment* (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente), o evento reuniu representantes de “113 países, 19 órgãos intergovernamentais e aproximadamente 400 outras organizações” (Saramago, 2022, p. 134), e resultou na adoção da “Declaração de Estocolmo”, que estabeleceu princípios fundamentais para a proteção ambiental e o desenvolvimento humano sustentável. A conferência teve como objetivo sensibilizar a comunidade internacional para os impactos negativos da industrialização e do crescimento econômico desordenado sobre o meio ambiente, reconhecendo a interdependência entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental.

Já em 1973, durante a primeira reunião do Conselho Administrativo do PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), realizada em Genebra, Maurice Strong apresentou o conceito de **ecodesenvolvimento**, “com o intuito de tentar resolver a polarização que surgira, durante a Conferência de Estocolmo, entre as expectativas dos países ‘desenvolvidos’ e daqueles ‘em desenvolvimento’” (Saramago, 2022, p. 134). O termo foi utilizado, na época, como sinônimo de um “modelo alternativo de desenvolvimento”, entendido como particularmente adequado aos países do então denominado “Terceiro Mundo”.

Nos anos 1980, Ignacy Sachs buscou ampliar o conceito inicialmente proposto caracterizando o ecodesenvolvimento como “[...] um estilo de desenvolvimento que, em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo” (Saramago, 2022, p. 134).

Praticamente na mesma época, o termo ‘**sustentável**’ foi empregado, pela primeira vez, para qualificar o processo de desenvolvimento. Isso ocorreu durante o Simpósio das Nações Unidas sobre as Inter-relações entre Recursos, Ambiente e Desenvolvimento, promovido pelo PNUMA, em Estocolmo, quando W. Burger apresentou o texto “*A busca de padrões sustentáveis de desenvolvimento*”, no qual se apresenta, pontualmente, a intenção de se alcançar o desenvolvimento sustentável mediante a conservação dos recursos vivos (Saramago, 2022).

No ano seguinte, a expressão passou a fazer parte da Estratégia Mundial de Conservação (*World Conservation Strategy* - WCS), proposta que resultou de parceria estabelecida pelo PNUMA com outras entidades (Saramago, 2022). Contudo, foi somente em 1987, com a publicação do chamado “**Relatório Brundtland**”, intitulado *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), que foi consagrado o conceito de **desenvolvimento sustentável**, entendido como “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (United Nations *apud* Saramago, 2022, p. 137). O documento enfatizou a necessidade de integrar dimensões econômicas, sociais e ambientais no processo de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que abordou problemas como pobreza, desigualdade e degradação ambiental. Seu impacto foi decisivo para as políticas ambientais globais, consolidando-se como marco fundamental nas discussões sobre sustentabilidade nas décadas seguintes (Da Silva *et al.*, 2009).

Para Saramago (2022), embora ambos os conceitos compartilhassem a ideia de compatibilizar crescimento econômico e limites naturais, o “(eco)desenvolvimento” enfatizava mais fortemente a dimensão ambiental, enquanto o termo “desenvolvimento sustentável” manteve o foco maior no desenvolvimento em si. Atualmente, diversos autores são unânimes em reconhecer as fragilidades dos referidos conceitos, o que evidencia, cada vez mais, os avanços já alcançados e a necessidade de abordagens mais críticas e transformadoras em seu sentido mais amplo.

Mas foi a partir dessa última formulação que se consolidou a noção dos três pilares da sustentabilidade - social, econômico e ambiental - difundida posteriormente por John Elkington, em 1997, com a noção do **triple bottom line**, que estruturou a sustentabilidade corporativa em torno dos eixos: pessoas, planeta e lucro (em inglês, “*profit*”).

E os eventos não pararam por aí. Como resposta às limitações apontadas e à urgência de ações mais concretas, a comunidade internacional promoveu, em 1992, a II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (**Rio-92**), que reuniu representantes de 172 países e culminou na adoção da **Agenda 21**, um plano de ação global para o desenvolvimento sustentável que propõe medidas específicas para governos, organizações internacionais, setor privado e sociedade civil, visando à implementação de práticas sustentáveis em diferentes níveis.

Em 1997, o **Protocolo de Kyoto**, adotado durante a COP3, foi um tratado internacional que estabeleceu metas obrigatórias de redução das emissões de GEE para países desenvolvidos, com o objetivo de combater as mudanças climáticas. O protocolo entrou em vigor em 2005 e representou um marco importante na luta contra o aquecimento global. Embora o Brasil, como país em desenvolvimento, não tivesse metas de redução obrigatórias, comprometeu-se a adotar políticas de mitigação e conservação ambiental.

Em 2012, a **Cúpula Rio+20** marcou o 20º aniversário da Eco-92, com o intuito de avaliar os avanços desde a conferência anterior e renovar os compromissos globais com o desenvolvimento sustentável. O evento teve como foco principal a economia verde e o fortalecimento do conceito de sustentabilidade como estratégia para a erradicação da pobreza. Também foram discutidos temas como energias renováveis, segurança alimentar, desigualdade social e mudanças climáticas.

As discussões relacionadas aos **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**, estabelecidos pela ONU em 2015, expandiram a visão do desenvolvimento sustentável ao abordar questões globais como pobreza, desigualdade e mudanças climáticas de forma integrada. Por diversas razões, a vida urbana figura entre os principais eixos da **Agenda 2030**⁶, especialmente no ODS 11 (figura 14). De acordo com dados da ONU, cerca de um bilhão de pessoas vivem em habitações irregulares atualmente. Além disso, como aponta Saramago (2022, p. 113), as áreas urbanas são responsáveis “no presente, por cerca de 60% do consumo de recursos naturais e por aproximadamente 70% das emissões antrópicas de GEE”.

⁶ Trata-se de um plano global da ONU, lançado em 2015, para orientar governos, sociedade civil e empresas rumo a um futuro mais sustentável e resiliente até 2030. Seu principal objetivo é erradicar a pobreza e garantir uma vida digna para todos, respeitando os limites do planeta e assegurando que “ninguém seja deixado para trás” por meio da igualdade e inclusão.



Figura 14: Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil.
 Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

A **COP26**, realizada em 2021 em Glasgow, Escócia, foi a 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC). O principal objetivo do evento foi avançar nas negociações para limitar o aquecimento global, com foco na meta de conter o aumento da temperatura média em até 1,5 °C em relação aos níveis pré-industriais. Durante a COP26, países firmaram compromissos para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, com ênfase na transição para energias renováveis e na adaptação às mudanças climáticas. Também foram discutidos o financiamento climático para países em desenvolvimento, a preservação de ecossistemas como a Amazônia e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Esses foram apenas alguns exemplos dos marcos mais significativos. Importa ressaltar que a agenda climática global se mantém dinâmica pós COP26, avançando em questões centrais como financiamento climático, justiça ambiental e governança internacional; e terá, ainda este ano, no Brasil, mais um momento oportuno com a realização da COP30 em Belém (PA). Esse percurso histórico não apenas redefiniu políticas e estratégias de desenvolvimento em escala global, como também passou a repercutir em campos específicos do conhecimento e da prática profissional, entre eles a arquitetura, que progressivamente incorporou as demandas ambientais em seus princípios e soluções projetuais, como será bordado adiante.

4.1 A sustentabilidade na Construção Civil⁷

De acordo com Saramago (2022), a literatura reconhece amplamente que as primeiras edificações criadas pela humanidade, atualmente classificadas como **vernaculares**, refletiam um profundo entendimento e respeito pelas características dos territórios onde foram erguidas. Essas construções, tipicamente desenvolvidas de maneira empírica/natural, eram adaptadas às condições ambientais, culturais e materiais de cada região. Caracterizavam-se pelo uso de recursos locais e pela sabedoria acumulada ao longo do tempo, com soluções práticas e eficientes para os desafios climáticos e geográficos.

A arquitetura vernacular não segue um estilo formal ou acadêmico, mas é moldada pelas necessidades da comunidade e pelas condições específicas do local, como clima, topografia, disponibilidade de materiais e práticas culturais. Ao longo da história, esse tipo de construção foi fundamental para garantir a habitabilidade e o conforto das populações, respeitando o meio ambiente e integrando-se harmoniosamente aos ecossistemas locais.

Em regiões de clima polar, por exemplo, a construção de iglus ilustra o uso da inércia térmica da neve e do gelo para manter o calor interno. Sua forma semiesférica e o número reduzido de aberturas oferecem proteção eficaz contra os ventos gelados. Em regiões áridas e quentes, com grandes amplitudes térmicas, a arquitetura vernacular caracteriza-se por construções compactas com paredes espessas que exploram a inércia térmica da terra e da pedra, recorrendo, também, aos pátios internos, os quais contribuem para resfriar o ambiente e minimizar os efeitos da baixa umidade.

Nas regiões tropicais, de clima quente e úmido, as construções vernaculares são marcadas por amplas coberturas, que fornecem sombra e facilitam o escoamento das águas pluviais. As paredes, leves ou inexistentes, permitem a livre circulação do ar e promovem o conforto térmico. Já nas regiões de clima temperado, a arquitetura vernacular adota sistemas construtivos flexíveis, que se adaptam às variações sazonais. O uso de dispositivos de sombreamento móveis e de aberturas ajustáveis cria microclimas favoráveis ao conforto humano.

⁷ Todo o conteúdo desenvolvido neste tópico fundamenta-se na pesquisa de Saramago (2022).

Nas palavras do arquiteto egípcio Hassan Fathy (*apud* Saramago, 2022, p. 185):

Todos os povos que produziram arquitetura desenvolveram seu estilo próprio, tão específico quanto sua língua, vestuário ou tradições populares. Até o colapso das fronteiras culturais, ocorrido no século XIX, havia formas e pormenores arquitetônicos locais em todo o mundo, e as construções de cada região eram o maravilhoso fruto da feliz aliança entre a imaginação do povo e as exigências do território.

Esses exemplos revelam que, ao longo da história, já havia uma clara preocupação com o conforto ambiental no contexto das construções, especialmente em relação às características climáticas locais. Durante séculos, as habitações mantiveram um vínculo estreito com o local de implantação, aproveitando a trajetória solar e os ventos predominantes para definir aberturas, e selecionando materiais com base na disponibilidade e nas especificidades locais. Com o passar dos anos, muitas dessas técnicas e formas de construção foram sendo substituídas por métodos e materiais padronizados. Eis que surge, nesse contexto, como aponta a autora, a seguinte questão: por que houve um afastamento dessa relação equilibrada com a natureza, levando à atual realidade de inadequação ambiental?

Diversos autores apontam como "ponto crucial" de transformação as mudanças originadas pela Revolução Industrial, ao introduzir novos materiais como ferro, aço e concreto armado. Juntamente com a evolução da produção de vidro e o advento da luz elétrica, essas inovações deslocaram a função térmica das envoltórias dos edifícios para os sistemas mecânicos de aquecimento, refrigeração e iluminação, substituindo as aberturas como fontes primárias de luz e ventilação. Com o tempo, especialmente no período pós-guerra, soluções arquitetônicas padronizadas, com aspectos plásticos e estruturais típicos do Estilo Internacional (do movimento moderno), tornaram-se símbolos de desenvolvimento e prosperidade pelo mundo afora, no entanto, sem adaptações significativas às características culturais e climáticas de seus contextos locais.

Importante destacar que todos esses avanços só se tornaram possíveis em virtude do desenvolvimento simultâneo de sistemas mecânicos de transporte vertical, iluminação, aquecimento e refrigeração, os quais tornaram-se essenciais para a manutenção das condições internas de conforto necessárias aos ocupantes. Foi aí

que a Construção Civil passou a se constituir como um dos setores da economia com maior consumo energético.

Mesmo com a busca por soluções à adaptação climática das novas edificações que surgiram, em decorrência da utilização de fachadas envidraçadas, especialmente no caso das ensolaradas cidades brasileiras, por exemplo, a partir da utilização de elementos de diferenciação formal como brises, painéis vazados e venezianas, em diferentes tamanhos, formatos e materiais, os ajustes ainda não eram suficientes. E mais, se utilizados de maneira indevida, poderiam acabar gerando outros problemas, como sugere Hassan Fathy (*apud* Saramago, 2022, p. 194):

O Homem precisou de muitos anos até compreender quais as proporções indicadas para cada janela nas diferentes tradições arquitetônicas; se um arquiteto comete o erro grosseiro de aumentar uma janela até que fique do tamanho da parede toda, vai deparar-se, de imediato, com um problema: a sua parede de vidro vai deixar passar dez vezes mais radiação do que a parede com janela normal. Se, para combater o calor, o arquiteto acrescentar à sua parede luminosa um *brise-soleil*, que nada mais é do que uma versão ampliada de uma veneziana, o compartimento continua a receber mais 300% de radiação do que se tivesse uma parede com janela normal. Se o arquiteto ainda alargar as lâminas da veneziana de 4 para 40 cm, para não estragar as proporções da parede de vidro, qual será o resultado? Em vez de entrar uma luz difusa, como aconteceria com uma persiana ou com uma veneziana, a luz vai encadear toda a gente que estiver dentro do compartimento com o contraste entre umas tiras largas de sombra escura e outras de luz direta.

Outro ponto relevante diz respeito ao que ocorre "nos bastidores" para a materialização dos projetos. Em geral, **um edifício é considerado uma referência em sua área** (seja em termos de desempenho ambiental, tecnológico ou formal) **com base no resultado final, independentemente dos processos construtivos e custos envolvidos**. Alguns autores propõem uma avaliação mais crítica e holística, que considere não apenas o produto final, mas também os meios pelos quais ele foi concebido e construído, incluindo a valorização do trabalho humano, a ética no uso de recursos e a responsabilidade socioambiental.

Com o passar do tempo, surgiram correntes que desafiaram esse modelo. A arquitetura "**low-tech**" ("baixa tecnologia"), por exemplo, refere-se a uma abordagem que prioriza soluções simples, acessíveis e de baixo custo, ao contrário das tecnologias avançadas e sistemas de alta complexidade utilizados em construções modernas. Essa postura valoriza a utilização de materiais naturais e locais, técnicas

de construção tradicionais e práticas que buscam reduzir a dependência de sistemas artificiais de climatização, iluminação e aquecimento.

Apesar do principal objetivo do movimento ser a produção de alimentos orgânicos (livres de agrotóxicos), a **permacultura** também busca criar ambientes autossuficientes e ecologicamente equilibrados com o entorno, promovendo práticas como o cultivo regenerativo, o reaproveitamento de águas pluviais, o uso de materiais naturais (como madeira, bambu, terra, areia e palha) e a criação de soluções integradas para energia e produção de alimentos, com o objetivo de construir sistemas resilientes e sustentáveis a longo prazo - o que aproxima-se da chamada **bioarquitetura**.

O precursor desta última vertente, *Johan Van Lengen*, também foi o responsável por elaborar o “Manual do arquiteto descalço” (1984), que, a partir de desenhos e textos explicativos (figura 15) indica estratégias e soluções criativas para uma arquitetura mais intuitiva e conectada com as necessidades reais das pessoas - longe das exigências do mercado imobiliário e das rígidas normas urbanísticas. Dessa forma, o autor sugere que os arquitetos abandonem a ‘formalidade excessiva’ e se aproximem mais das práticas da construção vernacular, respeitando as características naturais e climáticas do local onde as construções serão realizadas, e valorizando o conhecimento tradicional, através de recursos simples e eficazes.

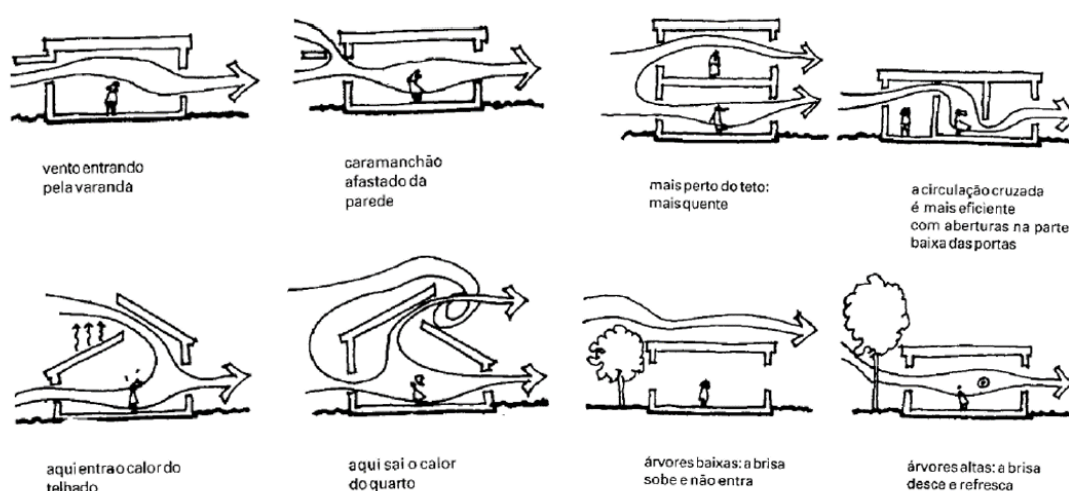


Figura 15: Algumas estratégias de ventilação natural apresentadas no livro.

Fonte: Saramago, 2024

Em contraste com a **arquitetura solar**, que foi criticada por sua limitação em lidar com as oscilações sazonais do clima, a **arquitetura bioclimática** é considerada mais adequada para lidar com a diversidade de fatores ambientais. Seu principal objetivo é a redução da dependência de sistemas artificiais de climatização e iluminação, por meio de estratégias passivas, como o posicionamento estratégico das aberturas para aproveitamento da luz e ventilação naturais, o uso de materiais com alta capacidade térmica e a incorporação de sistemas de energia renovável.

Já a tendência "**high-tech**" ("alta tecnologia"), ou "**eco-tech**", caracterizada pelo uso de sistemas tecnológicos e de alta performance, ativos e passivos, como duplas peles, filtros e vidros especiais, painéis fotovoltaicos, sombreadores automatizados, entre outros recursos - não perceptíveis - como sensores e detectores de movimento integrados aos sistemas de iluminação, por exemplo, na tentativa de alinhar as forças naturais com a produção industrial. Em outras palavras, "bastaria", segundo seus adeptos, integrar a tecnologia de modo correto para "escapar" de qualquer cilada ambiental.

As chamadas "**green building**" (construção verde) vão um pouco além ao projetar, construir e operar edifícios de forma sustentável, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida da edificação, o que envolve o uso de tecnologias e soluções inovadoras, como o aproveitamento de fontes de energia renováveis (solar, eólica, etc.), sistemas de reutilização de água, isolamento térmico eficiente, materiais reciclados ou de baixo impacto ambiental, e o planejamento que favoreça a integração com o entorno natural, visando não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também o bem-estar humano, a partir da criação de espaços mais confortáveis e energeticamente eficientes.

Todas essas correntes buscaram, de alguma forma, preencher a lacuna que se estabeleceu entre as práticas arquitetônicas e o contexto ambiental, mas, apesar de todos os esforços, a maioria das cidades e edifícios continuam sendo massivamente construídos segundo padrões insustentáveis.

Entre os anos 1990 e 2000, o discurso da sustentabilidade foi, definitivamente, incorporado ao Universo da Arquitetura e Urbanismo: um "**boom**" de projetos "verdes e ecológicos" e anúncios publicitários de sistemas e materiais de menor impacto ambiental tomou conta do mercado. Nessa conjuntura, tornou-se indicativo de sustentabilidade nas edificações:

a coordenação de projetos na fase de concepção das obras, com o intuito de reduzir a produção de resíduos em virtude da resolução prévia de eventuais interferências entre os elementos construtivos e os sistemas prediais das edificações; a utilização de ferramentas de simulação termoenergética para garantir um maior conforto higrotérmico dos espaços edificados; a redução de desperdícios na execução, mediante a adoção de métodos de construção racionalizados e pré-fabricados; o uso de aquecimento e energia solar ou de outra fonte energética renovável; o aproveitamento da ventilação e da iluminação naturais; o reuso de água de chuva e o tratamento de águas servidas; o aumento das porções verdes das edificações (como por meio de coberturas vegetadas) para melhorar o desempenho térmico e a absorção das águas; além da adoção de equipamentos e de materiais construtivos economizadores de água e de energia (Saramago, 2022, p. 235).

Com o intuito de se destacar, construtoras, incorporadoras e escritórios de arquitetura começaram a submeter seus projetos a diversos processos de certificação de desempenho ambiental. Conforme o grau de adequação das edificações aos critérios e requisitos estabelecidos por esses sistemas (específicos para cada tipo de certificação), elas podem ser reconhecidas como responsáveis pela redução de impactos ambientais - o que, indiretamente, acabou contribuindo para a valorização mercantil das mesmas.

Segundo Saramago (2022, p. 237), pesquisas indicam que “enquanto se estimava que o custo de construção, para as edificações certificadas, aumentasse, em média, entre 0,5% a 15%, percebia-se valorização de revenda entre 10% e 20%, além de redução em até 30% das taxas de condomínio”. Se por um lado atingia-se, teoricamente, o objetivo de melhorar o desempenho ambiental das construções, por outro, teriam as certificações se tornado uma apropriação mercadológica utilizada como ferramenta para maximizar os lucros?

A seguir, serão apresentadas algumas dessas certificações.

4.2 Normas e Certificações Ambientais

No setor da construção civil – no qual a Arquitetura está inserida, diversas certificações ambientais têm se destacado como ferramentas para promover a sustentabilidade e a responsabilidade ecológica. Entre as principais e mais conhecidas, destacam-se:

- **BREEAM** (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*): Um dos sistemas de certificação de sustentabilidade de edificações mais antigos e reconhecidos globalmente, o BREEAM foi criado no Reino Unido em 1990 pela organização BRE (Building Research Establishment). Ele avalia e certifica o desempenho ambiental de projetos de construção, infraestrutura e planejamento urbano, em diversas categorias como gestão, saúde e bem-estar, energia, água, materiais, resíduos, uso do solo e ecologia, e poluição.
- **LEED** (*Leadership in Energy and Environmental Design*): trata-se de um sistema de certificação de edifícios verdes, desenvolvido pelo *U.S. Green Building Council* (USGBC) e publicado nos anos 2000, que avalia e reconhece projetos de construção sustentável em diversas categorias, como eficiência energética, uso de materiais reciclados, qualidade ambiental interna e inovação.
- **AQUA-HQE** (Alta Qualidade Ambiental): consiste em um processo de avaliação da sustentabilidade de edifícios, adaptado da certificação francesa *Démarche HQE* para o contexto brasileiro em 2008. Gerenciada pela Fundação Vanzolini, a AQUA-HQE certifica edifícios que atendem a critérios rigorosos de desempenho ambiental em diversas categorias, como gestão da água, energia, materiais, conforto e saúde.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, promove o uso eficiente da energia elétrica no Brasil, com o **PROCEL Edifica** classificando edificações quanto ao **desempenho energético** e incentivando a adoção de tecnologias e soluções que reduzam o consumo, através de selos de classificação que indicam o nível de eficiência energética, visando a sustentabilidade e a economia de recursos no setor da construção civil.

Além dessas certificações, existem outras normas e selos que podem ser aplicados à construção civil, como a **ISO 14001** (Sistema de Gestão Ambiental) e a **ISO 50001** (Sistema de Gestão de Energia). Em geral, todas elas representam um vetor para a sustentabilidade no setor da construção civil, fomentando a adoção de práticas que otimizam o uso de recursos e mitigam os impactos ambientais.

Não obstante, a crescente relevância da sustentabilidade suscita a possibilidade de uma possível "distorção de valores", na qual empresas podem utilizar das certificações como mera estratégia de marketing, visando a lucratividade e a projeção de uma imagem "verde", destituída de um compromisso autêntico com as questões ambientais. Tal prática, conhecida como "*greenwashing*", compromete a credibilidade das certificações e desvia o foco do objetivo primordial: a edificação de um futuro genuinamente sustentável.

Na mão e contramão deste movimento, destaca-se o **Selo Casa Azul** (figuras 16 a 18), desenvolvido pela Caixa Econômica Federal - um dos maiores financiadores da construção civil no Brasil - uma certificação ambiental que visa impulsionar a sustentabilidade em empreendimentos habitacionais no Brasil, classificando projetos de acordo com seu desempenho ambiental e social, abrangendo critérios como eficiência energética, uso racional de recursos hídricos, gestão de resíduos e responsabilidade social, oferecendo benefícios como condições de financiamento diferenciadas e prioridade em programas habitacionais, com o objetivo de promover a construção de moradias mais eficientes e socialmente responsáveis. O Selo Casa Azul se diferencia dos demais por sua acessibilidade e ênfase na responsabilidade social, sua **adaptação à realidade brasileira** e seus incentivos financeiros diretos, tornando-se uma ferramenta importante para impulsionar a sustentabilidade na habitação social no Brasil.

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO	OBRIGAT.	DIAMANTE	IDENTIF. #inova	CRISTAL/BRONZE	TOPÁZIO/PRATA	SAFIRA/OURO	DIAMANTE
1. QUALIDADE URBANA E BEM-ESTAR	1.1	Qualidade e infraestrutura no espaço urbano	0 4	x	x	Mínimo 20 PONTOS	50 PONTOS	60 PONTOS	80 PONTOS	100 PONTOS e #maisInovação
	1.2	Relação com o entorno - interferências e impactos no empreendimento	0 3	x	x					
	1.3	Separação de resíduos	2 3	x	x					
	1.4	Melhorias no entorno	2 3							
	1.5	Recuperação de áreas degradadas e/ou contaminadas	3 3							
	1.6	Revitalização de edificações existentes e ocupação de vazios urbanos em áreas centrais	3 4							
	1.7	Paisagismo	2 3		x					
	1.8	Equipamentos de lazer, sociais, de bem-estar e esportivos	1 4							
	1.9	Adequação às condições do terreno	3 3							
	1.10	Soluções sustentáveis de mobilidade	2 4		x					
2. EFIC. ENERGÉTICA E CONFORTO AMBIENT.	2.1	Orientação ao Sol e estratégias bioclimáticas (livre escolha para Cristal/Bronze)	3 4	x	x					
	2.2	Desempenho e conforto térmico	0 4	x	x					
	2.3	Desempenho e conforto lumínico	0 4	x	x					
	2.4	Dispositivos economizadores de energia	2 3	x	x					
	2.5	Medição individualizada de gás	1 3	x	x					
	2.6	Ventilação e iluminação natural de banheiros	2 3							
	2.7	Iluminação natural de áreas de circulação de edifícios verticais	3 3							
	2.8	Sistema de aquecimento solar	2 4							
	2.9	Geração de energia renovável	3 5		x					
	2.10	Elevadores eficientes	2 2							
	2.11	Gestão de energia	1 1							

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO	OBRIGATÓRIO	DIAMANTE	IDENTIFICADOR #mais	CRISTAL/BRONZE	TOPÁZIO/PRATA	SAFIRA/OURO	DIAMANTE
3. GESTÃO EFICIENTE DA ÁGUA	3.1	Dispositivos economizadores de água	0 3	x	x	Mínimo 12 PONTOS	50 PONTOS	60 PONTOS	80 PONTOS	100 PONTOS e #maisInovação
	3.2	Medição individualizada de água	0 0	x	x					
	3.3	Áreas permeáveis	0 4	x	x					
	3.4	Pegada hídrica	2 2							
	3.5	Reuso de águas servidas/cinzas	3 5							
	3.6	Aproveitamento de águas pluviais	2 5		x					
	3.7	Retenção / infiltração de águas pluviais	4 4							
4. PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	4.1	Gestão de resíduos de construção e demolição	0 4	x	x	Mínimo 14 PONTOS	50 PONTOS	60 PONTOS	80 PONTOS	100 PONTOS e #maisInovação
	4.2	Forma e escoras reutilizáveis	0 3	x	x					
	4.3	Madeira certificada	0 3	x	x					
	4.4	Coordenação modular	3 3							
	4.5	Componentes industrializados ou pré-fabricados	1 4							
	4.6	Uso de agregados reciclados	3 3							
	4.7	Gestão eficiente de água no canteiro	3 4		x					
	4.8	Mitigação do Desconforto da População Local Durante as Obras	2 2							

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO	OBRIGATÓRIO	DIAMANTE	IDENTIFICADOR #mais	CRISTAL/BRONZE	TOPÁZIO/PRATA	SAFIRA/OURO	DIAMANTE
5. SOCIAL	5.1	Relacionamento com comunidades	1 10	x		Mínimo 16 PONTOS	50 PONTOS	60 PONTOS	80 PONTOS	100 PONTOS e #maisInovação
	5.2	Apoio aos moradores para gestão, manutenção e operação do empreendimento	0 2	x						
	5.3	Educação ambiental dos trabalhadores e moradores	1 2							
	5.4	Planejamento financeiro e investimentos sustentáveis	1 2							
	5.5	Inclusão de trabalhadores locais	1 1							
	5.6	Formação e cidadania para os trabalhadores do empreendimento	1 3							
	5.7	Incentivo ao bem-estar e à criação de vínculos	1 3							
6. INOVAÇÃO	6.1	Aplicação do BIM na gestão integrada do empreendimento	3 3			Mínimo 10 PONTOS	50 PONTOS	60 PONTOS	80 PONTOS	100 PONTOS e #maisInovação
	6.2	Gestão para redução das emissões de carbono	2 5		x					
	6.3	Sistemas eficientes de automação predial	3 4							
	6.4	Conectividade	2 2		x					
	6.5	Ferramentas digitais voltadas a prática de sustentabilidade	2 2							
	6.6	Possibilidade de adequação da UH às necessidades dos usuários	1 3							
	6.7	Outras propostas inovadoras	2 10							
BÔNUS	7	Critério Bônus I	2 6			-				

Figuras 16, 17 e 18: Categorias, critérios, pontuação e classificação Selo Casa Azul.

Fonte: https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/guia-selo-casa-azul-caixa.pdf

4.3 Os desafios da atualidade: alternativas ao discurso

No debate contemporâneo sobre a crise socioambiental, destacaram-se duas perspectivas principais, que reúnem reflexões críticas e propostas de superação ao paradigma (e paradoxo) desenvolvimento sustentável.

A noção de **ecoeficiência** surgiu no início da década de 1990, formulada pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), em consonância com o discurso do desenvolvimento sustentável. Seu princípio central era “produzir mais com menos”, isto é, aumentar a eficiência no uso de recursos naturais e reduzir os

impactos ambientais, sem que fosse necessário alterar o paradigma vigente de crescimento econômico (Saramago, 2022).

Em contrapartida, a ideia de **suficiência** começou a ser discutida entre os anos 1990 e 2000, propondo uma reflexão crítica sobre os limites da própria ecoeficiência. Defendeu-se que não bastava apenas otimizar processos produtivos, mas era necessário reduzir efetivamente os níveis de consumo, promovendo uma redefinição nos padrões de produção, no estilo de vida e nos valores associados ao crescimento ilimitado, dialogando com correntes que questionam de forma mais profunda a lógica econômica dominante e sua compatibilidade com a sustentabilidade (Saramago, 2022).

Essas formulações abriram espaço para o surgimento de discursos alternativos, como o decrescimento, a justiça ambiental e o bem viver. Embora distintos em suas origens e enfoques, tais paradigmas convergem na crítica à lógica hegemônica do desenvolvimento.

O **decrescimento** surgiu nos anos 1970, a partir das formulações do economista romeno Nicholas Georgescu-Roegen ao propor a bioeconomia e demonstrar que a economia está sujeita às leis da termodinâmica, sendo, portanto, impossível sustentar um crescimento infinito em um planeta finito. Na mesma época, pensadores como Ivan Illich e Jacques Ellul também contribuíram ao criticar os impactos do produtivismo sobre a vida social e ambiental. Esse debate foi retomado e ganhou força nos anos 2000, sobretudo com Sèrge Latouche, que ressignificou o conceito não como “crescimento negativo”, mas como uma alternativa para frear os altos níveis de produção e consumo. Dentre os temas defendidos pelo autor estão o combate à obsolescência programada, a simplicidade voluntária e a chamada descolonização do imaginário, voltada à substituição de valores consumistas por cooperação, equilíbrio e bem-estar coletivo (Costa, 2019).

A **justiça ambiental**, por sua vez, nasceu nos Estados Unidos, nos anos 1980, a partir das lutas de comunidades afro-americanas e latinas contra a instalação de depósitos de lixo tóxico, indústrias poluentes e aterros em seus bairros. Um marco histórico considerado um dos catalisadores do movimento é o protesto em Warren County, Carolina do Norte (1982), contra o depósito de resíduos contaminados por PCBs (*polychlorinated biphenyls*) em uma comunidade majoritariamente negra - o denominaram “racismo ambiental” (Herculano, 2002).

O conceito foi incorporado ao contexto brasileiro no início dos anos 2000, especialmente por meio das contribuições de Henri Acselrad. Segundo o autor, a justiça ambiental refere-se à distribuição equitativa dos benefícios e ônus ambientais entre diferentes grupos sociais, em oposição à injustiça ambiental, que expõe de forma desproporcional as populações pobres, indígenas, quilombolas e comunidades periféricas aos riscos e degradações ambientais (Saramago, 2022).

A perspectiva do **bem viver**, inspirada em cosmovisões indígenas andinas e ampliada pelo diálogo intercultural, propõe uma organização social baseada na harmonia entre seres humanos, natureza e espiritualidade, em contraposição à lógica do crescimento econômico ilimitado. Fundamenta-se em princípios como a coletividade, a reciprocidade e o respeito à diversidade cultural, configurando-se como um horizonte político e ético voltado à superação das desigualdades sociais e ambientais impostas pelo modelo hegemônico (Alcântara; Sampaio, 2017). Autores como Alberto Acosta ressaltam sua dimensão paradigmática, associada ao cuidado com os territórios e à preservação da biodiversidade, ao ampliar o pensamento ambiental mediante a incorporação de saberes não hegemônicos e modos de vida pautados pela interdependência.

Como visto anteriormente, a manutenção do modelo de vida contemporâneo, marcado pelo consumo crescente e pela contínua expansão urbana, impõe não apenas à construção civil, mas também a diversos outros setores, uma demanda permanente por novos materiais, tecnologias e infraestrutura. Esse processo tem resultado em uma exploração acelerada dos recursos naturais e na consolidação de um ciclo produtivo fortemente dependente de fontes não renováveis, responsável por impactos ambientais expressivos, como a emissão de gases de efeito estufa, a degradação de ecossistemas e o acúmulo progressivo de resíduos. Nesse contexto, ainda que alternativas ao sistema hegemônico sejam formuladas com forte apelo ao futuro, assumem, na prática, o caráter de utopias críticas e mobilizadoras: não oferecem soluções imediatas, mas funcionam como horizontes de transformação diante da urgência de repensar os modos de produção e consumo. É interessante notar que muitas dessas propostas retomam, em alguma medida, práticas vernaculares e modos de vida mais simples, revelando que, em grande parte, trata-se menos de criar algo inteiramente novo e mais de reinterpretar e atualizar saberes tradicionais que, em sua essência, já se mostravam sustentáveis.

No final dos anos 2000, o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgiu no contexto das ciências ambientais e da conservação, ganhando destaque, especialmente na União Europeia, como uma estratégia para a adaptação às mudanças climáticas. Trata-se de soluções inspiradas em processos naturais, com o objetivo de gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos, promovendo melhorias na qualidade de vida urbana, buscando integrar a natureza ao espaço urbano, oferecendo respostas sustentáveis aos desafios ambientais e sociais. De acordo com Fraga; Sayago (2020), a União Europeia passou a adotar as SBN como ferramentas para implementar as agendas globais, particularmente os ODS, ajudando a alcançar as metas propostas.

Fraga (2021, p. 8) identificou, em sua pesquisa, barreiras e oportunidades para a implementação das SBN nas políticas públicas brasileiras, e propôs uma "tradução" do conceito para o contexto local, uma vez que ele chegou ao país em um momento de "contração da agenda ambiental e retrocesso social" - como sugerem os dados por ela apresentados:

Em 2017:

- 40 milhões de brasileiros sem acesso à água potável.
- 100 milhões de brasileiros sem acesso à coleta de esgoto.
- 58% da população com acesso à coleta de esgoto, mas apenas 46% do esgoto coletado possui tratamento.

Em 2018:

- 55 milhões de brasileiros viviam com até 406 reais por mês e outros 15 milhões na extrema pobreza, com renda de até 140 reais por mês, representando respectivamente 26,5% e 7,4% da população.
- 12,6 milhões de brasileiros desempregados.
- Para a autora, a questão da concentração de renda coloca o Brasil como o país democrático mais desigual do mundo: enquanto 1% da população brasileira representa 28,3% dos rendimentos brutos, os 50% mais pobres representam apenas 13,9% dos rendimentos.

Infelizmente, conforme destaca Fraga (2021), esse atraso revela um distanciamento cada vez maior do país às metas dos ODS, reforçando a necessidade de se incorporar, cada vez mais, **diretrizes adaptadas à nossa realidade**. Para Agopyan (2021), é necessário reconhecer, portanto, que a questão é mais complexa do que parece, exigindo uma compreensão mais ampla e estrutural do problema – o que passa, necessariamente, pela resolução das demandas sociais.

Para Tavares (2017, p. 3), “projetistas (*designers*) [...] normalmente não trabalham em uma escala ampla e não visualizam as relações sistêmicas dos fluxos energéticos que seus projetos influenciam”. Diante disso, o autor defende a necessidade de uma nova abordagem projetual - abrangendo arquitetura, engenharia, paisagismo, urbanismo e outras práticas de *design* - que vá além da sustentabilidade tradicional. O **desenvolvimento regenerativo**, nesse contexto, contrapõe-se à ideia de “neutralidade ambiental” e propõe que os ambientes construídos sejam capazes de gerar mais recursos do que consomem. Essa abordagem, voltada para o fortalecimento de capacidades, e não apenas para a criação de objetos, representa um avanço conceitual em relação ao modelo sustentável vigente, considerado insuficiente por ainda se limitar à redução de impactos negativos.

Diversos autores contribuem para a conceituação do desenvolvimento regenerativo, ressaltando sua diferença em relação à abordagem sustentável tradicional. Zari (2012, *apud* Tavares, 2017) define o desenvolvimento regenerativo como aquele que visa restaurar a saúde dos ecossistemas e das comunidades humanas. Gabel (2005, *apud* Tavares, 2017) complementa essa visão ao afirmar que o verdadeiro desenvolvimento ocorre quando os recursos são utilizados para melhorar a qualidade de vida, não apenas sem degradar os sistemas suporte - como propõe a sustentabilidade - mas também promovendo sua regeneração e capacidade de manutenção a longo prazo. Para ele, o desenvolvimento regenerativo representa um avanço em relação à sustentabilidade, assim como esta representa um avanço frente ao modelo econômico tradicional.

Reed (2007, *apud* Tavares, 2017) reforça essa perspectiva ao descrever o design regenerativo como um processo comprometido com a coevolução entre seres humanos e sistemas vivos, envolvendo uma atuação consciente e integrada com os contextos locais - físicos, ecológicos, sociais e simbólicos. Para Zari; Jenkin (2009,

apud Tavares, 2017), o desenvolvimento regenerativo constitui o objetivo final, ao passo que o *design* regenerativo é o meio pelo qual esse resultado é alcançado.

Mang; Reed (2012, *apud* Tavares, 2017), por sua vez, destacam que essa abordagem reconhece o ser humano como parte da natureza e atribui a ele um papel ativo e positivo na construção de uma relação ecologicamente saudável. Segundo os autores, a saúde dos ecossistemas depende diretamente da saúde humana, e vice-versa, sendo fundamental o cultivo de uma consciência relacional e evolutiva. Nesse modelo, o projeto passa a operar como ferramenta para estimular a vitalidade dos sistemas naturais e sociais, promovendo, simultaneamente, o bem-estar das comunidades humanas e naturais, o fortalecimento das estruturas de suporte locais e o cultivo de vínculos afetivos e de pertencimento com o lugar.

5. A ARQUITETURA DE BAIXO CARBONO

A arquitetura de baixo carbono consiste em uma abordagem de projeto e construção que busca minimizar as emissões de gases de efeito estufa ao longo de todo o ciclo de vida das edificações, desde a extração e produção dos materiais até sua operação, manutenção e eventual descarte. Esse conceito ganhou relevância a partir do final do século XX, quando os efeitos negativos das emissões associadas à construção e ao uso das edificações tornaram-se evidentes para a comunidade científica e para a sociedade em geral (Agopyan, 2011).

Nesse contexto, a noção de **energia incorporada** adquire papel central. Trata-se da soma de toda a energia consumida nas etapas de extração, beneficiamento, transporte, industrialização e aplicação dos materiais, além de seu descarte ou reciclagem. Cada uma dessas fases consome recursos e gera emissões, sobretudo quando dependente de combustíveis fósseis, o que impacta de forma significativa a **pegada de carbono** do edifício (Saramago, 2022).

Os princípios fundamentais da arquitetura de baixo carbono podem ser sintetizados em alguns eixos:

- **Redução da pegada de carbono**, minimizando as emissões de CO₂ em todas as fases do edifício;
- **Eficiência energética**, com aproveitamento da luz natural, ventilação cruzada e soluções que reduzam o consumo de energia para climatização e iluminação;
- **Avaliação do ciclo de vida**, permitindo escolhas conscientes e de menor impacto ambiental;
- **Uso de materiais renováveis e reciclados**, como madeira de reflorestamento ou tijolos ecológicos, em substituição a materiais altamente poluentes;
- **Design passivo e tecnologias sustentáveis**, incorporando estratégias como sombreamento, painéis solares e sistemas de captação de água da chuva.

Ao integrar essas escolhas desde as fases iniciais de concepção, a arquitetura de baixo carbono consolida-se não apenas como uma resposta técnica, mas como uma postura ética diante da crise climática contemporânea.

Para Melo (2022), no modelo capitalista atual, a inovação tecnológica frequentemente deixa de ser concebida como um instrumento a serviço do bem-estar coletivo e da preservação ambiental, passando a ser tratada como um valor em si mesma. Ou seja, cria-se e aplica-se tecnologia não necessariamente para responder a necessidades humanas essenciais, como habitação digna, eficiência energética ou redução de impactos ambientais, mas para sustentar o ciclo de produção, consumo e lucro. Nesse contexto, o novo é buscado pelo simples fato de ser novo, muitas vezes sem considerar suas implicações sociais ou ecológicas. Isso resulta em edificações e processos construtivos altamente sofisticados, mas que, por vezes, mantêm padrões de desperdício, exploração de recursos naturais e desigualdade no acesso.

A partir dessa crítica, a autora defende que só é possível repensar a relação entre seres humanos, natureza e edificações ao questionar esse modelo, orientando-se por parâmetros distintos daqueles que prevalecem na atual lógica de inovação tecnológica.

De acordo com Melo (2022, p. 240), as Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono (TCBC) se fundamentam em sete princípios:

- **Edificação permanente:** Preza pela permanência das edificações, seu máximo uso durante o maior tempo possível, exigindo soluções construtivas de alto desempenho, passíveis de reformas e de adequações;

- **Trabalho desalienado:** Estimula o trabalho desalienado, o que implica em compartilhar o conhecimento entre todos os trabalhadores envolvidos em um processo produtivo, visando a sua autonomia e a multiplicação das formas de fazer;

- **Integração Homem-Natureza:** Reforça a necessidade de repensar a relação entre o homem e a natureza, entendendo a condição humana como associada umbilicalmente à natureza. A natureza não é algo externo ao homem, um objeto a ser apropriado e explorado, mas um todo do qual o homem faz parte;

- **Menos energia:** Estimula a redução do consumo de energia, em especial a de origem fóssil, principalmente pela proposição de processos produtivos menos dependentes de energia;

- **Autocentrimento:** Refuta a universalização de soluções e a centralização dos conhecimentos e dos meios de produção a favor da diversidade, da multiculturalidade, da pulverização de soluções a depender das particularidades dos diferentes territórios e conjunto de pessoas;

- **Racionalidade Produtiva:** Preza pela racionalidade produtiva a fim de reduzir o consumo de recursos (materiais, energéticos) e evitar desperdícios;

- **Poder popular:** Promove e é resultado de decisões compartilhadas entre os envolvidos na concepção, na produção e no uso das tecnologias construtivas.

Assim, as TCBC configuram-se como uma alternativa ao modelo tecnológico vigente, recolocando a inovação a serviço da coletividade. Seus princípios apontam para uma construção mais justa, racional e ambientalmente responsável.

5.1 Perspectivas complementares

O livro *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, escrito por Stewart Brand e publicado originalmente em 1994, aborda a relação entre os edifícios e seus usuários ao longo do tempo, explorando como os espaços arquitetônicos evoluem à medida que são utilizados e modificados.

De modo geral, o autor defende que os edifícios não devem ser compreendidos como estruturas estáticas, mas como sistemas em constante transformação. Após a sua construção, essas edificações passam inevitavelmente por adaptações decorrentes da ação dos ocupantes ou de novas demandas que surgem ao longo do tempo. Contudo, muitos projetos arquitetônicos ainda desconsideram a flexibilidade necessária para que os edifícios possam se ajustar a mudanças de uso ou à incorporação de novas tecnologias.

Nesse contexto, Brand sustenta que os edifícios “aprendem” e se modificam ao longo dos diferentes ciclos de vida, respondendo às transformações sociais e às necessidades de seus usuários. Ao formular o conceito de “arquitetura evolutiva”, o autor desafia a rigidez tradicionalmente atribuída às construções, propondo que estas sejam concebidas como organismos dinâmicos, capazes de se adaptar e se desenvolver com o passar do tempo. Sua análise abrange a durabilidade dos materiais, a flexibilidade do design, a evolução no uso dos espaços e as mudanças

nas demandas funcionais, que acompanham a constante renovação das pessoas e dos contextos em que os edifícios se inserem.

Trata-se, portanto, de uma reflexão pertinente sobre como a arquitetura deve antecipar e considerar o futuro de uma edificação já a partir de sua concepção, de modo a garantir sua utilidade e relevância ao longo do tempo. Para Brand, esse olhar faz dos arquitetos não apenas “artistas do espaço”, mas, sobretudo, verdadeiros “artistas do tempo”.

O diagrama das camadas dos edifícios (figura 19), apresentado pelo autor, sintetiza suas ideias centrais. Ele representa os diferentes elementos que compõem um edifício, organizados em camadas que operam em diferentes velocidades e tempos de vida útil. De fora para dentro, da mais duradoura à mais mutável, as camadas são: localização, pele/casca, estrutura, sistemas, espaços internos e objetos. Aqui, a ideia de um edifício como um sistema fundamenta a concepção de edifícios que têm seus subsistemas independentes, capazes de serem alterados no tempo sem comprometer os demais. Vejamos cada uma delas:

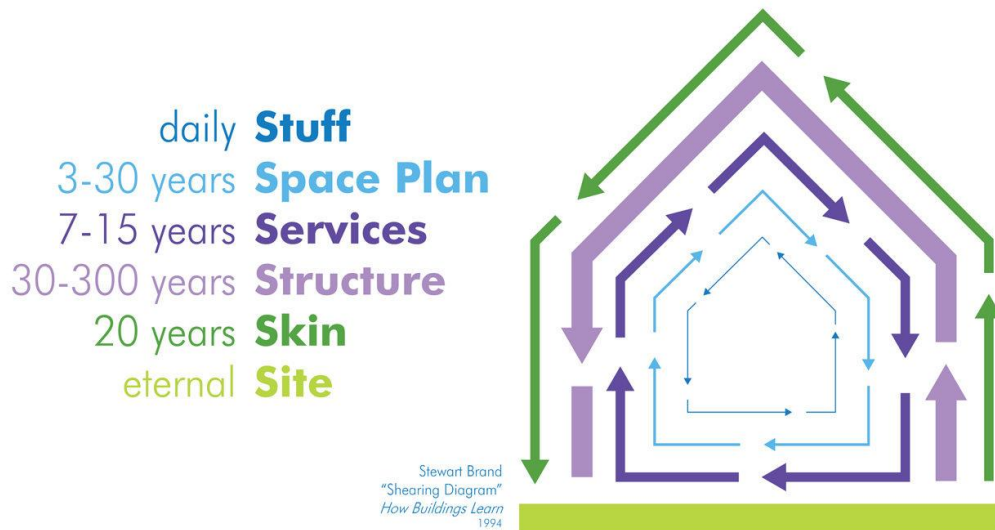


Figura 19: Diagrama – Camadas de um edifício
Fonte: <https://www.archres.com/adaptive-reuse/>.

- **Localização:** A camada mais estável/permanente, quase imutável - mas que pode vir a mudar, mais lentamente, em virtude de alterações urbanísticas ou naturais. Envolve o terreno e o contexto (condicionantes físicas) em que o edifício está inserido.

- **Pele/Casca:** Compreende as fachadas do edifício, sua “casca” externa. Em geral, essas superfícies exigem revitalizações a cada 20 anos, aproximadamente, tanto por questões de desempenho quanto para se adequar a novas exigências estéticas ou tecnológicas.

- **Estrutura:** Refere-se à parte mais resistente do edifício. Sua vida útil pode variar de décadas a séculos. Assim, quando a estrutura muda, o edifício muda.

- **Sistemas:** Engloba os sistemas complementares, como instalações elétricas, hidráulicas, de climatização e outras infraestruturas técnicas. Essas camadas demandam manutenção constante e atualizações tecnológicas periódicas.

- **Espaços Internos:** Refere-se à organização e distribuição dos ambientes internos (*layout*). Essa camada é mais suscetível a alterações, que variam conforme as necessidades dos usuários ou mudanças na função do edifício.

- **Objetos e acabamentos:** Compreende os elementos mais superficiais, como móveis, objetos decorativos e acabamentos. Essa camada é a mais efêmera, sendo frequentemente alterada de acordo com preferências pessoais, modismos e tendências de *design*.

Em síntese, as reflexões de Stewart Brand demonstram que projetar edificações significa lidar não apenas com a materialidade do presente, mas também com sua inevitável transformação ao longo do tempo. Embora todos os edifícios compartilhem essas camadas fundamentais, suas funções e dinâmicas de transformação variam conforme o tipo de uso. Reconhecer os diferentes ritmos de mudança das camadas que compõem um edifício permite adotar soluções mais flexíveis, adaptáveis ou duráveis, reduzindo desperdícios e prolongando sua vida útil. Para os projetos de baixo impacto, essa abordagem se traduz em estratégias capazes de alinhar eficiência técnica, responsabilidade ambiental e qualidade de vida dos usuários, reafirmando a importância de uma arquitetura que dialogue com o tempo e com as necessidades futuras da sociedade.

Nesse mesmo sentido, mas a partir de uma perspectiva voltada ao processo projetual, o **Pequeno Manual do Projeto Sustentável**, de Françoise-Hélène Jourda, apresenta uma abordagem prática que orienta o processo projetual por meio de perguntas simples e aplicáveis, **incentivando o arquiteto a refletir criticamente sobre as consequências de cada decisão**. Para a autora, vivemos uma verdadeira

revolução cultural e tecnológica, que exige mais do que apenas reduzir consumos ou adotar novas energias: trata-se de conservar recursos e ressignificar o papel do projeto, reconhecendo que cada obra é única e inseparável de seu contexto ambiental, social e cultural.

Assim, Jourda (2013) estrutura seu pensamento em fases que orientam o projeto sustentável desde a escolha do lugar até os detalhes construtivos, evidenciando que a sustentabilidade deve ser considerada em todas as etapas do processo. De modo sintético, essas fases podem ser descritas da seguinte forma:

- **Lugar (site):** avaliação criteriosa da localização, infraestrutura, mobilidade e insolação, responsável por grande parte da pegada ecológica do edifício;
- **Programa de necessidades:** busca por flexibilidade, diversidade de usos e densidade otimizada, reduzindo pressões sobre o território;
- **Estudo preliminar:** definição de volumetrias e estratégias que minimizem impermeabilização do solo, preservem a vegetação e priorizem os pedestres;
- **Anteprojeto:** integração de soluções ambientais, como iluminação e ventilação naturais, proteção solar, captação e reuso de águas, além da escolha de materiais recicláveis e desmontáveis;
- **Projeto:** precisão técnica voltada ao uso de materiais renováveis, de baixa energia incorporada, fáceis de manter e produzidos em condições socialmente justas.

Essa perspectiva expressa a convicção de Jourda de que a arquitetura sustentável não se limita ao cumprimento de normas técnicas ou certificações, mas requer uma postura crítica e responsável do arquiteto, capaz de hierarquizar prioridades e adaptar soluções conforme o contexto. Nessa direção, tanto o *Pequeno Manual do Projeto Sustentável* quanto o *diagrama das camadas de Brand* convergem, cada um a seu modo, para o mesmo propósito: conceber edificações conscientes do tempo, do lugar e da coletividade, conciliando desempenho, permanência e responsabilidade socioambiental. Inserido nesse horizonte, o metaprojeto configura-se como uma etapa de mediação entre a reflexão acadêmica e a prática profissional. Mais do que um exercício preliminar, assume o papel de ponte que traduz princípios teóricos em parâmetros operativos, assegurando que as escolhas projetuais preservem a coerência entre concepção, contexto e responsabilidade socioambiental.

6 METAPROJETO: ESTRATÉGIA DE TRABALHO

O **metaprojeto** representa uma abordagem para o *design*, transcendendo a concepção clássica de projeto. Ao invés de se limitar a um objetivo específico, busca uma visão mais ampla (sistêmica), abordando problemas complexos de forma integrada. Ele se caracteriza como um espaço de reflexão prévia à ação, onde se elaboram os conteúdos e as diretrizes que nortearão o desenvolvimento do projeto. Essa abordagem permite uma maior profundidade na análise dos problemas, superando a visão fragmentada e linear típica dos projetos tradicionais. O metaprojeto pode ser entendido como um "projeto do projeto", um espaço de experimentação e construção de conhecimentos que transcendem as disciplinas convencionais, envolvendo a colaboração de diversas áreas do conhecimento e de diferentes atores sociais (abordagem multidisciplinar). Ao considerar diferentes hipóteses e evitar soluções técnicas pré-estabelecidas, o metaprojeto estimula a inovação e a transformação em diversas áreas (Moraes, 2011).

No contexto deste Trabalho Final de Graduação (TFG), a **adoção do metaprojeto se justifica por seu caráter de mediação entre a pesquisa acadêmica e a prática projetual**. Mais do que uma etapa preliminar, ele atua como uma ponte que conecta as reflexões teóricas desenvolvidas com a proposição de diretrizes concretas para o futuro edifício, garantindo maior coerência entre princípios e resultados. Assim, o metaprojeto deixa de ser apenas

um exercício de experimentação e se consolida como uma ferramenta estratégica, orientando escolhas projetuais em consonância com os objetivos de baixo impacto ambiental e responsabilidade social estabelecidos neste trabalho.

O **projeto integrado**, por sua vez, configura-se como uma **ferramenta particularmente adequada à condução do metaprojeto**, na medida em que propõe uma abordagem multidisciplinar e colaborativa, com a participação simultânea de arquitetos, engenheiros, consultores, usuários, gestores e demais especialistas desde as etapas iniciais de concepção. Com as decisões sendo tomadas coletivamente, em vez de repassadas em cadeia, o foco recai sobre o desempenho global da edificação - em detrimento de soluções pontuais (Keeler, 2010). A sustentabilidade é tratada, nesse caso, como um princípio estruturante, e não como um adendo ao projeto. Essa dinâmica reduz significativamente a ocorrência de erros, retrabalho e conflitos entre disciplinas, contribuindo para uma execução mais eficiente.



Em linhas gerais, consideramos adequado estruturar esse processo da seguinte maneira (figura 20):



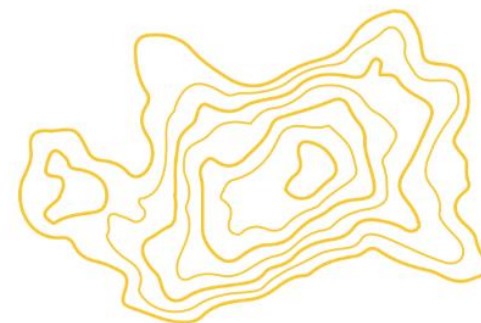
Figura 20: Fluxo metodológico do metaprojeto.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Como mencionado anteriormente, o metaprojeto configura-se como um instrumento estratégico e fundamental, anterior ao projeto propriamente dito, que possibilita a avaliação de diferentes alternativas a partir de condicionantes físicas, ambientais, urbanísticas e conceituais, visando identificar as soluções mais adequadas a cada situação.

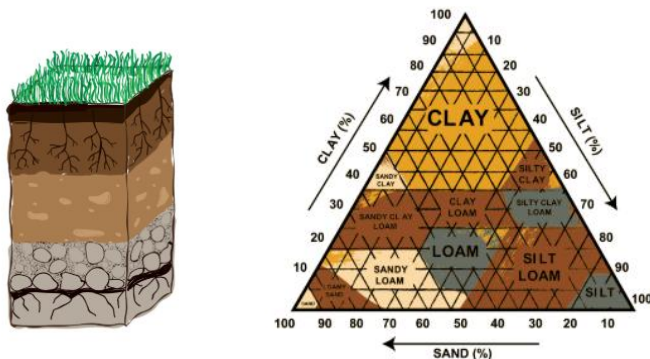
Independentemente da natureza da intervenção, três análises preliminares revelam-se indispensáveis, pois servem de base e orientam o processo de desenvolvimento, garantindo um diagnóstico mais consistente e escolhas projetuais mais assertivas:

- **Levantamento topográfico (planialtimétrico):** tem como principal função a determinação precisa dos limites do terreno (confrontantes), bem como o registro de sua forma, posição, dimensões e, sobretudo, do relevo, por meio da representação das curvas de nível com suas respectivas cotas altimétricas (desníveis).

Trata-se de uma etapa fundamental, que serve de base técnica para definição da melhor implantação/ajustes do terreno e, conseqüentemente, a elaboração de projetos arquitetônicos, urbanísticos e de infraestrutura.



- **Sondagem do solo:** serve para investigar as características geotécnicas do terreno, como tipo de solo, resistência, capacidade de carga e presença de água subterrânea. Essas informações são essenciais para definir o tipo de fundação mais adequado à obra, garantindo segurança estrutural e evitando problemas como recalques, trincas ou colapsos futuros.



- **Análise bioclimática:** consiste na avaliação das condições climáticas e ambientais, como **orientação solar, sombreamento, incidência de ventos predominantes, variações térmicas, umidade e regime de chuvas, com o objetivo de orientar estratégias passivas de conforto térmico, como ventilação e iluminação naturais.** Essa etapa orienta decisões projetuais fundamentais, como a disposição dos cômodos e das aberturas, e a escolha dos materiais, contribuindo para um projeto mais sustentável e adequado às condições ambientais específicas do local.

Nota: Com relação à seleção dos materiais, Agopyan (2011, p. 68) observa que, em se tratando de projetos de baixo impacto, ela ocorre, geralmente, com base em critérios ambientais, frequentemente orientada por **listas genéricas de recomendações**, que priorizam um único aspecto - como a reciclagem ou a energia incorporada, por exemplo - em detrimento de uma análise mais abrangente. Essas listas, amplamente divulgadas em certificações, publicações e meios digitais, “geram uma grande sensação de segurança - estou fazendo a coisa certa - e, ao mesmo tempo, frustração - estou sendo forçado a utilizar um material fora da lista.” Embora possam trazer benefícios pontuais, o autor questiona sua eficácia em promover mudanças estruturais no setor, já que muitas das soluções propostas têm baixa capacidade de replicação e impacto limitado em larga escala.

O autor ainda destaca que, “**muitas vezes, a minimização do impacto ambiental é conseguida pela incorporação de soluções de maior impacto na fase de construção, mas que diminuam manutenção, reduzam consumo de energia e água ou aumentem durabilidade**” (Agopyan, 2011, p. 72).



6.1 Estudo de Caso em Ouro Branco, MG

6.1.1 Contexto

Ouro Branco (MG), localizada a aproximadamente 100 km da capital, Belo Horizonte, integra a microrregião do Quadrilátero Ferrífero e ocupa posição estratégica entre municípios de forte relevância econômica, como Conselheiro Lafaiete e Congonhas (figura 21). Com população estimada em cerca de 40 mil habitantes, segundo dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a cidade consolidou-se nas últimas décadas como importante polo industrial e de serviços, fortemente associado às atividades de mineração e siderurgia, especialmente pela presença da Gerdau Açominas, responsável por grande parte da geração de empregos diretos e indiretos na região (Agência Minas, 2025). A implantação da siderúrgica, no final dos anos 1980 e início dos anos 2000, transformou profundamente a estrutura econômica e social do município, impulsionando seu crescimento urbano e demográfico. Além da vocação industrial, Ouro Branco apresenta uma dinâmica urbana em constante transformação, marcada pela expansão de empreendimentos comerciais, educacionais e de saúde, o que tem contribuído para a diversificação de sua economia.

Sua posição geográfica privilegiada, com acesso facilitado pela BR-040 e proximidade a polos de desenvolvimento, fortalece

sua capacidade de atração de novos investimentos e de integração regional.

A cidade também se destaca pelo potencial paisagístico e cultural, situando-se junto à Serra do Ouro Branco, área de grande valor ambiental e turístico, que constitui um dos principais atrativos naturais do município. Soma-se a isso a presença de instituições de ensino técnico e superior, como a Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), campus Alto Paraopeba, e o Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), que ampliam as oportunidades de formação profissional e acadêmica, consolidando Ouro Branco como um território estratégico para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos que busquem conciliar inovação, sustentabilidade e integração urbana.

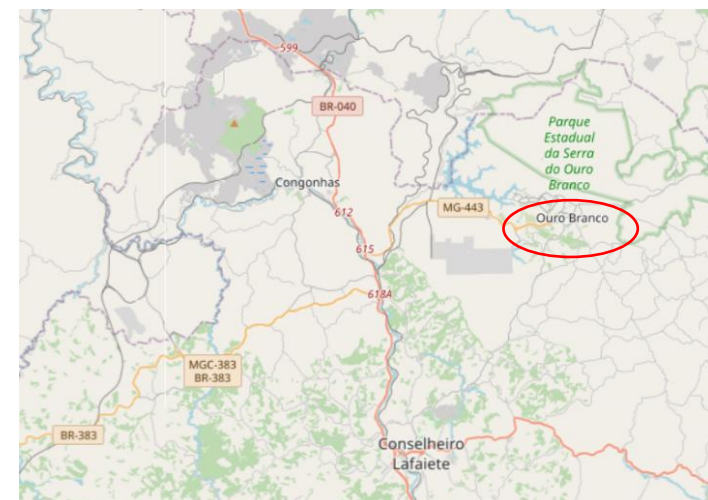
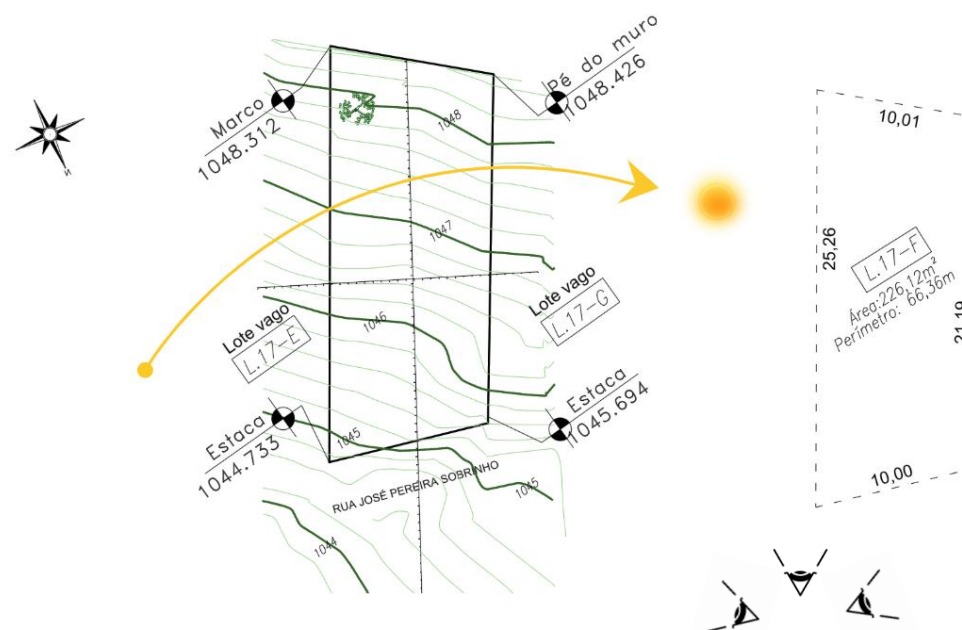
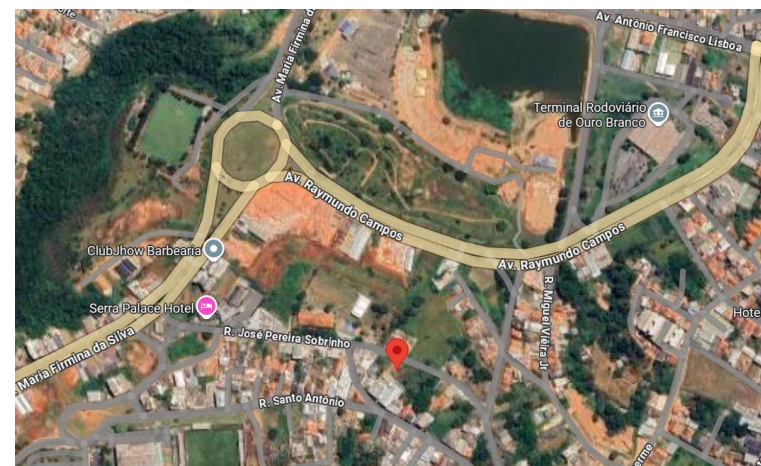


Figura 21: Localização da cidade de Ouro Branco.
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ouro_Branco_Minas_Gerais

A título ilustrativo, foi selecionado, para esse estudo, um lote localizado na região central da cidade. A seguir, são apresentados, conforme a Lei nº 1.794/2010 (Ouro Branco, 2010), os parâmetros urbanísticos do zoneamento no qual ele está inserido:

ZAR-2:	Permite uso misto
Área do lote:	226,12m²
Coeficiente de aproveitamento (CA):	1,5 = 339,18m²
Taxa de ocupação (TO):	70% = 158,28m²
Taxa de permeabilidade (TP):	20% = 45,22m²
Altura máxima:	10m (2 a 3 pavimentos possíveis)
Afastamentos:	Frontal = 3m Fundos = 3m (caso não haja frontal) Laterais = isentos até 6m de altura.





6.1.2 Programa de necessidades: Usos

Com base nos parâmetros urbanísticos, foram investigados os usos possíveis para o lote. Em um primeiro momento, avaliou-se a viabilidade de implantar três pavimentos (aproveitamento máximo permitido), destinando o térreo a ponto comercial e/ou garagem, e os demais pavimentos a unidades residenciais unifamiliares. Nessa configuração, seriam obtidos aproximadamente 158 m² no térreo e 90 m² em cada um dos pavimentos superiores, desconsiderando-se, a princípio, as áreas destinadas à circulação vertical.

No que se refere às **vagas de garagem**:

Residências unifamiliares de até 50m ² de área construída:	são isentas da obrigatoriedade.
Residências unifamiliares acima de 50m ² de área construída:	uma vaga/unidade.

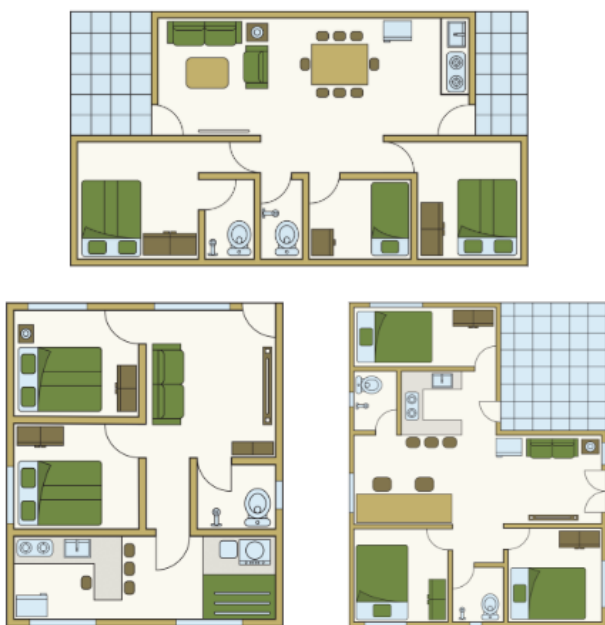
1ª Hipótese: Quatro unidades habitacionais iguais

Unidades de 50 m² dispensam garagem, liberando o térreo para pontos comerciais. A proposta atende à demanda crescente de estudantes e trabalhadores temporários em Ouro Branco. Porém, a falta de vagas pode ser uma restrição dependendo do perfil dos moradores.

2ª Hipótese: Apartamentos com metragens distintas

Nesse cenário, aumentam-se as possibilidades de uso, bem como o público atendido. Apartamentos de dois ou três quartos acomodam famílias maiores, com até três filhos, e, nesses casos, a garagem passa a ter maior importância.

Apesar da presença de comércios no entorno, esta rua tem pouca relevância comercial, o que torna pouco atrativa a implantação de um ponto no térreo. A solução mais adequada, portanto, seria a utilização do térreo como garagem e os demais pavimentos como residências unifamiliares.



6.1.3 Implantação

O próximo passo consiste em analisar as possibilidades de implantação. O terreno em questão apresenta dimensões relativamente reduzidas, em alicive, de aproximadamente 4 metros, e possui conformação irregular (fora de esquadro).

1ª Hipótese: Implantar o edifício em meio-nível em relação à rua, aproveitando o alicive natural do terreno (figura 22). A rampa, porém, é um fator limitante: para vencer 2 metros de desnível seriam necessários 8 metros de extensão, o que inviabiliza a solução. Assim, a implantação foi ajustada para uma rampa de apenas 3 metros, coincidente com o afastamento frontal, reduzindo cortes no terreno e impactos ambientais. Apesar disso, a altura máxima permitida não possibilita três pavimentos, restando como alternativa viável usos específicos, como um ponto comercial com mezanino.

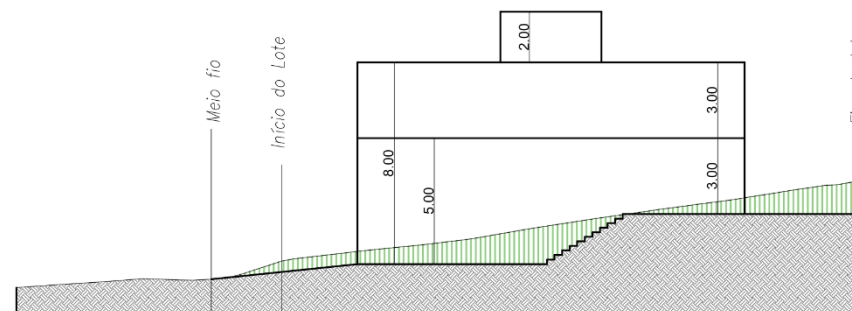
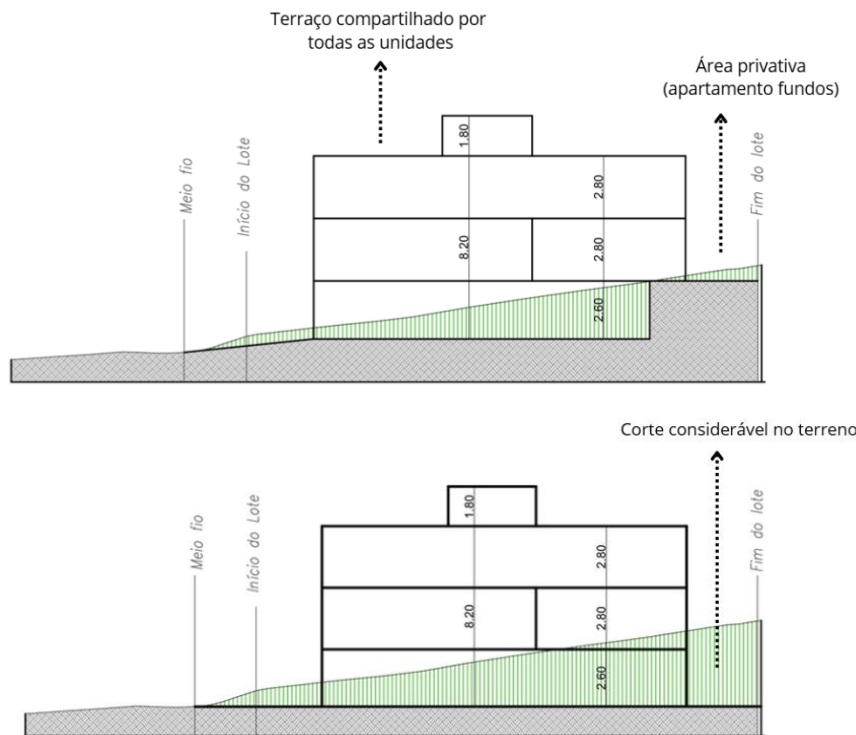


Figura 22: Estudo de implantação.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

2ª Hipótese: Manter o mesmo nível de implantação anteriormente proposto, porém sem o escalonamento da edificação. Essa solução demandaria um corte mais acentuado no terreno, mas, em contrapartida, permitiria um melhor aproveitamento do espaço. Considerou-se, inclusive, a criação de uma área privativa destinada ao apartamento dos fundos, em caráter compensatório, considerando que esta unidade apresenta a menor área útil em comparação às demais.



Figuras 23 e 24: Estudos de implantação.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao se comparar os diagramas (figuras 23 e 24), torna-se mais evidente o impacto das decisões projetuais. Quanto maiores as intervenções no terreno, mais elevados se tornam os custos da obra e, de forma proporcional, os impactos ambientais associados. Soma-se a isso a necessidade de considerar os riscos de instabilidade do solo, que podem comprometer também as estruturas dos lotes confrontantes.

Essas análises evidenciam a relevância da atuação de uma equipe multidisciplinar desde as etapas iniciais, antes mesmo da aquisição do terreno. Essa abordagem possibilita o máximo aproveitamento do potencial construtivo aliado à redução de custos, mas que, inevitavelmente, deve dialogar com as estratégias de conforto ambiental - já que o máximo aproveitamento do potencial construtivo não garante, necessariamente, desempenho ambiental satisfatório ou qualidade de vida adequada.

Quando ocorre o inverso, isto é, quando o terreno é adquirido previamente, cabe ao arquiteto adaptar o programa e as necessidades às condições existentes. Contudo, não há garantias de êxito: restrições legais, limitações financeiras ou condicionantes físicas, como a própria topografia, podem inviabilizar determinadas soluções.



O diagrama a seguir (figura 25) apresenta, até o momento, o cenário mais favorável.

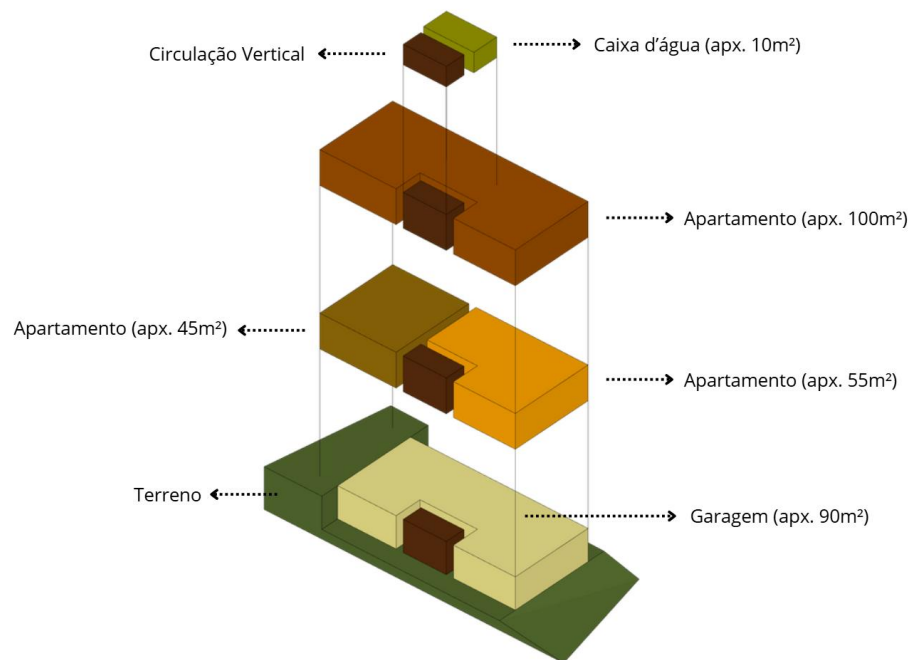


Figura 25: Estudos de implantação.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Contudo, ao analisarmos as possibilidades das vagas de garagem, nos deparamos com duas situações:

Na primeira hipótese, foram consideradas três vagas paralelas, localizadas logo na entrada do lote, solução que resultaria em um amplo espaço livre passível de ser destinado a outros usos. Na segunda hipótese, avaliou-se a ampliação do número de vagas, o que exigiria a ocupação integral do térreo até os limites do lote, em função da área necessária para manobras (figura 26). Nesse cenário, a adoção de estrutura metálica apresenta-se como alternativa viável, uma vez que possibilita a criação de grandes vãos livres sem a necessidade de pilares intermediários, favorecendo a flexibilidade espacial e otimizando as áreas de circulação e estacionamento.

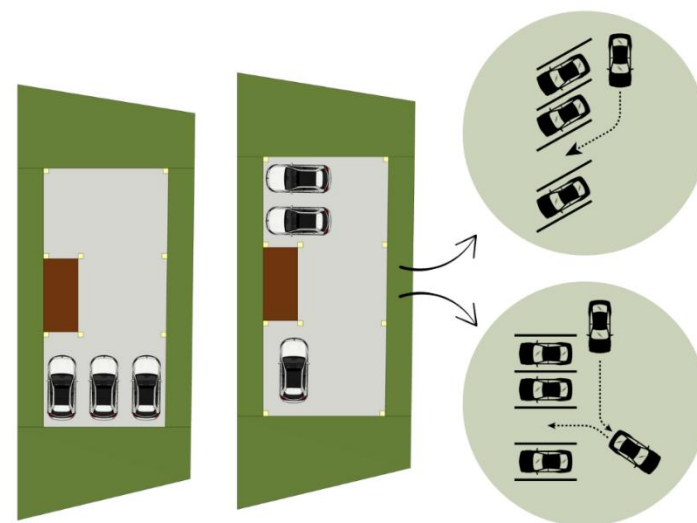


Figura 26: Estudos de vagas de garagem.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Essa experiência também revela o dinamismo do processo projetual, no qual as decisões são interdependentes e podem ser revistas a qualquer momento, sempre com o objetivo de alcançar a melhor solução.

6.1.4 Análise climática

Definidas as cotas de implantação, o passo seguinte consiste na análise climática, como orientação solar, incidência de ventos predominantes, variações térmicas, índices de umidade, regime de chuvas e afins, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para que o projeto se adeque às condições ambientais locais. Essa etapa é fundamental para promover conforto aos usuários e eficiência no uso de recursos, por meio da adoção de estratégias passivas e da escolha criteriosa de materiais. Tais aspectos incidem diretamente sobre decisões projetuais fundamentais, como a disposição dos cômodos, a localização das aberturas (layout interno) e a definição da volumetria da edificação.

De acordo com o site *Weather Spark*, o clima de Ouro Branco (MG) caracteriza-se como quente e temperado, com estações bem definidas e temperaturas moderadas ao longo do ano. As médias térmicas variam entre 11 °C e 28 °C, sendo os verões quentes e úmidos, com máximas em torno de 27 °C a 28 °C, e os invernos secos e amenos, com mínimas próximas a 11 °C. A estação chuvosa estende-se de outubro a abril, concentrando a maior parte das

precipitações anuais, enquanto o período de maio a setembro é marcadamente seco, com baixos índices de nebulosidade e poucas ocorrências de chuva.

O município apresenta elevados índices de insolação ao longo do ano, com média anual superior a 3.400 horas de sol, fator que favorece tanto o uso de estratégias passivas quanto de soluções ativas de aproveitamento da radiação solar. A umidade relativa do ar apresenta variações significativas: atinge valores elevados no verão, com picos acima de 89%, e reduz-se consideravelmente durante o inverno, chegando a índices mínimos próximos de 61%, especialmente nos meses de julho e setembro. Os ventos predominantes sopram do leste, com intensidade moderada, sobretudo entre agosto e dezembro, criando condições favoráveis para o aproveitamento da ventilação cruzada.

Com base nessas informações e após visitas presenciais ao terreno, destinadas a observar as dinâmicas locais, destacam-se os seguintes aspectos:



Clima quente e temperado:

Exige cuidado no dimensionamento e posicionamento das aberturas. Fachadas voltadas para o norte e, principalmente, para o oeste recebem maior incidência solar, o que pode causar superaquecimento, especialmente quando associadas a grandes panos de vidro, transformando-os em espaços desconfortáveis e altamente dependentes de climatização artificial. Não é uma proibição, mas uma recomendação: caso sejam usadas, devem estar acompanhadas de estratégias de sombreamento, como brises, marquises, varandas ou vegetação, que reduzam a insolação excessiva e permitem a entrada de luz natural de forma controlada (figura 27).

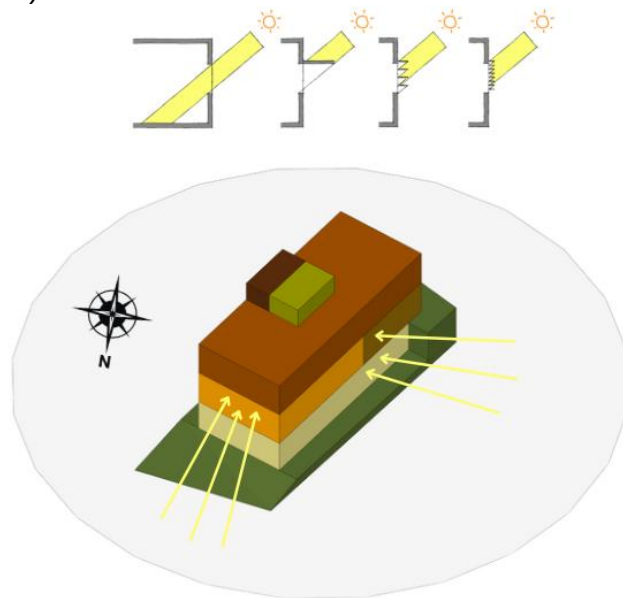


Figura 27: Estudos de insolação.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

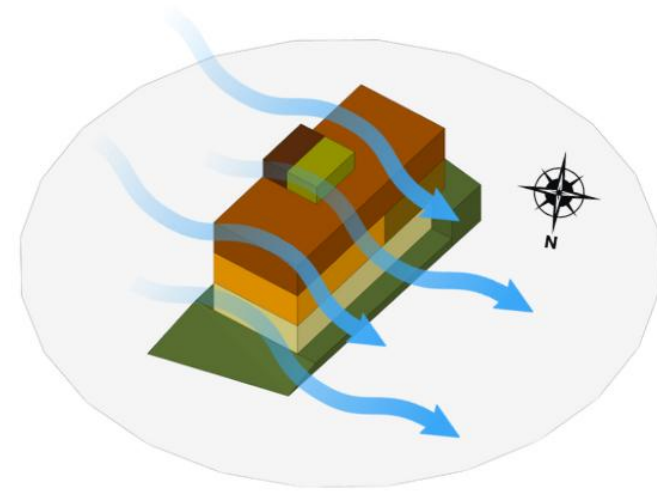


Figura 28: Estudos de ventilação.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ventos predominantes soprando do leste:

O posicionamento das aberturas merece atenção, pois pode favorecer a ventilação natural, garantindo conforto térmico e reduzindo o uso de sistemas mecânicos. Para isso, recomenda-se posicionar as aberturas no sentido leste-oeste, favorecendo a ventilação cruzada (figura 28).

Verões quentes e úmidos:

Esse aspecto dialoga diretamente com as questões anteriores, já que todos buscam garantir conforto térmico e salubridade. A escolha de materiais e acabamentos é fundamental, priorizando aqueles que favoreçam a inércia térmica e a permeabilidade ao ar. Ao mesmo tempo, a alta umidade da região exige atenção aos sistemas de impermeabilização, evitando problemas como infiltrações e patologias construtivas.

6.1.5 Sistemas construtivos

Com relação à estrutura e aos sistemas de vedação, temos diversas possibilidades:

Estrutura convencional em concreto armado	
Prós: - Sistema amplamente consolidado no mercado; - Disponibilidade de profissionais qualificados e facilidade de execução; - Ampla oferta de fornecedores, materiais e referências normativas; - Boa resistência e durabilidade.	Contras: - Maior consumo de materiais (especialmente aço e cimento); consequentemente, maiores impactos ambientais; - Maior tempo de execução comparado a sistemas industrializados; - Grande geração de resíduos na obra (fôrmas, escoramentos); - Elevado peso próprio, o que pode exigir fundações mais robustas.

Alvenaria estrutural	
Prós: - Integra estrutura e vedação, reduzindo custos e uso de materiais adicionais; - Possibilidade de racionalização construtiva e redução de prazos; - Menor geração de resíduos; - Bom desempenho estrutural.	Contras: - Menor flexibilidade para alterações; - Alterações em obra podem comprometer a estrutura; - Mão de obra especializada nem sempre disponível em todas as regiões.

Estrutura metálica	
Prós: - Execução mais rápida devido à industrialização e montagem a seco; - Estrutura leve, reduzindo cargas nas fundações; - Grande liberdade arquitetônica (vãos maiores, formas variadas); - Menor geração de resíduos em obra; - Componentes recicláveis e possibilidade de desmontagem/reutilização.	Contras: - Custos iniciais geralmente mais elevados; - Dependência de fornecedores e mão de obra especializados; - Exige proteção contra corrosão e incêndio; - Necessidade de alto grau de precisão em projeto e execução.

O uso de **sistemas construtivos mistos** permite combinar diferentes materiais e técnicas, aproveitando qualidades específicas como a resistência do concreto, a leveza do aço e o desempenho térmico da madeira. Essa integração pode resultar em soluções mais eficientes, mas exige análise cuidadosa quanto à compatibilidade entre sistemas, custos, logística e mão de obra especializada.

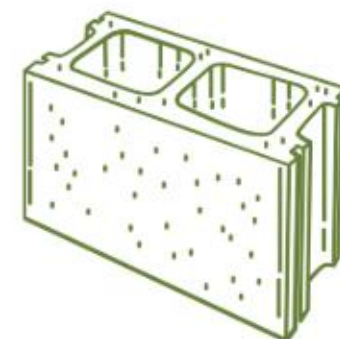
Além do aspecto técnico, a escolha deve estar alinhada a princípios de sustentabilidade, priorizando durabilidade, flexibilidade para adaptações futuras e menor dependência de energia e insumos fósseis. Assim, o ato de construir deixa de ser apenas uma decisão técnica ou econômica, incorporando também dimensões sociais e ambientais, em busca de uma relação mais equilibrada entre pessoas, processos e natureza.

Alvenaria de blocos cerâmicos (tijolo furado ou maciço)	
Prós: - Sistema tradicional, amplamente utilizado e dominado pela mão de obra; - Boa inércia térmica e isolamento acústico (especialmente em paredes maciças). - Resistência mecânica satisfatória e durabilidade; - Materiais de fácil aquisição e custo relativamente acessível.	Contras: - Maior geração de resíduos e entulho durante a obra; - Requer etapas molhadas (argamassa, reboco), aumentando o tempo de execução; - Menor flexibilidade para reformas e mudanças de layout.

Drywall (gesso acartonado)	
Prós: - Execução rápida e a seco, reduzindo tempo de obra e resíduos; - Sistema leve, não sobrecarrega a estrutura; - Flexibilidade para modificações e reformas (instalações elétricas e hidráulicas em shafts internos); - Superfície regular e acabamento de alta qualidade; - Bom desempenho acústico quando associado a lã mineral.	Contras: - Menor resistência mecânica e baixa capacidade de suportar cargas; - Sensível à umidade, exigindo chapas especiais em áreas molhadas; - Necessidade de mão de obra especializada para bom desempenho; - Custo inicial superior em relação à alvenaria convencional; - Durabilidade menor em ambientes muito agressivos.

De modo geral, a escolha dos materiais e dos sistemas construtivos deve ser analisada de forma integrada, inserida em um contexto mais amplo. Embora insumos como o cimento e o aço estejam frequentemente associados a elevados impactos ambientais, essa dimensão não pode ser considerada de maneira isolada. Como ressalta Agopyan (2011), soluções que reduzam a necessidade de manutenção, o consumo de água e energia e que apresentem maior durabilidade podem revelar-se mais adequadas, sobretudo quando observadas em sua viabilidade local. Soma-se a isso o fato de que a utilização de materiais regionais contribui não apenas para reduzir os impactos associados ao transporte e à mobilização, mas também para fortalecer a economia local. Assim, trata-se de uma análise crítica e estrutural, mais significativa do que decisões pontuais, que, em muitos casos, pouco alteram os resultados efetivos do projeto como um todo.

O “nível de sustentabilidade” (lê-se eficiência), de um empreendimento é definido pelo conjunto de suas estratégias e soluções, e não apenas por elementos isolados.



6.1.6 Sistemas complementares

Sistemas e instalações complementares podem melhorar muito o desempenho ambiental das edificações. A **energia solar fotovoltaica** reduz a dependência de fontes fósseis e os custos a longo prazo, enquanto a **captação de águas pluviais** para usos não potáveis gera economia hídrica. O **paisagismo**, além da função estética, ajuda no sombreamento, no controle térmico e na integração da edificação ao entorno.

Além dos aspectos já mencionados, é igualmente importante considerar outras diretrizes fundamentais para a sustentabilidade e a eficiência do empreendimento. Destacam-se, nesse sentido:

- **Acessibilidade**, assegurando a inclusão por meio da previsão de rampas, corrimãos e acessos adaptados;
- **Soluções que facilitem a manutenção**, possibilitando inspeções e reparos com menor custo e maior eficiência ao longo do tempo;
- **Planejamento da desmontagem e da destinação de resíduos**, como estratégia preventiva para reduzir impactos ambientais futuros.

Como se pode perceber, trata-se de um estudo abrangente, que considera múltiplos fatores - muitas vezes negligenciados ou invisibilizados em razão de aspectos de menor relevância. E a partir da reunião desses dados, torna-se possível realizar uma avaliação mais crítica, selecionando os elementos mais significativos - ainda que, em determinados casos, seja necessário abrir mão de algumas soluções em prol do conjunto.

6.1.7 Considerações

A definição dos sistemas construtivos e dos materiais a serem empregados neste empreendimento não pode ser dissociada dos princípios norteadores estabelecidos ao longo do trabalho. Mais do que a adoção de soluções técnicas isoladas, trata-se de alinhar as escolhas projetuais a valores que compreendem a singularidade de cada projeto, a sensibilidade ao contexto local, a busca por durabilidade e flexibilidade, a eficiência energética e a racionalidade produtiva, além do compromisso com materiais de baixo impacto ambiental e socialmente justos. Nesse sentido, a seleção dos sistemas e insumos deve responder de forma crítica a esses parâmetros, articulando desempenho, sustentabilidade e adequação ao lugar.

Entretanto, é importante reconhecer que **não existe método ou solução absolutamente sustentável**. Cabe ao profissional realizar uma análise comparativa criteriosa, considerando simultaneamente os diferentes aspectos envolvidos, pois uma mesma alternativa pode apresentar vantagens em determinado campo e desvantagens significativas em outro. Por isso, mais do que optar por respostas únicas, torna-se necessário **ponderar os impactos, hierarquizar prioridades e, sempre que possível, adotar estratégias complementares ou de compensação**. Essa abordagem integrada permite decisões mais equilibradas, evitando leituras parciais e garantindo maior coerência entre os princípios da sustentabilidade e a prática projetual.

A tabela a seguir sintetiza de forma comparativa como cada sistema construtivo responde aos diferentes princípios analisados, evidenciando que nenhuma escolha é plenamente sustentável e que a decisão projetual deve sempre considerar múltiplos critérios em equilíbrio.

<i>Sistema</i>	<i>Racionalidade produtiva</i>	<i>Materiais locais</i>	<i>Durabilidade e resistência</i>	<i>Flexibilidade (adaptação)</i>	<i>Eficiência energética</i>
Concreto armado	Não	Sim – (Gerdau)	Sim	Parcial	Parcial
Alvenaria estrutural	Sim	Sim	Sim	Não	Parcial
Estrutura metálica	Sim	Sim – (Gerdau)	Sim	Sim	Parcial
Sistema misto	Sim	Sim	Sim	Sim	Parcial
Blocos cerâmicos	Parcial	Sim	Sim	Parcial	Parcial
Drywall (gesso acartonado)	Parcial	Não	Não	Sim	Parcial

Assim, observa-se que o **sistema misto** se mostra como a alternativa mais adequada, pois concilia resistência, durabilidade, racionalidade produtiva e possibilidade de flexibilidade ao longo do tempo. Quando associado às **estratégias passivas de conforto ambiental** e aos **sistemas complementares** já discutidos (como energia solar e captação de águas pluviais), esse sistema contribui para uma solução arquitetônica mais equilibrada, de baixo impacto e alinhada aos princípios de sustentabilidade que orientam este trabalho.

Por fim, com o projeto arquitetônico e o relatório de sondagem do solo em mãos, é possível avançar para o dimensionamento estrutural e a definição do tipo de fundação mais adequado ao empreendimento. Ressalta-se, entretanto, que mesmo nessa etapa podem surgir pequenas alterações e ajustes. Esse dinamismo, antes do início da obra, é fundamental para garantir a compatibilização entre as diferentes etapas, antecipando possíveis falhas e minimizando erros, favorecendo uma execução mais eficiente e evitando desperdícios de tempo e recursos.

Por se tratar de um trabalho de graduação, com prazo limitado, não foi possível contar com a colaboração de outros profissionais, o que restringiu a realização de análises mais aprofundadas. Dessa forma, foram destacados apenas os aspectos mais significativos, representados por meio de diagramas esquemáticos, que serão posteriormente desenvolvidos com maior rigor técnico. Cabe destacar, ainda, que grande parte do conhecimento aplicado neste estudo foi construída ao longo da graduação, enriquecida pelas pesquisas desenvolvidas no TFG e ampliada por cursos complementares, presenciais e on-line, voltados especialmente à área da construção civil. Muitos desses conteúdos, relacionados à engenharia, contribuíram de maneira significativa para fortalecer minha formação em arquitetura e consolidar minha trajetória profissional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões desenvolvidas ao longo deste Trabalho Final de Graduação permitem reafirmar que a construção civil, embora seja um dos motores da economia brasileira e mundial, também figura como um dos setores mais impactantes em termos socioambientais. A extração intensiva de recursos naturais, a elevada emissão de gases de efeito estufa e a geração de resíduos configuram um modelo de produção insustentável que compromete ecossistemas, comunidades e trabalhadores. Diante desse cenário, a arquitetura surge como campo promissor para promover uma ruptura com a lógica meramente produtivista, recolocando o projeto como espaço de síntese entre técnica, ética e responsabilidade social.

O percurso teórico empreendido demonstrou que o conceito de sustentabilidade, ainda que tenha se consolidado no discurso global, precisa ser constantemente revisitado de modo crítico, evitando sua banalização e seu uso reducionista como ferramenta mercadológica. Reconhecer a centralidade dos trabalhadores, a relevância das práticas construtivas locais e a urgência de uma arquitetura de baixo carbono significa, acima de tudo, reafirmar a dimensão humana e social da sustentabilidade, muitas vezes invisibilizada nos processos produtivos.

As diretrizes apresentadas no metaprojeto e no estudo de caso em Ouro Branco exemplificam caminhos possíveis para uma prática arquitetônica comprometida com a realidade regional e com as necessidades contemporâneas. Ao valorizar materiais disponíveis localmente, reduzir impactos de transporte, integrar estratégias passivas de conforto ambiental e prever a flexibilidade e a permanência das edificações, o trabalho demonstrou que é possível compatibilizar desempenho técnico, viabilidade econômica e justiça socioambiental.

Em última instância, a principal contribuição deste TFG está em destacar a arquitetura como agente transformador na busca por novos paradigmas de desenvolvimento. Não se trata apenas de projetar edifícios eficientes, mas de pensar espaços que expressem sensibilidade ao lugar (respeito à natureza), equidade social e responsabilidade intergeracional. Ao propor uma revisão crítica e propositiva dos procedimentos de projeto, este estudo pretendeu não apenas apontar desafios, mas também oferecer subsídios para que futuros arquitetos e urbanistas assumam seu papel na construção de um futuro mais justo, resiliente e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA MINAS. Com apoio do Governo de Minas, produção de aço avança no país e atinge mercados que antes não eram possíveis. Agência Minas, 11 mar. 2025. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/com-apoio-do-governo-de-minas-producao-de-aco-avanca-no-pais-e-atinge-mercados-que-antes-nao-eram-possiveis>.

AGOPYAN, V. O desafio da sustentabilidade na construção civil: volume 5 / Vahan Agopyan, Vanderley M. John; José Goldemberg, coordenador. São Paulo: Blucher, 2011.

ALCÂNTARA, L. C. S.; SAMPAIO, C. A. C. Bem Viver como paradigma de desenvolvimento: utopia ou alternativa possível. Desenvolvimento e meio ambiente, v. 40, n. 1, p. 231-251, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT). Aprovada pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, atualizada.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). Aprovada pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, atualizada.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-15 – Atividades e Operações Insalubres. Aprovada pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, atualizada.

CAMARGO, R. D.; BRAGA, E. S.; FERREIRA, A. F.; Carvalho, J. T. Trabalho em altura x acidentes de trabalho na construção civil. Revista Teccen. 2018 Jul./Dez.; 11 (2): 09-15.

CARNEIRO, K. G. Arquitetura e sustentabilidade: a clássica tríade arquitetônica e a modernidade *giddensiana* - a complexa relação entre arquitetura, meio ambiente e sociologia. Dissertação de mestrado. Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais. (FAFICH/UFMG). 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Relatório de sustentabilidade da indústria. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br>>. Acesso em: maio/2025.

COSTA, Milena Leal. Decrescimento econômico: uma análise crítica. Revista Húmus, v. 9, n. 26. 13 de setembro de 2019.

DA SILVA, I. G. P.; RODRIGUES, D. F.; PINHEIRO, N. V. Cadeia produtiva da construção civil: uma análise sobre a sustentabilidade. Universidade Federal da Paraíba, 2009.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Mapeamento de riscos: orientações para a aplicação na CIPA. São Paulo: Fundacentro, 1995.

FRAGA, R. G. Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras. 2021.

FRAGA, R. G.; SAYAGO, D. A. V. Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito. Parcerias Estratégicas, v. 25, n. 50, p. 67-82, 2020.

FREITAS, R. C. F.; MELHADO, S.; CARDOSO, F. F. Os desafios e os esforços da cadeia produtiva da construção civil para a adoção do BIM. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 17., 2018. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1899–1911.

GOMES, H. P. Construção civil e saúde do trabalhador: um olhar sobre as pequenas obras. Rio de Janeiro: sn, 2011.

HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. Encontro da ANPPAS, v. 1, p. 1-15, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Ouro Branco - MG. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-branco/panorama>. Acesso: junho/2025.

JOURDA, F. H. Pequeno Manual do Projeto Sustentável. Tradução de Cristina Reis. São Paulo: Editorial Gustavo Gili, 2013. 96 p. ISBN 978-85-65985-00-0

KEELER, M. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

KRONEMBERGER, D. M. P. Os desafios da construção dos indicadores ODS globais. Ciência e cultura, v. 71, n. 1, p. 40-45, 2019.

LATOUCHE, S. As vantagens do decrescimento. Le Monde Diplomatique Brasil, 2003.

MELO, S. F. T. de. Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão. 2022. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to Cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press, 2002.

MORAES, D. D. Metaprojeto como modelo projetual. Cadernos de Estudos Avançados em Design - método - 2011 - p. 35-51.

NAGALLI, A. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. Oficina de Textos, 2016.

OURO BRANCO. Lei nº 1.794, de 31 de maio de 2010. Institui a Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo do Município de Ouro Branco. Altera a Lei nº 1.619, de 2007, que institui o Plano Diretor Participativo, e dá outras providências. Ouro Branco, MG, 2010.

ROSA, L. E. F. Análise situacional da gestão dos riscos ocupacionais associados ao ruído e seus efeitos: um estudo de caso na construção civil em Goiânia. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

ROTH, C. das G.; GARCIAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental Desenvolvimento em Questão, vol. 7, núm. 13, pp. 111-128 Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, 2009.

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANTANA, V. S.; OLIVEIRA, R. P. Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil. 2004 Cadernos de Saúde Pública, 20(3), 797-811.

SANTI, A. M. M.; GONÇALVES, Z. de L. Por trás da cortina de fumaça: trabalho e vida em carvoarias brasileiras. 2019. Revista Tecnologia e Sociedade, 15(37).

SARAMAGO, R. de C. P. *Ecologia política e sustentabilidade: uma crítica ao discurso dominante a partir da arquitetura e do urbanismo*. 2022. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

SILVA, V. P. e. Estrutura de madeira: repesando os edifícios de múltiplos pavimentos. 2022. 116 f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

SILVEIRA, C. A., ROBAZZI, M. L. D. C. C., WALTER, E. V., & MARZIALE, M. H. P. Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares. 2005 Rem: Revista Escola de Minas, 58, 39-44.

TAVARES, F. A. S. Premissas e fundamentos ecológicos da abordagem regenerativa para o Desenvolvimento Sustentável. XII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, At Uberlândia, Minas Gerais, 2017.

UNITED NATIONS. *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. New York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: set. 2025.

UNITED NATIONS. *World Population Prospects 2024: Summary of Results*. New York: United Nations, 2024. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: set. 2025.