XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8951

Reinterpretação do BIM: proposição da MADES-BIM para apoio à decisão sustentável no contexto brasileiro

Reinterpreting BIM: proposal of MADES-BIM for sustainable decision support in the brazilian context

Marcela Fernandes Sarmento
Universidade Federal da Paraíba|João Pessoa| Brasil | marcela.sarmento@ifpb.edu.br
Cleonilson Protásio de Souza
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | protasio@cear.ufpb.br

Resumo

O artigo tem como objetivo propor uma reinterpretação do *Building Information Modeling* (BIM) a partir de sua articulação com a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (LCSA), visando à proposição da Metodologia de Apoio à Decisão Sustentável em BIM (MADES-BIM), da qual o Índice de Sustentabilidade (IS) constitui o principal componente operacional. A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza teórico-conceitual, alinhada à *Design Science Research (DSR)*, com base em revisão crítica da literatura e na estruturação de um artefato metodológico. Como resultado, apresenta-se a MADES-BIM, que integra bases públicas nacionais, quantitativos extraídos do modelo digital e critérios multicritério. A metodologia contempla definição de dimensões, seleção de indicadores, normalização, ponderação e agregação dos dados, permitindo comparar alternativas projetuais nas dimensões ambiental, econômica e social. A contribuição do estudo consiste em oferecer um arcabouço metodológico para apoiar a tomada de decisão no processo de projeto, reduzir a fragmentação das avaliações de sustentabilidade e ampliar a transparência na análise de alternativas no ambiente BIM.
Palavras-chave: BIM. Sustentabilidade. Tomada de decisão. Índice de sustentabilidade.

Abstract

This article aims to reinterpret Building Information Modeling (BIM) through its articulation with Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA), with a view to proposing the Methodology for Sustainable Decision Support in BIM (MADES-BIM), in which the Sustainability Index (SI) constitutes its main operational component. The study adopts a qualitative, theoretical, and conceptual approach aligned with Design Science Research, based on a critical literature review and the structuring of a methodological artifact. As a result, it presents the MADES-BIM, which integrates national public databases, quantities extracted from the digital model, and multicriteria assessment procedures. The methodology includes the definition of dimensions, selection of indicators, normalization, weighting, and data aggregation, allowing design alternatives to be compared across environmental, economic, and social dimensions. The study contributes by offering a methodological framework to support decision-making in the design process, reduce the fragmentation of sustainability assessments, and increase transparency in the analysis of alternatives within the BIM environment.
Keywords: BIM. Sustainability. Decision-making. Sustainability index

INTRODUÇÃO

O setor da arquitetura, engenharia e construção tem passado por intensa transformação digital, marcada pela ampliação do uso do BIM como metodologia de modelagem e gestão de informações do projeto [1]. Embora o BIM possibilite integrar dados geométricos e não geométricos, sua aplicação permanece frequentemente orientada por uma lógica técnico-instrumental, centrada em eficiência, custo e controle. Essa orientação limita sua capacidade de incorporar, de forma integrada, as dimensões ambiental, econômica e social da sustentabilidade, especialmente em contextos nos quais as bases de dados públicas ainda são pouco articuladas ao processo de modelagem [17].

No Brasil, essa limitação dificulta a incorporação estruturada de indicadores ambientais, econômicos e sociais no ambiente BIM, comprometendo a comparação entre alternativas projetuais. Diante disso, este artigo propõe uma reinterpretação do BIM a partir de sua articulação com a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (LCSA) [3], por meio da MADES-BIM. A proposta visa estruturar uma metodologia que integre bases públicas nacionais, quantitativos extraídos do modelo digital e decisões multicritério. Neste contexto, o Índice de Sustentabilidade (IS) constitui o mecanismo de síntese utilizado pela metodologia [4]. A pesquisa é qualitativa, teórico-conceitual e alinhada à *Design Science Research (DSR)*, com foco na construção e demonstração conceitual do artefato metodológico.

METODOLOGIA

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa de natureza teórico-conceitual, orientada à proposição de um artefato metodológico de apoio à decisão no contexto do BIM alinhando-se a estratégias de DSR, que visam à construção de soluções para problemas complexos [5].

Do ponto de vista dos procedimentos, caracteriza-se como pesquisa bibliográfica e de natureza exploratória [6]. A revisão da literatura foi conduzida nas bases *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*, com combinações dos termos “BIM”, “*Sustainability*”, “LCSA”, “*Multi-criteria Decision-making*” e “*Sustainability assessment*”. Foram priorizados estudos publicados entre 2015 e 2026, além de obras clássicas pertinentes ao tema. As diretrizes PRISMA foram consideradas como referência orientadora, sem adoção integral do protocolo, para conferir maior transparência à identificação, triagem e seleção das fontes. Foram analisados artigos de periódicos e conferências, excluindo-se textos duplicados, sem acesso integral ou sem aderência direta à integração entre BIM, sustentabilidade, LCSA, métodos multicritério e indicadores. A análise priorizou a identificação de lacunas na integração entre dados do modelo BIM, bases públicas nacionais e critérios de avaliação da sustentabilidade, bem como de procedimentos capazes de transformar indicadores heterogêneos em uma medida sintética de apoio à decisão projetual.

O desenvolvimento foi organizado em três etapas: (1) identificação das limitações do BIM na incorporação da sustentabilidade; (2) construção conceitual da MADES-BIM

como artefato metodológico de apoio à decisão; e (3) definição do Índice de Sustentabilidade (IS), concebido como componente operacional responsável pela síntese multicritério dos resultados produzidos pela metodologia. A proposta possui caráter conceitual e ainda não inclui validação empírica, prevista para etapas futuras da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os fundamentos teóricos que orientaram a construção da MADES-BIM e explicita como a literatura analisada contribuiu para a definição de seus componentes: integração entre bases de dados e modelo BIM, estrutura multidimensional de sustentabilidade, critérios de apoio à decisão e síntese dos resultados por meio do IS.

FUNDAMENTOS DA MADES-BIM E ESTRUTURA DO IS

Os estudos analisados indicam quatro contribuições principais para a construção da MADES-BIM: Eastman et al. [1] fundamentam o BIM como ambiente de gestão de informações; UNEP/SETAC [2] e Kloepffer [3] sustentam a integração entre dimensões ambiental, econômica e social pela LCSA; Triantaphyllou [4] e Daugavietis et al. [23] embasam a agregação multicritério; e Vázquez-Rowe et al. [16], Akbari et al. [17] e Berges-Alvarez et al. [18] evidenciam lacunas e possibilidades de integração entre BIM, sustentabilidade e avaliação de ciclo de vida.

A sustentabilidade no ambiente construído demanda abordagens capazes de integrar dimensões ambientais, econômicas e sociais. As decisões projetuais influenciam diretamente o consumo de recursos, as emissões, os custos e os impactos sociais associados aos sistemas construtivos [8, 9, 10, 11].

Modelos como o *Triple Bottom Line* (TBL) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) contribuíram para consolidar a compreensão multidimensional da sustentabilidade, ao enfatizar a integração entre dimensões ambientais, econômicas e sociais [12, 13, 14, 15, 16].Contudo, tais referenciais não oferecem, por si só, mecanismos operacionais para apoiar decisões no nível do projeto, reforçando a necessidade de instrumentos capazes de articular indicadores, bases de dados e critérios de avaliação.

Nesse cenário, o BIM pode assumir papel relevante como ambiente de integração entre modelo digital, dados e avaliação de alternativas. Contudo, sua adoção predominante ainda se orienta por uma lógica técnico-instrumental, centrada em eficiência, custo e controle. Assim, a integração entre BIM, LCSA e métodos multicritério apresenta-se como caminho para estruturar avaliações mais transparentes, permitindo comparar alternativas projetuais e explicitar seus impactos ambientais, econômicos e sociais.

BIM, SUSTENTABILIDADE E APOIO À DECISÃO

O BIM consiste em um conjunto de tecnologias, processos e práticas voltados à gestão de informações ao longo do ciclo de vida da edificação, permitindo simulações e

comparação de alternativas projetuais[1]. Essa capacidade favorece a simulação de cenários, a comparação entre alternativas projetuais e a integração com abordagens como LCSA e métodos multicritério [16, 17, 18].

Apesar desse potencial, a literatura aponta que o BIM ainda é frequentemente aplicado sob uma racionalidade instrumental, orientada à padronização, ao desempenho e ao controle informacional [1, 17, 18]. Assim, embora amplie a disponibilidade de dados, não garante, por si só, a incorporação integrada da sustentabilidade. Na prática, observa-se maior atenção a critérios ambientais e econômicos, com menor representação de dimensões sociais e territoriais [19, 20, 18].

Nesse ponto, os Princípios de Bellagio oferecem uma base relevante ao enfatizar que a avaliação da sustentabilidade deve ser integrada, transparente, orientada por metas de longo prazo e capaz de comunicar resultados de forma clara [21, 22]. Esses princípios reforçam que a avaliação da sustentabilidade não é um ato neutro, mas envolve escolhas normativas sobre o que considerar relevante e como representar a realidade.

Observa-se que o BIM também pode atuar como suporte à avaliação integrada, ao permitir o vínculo entre indicadores e elementos do projeto, a simulação de cenários ao longo do ciclo de vida e a comunicação dos resultados por meio de ferramentas como *dashboards* [1, 17, 18]. Essa leitura converge com a proposta de avaliação integrada da sustentabilidade defendida por Gibson [20], em que as decisões devem considerar, simultaneamente, múltiplas dimensões, evitando abordagens fragmentadas ou compensatórias.

É nesse contexto que se insere a proposta da MADES-BIM. Ao articular indicadores ambientais, econômicos e sociais a bases públicas nacionais e ao modelo BIM, a metodologia permite comparar alternativas, explicitar *trade-offs* e ampliar a transparência no processo projetual.

MADES-BIM E OPERACIONALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE

A fragmentação das avaliações de sustentabilidade no ambiente construído fundamenta a proposição da MADES-BIM. No âmbito dessa metodologia, o Índice de Sustentabilidade (IS) é concebido como o componente responsável pela síntese e comparação do desempenho das alternativas projetuais, orientado à integração das dimensões ambiental, econômica e social em uma medida sintética, capaz de tornar mais explícitas as implicações das escolhas projetuais [19, 20].

Mais do que uma simples operação de combinação de variáveis, a proposição do IS está associada à necessidade de enfrentar limitações recorrentes no processo decisório em projetos, como a sobrecarga informacional, a dificuldade de comparação entre indicadores com naturezas distintas e a baixa explicitação dos *trade-offs* [4, 23].

Em contextos nos quais múltiplos critérios devem ser considerados simultaneamente, a ausência de estruturas de integração tende a reforçar decisões baseadas em parâmetros isolados, comprometendo a consistência da avaliação [20]. Nesse sentido,

o IS atua como um mecanismo de síntese que organiza informações heterogêneas em uma estrutura inteligível, tornando a complexidade interpretável e operacional no processo decisório [4, 23].

A proposição do IS amplia a função do BIM ao associar elementos construtivos a indicadores ambientais, econômicos e sociais. Desse modo, o objeto modelado deixa de ser avaliado apenas por seus atributos físicos, técnicos e econômicos, passando a incorporar efeitos ao longo do ciclo de vida, como emissões, consumo energético, custos, geração de resíduos e repercussões sociais vinculadas aos materiais e sistemas construtivos [3, 20].

A MADES-BIM é compreendida como um artefato metodológico [5] de apoio à tomada de decisão, que articula os dados provenientes de bases públicas nacionais, os quantitativos extraídos do modelo BIM e os critérios de avaliação definidos no âmbito da sustentabilidade [23]. Essa articulação se materializa na vinculação entre elementos construtivos e indicadores ambientais, econômicos e sociais, permitindo que alterações no modelo projetual sejam automaticamente refletidas nos parâmetros de avaliação. Desse modo, a MADES-BIM estrutura um fluxo no qual dados, modelagem e critérios deixam de operar de forma desassociada, passando a constituir um sistema integrado que orienta, de maneira explícita, a interpretação das informações e a tomada de decisão ao longo do processo projetual.

No âmbito dessa proposta, o IS constitui um de seus componentes operacionais centrais, responsável por sintetizar o desempenho multidimensional das alternativas projetuais. Assim, enquanto a MADES-BIM define a lógica de integração entre informações e decisão, o IS materializa essa integração em uma medida sintética, passível de comparação e interpretação.

A construção do IS encontra respaldo na LCSA [2, 3] e baseia-se na seleção de indicadores representativos das três dimensões da sustentabilidade. Na dimensão ambiental, consideram-se indicadores como emissão de CO_2 e demanda de energia primária (SIDAC); na dimensão econômica, utilizam-se dados de custos isolados de materiais e por sistema construtivo (SINAPI); e, na dimensão social, incorporam-se informações relacionadas ao mercado de trabalho formal e renda (Novo CAGED).

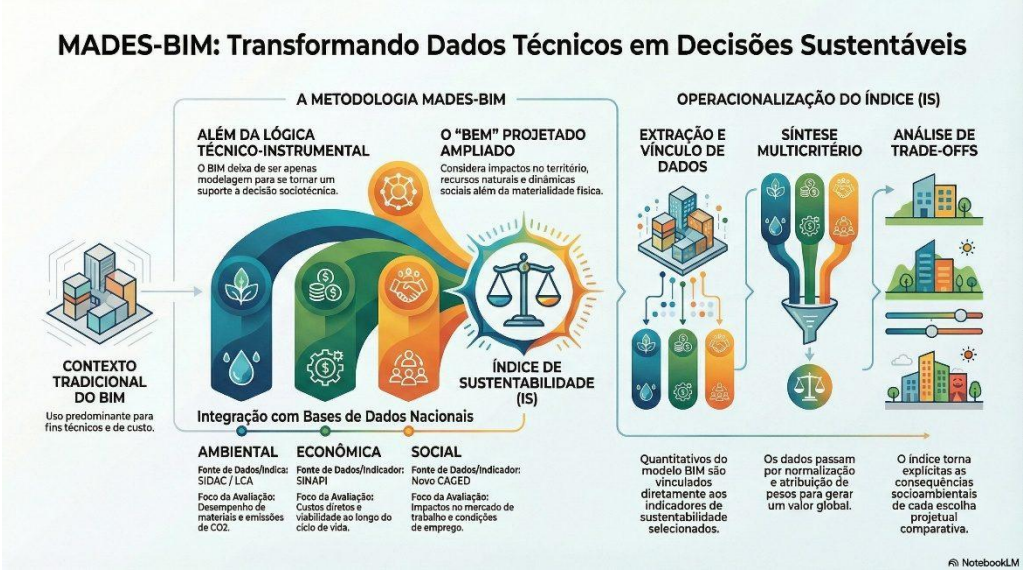
Esses indicadores são vinculados aos materiais modelados no ambiente BIM, de onde seus quantitativos são extraídos, de modo que alterações nas soluções projetuais se reflitam diretamente nos resultados do índice, transformando o modelo digital em um ambiente ativo de avaliação, no qual informações geométricas e não geométricas passam a operar de forma integrada [1].

A operacionalização do IS está alinhada com os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão, amplamente utilizados para lidar com problemas que envolvem múltiplos critérios e objetivos conflitantes [4, 23] e estrutura-se em três etapas: normalização dos indicadores, permitindo a conversão de diferentes unidades em uma escala comum; atribuição de pesos, definindo a contribuição relativa de cada dimensão; e agregação multicritério, realizada por meio de soma ponderada, resultando em um valor sintético do desempenho global.

Integrado ao BIM, o IS amplia o papel da modelagem digital, que deixa de atuar apenas como repositório de informações para assumir função de suporte à decisão [1, 16, 17]. Ao explicitar as implicações das soluções projetuais nas três dimensões da sustentabilidade, o modelo passa a favorecer a análise de alternativas, contribuindo para decisões mais alinhadas à sustentabilidade [19, 18].

Do ponto de vista prático, a proposta pode ser aplicada em diferentes contextos, como o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, a avaliação de alternativas construtivas em habitação de interesse social e o suporte à tomada de decisão em órgãos públicos e incorporadoras. A Figura 1 sintetiza essa estrutura, evidenciando a integração entre indicadores, modelo BIM e a posição do IS como mecanismo de síntese multicritério da metodologia.

Figura 1: Estrutura conceitual da MADES-BIM



Fonte: Elaboração da autora

Como demonstração conceitual, e não como validação empírica, considera-se uma habitação unifamiliar modelada em ambiente BIM, com indicadores previamente vinculados aos materiais. A substituição de blocos cerâmicos por blocos de concreto, por exemplo, altera quantitativos, emissões, consumo energético, custos e indicadores sociais associados à cadeia produtiva. Com os dados normalizados, ponderados e agregados, o IS permite comparar alternativas e evidenciar situações em que uma solução de menor custo pode apresentar pior desempenho ambiental ou social, explicitando *trade-offs* que dificilmente seriam percebidos sem uma estrutura integrada de avaliação [4, 20, 23].

CONCLUSÃO

O artigo evidenciou que o uso predominante do BIM, orientado por uma lógica técnico-instrumental, limita sua capacidade de incorporar a sustentabilidade de forma integrada ao processo de projeto. Essa limitação decorre de aspectos operacionais e de uma racionalidade que privilegia critérios mensuráveis, padronização e controle,

em detrimento da consideração articulada de dimensões ambientais, econômicas e sociais. A análise da literatura permitiu identificar quatro eixos que fundamentaram a construção da MADES-BIM: avaliação integrada da sustentabilidade, LCSA, métodos multicritério de apoio à decisão e integração entre BIM e indicadores de desempenho sustentável. A partir desses eixos, propôs-se a MADES-BIM como um artefato metodológico voltado à mediação entre dados, modelo digital e processo decisório, no qual a sustentabilidade deixa de ser tratada como atributo complementar e passa a constituir elemento estruturante da análise projetual.

Nesse contexto, a MADES-BIM constitui o artefato metodológico proposto, enquanto o IS opera como mecanismo de síntese capaz de integrar informações heterogêneas e tornar explícitas as implicações das escolhas realizadas, contribuindo para a comparação entre alternativas e para a qualificação da tomada de decisão. A principal contribuição do estudo está na proposição de um arcabouço metodológico adaptado ao contexto brasileiro, apoiado em bases públicas nacionais e voltado à redução da fragmentação das avaliações de sustentabilidade no ambiente BIM.

Como limitação, destaca-se o caráter ainda conceitual da proposta, sem validação empírica. Além disso, a pesquisa se baseia em revisão crítica da literatura, com recorte temporal, bases selecionadas e critérios de inclusão definidos pelos autores, o que pode restringir a abrangência dos achados. Estudos futuros devem avançar na aplicação da metodologia em modelos BIM, na calibração dos indicadores, na realização de estudos de caso, na validação com especialistas e na definição participativa de pesos e critérios. A revisão realizada não esgota a produção científica sobre BIM e sustentabilidade, podendo haver estudos relevantes não recuperados pelas bases e estratégias de busca adotadas.

Por fim, argumenta-se que a incorporação da sustentabilidade no BIM não se restringe à ampliação da base informacional ou ao desenvolvimento de novos indicadores, mas envolve a reconfiguração do próprio processo de decisão. Ao tornar explícitas as implicações socioambientais das escolhas projetuais, a proposta contribui para deslocar o foco da otimização técnica para a reflexão sobre os efeitos mais amplos do ambiente construído, reafirmando o papel do BIM como espaço de mediação entre conhecimento, valores e decisão, ainda que tal potencial dependa de sua efetiva aplicação em contextos reais.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram a ferramenta NOTEBOOKLM para a geração de imagens do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. [s.l: s.n.].

[2] UNEP/SETAC. Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: Making Informed Choices on Products. ParisUnited Nations Environment Programme, , 2011. Disponível em: <https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Towards-LCSA.pdf>

[3] KLOEPFFER, W. Life cycle sustainability assessment of products. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 13, n. 2, p. 89–95, 1 mar. 2008.

[4] TRIANTAPHYLLOU, E. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Dordrecht: Springer, 2000.

[5] PEFFERS, K. et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems, v. 24, n. 3, p. 45–77, dez. 2007.

[6] GIL, A. C. Métodos E Técnicas De Pesquisa Social. [s.l.] ATLAS EDITORA, 2019.

[7] MARTINEZ-ALIER, J. The environmentalism of the poor. Geoforum, v. 54, p. 239–241, 2014.

[8] FURTADO, C. O mito do desenvolvimento econômico. São Paulo, SP: Ubu Editora, 2024.

[9] MARICATO, E. O impasse da política urbana no Brasil. [s.l.] Editora Vozes, 2024.

[10] CMMAD, C. M. S. M. A. E. D. Nosso futuro comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

[11] ELKINGTON, J. Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone, 1997.

[12] UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New YorkUnited Nations, , 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>

[13] IPEA, I. DE P. E. A. Agenda 2030 : objetivos de desenvolvimento sustentável : avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil : ODS 11 : tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 28 jun. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14135/1/Agenda_2030_ODS_11_Tornar_as_cidades_e_os_assentamentos.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

[14] IPEA, I. DE P. E. A. Agenda 2030 : objetivos de desenvolvimento sustentável : avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil : ODS 12 : consumo responsável – assegurar padrões de consumo e produção sustentável. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 28 jun. 2024. Disponível em:

<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14136/1/Agenda_2030_ODS_12_Consumo_responsavel_assegurar_padroes.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

[15] IPEA, I. DE P. E. A. Agenda 2030 : objetivos de desenvolvimento sustentável : avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil : ODS 13 : tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 28 jun. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14137/1/Agenda_2030_ODS_13_Tomar_medidas_urgentes_para_combater.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

[16] VÁZQUEZ-ROWE, I. et al. A Method to Include Life Cycle Assessment Results in Choosing by Advantage (CBA) Multicriteria Decision Analysis. A Case Study for Seismic Retrofit in Peruvian Primary Schools. Sustainability, v. 13, n. 15, p. 8139, 21 jul. 2021.

[17] AKBARI, S. et al. Sustainability and building information modelling: Integration, research gaps, and future directions. Automation in Construction, v. 163, p. 105420, jul. 2024.

[18] BERGES-ALVAREZ, I.; MARTÍNEZ-ROCAMORA, A.; MARRERO, M. A Systematic Review of BIM-Based Life Cycle Sustainability Assessment for Buildings. Sustainability, v. 16, n. 24, 2024.

[19] GIBSON, R. B. Sustainability assessment: basic components of a practical approach. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 24, n. 3, p. 170–182, set. 2006.

[20] GIBSON, R. B. BEYOND THE PILLARS: SUSTAINABILITY ASSESSMENT AS A FRAMEWORK FOR EFFECTIVE INTEGRATION OF SOCIAL, ECONOMIC AND ECOLOGICAL CONSIDERATIONS IN SIGNIFICANT DECISION-MAKING. Em: SHEATE, W. R. (Ed.). Tools, Techniques and Approaches for Sustainability. [s.l.] WORLD SCIENTIFIC, 2009. p. 389–410.

[21] HARDI, P.; ZDAN, T. J. Assessing sustainable development: principles in practice. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 1997.

[22] PINTÉR, L. et al. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. Ecological Indicators, v. 17, p. 20–28, 2012.

[23] DAUGAVIETIS, J. E. et al. A Comparison of Multi-Criteria Decision Analysis Methods for Sustainability Assessment of District Heating Systems. v. 15, n. 7, p. 2411, 25 mar. 2022.