

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

LUCAS BILÓ BRUNELLI

CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE BASEADOS EM
AVALIAÇÕES BIM E BSA NA FASE DE PROJETO

VITÓRIA

2023

LUCAS BILÓ BRUNELLI

**CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE BASEADOS EM
AVALIAÇÕES BIM E BSA, NA FASE DE PROJETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na área de concentração: Arquitetura e Sustentabilidade.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edna Aparecida Nico Rodrigues

VITÓRIA

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

B894c Brunelli, Lucas Biló, 1996-
Critérios de sustentabilidade baseados em avaliações BIM e
BSA na fase de projeto / Lucas Biló Brunelli. - 2023.
124 f. : il.

Orientadora: Edna Aparecida Nico Rodrigues.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Ferramentas. 2. BIM. 3. BSA. 4. Critérios. 5. Fases
projetuais. I. Rodrigues, Edna Aparecida Nico. II. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Artes. III. Título.

CDU: 72

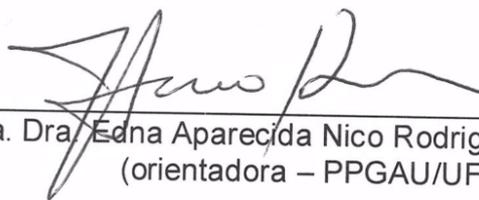
LUCAS BILÓ BRUNELLI

“CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE BASEADOS EM AVALIAÇÕES
BIM E BSA NA FASE DE PROJETO”

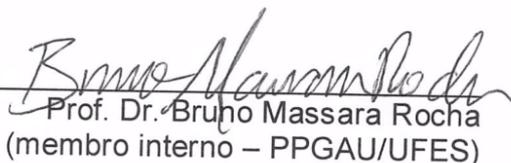
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 27 de abril de 2023.

Comissão Examinadora



Profa. Dra. Edna Aparecida Nico Rodrigues
(orientadora – PPGAU/UFES)



Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
(membro interno – PPGAU/UFES)



Dra. Dielly Christine Guedes Montarroyos
(membro externo)

*aos meus pais, Paulo e Gersa, e
minha irmã, Luana*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me sustentar e dar forças para a concretização de mais um sonho.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pelo de suporte que contribuíram para a finalização de mais esta etapa na minha vida.

A orientadora desta pesquisa, Dr. Edna Aparecida Nico Rodrigues, pelas conversas, dicas e esclarecimentos. Agradeço também por estar sempre disposta a contribuir, independentemente do que lhe for apresentado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo desta Instituição (PPGAU-UFES), por todo conhecimento e ensinamentos ao longo dessa caminhada.

A minha amiga Jaqueline, por todo apoio, companheirismo e confiança, que vem desde a graduação e que continuou durante o mestrado.

A todos os amigos do Laboratório de Planejamento e Projetos da UFES, que contribuíram direta ou indiretamente para esta pesquisa, pela convivência agradável, pelas conversas, e, principalmente, por propiciar um excelente ambiente de trabalho.

Aos meus pais, pela educação e cuidado diário. A minha irmã, que mesmo morando distante sempre torceu por mim e me tem como seu grande exemplo. A minha avó Maria (*in memoria*), que me esperava ansiosa aos finais de semana em Castelo, e a todos meus familiares e amigos por todo carinho e apoio durante todo esse processo.

A todos aqueles que torceram pela minha conquista, e que de alguma forma contribuíram para a evolução deste trabalho e para minha própria, meus sinceros agradecimentos!

“(...) se você tivesse um espaço para viver onde a água fosse captada da chuva, a energia viesse do sol e dos ventos e o alimento pudesse ser produzido dentro da própria casa, o que você faria com seu tempo?”

Michael Reynolds

RESUMO

Transformações expressivas no século XX, como a larga escala industrial, a explosão demográfica e os problemas ambientais, geraram diversas preocupações e expectativas sobre o futuro da humanidade e o impacto das atividades humanas no desenvolvimento sustentável. No Brasil, apenas o setor residencial é responsável por 10,8% do consumo energético, ficando atrás do setor industrial, que representa 32,1%, 31,2% do setor de transporte e 11,2% do setor energético no consumo total de energia. Conforme apresentado na Agenda 21, é necessário desenvolver ou incrementar indicadores de desenvolvimento sustentável que permitam a avaliação dos empreendimentos ainda na fase inicial de projeto. Nessa direção, há certificações ambientais destinadas a garantir a qualidade sustentável das construções civis, dentre as quais se destacam: *LEED*, *BREEAM* e o *SBTool*, a nível global, e Certificação Aqua e o Selo Casa Azul, a nível nacional, os quais tem o intuito de atestar se uma construção ou empreendimento segue os preceitos da sustentabilidade. O objetivo geral deste projeto de pesquisa foi analisar os parâmetros de avaliação de sustentabilidade de uma ferramenta BSA (*Business Software Alliance*) com suas possíveis interações com a plataforma BIM (*Building Information Modeling*) com ênfase nas questões climáticas e energéticas. No que se diz respeito a análise de parâmetros BSA para certificação ambiental, vale destacar que com o *Archicad*, foram possíveis analisar 68% dos parâmetros sem auxílio de ferramentas externas para extração de dados, 20% se fizeram capazes de serem analisados parcialmente dentro do BIM, e 12% dos parâmetros necessitam de análises ao qual o BIM ainda não contempla. Integrar em uma plataforma consolidada informações sobre todo o ciclo de vida da obra e sobre todas as etapas e componentes de cada parte de uma construção, permitindo o acesso e a colaboração por parte de todos os profissionais envolvidos – engenheiros, arquitetos, construtores e fornecedores.

PALAVRAS-CHAVES: FERRAMENTAS, BIM, BSA, CRITÉRIOS, FASES PROJETAIS.

ABSTRACT

Significant transformations in the 20th century, such as large-scale industrialization, the demographic explosion and environmental problems, have generated various concerns and expectations about the future of humanity and the impact of human activities on sustainable development. In Brazil, the residential sector alone is responsible for 10.8% of energy consumption, behind the industrial sector, which represents 32.1%, 31.2% of the transport sector and 11.2% of the energy sector in total energy consumption. As presented in Agenda 21, it is necessary to develop or increase sustainable development indicators that allow the evaluation of the undertakings still in the initial project phase. In this direction, there are environmental certifications designed to ensure the sustainable quality of civil construction, among which stand out: LEED, BREEAM and the SBTool, at the global level, and Aqua Certification and the Blue House Seal, at the national level, which are intended to certify whether a construction or development follows the precepts of sustainability. The general objective of this research project was to analyze the sustainability evaluation parameters of a BSA (Business Software Alliance) tool with its possible interactions with the BIM (Building Information Modeling) platform with emphasis on climate and energy issues. With respect to the analysis of BSA parameters for environmental certification, it is worth noting that with ArchiCAD, it was possible to analyze 68% of the parameters without the aid of external tools for data extraction, 20% were able to be partially analyzed within BIM, and 12% of the parameters require analysis which BIM does not yet contemplate. Integrate into a consolidated platform information about the entire life cycle of the project and about all the stages and components of each part of a construction, allowing access and collaboration by all professionals involved - engineers, architects, builders, suppliers.

KEYWORDS: TOOLS, BIM, BSA, CRITERIA, DESIGN PHASES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz energética mundial (A) e brasileira (B) em 2021.....	19
Figura 2 - Etapas do processo BIM.	21
Figura 3 - Problemática da Pesquisa.....	22
Figura 4 - Objeto de estudo para projeto de pesquisa.....	25
Figura 5 - Metodologia de pesquisa aplicada ao projeto.	29
Figura 6 - Identificação dos países de origem de algumas ferramentas de avaliação de sustentabilidade.	34
Figura 7 - Emissões antropogênicas líquidas globais de GEE 1990-2019.....	46
Figura 8 - Participação setorial no consumo de eletricidade.	51
Figura 9 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro definido pela NBR 15.220, com destaque para a região.....	53
Figura 10 - Carta bioclimática para a Zona Bioclimática 8 da NBR 15.220, sendo a cidade selecionada para o exemplo (Figura 8) é Belém, no estado do Pará.	53
Figura 11- Nova proposta de zoneamento bioclimático brasileiro.....	54
Figura 12 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.....	56
Figura 13 - Esquema simplificado do processo de etiquetagem das edificações.	57
Figura 14 - Etapas do processo metodológico.....	59
Figura 15 - Interface de trabalho colaborativo no Archicad 26.1.....	61
Figura 16 - Interface de inserção de dados no SBTool.	61
Figura 17 - Fluxograma de seleção de parâmetros para análise.	63
Figura 18 - Planta baixa do pavimento tipo residencial usado para estudo de caso.....	65
Figura 19 - Fachada frontal da tipologia em estudo.	66
Figura 20 - Fachada lateral da tipologia em estudo.....	67
Figura 21- Ficha de análise dos parâmetros BSA frente ao BIM.	69
Figura 22 - Apresentação do estudo de caso: unidade tipo residencial.	72
Figura 23 - Ficha de análise BIM x BSA: Energia.....	75
Figura 24 - Ficha de análise BIM x BSA: Energia.....	76
Figura 25 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.....	79
Figura 26 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.....	80
Figura 27 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.....	81
Figura 28 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.....	82
Figura 29 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.....	83

Figura 30 - Ficha de análise BIM x BSA: Água.	85
Figura 31- Ficha de análise BIM x BSA: Água.....	86
Figura 32 - Ficha de análise BIM x BSA: Alterações Climáticas.	88
Figura 33- Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.	91
Figura 34 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.	92
Figura 35 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.	93
Figura 36 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.	94
Figura 37 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.	95
Figura 38 - Ficha de análise BIM x BSA: Acessibilidade.....	97
Figura 39 - Ficha de análise BIM x BSA: Acessibilidade.....	98
Figura 40 - Ficha de análise BIM x BSA: Sensibilização e Educação Sustentável.	100
Figura 41 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.	102
Figura 42 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.	103
Figura 43 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.	104
Figura 44 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.	105
Figura 45 -Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.	106
Figura 46 - Ficha de análise BIM x BSA: Custo e Ciclo de vida.....	108
Figura 47 - Ficha de análise BIM x BSA: Custo e Ciclo de vida.....	109
Figura 48 - Análise de critérios por fases de projeto dentro da plataforma BIM.	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento demográfico frente ao aumento de consumo energético no período de 1990 a 2010.	49
Gráfico 2 - Estimativa de crescimento da emissão de CO2.	50
Gráfico 3 - Análise das informações entre BIM e informações externas à ferramenta.	110
Gráfico 4 - Exposição dos critérios durante as fases de projeto.	111
Gráfico 5 - Análise cromática dos parâmetros.	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensão da sustentabilidade na América Latina.	24
Quadro 2 - Conjuntos de indicadores para projetar de forma eficiente.	32
Quadro 3 - Composição das ferramentas de avaliação.	34
Quadro 4 - Ferramentas de avaliação de sustentabilidade e seus indicadores.	35
Quadro 5 - Principais categorias do LEED.	37
Quadro 6 - Principais categorias do SBTool.	38
Quadro 7 - Principais categorias do BREEAM.	39
Quadro 8 - Principais categorias do Aqua.	41
Quadro 9 - Principais categorias do Qualiverde.	42
Quadro 10 - Principais categorias do BH Sustentável.	43
Quadro 11 - Critérios analisados durante o processo de interação entre ferramentas dentre os aspectos selecionados.	62
Quadro 12 - Parâmetros de aspecto ambiental.	63
Quadro 13 - Parâmetros de aspecto social.	64
Quadro 14 - Parâmetros de aspecto econômico.	64
Quadro 15 - Características da envoltória do estudo de caso.	67
Quadro 16 - Conceitos de avaliação correlacionados às ferramentas BIM e BSA.	70
Quadro 17 - Análise dos parâmetros energéticos.	73
Quadro 18 - Análise dos parâmetros de materiais e resíduos sólidos.	77
Quadro 19 - Análise dos parâmetros de água.	84
Quadro 20 - Análise dos parâmetros de alterações climáticas e qualidade do ar externo.	87
Quadro 21 - Análise dos parâmetros de uso do solo e biodiversidade.	89
Quadro 22 - Análise dos parâmetros de acessibilidade.	96
Quadro 23 - Análise dos parâmetros de sensibilização para educação sustentável.	99
Quadro 24 - Análise dos parâmetros para conforto do usuário.	101
Quadro 25 - Análise dos parâmetros de custo de ciclo de vida.	107
Quadro 26 - Síntese da análise cromática entre ferramentas.	112

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

ACV - Avaliação do ciclo de vida

BEN – Balanço Energético Nacional

BIM - Building Information Modeling

BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method

BSA - Business Software Alliance

CO₂ – Dióxido de carbono

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFC – Industry Foundation Classes

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

GEEs – Gases de Efeito Estufa

HQE - Haute Qualité Environnementale

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória

SBTool - Sustainable Building Tools

UNEP – United Nations Environment Programme

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	18
1.1- PROBLEMÁTICA DA PESQUISA	21
1.2- OBJETO.....	23
1.3- JUSTIFICATIVA	25
1.4- OBJETIVOS	27
1.4.1- OBJETIVO GERAL	28
1.4.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
1.5- ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	30
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	32
2.1.- GLOBALIZAÇÃO DO USO DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE E SUA UTILIZAÇÃO NAS ETAPAS DE PROJETO DE ARQUITETURA.....	32
2.2 - AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O IMPACTO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	44
2.3 - O USO DA PLATAFORMA BIM PARA CONSTRUÇÃO DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS	47
2.4 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	48
2.4.1- NORMAS E REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS.....	52
3 - PROCESSOS METODOLÓGICO	59
3.1- DEFINIÇÃO DAS FERRAMENTAS	60
3.2- DEFINIÇÃO DOS ASPECTOS, CRITÉRIOS E PARÂMETROS PARA ANÁLISE NA FERRAMENTA SBTool.....	62
3.3- DEFINIÇÃO DO ESPAÇO AMOSTRAL E ESTUDO DE CASO	64
3.4- INSERÇÃO DE DADOS FRENTE AO BIM.....	67
3.5- ANÁLISE DE DADOS E INTERAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS	69
4- APLICAÇÕES E RESULTADOS.....	72

4.1- DIMENSÃO AMBIENTAL	73
4.1.1- ENERGIA	73
4.1.2- MATERIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS	77
4.1.3- ÁGUA	84
4.1.4- ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS A QUALIDADE DO AR EXTERNO.....	87
4.1.5- USO DO SOLO E BIODIVERSIDADE	89
4.2- DIMENSÃO SOCIAL.....	96
4.2.1 ACESSIBILIDADE	96
4.2.2- SENSIBILIDADE E EDUCAÇÃO SUSTENTÁVEL.....	99
4.2.3- CONFORTO AO USUÁRIO	101
4.3- DIMENSÃO ECONÔMICA	107
4.3.1- CUSTO DO CICLO DE VIDA	107
5- CONCLUSÃO	117
5.1 – LIMITAÇÕES DA PESQUISA	119
5.2 - PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120



Introdução

1.

1- INTRODUÇÃO

Transformações expressivas no século XX, como a larga escala industrial, a explosão demográfica e os problemas ambientais, geraram diversas preocupações e expectativas sobre o futuro da humanidade e o impacto das atividades humanas no desenvolvimento sustentável. Em 1950, apenas 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, uma proporção que cresceu para 56% em 2021, e para 2050, a expectativa é que mesmo com uma desaceleração no ritmo da urbanização durante a pandemia da covid-19, estima-se que 68% da população mundial seja urbana (UNITED NATIONS, 2022). Estima-se, que poderá haver um aumento de 2,5 bilhões de pessoas nas cidades até 2050, devido a isso, é fundamental criar cidades de baixo carbono, resilientes e habitáveis. Kammen e Sunter em 2016, já destacavam que as cidades não apenas contribuem para as mudanças climáticas globais emitindo a maioria dos gases de efeito estufa, mas também eram particularmente vulneráveis aos efeitos das alterações climáticas e do clima extremo.

Além dos problemas oriundos das mudanças climáticas, metade dos habitantes urbanos do mundo residem em cidades com menos de 500.000 habitantes, enquanto cerca de um em cada oito vive em 21 megacidades com mais de 10 milhões de habitantes. A expectativa é de que até 2030, o mundo terá 39 megacidades, sendo a maioria delas em países em desenvolvimento, onde essas cidades serão responsáveis por abrigar 9% da população Mundial (UNITED NATIONS, 2022). Nestas circunstâncias, a necessidade de reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono provenientes dos edifícios por ser um aspecto de extrema importância para o desenvolvimento sustentável das novas edificações como mecanismo de minimizar a acelerada urbanização.

A maior parte do aumento do consumo de energia é proveniente dos edifícios, e está associado a atividades do setor econômico terciário e usuários residenciais. Zuo e Zhao (2014) e Santamouris (2016), já destacavam que o crescimento populacional, a demanda por energia e por novos edifícios estava aumentando. Neste contexto, os edifícios se apresentam como um fator crítico para um futuro com taxas menores de emissões de carbono, e um desafio global para a integração com o desenvolvimento sustentável (FLORESLARSEN; FILIPPÍN; BAREA, 2019). Com relação a emissão de gases causadores do efeito estufa, o setor da construção civil é um dos principais alvo para mitigação na emissão desses gases, tendo em vista que esse setor representou 52% do uso final de energia e 40% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas a energia

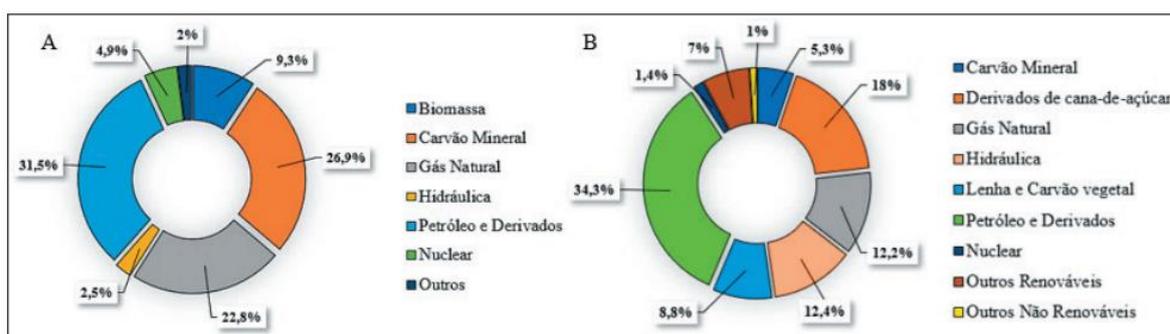
e processos em 2022 (GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2022).

Sendo um dos principais componentes das cidades, as edificações têm sido responsáveis por grande parte dos problemas ambientais no século XXI, isso em decorrência do consumo de energia que alimenta os edifícios e as atividades desenvolvidas dentro deles. Estima-se que a indústria da construção civil é responsável por consumir mais de 32% dos recursos naturais do planeta, 25% da água, 40% da energia, 25% de geração de resíduos sólidos e 35% de emissão dos gases de efeito estufa (INTERNATIONAL..., 2021).

No Brasil, apenas o setor residencial é responsável por 10,8% do consumo energético, ficando atrás do setor industrial, que representa 32,1%, 31,2% do setor de transporte e 11,2% do setor energético no consumo total de energia (BALANÇO..., 2022).

Lamberts, Dutra e Pereira (2014), enfatizaram a necessidade da implementação de práticas sustentáveis e soluções efetivas nas edificações, considerando as peculiaridades locais, possibilitando a construção de edifícios energeticamente eficientes, visto que as principais fontes de energia no mundo provêm de fontes não renováveis (Figura 01). Caso contrário, até 2035 a demanda global por energia poderá crescer mais de um terço em comparação com o nível de consumo atual, e a maior parcela deste aumento será proveniente de países em desenvolvimento (INTERNATIONAL..., 2021).

Figura 1 - Matriz energética mundial (A) e brasileira (B) em 2021.



Fonte: Ben, 2022.

Conforme apresentado na Agenda 21, é necessário desenvolver ou incrementar indicadores de desenvolvimento sustentável que permitam a avaliação dos empreendimentos ainda na fase inicial de projeto (MIKHAILOVA, 2004; MUNCK, 2013; MATEUS; BRAGANÇA, 2015; VILDASEN; KEITSCH; FET, 2017).

A readequação das indústrias para atendimento do paradigma ambiental, de modo geral, faz parte de um processo produtivo racional, que visa mitigar os impactos ambientais gerados pelo empreendimento, reaproveitando resíduos gerados no processo de produção, sendo que, essa iniciativa deriva da exigência da sociedade atual, a qual, cada vez mais, preza pela sustentabilidade ambiental.

Nessa direção, há certificações ambientais destinadas a garantir a qualidade sustentável das construções civis, dentre as quais se destacam: LEED, BREEAM e o SBTool, a nível global, e Certificação Aqua e o Selo Casa Azul, a nível nacional, os quais tem o intuito de atestar se uma construção ou empreendimento segue os preceitos da sustentabilidade.

Integrar em uma plataforma consolidada informações sobre todo o ciclo de vida da obra e sobre todas as etapas e componentes de cada parte de uma construção, permitindo o acesso e a colaboração por parte de todos os profissionais envolvidos – engenheiros, arquitetos, construtores e fornecedores. Esse poderia ser o conceito de “mundo ideal” para a construção civil, mas é a definição da tecnologia BIM – Building Information Modeling (ITFORUM, 2022).

Esta ferramenta pode ser entendida como uma simulação inteligente do modelo de arquitetura e engenharia, de forma que um modelo tridimensional de uma construção é produzido digitalmente contendo diversas informações, podendo ser utilizado durante todo o seu ciclo de vida (Figura 02). O BIM surgiu como um novo paradigma na construção civil, com utilidade para todos os stakeholders de um projeto. O BIM se faz usual em diversas fases de um empreendimento, como o planejamento da construção, controle de custos, análises energéticas, gestão das instalações, segurança do trabalho e lean construction (ITFORUM, 2022).

Figura 2 - Etapas do processo BIM.



Fonte: O autor, 2023.

Portanto, frente ao exposto, vale ressaltar que a inovação sustentável, na área da construção civil, está voltada à criação, adoção ou melhoria de produtos e processos de produção e de sistemas organizacionais, destinados a promover a sustentabilidade das edificações.

1.1- PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

As discussões acerca da sustentabilidade promoveram o surgimento de diversas metodologias de avaliação e selos de certificação voltados ao ambiente construído, que variam desde a fase do ciclo de vida (projeto, construção, operação), a escala de aplicação (país, cidade, bairro, edifício) e a particularização conforme o uso (residencial, comercial, educacional, hospitalar, etc.) ou de acordo com a localização. Como o contexto de cada localidade - país, cidade, bairro ou vizinhança - é distinto, a metodologia deve refletir as particularidades e prioridades do lugar (UNDESA, 2013; INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2016).

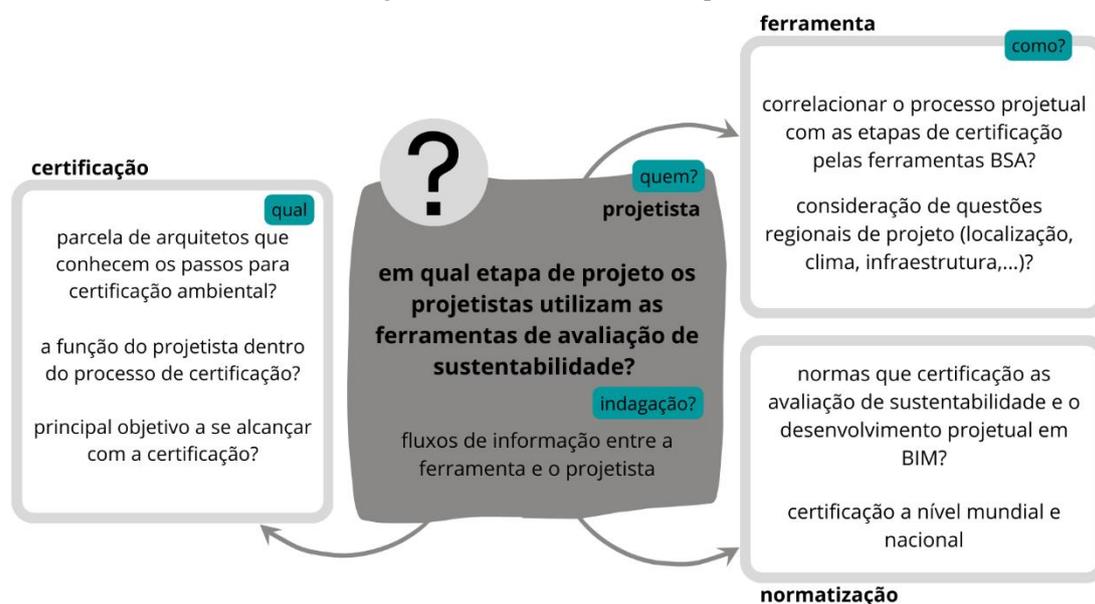
A importância das metodologias de avaliação da sustentabilidade se deve à sua contribuição como instrumento para o planejamento estratégico e tomada de decisão para entes governamentais, organizações internacionais e não-governamentais, por meio da estruturação de informações necessárias, da avaliação do progresso frente às metas estabelecidas, da indicação de tendências e seu monitoramento (GUIJT; MOISEEV,

2001; VERA; LANGLOIS, 2007; KOULOUMPI, 2012). Em geral, os indicadores simplificam fenômenos complexos e fornecem informações precisas e acessíveis por vários públicos, incluindo cientistas, planejadores, gestores políticos, educadores e a população em geral (SHEN et al., 2011; YIGITCANLAR; TERIMAN, 2015; U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM, 2016).

A problemática da pesquisa surge do relacionamento funcional entre o ato de projetar e a certificação ambiental dos empreendimentos. Atualmente, esse processo de certificação tem ocorrido após a conclusão do edifício, ou em alguns casos para marketing, com a inserção de todas as informações do mesmo dentro da ferramenta escolhida para análise sustentável, para posterior emissão da certificação, que varia de acordo com finalidade pretendida.

Algumas questões foram importantes para entender a relação do arquiteto com as ferramentas de sustentabilidade nas primeiras etapas projetuais. Estas questões foram inseridas no fluxograma representado na Figura 03, para serem respondidas no decorrer da pesquisa.

Figura 3 - Problemática da Pesquisa.



Fonte: O autor, 2022.

1.2- OBJETO

A avaliação de sustentabilidade em edifícios foi impulsionada por dois principais fatores segundo Silva; Silva; Agopyan, (2003); Silva; Silva; Souza, (2007); Baratella; Silva, (2011):

(1) constatação de que, mesmo os países que acreditam deter o domínio sobre os conceitos de construção ecológica, não sabiam como verificar o real desempenho ambiental destes – com comprovação futura de que alguns edifícios, classificados como ecológicos, consumiam mais energia que aqueles concebidos sob práticas tradicionais de projeto e;

(2) percepção sob ótica de pesquisadores e agências governamentais, de que a classificação de desempenho e formas de certificação poderiam configurar um dos meios mais eficientes de se melhorar o desempenho ambiental de edifícios, tanto os novos quanto os existentes.

Neste sentido, as ferramentas de avaliação fornecem meios para organizar categorias, facilitando sua interpretação e seleção, com orientação para coleta de dados e identificação de lacunas de informação, destacando o que precisa ser avaliado ou medido, com estimativa de resultados. Característica importante e comum à todas as estruturas de avaliação é que assegurem ao usuário que impactos, pressões ou questões temáticas serão consideradas e monitoradas (BARATELLA; SILVA, 2011; ISO/TS 21.929-1, 2011; SEVERO; SOUSA, 2016).

Assim como abordado por Severo e Sousa (2016), atuando como instrumento que mensura quão sustentável a edificação se apresenta e quais fatores a serem alterados permitem o aprimoramento, as ferramentas de avaliação da sustentabilidade podem ser classificadas como quantitativas (análise do ciclo de vida) e qualitativas (certificações ou selos). Os principais métodos para avaliação ambiental de edifícios originaram-se daqueles destinados a impactos ambientais de processos ou produtos industriais, que utilizavam para este fim a metodologia LCA – *Life-Cycle Analysis* ou ACV - Análise do Ciclo de Vida. Originalmente definida como um processo de avaliação que abrange todo o ciclo de vida de um produto, processo ou atividade, desde a extração ao processamento de matérias-primas, manufatura, transporte/distribuição, uso, reuso e manutenção até a reciclagem e disposição final, a ACV permite a avaliação dos impactos ambientais por meio da identificação e quantificação do uso de energia, matéria e emissões ambientais,

com avaliação das possibilidades de melhorias ambientais (SILVA; SILVA; SOUZA, 2007).

Na análise de 233 projetos inscritos na edição latino-americana do Concurso Holcim para Construção Sustentável (Primeira Edição), Csillag e John (2006) levantaram as ações mais frequentemente, relacionadas à obtenção das três dimensões da sustentabilidade no contexto da América Latina, representadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dimensão da sustentabilidade na América Latina.

DIMENSÕES	DESCRIÇÕES
DIMENSÃO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Água, Permeabilidade do solo, utilização de águas pluviais; limitação do uso de água tratada para irrigação e descarga; redução na geração de esgoto e a demanda de água tratada; introdução de equipamentos economizadores de água; monitoramento do consumo de água. • Energia Otimização do desempenho energético; uso de energia renovável; minimização de ilhas de calor e impacto no microclima; uso de simulações por computador; monitoramento do consumo de energia; estratégias de ventilação natural; conforto térmico. • Seleção de materiais Reuso da edificação; gestão de resíduos da construção; reuso de recursos; conteúdo reciclado; uso de materiais regionais; materiais de rápida renovação; uso de madeira certificada; uso de materiais de baixa emissão. • Redução de perdas na construção • Durabilidade • Impacto ambiental do canteiro • Gestão de resíduos
DIMENSÃO ECONÔMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidade com as demandas e restrições do entorno • Economia de recursos • Proposta de novos modelos de financiamento do empreendimento • Impacto regional • Viabilidade econômica da proposta
DIMENSÃO SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Formalidade no emprego • Segurança de trabalho • Não discriminação de trabalhadores pelo sexo e outros motivos • Comparação da remuneração em relação a outras atividades econômicas • Adaptação para excepcionais ou idosos • Participação e/ou integração dos agentes envolvidos e dos vizinhos

Fonte: Adaptado de Csillag e John (2006).

Detendo conhecimento das principais dimensões da sustentabilidade descritas no quadro acima, este projeto de pesquisa abordará as características referente às dimensões

ambientais no processo de certificação ambiental de empreendimentos, atreladas aos indicadores de sustentabilidade selecionados.

Foram atrelados outros dois temas às ferramentas de avaliação (Figura 4):

- As mudanças climáticas objetivando analisar o impacto das alterações nos indicadores pré-definidos na pesquisa; e
- Os processos projetuais em BIM e BSA para certificação de sustentabilidade ambiental.

Figura 4 - Objeto de estudo para projeto de pesquisa.



Fonte: O autor, 2022.

1.3- JUSTIFICATIVA

Tem se intensificado nos últimos anos as discussões a respeito das ações antrópicas exploratórias, a fim de expor as consequências danosas das atividades humanas sobre o meio ambiente, assim como sua colaboração para mudanças climáticas no planeta (INVIDIATA, 2017). As mudanças climáticas recorrentes nos últimos anos têm representado uma ameaça aos ecossistemas, biodiversidades e a vida humana na Terra, e atualmente um dos principais desafios a ser enfrentado pelas atuais e futuras gerações (FARAH et al., 2019).

Vários países, nos últimos anos, firmaram acordos com o intuito de atenuar as emissões de gases causadores do efeito estufa, e sucessivamente, desacelerar o aumento da temperatura global e os efeitos causados por esse aumento (UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE, 2019). Mesmo diante desses esforços, previsões futuras apontam que a temperatura terrestre continuará aumentando por longas décadas, o que resulta na necessidade de meios para adaptações dos seres humanos às novas temperaturas climáticas (FARAH et al., 2019).

Responsável por estruturar e apontar a atual situação dos conhecimentos científicos relacionados aos impactos oriundos das alterações climáticas, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), no último relatório publicado, nomeado de AR5 (*Fifth Assessment Report*), apontou que as estimativas relacionadas ao aquecimento da Terra se agravaram, onde foram registrados que há altas chances que esse agravamento esteja relacionado à ações humanas. Ainda foram feitas observações no documento referente a possíveis catástrofes, caso não haja intervenções profundas para mitigação dos danos causados o mais rápido possível, podendo resultar em danos irreversíveis para vida no planeta (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2022).

O desenvolvimento sustentável tem sido desejado por diversos países com o intuito de combater os efeitos negativos causados pelas mudanças climáticas no decorrer dos anos. O aumento no nível dos oceanos, intensificação na acidez dos mares por meio da emissão de CO₂, as mudanças no clima e ecossistemas com o aumento da temperatura global, entre outros impactos causados pela mudança de temperatura já estão há anos alterando e impactando negativamente a vida humana em diferentes cidades. Diante dessas mudanças, as preocupações têm se voltado para cidades costeiras e de baixas altitudes, abrangendo países menos desenvolvidos e Estados insulares que estão na busca pelo desenvolvimento sustentável (ORGANIZAÇÃO..., 2015).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas reforçou a importância da eficiência energética para o contexto sustentável nas cidades. Foi elaborado a Agenda 2030, um programa com ações e diretrizes que tem como um de seus objetivos a diminuição dos impactos ambientais causados pelo aumento do consumo energético (ORGANIZAÇÃO..., 2015).

Nas grandes cidades, o mercado da construção civil é responsável por gerar efeitos positivos e negativos que tendem a causar impactos ambientais, econômicos e sociais. Como principal produto gerado pela indústria da construção civil, as edificações refletem amplamente esses impactos ao longo do seu ciclo de vida. Alguns desses impactos abrangem no fornecimento de meios de instalações para atender as demandas de conforto aos usuários, no que acarreta na busca por novas tecnologias, contribuindo com oportunidades direta ou indiretamente de trabalho, movimentando a economia nacional. Como impactos negativos desse sistema, pode-se apontar as atividades oriundas da

construção, como ruído, poluição da água, poeira, eliminação de resíduos, além do consumo irresponsável por recursos naturais, entre outros (ZUO; ZHAO, 2014).

No Brasil, os edifícios são responsáveis por consumir uma parcela significativa de energia elétrica, levando em consideração o consumo energético de edifícios residenciais, comerciais, públicos e de serviços, houve um aumento de 3,4% em relação ao ano de 2019, o que se justifica com o início da pandemia da covid-19. Os altos índices neste setor, se dão em parte, pela ineficiência dos sistemas adotados, uma vez que não atendem às condições climáticas atuais dos locais em que se encontram inseridos, desse modo, esses edifícios tendem a não atenderem às mudanças climáticas futuras (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022). Em razão desses aspectos, as edificações são vistas como peças importantes para no futuro apresentarem baixa emissão de carbono e medidas satisfatórias relacionados à eficiência energética, sendo assim uma incitação para a incorporação dos edifícios com o desenvolvimento sustentável (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2022).

Várias abordagens que associam as edificações às mudanças climáticas, dizem a respeito da mitigação e adaptação. A mitigação tem o propósito de reduzir as emissões de gases do efeito estufa e dos impactos causados pelo aquecimento global. Por vez, a adaptação auxilia na promoção de mudanças comportamentais para resistir às mudanças no clima atuais e futuras (REN; CHEN; WANG, 2011).

Diante do exposto, a temática a ser abordada na pesquisa parte de observações por meio de estudos prévios que demonstraram a deficiência nas questões sustentáveis, relacionadas às edificações erguidas nos últimos anos na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Outro fator agravante para a região é a falta de políticas públicas adaptadas à realidade local, para que de fato os instrumentos de avaliação possam contribuir para o desenvolvimento sustentável na região. Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas que atendam as demandas da RMGV e estejam atreladas às futuras alterações climáticas apontadas por pesquisas científicas regionais (BRAIN PESQUISA E CONSULTORIA *apud* SINICATO..., 2020).

1.4- OBJETIVOS

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa foram estabelecidos objetivo geral e específicos, conforme apresentados abaixo.

1.4.1- OBJETIVO GERAL

Analisar os parâmetros de avaliação de sustentabilidade de uma ferramenta BSA (*Business Software Alliance*) com suas possíveis interações com a plataforma BIM (*Building Information Modeling*) com destaque nas questões climáticas e energéticas.

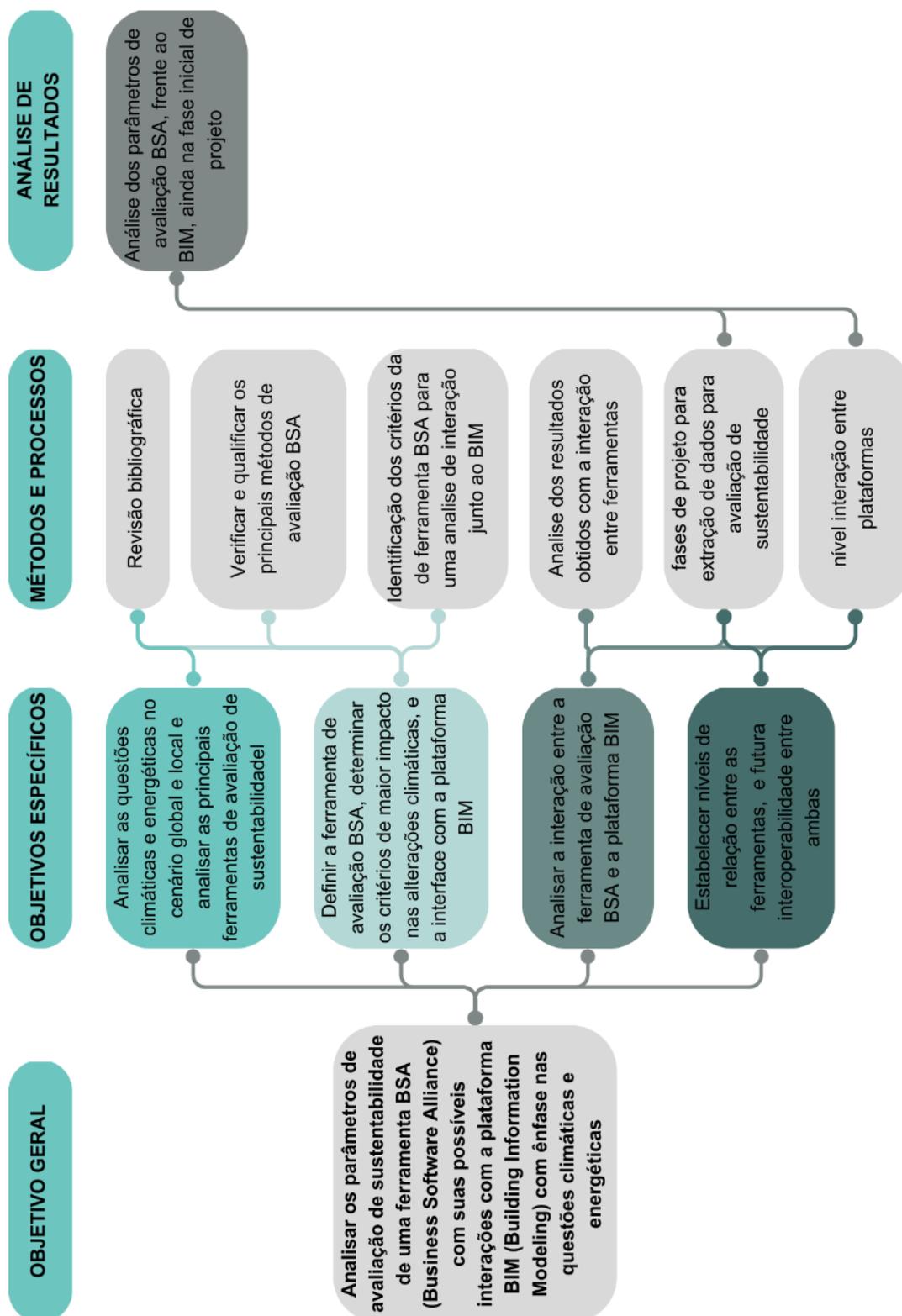
1.4.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral proposto nesta pesquisa, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar as questões climáticas e energéticas no cenário global e local e analisar as principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade;
2. Definir a ferramenta de avaliação BSA, determinar os critérios de maior impacto nas alterações climáticas, e a interface com a plataforma BIM;
3. Analisar a interação entre a ferramenta de avaliação BSA e a plataforma BIM;
4. Estabelecer níveis de relação entre as ferramentas, e futura interoperabilidade entre ambas.

Na Figura 5, apresenta-se de forma sintetizada, os objetivos gerais e específicos e os processos metodológicos adotados para desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Figura 5 - Metodologia de pesquisa aplicada ao projeto.



Fonte: O autor, 2022

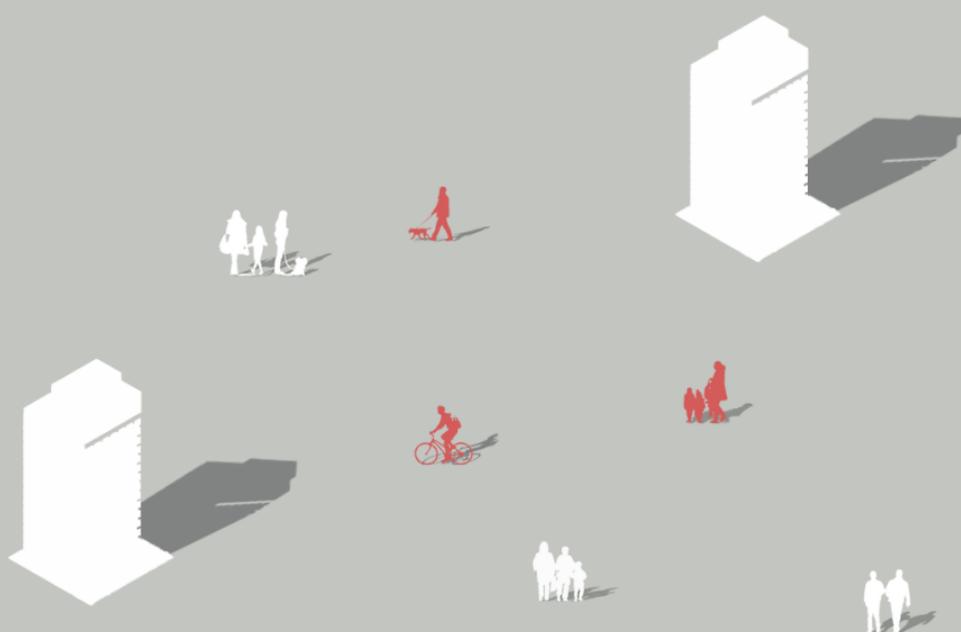
1.5- ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O desenvolvimento da dissertação está estruturado em cinco capítulos, conforme exemplificados a seguir:

- **Capítulo 1**, refere-se à introdução, contendo a contextualização da pesquisa, objetivo geral e específicos, problemática da pesquisa, objeto, justificativa, bem como a estrutura da dissertação;
- **Capítulo 2**, apresenta-se a revisão bibliográfica dos temas principais abordados eficiência energética e alterações climáticas, assim como as principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade e o uso de ferramentas BIM na construção civil;
- **Capítulo 3**, apresenta a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados, sendo composto basicamente pelas seguintes etapas: etapa 1 – definição das ferramentas a serem usadas neste projeto; etapa 2 – definição dos parâmetros BSA para análise frente ao BIM; etapa 3 – definição de um espaço amostral e estudo de caso; 4 – inserção de dados frente ao BIM; e 5 – análise dos dados de parâmetros e interação entre ferramentas;
- **Capítulo 4**, foram apresentados os resultados e as discussões, considerando a análise realizada em ambas as ferramentas;
- **Capítulo 5**, contemplou as conclusões obtidas pela análise dos resultados, limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros; e
- **Referências bibliográficas**, onde são listados os títulos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

Revisão bibliográfica

2.



2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda os principais temas necessários ao embasamento conceitual e metodológico da pesquisa, enfatizando as ferramentas de avaliação de sustentabilidade, as alterações climáticas e eficiência energética, além do uso da plataforma BIM no desenvolvimento de projetos sustentáveis.

Vale ressaltar duas definições fundamentais para o desenvolvimento deste referencial teórico, sendo assim, considerou-se:

- ferramenta: permite aprimorar e avaliar as competências de forma simples, organizada e produtiva.
- *software*: pode ser definido como os programas, dados e instruções que comandam o funcionamento de um computador, *smartphone*, *tablet* e outros dispositivos eletrônicos. O *software* é o responsável por fazer a máquina compreender e executar os comandos do usuário.

2.1.- GLOBALIZAÇÃO DO USO DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE E SUA UTILIZAÇÃO NAS ETAPAS DE PROJETO DE ARQUITETURA.

Segundo Edwards (2004), os arquitetos necessitam de um conjunto simples de ferramentas de avaliação (Quadro 2), com base em princípios e valores facilmente compreensíveis, para evitar que sejam superados pela grande quantidade de variáveis que precisam considerar ao projetar.

Quadro 2 - Conjuntos de indicadores para projetar de forma eficiente.

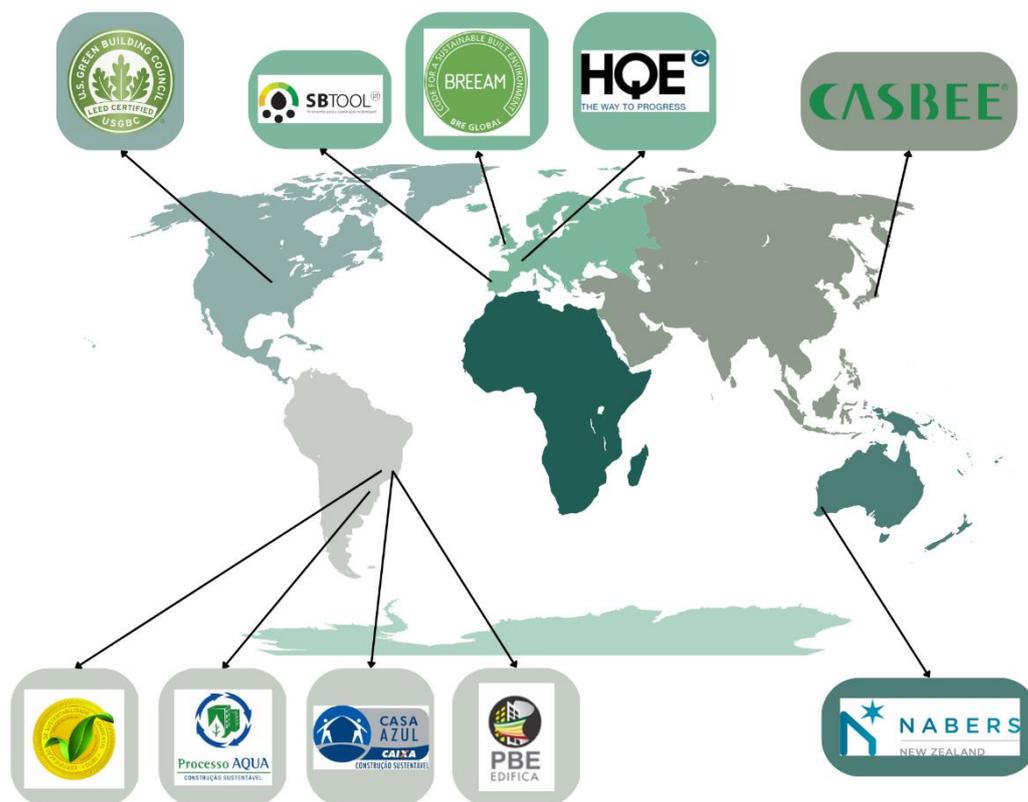
TEMA	ASPECTOS
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Orientação • Abrigo • Super isolamento • Área envidraçada • Ganho solar passivo • Refrigeração solar passiva • Energia renovável • Recuperação de calor

Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Minimização de resíduos • Proveniência local • Reutilização • Reciclagem • Energia incorporada • Manutenção
Recursos (solo)	<ul style="list-style-type: none"> • Área industrial obsoleta • Densidade • Biomassa
Recursos (água)	<ul style="list-style-type: none"> • Eletrodomésticos de baixo consumo • Reciclagem de águas cinzas • Recolhimento de águas pluviais
Acessibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Portadores de necessidades especiais • Transporte público • Bicicletas • A pé
Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais naturais • Ventilação natural • Luz natural • Estresse Contato com a natureza

Fonte: Adaptado de Edwards (2004)

As ferramentas de avaliação de sustentabilidade (Figura 6) foram lançadas devido a necessidade da comprovação do desempenho dos edifícios que adotavam estratégias sustentáveis durante seu processo de construção, e também pela certificação de que a adoção dessas ferramentas poderia incentivar a projeção de edifícios mais eficientes, por meio da certificação ou classificação de desempenho (SILVA, 2003; SILVA, 2008).

Figura 6 - Identificação dos países de origem de algumas ferramentas de avaliação de sustentabilidade.



Fonte: O autor, 2023.

Segundo Suzer, (2015) entre as ferramentas de avaliação disponíveis no mercado, as mais utilizadas no momento são BREEAM, LEED e SBTool. Estas ferramentas foram criadas com o intuito de contribuir e auxiliar nas decisões de projeto e na avaliação e certificação dos edifícios objetivando a diminuição do impacto da edificação no ambiente durante todo o seu ciclo de vida (NEAMA, 2012). Para composição das ferramentas de avaliação são necessários os conhecimentos dos termos que as compõem e a importância de cada um, na análise sustentável do objeto (Quadro 3).

Quadro 3 - Composição das ferramentas de avaliação.

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
DADOS	Os dados são a base de informação para os indicadores e índices.	Segnestam (2002)
FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO	instrumento de avaliação que utiliza indicadores e/ou medidas de desempenho do edifício em concordância com as condições de uma localidade ou objeto.	Silva (2007)

ÍNDICE OU CATEGORIA	são o grupo de indicadores agregados ou parâmetros ponderados	Segnestam (2002)
INDICADOR	são medidas qualitativas ou quantitativas que permitem obter informações sobre fenômenos complexos através de uma forma mais simplificada para compreensão e uso.	ISO (2011)
PARÂMETRO OU MARCA DE REFERÊNCIA	são uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenômeno, ambiente ou área. Seu uso funciona como uma referência, permitindo que as melhores práticas disponíveis sejam compradas.	Costa (2005), Mateus (2009)

Fonte: O autor, 2021.

O uso de indicadores no ambiente construído, segundo a ISO/TS 21.929-1 (2011), tem relevância quando permite a avaliação ou fixação de diretrizes alicerçadas no conceito de sustentabilidade para as edificações. Desta forma, devem apresentar sua definição e medição, impacto potencial em uma ou mais áreas de proteção, requisitos de informação/dados e disponibilidade de dados e fontes; sendo, ainda, informativo e significativo; claramente relacionado a uma ou vários segmentos de avaliação; baseado em dados disponíveis ou de fácil obtenção e acordado pelas partes interessadas. Internacionalmente, três ferramentas se destacam quanto a associação dos indicadores a sua composição (Quadro 4).

Quadro 4 - Ferramentas de avaliação de sustentabilidade e seus indicadores.

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE - INTERNACIONAIS	
FERRAMENTA	CRITÉRIOS / INDICADORES
LEED	Localização e Transporte
	Terrenos Sustentáveis
	Eficiência da água
	Energia e Atmosfera
	Materiais e Recursos
	Qualidade do Ambiente Interno
	Inovação e Design
SBTool	Prioridades Regionais
	Localização, Serviços e Características Locais
	Regeneração e Desenvolvimento do local, Desenho Urbano e Infraestrutura

	Energia e Consumo de Recursos
	Cargas Ambientais (Environmental Loadings)
	Qualidade Ambiental Interna
	Qualidade de Serviço
	Social, Cultural e Aspectos Perceptivos
	Custos e Aspectos Econômicos
BREAM	Gestão
	Saúde/Conforto
	Uso de energia
	Transporte
	Uso de Água
	Uso de Materiais
	Uso do Solo
	Ecologia Locais
	Poluição

Fonte: O autor, 2021.

No cenário nacional as ferramentas de avaliação de sustentabilidade mais utilizadas são o Processo Alta Qualidade (Aqua) (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2019) de nível nacional, e as ferramentas de níveis municipais, a Qualiverde (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013), adotado na cidade do Rio de Janeiro, e o selo BH Sustentável (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2014), utilizado na cidade de Belo Horizonte.

- *LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED (2019)*

O LEED é a ferramenta de avaliação elaborada pelo *US Green Building Council*, sendo conhecida como uma das ferramentas mais utilizadas pelos programas de avaliação de sustentabilidade para as mais diferentes fases de construção da edificação. Sua última versão foi desenvolvida em 2013. Os números de critérios foram aumentados e as ferramentas para cálculo de desempenho foram padronizadas com a intenção de tornar a ferramenta adaptada aos mais diferentes contextos (MATTONI et al., 2018).

O LEED abrange quatro tipologias distintas, que abordam diferentes necessidades para cada empreendimento específico, desde novas construções à grandes reformas, escritórios comerciais e lojas de varejo, empreendimentos existentes e comunidades (GREEN..., 2019).

A ferramenta se divide em oito categorias principais: localização e transporte; espaço sustentável; eficiência do uso da água, energia e atmosfera; materiais e recursos;

qualidade do ambiente interno; inovação e processos; e critérios de prioridade regional (Quadro 5). O programa também possui diferentes níveis de classificação de acordo com a pontuação obtida (máximo de 100 pontos – podendo ser acrescido 10 pontos extras), são os selos LEED *Platinum* (+80), LEED *Gold* (60-79), LEED *Silver* (50-59) e LEED *Certified* (40-49) (MATTONI et al., 2018).

Quadro 5 - Principais categorias do LEED.

CATEGORIA	CRITÉRIOS
Sítios Sustentáveis	Escolha do local
	Densidade de desenvolvimento e interação da comunidade
	Requalificação de terrenos devolutos
	Acesso a transportes públicos
	Locais para bicicleta
	Baixas emissões de gases e veículos eficientes
	Capacidade de estacionamento
	Proteção ou restauração local
	Espaço aberto
	Controle de qualidade
	Efeito térmico (cobertura)
	Efeito Térmico (fora da cobertura)
	Redução da poluição luminosa
Eficiência da água	Eficiência da água existente na envolvente
	Aproveitamento de águas residuais
	Redução do uso da água
Energia e Atmosfera	Otimização do desempenho energético energia renovável
	reforço de sistemas de refrigeração
	medição e verificação
	Energia Verde
Materiais e Recursos	Reutilização do edifício
	Controle dos lixos da construção
	Reutilização de materiais
	Conteúdos recicláveis
	Materiais da região
	Materiais rapidamente renováveis
Qualidade do Ambiente Interior	Madeira certificada
	Comportamento da qualidade mínima do ar interior
	Controle do ambiente das áreas de fumadores
	Monitorização da distribuição do ar
	Aumento da ventilação
	Planeamento da qualidade do ar interior da construção
	Materiais de baixas emissões
	Controle das fontes poluentes no interior
Controle de sistemas conforto térmico	

	Luminosidade e pontos de vistas
Inovação e Design	Inovação e Design Acreditação profissional
Prioridade Regional	Prioridade regional

Fonte: O autor, 2021.

- *SBTool (SUSTAINABLE BUILDING TOOL) - 2022*

O SBTool é uma ferramenta de avaliação a fim de classificar o desempenho sustentável de edifícios e projetos, gerido pela iiSBE - *International Initiative for a Sustainable Built Environment*. O sistema engloba uma extensa área de questões referente à construção sustentável, não apenas de construção verde, o escopo do programa pode ser modificado, tornando-o amplo ou estreito quanto desejado, podendo chegar a 100 critérios a serem analisados (iiSBE, 2018).

O programa considera os fatores e contexto específicos da região a ser aplicado, e lida com quatro principais fases: projetos novos e de renovação; ocupação em cinco tipos; edifícios verticais de até 100 andares e fornece resultados relativos e absolutos (iiSBE, 2018).

A ferramenta foi financiada em seu primeiro momento pelo governo do Canadá, em 1996, e sendo atualizada com o auxílio dos resultados de pesquisa e retorno dos usuários (SOUZA, 2008). É de livre acesso e permite a classificação, abordando sete categorias de análise, sendo elas: seleção do terreno, planejamento e desenvolvimento, energia, consumo de recursos (água), consumo de recursos (materiais), qualidade do ambiente interno, cargas ambientais, gestão e qualidade nos serviços (Quadro 6). A estrutura do programa é organizada em níveis hierárquicos e contém as diferentes áreas de avaliação, categorias e critérios. A ponderação dentro da ferramenta estabelece um peso para cada indicador e sua importância em relação aos demais (LARSSON, 2015).

Quadro 6 - Principais categorias do SBTool.

CATEGORIAS	CRITÉRIOS
Recursos	Energia
	Água
	Solo
	Materiais
Cargas Ambientais	Emissões
	Efluentes
	Resíduos sólidos
	Qualidade do ar

Qualidade Ambiente Interior	Ventilação
	Conforto
	Poluição eletromagnética
Qualidade dos serviços	Flexibilidade
	Controle do utilizador
	Espaços externos
	Impacto na envolvente
Aspectos Económicos	Aspectos económicos
Gestão Pré-Ocupação	Planeamento da construção
	Planeamento da operação
Ocupação do Solo	Estruturação
	Desenvolvimento Urbano
Transporte	Transporte

Fonte: O autor, 2021.

- *BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD – BREEAM (2018)*

A BREEAM foi desenvolvida em 1990, é a ferramenta de avaliação de sustentabilidade mais antiga e com sua última atualização em 2016. Na primeira versão da ferramenta se baseia apenas na fase de construções individuais de edifícios novos, com a atualização desta versão a ferramenta engloba todo o ciclo de vida do edifício, desde a fase de concepção projetual até a fase de utilização, podendo abordar também a fase de *retrofit*.

Com a ferramenta é possível quantificar o valor sustentável dos edifícios em diferentes categorias, desde energia à ecologia. Cada categoria abrange fatores relevantes, como por exemplo, design de baixo impacto, redução na emissão de carbono, durabilidade, flexibilidade às mudanças climáticas, valor ecológico, proteção da biodiversidade, entre outros. A ferramenta é composta por categorias (Quadro 7): saúde e bem-estar, energia, uso da terra, inovação, gestão, materiais, poluição, transporte, desperdício e água.

Quadro 7 - Principais categorias do BREEAM.

CATEGORIA	CRITÉRIOS
Gestão	Aspectos globais de política
	procedimentos ambientais
Saúde e Conforto	Ambiente interior
	ambiente externo
Uso de Energia	Energia utilizada
	Emissões de CO ₂
Transporte	Localização do edifício

	Emissões de gases relacionados com o transporte
Uso de Água	Consumo
	Descargas
Uso de Materiais	Implicações ambientais
Gestão de Lixos	Lixos da construção e reciclagem
Ocupação do Solo e Ecologia Local	Estruturação
	Desenvolvimento Urbano
	Valor ecológico local
Inovação	Uso controlado dos recursos
Poluição	Poluição da água
	Poluição do ar

Fonte: O autor, 2021.

Ao longo de seu uso, o BREEAM avaliou mais de 566 mil edificações em 79 países diferentes. Seu uso se faz frequente em novos empreendimentos, edificações em uso, reformas e *retrofit*, obras de infraestrutura, criação de núcleos de comunidades e projetos residenciais. Entretanto, o acesso à plataforma se restringe a consultores especializados para desenvolvimento da avaliação e certificação da edificação. O programa também apoia ações para melhorias do ambiente construído, impondo padrões cientificamente rigorosos que levam a sustentabilidade social, econômica e ambiental.

- **PROCESSO ALTA QUALIDADE AMBIENTAL – Aqua (2019)**

O Aqua é uma versão brasileira do modelo francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE), considerando as características brasileiras, especificamente clima, cultura, normas e regulamentações. O Aqua-HQE é denominado como processo de gestão de projeto, visando obter qualidade ambiental de empreendimentos a serem propostos ou já consolidados (FUNDAÇÃO VAZOLINI, 2019).

O Processo Aqua-HQE se estrutura ao redor de dois eixos: o Sistema de Gestão de Empreendimento (SGE), responsável por avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor; e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) que avalia o desempenho técnico e arquitetônico do empreendimento (FUNDAÇÃO VAZOLINI, 2019).

Na avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício, há 14 categorias classificadas de acordo com seu nível de base, boas práticas ou melhores práticas em função do

desempenho do edifício (Quadro 8). Os empreendimentos para serem certificados com o selo Aqua-HQE, devem atingir o perfil de desempenho com 3 categorias no nível Melhores Práticas, 4 no nível Boas Práticas e 7 no nível Base (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2019).

Quadro 8 - Principais categorias do Aqua.

CATEGORIA	CRITÉRIOS
Projeto	1. Relação do edifício com o seu entorno
	2. Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
	3. Canteiro de obras de baixo impacto ambiental
	4. Gestão da energia
	5. Gestão da água
	6. Gestão de resíduos de uso e operação do edifício
	7. Manutenção e permanência do desempenho ambiental
	8. Conforto hidrotérmico
	9. Conforto acústico
	10. Conforto visual
	11. Conforto olfativo
	12. Qualidade sanitária dos ambientes
	13. Qualidade sanitária do ar
	14. Qualidade sanitária da água

Fonte: O autor, 2021.

- **QUALIVERDE (2013)**

Programa de qualificação de edifícios desenvolvido pela Prefeitura do Rio de Janeiro foi lançado durante a realização da Rio +20 (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável), com o intuito de promover incentivos e bonificações para adoção de novas práticas, visando sustentabilidade em edificações residenciais, comerciais, uso misto e institucionais no município. O selo de qualificação Qualiverde é opcional e pode ser obtido tanto para novos empreendimentos como para os já existentes (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013).

Para recebimento do selo, o processo de classificação e aprovação segue o trâmite de um projeto arquitetônico normal, realizado por uma equipe qualificada e sem custo adicional pela classificação. Há dois tipos de classificação, sendo a primeira quando se obtém 70 pontos por meio da avaliação, nomeada de Qualiverde, e outra quando se recebe 100

pontos, o Qualiverde Total. São avaliadas diferentes áreas com ênfase no desenvolvimento sustentável, como: gestão da água, eficiência energética, desempenho térmico e projeto de bonificação (Quadro 9) (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013).

Quadro 9 - Principais categorias do Qualiverde.

CATEGORIAS	CRITÉRIOS
Gestão da Água	Dispositivos economizadores
	Sistema de reuso de águas servidas
	Infiltração – pavimentação permeável
	Ampliação de áreas permeáveis
Eficiência Energética	Aquecimento solar da água
	Iluminação artificial eficiente
	Iluminação natural eficiente
	Fontes alternativas de energia
Projeto	Telhados de cobertura verde
	Orientação ao Sol e Ventos
	Uso de Materiais Sustentáveis
	Plano de Redução de Impactos Ambientais no canteiro de obras
	Previsão de compartimento para coleta seletiva de lixo
	Ventilação natural de banheiros
	Adequação às condições físicas do terreno
	Sistema de fachadas
	Bonificações

Fonte: O autor, 2021.

Segundo a Prefeitura do Rio de Janeiro (2013), o selo também prevê bonificações de pontuações para a adoção de práticas de retrofit para edificações que apresentarem outros selos e orientação ambiental, e para projetos que abordam soluções envolvendo tecnologias inovadoras para seguimento de práticas sustentáveis, além da isenção ou descontos de tributos fiscais, como IPTU, para os que receberem o selo durante a obra.

- BH Sustentável (2014)

Consiste em um programa de certificação em sustentabilidade ambiental e políticas públicas desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte para a Copa do Mundo de 2014, a fim de atender às diretrizes firmadas junto a FIFA, para reconhecimento e comprovação de empreendimentos públicos e privados, residenciais, comerciais e industriais, que contribuem para redução no consumo de água e energia, diminuição da emissão de gases de efeito estufa, e para

redução e reciclagem de resíduos sólidos (Quadro 10) (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2014).

Quadro 10 - Principais categorias do BH Sustentável.

CATEGORIA	CRITÉRIOS
água	práticas ambientais
	atividades de educação ambiental
	mecanismos de gestão de águas pluviais
	controle de vazamentos
	fontes alternativas
	captação de água
	reuso
	recirculação
	tecnologias economizadoras
energia	práticas ambientais
	práticas de educação ambiental
	arquitetura bioclimática
	geração de fontes renováveis
	tecnologias economizadoras
gases do efeito estufa	emissão dos gases
	redução
	compensação e neutralização
resíduos sólidos	redução
	reutilização
	coleta seletiva

Fonte: O autor, 2021.

Os empreendimentos são certificados com selos bronze, prata e ouro, de acordo com o número de itens certificados. A adesão dos empreendimentos é realizada de forma voluntária e consensual. São analisados para obtenção do selo a água, a energia, os resíduos sólidos e emissões de gases do efeito estufa (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2014).

Diante do exposto, vale destacar alguns pontos:

- 1 – A preocupação dos governantes em está propondo incentivos para construções de edificações sustentáveis;
- 2 – A grande gama de ferramentas de avaliação de sustentabilidade tanto no cenário global como no nacional;

3 – Ainda se atrela as certificações ambientais como material de marketing e venda, o que faz com que as medidas sustentáveis, muitas das vezes, são usadas para fins de propaganda.

2.2 - AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O IMPACTO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

No decorrer das últimas décadas, a comunidade científica tem notado alterações nos padrões climáticos no planeta, evidenciando uma tendência de aquecimento de longo prazo na temperatura média global da superfície, causada pelo aumento contínuo da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, resultado do modelo da ocupação humana do planeta, diante do rápido crescimento da população predominantemente urbana (KOČÍ, *et al.*, 2019).

À medida que a temperatura do planeta continua a subir, diversas consequências provenientes das mudanças no clima tornam-se evidentes, como exemplo, o aquecimento das águas dos oceanos, provocando a morte de espécies animais e vegetais; o aumento da temperatura média global, impactando no derretimento das calotas polares e, conseqüentemente na elevação do nível do mar; além da intensificação de eventos extremos de chuvas, secas e ondas de calor (MARENGO, 2007). De acordo com Alvarez e Bragança (2018), essas implicações podem acarretar ainda “efeitos secundários”, principalmente nos centros urbanos, como o aumento do número de focos de incêndios nos períodos de seca; redução da disponibilidade de água; deslizamentos de terra e inundações, aumento no número de doenças, entre outros.

As atividades humanas têm influenciado diretamente no aquecimento global e, conseqüentemente, já resultaram em diversas alterações na vida humana e em sistemas naturais, tais como o aumento de secas, inundações, climas extremos, elevação do nível do mar, e perda da biodiversidade (Japiassú & Guerra, 2018).

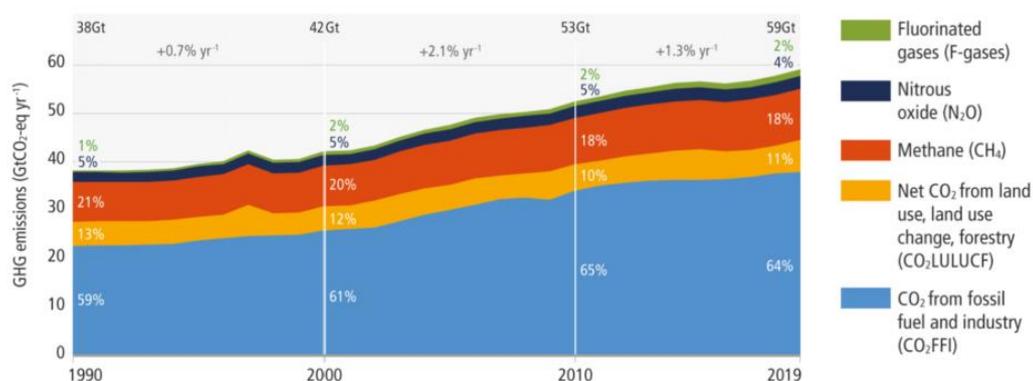
No Brasil, o ano de 2022 foi marcado por recordes de chuvas intensas. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a Região Norte, Nordeste e Sul foram as áreas mais afetadas. As fortes chuvas nas Regiões Norte e Nordeste foram causadas por áreas de instabilidade associadas às águas oceânicas mais aquecidas que provocaram diferenças na pressão atmosférica. (INMET, 2022) Registos mostraram a precipitação total acumulada no mês de junho de 2022 nas cidades brasileiras mais afetadas e, em algumas regiões, tais como o Estado de Alagoas apontaram recordes desde 1961. Essas fortes

chuvas causaram grandes inundações e enchentes nas áreas urbanas, e um levantamento da Agência CNN Brasil apontou que cerca de 85.000 pessoas estão fora de suas casas em diferentes Estados brasileiros em decorrência dos estragos e sinais de destruição. (CNN, 2022).

Frente ao aumento da temperatura terrestres, em conferência aos relatórios do IPCC 22, responsável por analisar as mudanças ocasionadas pelas emissões de gases do efeito estufa e aerossóis na atmosfera (Figura 7), as alterações observadas nas áreas continentais e oceanos; o aumento no nível dos mares; derretimento de geleiras; alterações na biogeoquímica dos ecossistemas, ciclo de carbono, modelagem e projeções climáticas, perspectiva histórica e paleoclimáticas sobre as alterações climáticas, causas e atribuição, destaca-se alguns pontos listados abaixo (IPCC, 2022):

- Mudanças recentes no clima são generalizadas, rápidas, intensificadas e sem precedentes em pelo menos 6.500 anos.
- A menos que haja reduções imediatas, rápidas e em grande escala nas emissões de gases de efeito estufa, limitar o aquecimento a 1,5 ° C pode ser impossível.
- Para limitar o aquecimento global, são necessárias reduções fortes, rápidas e sustentadas de CO₂, metano e outros gases de efeito estufa. Isso não só reduziria as consequências das mudanças climáticas, mas também melhoraria a poluição do ar nas cidades.
- Em um cenário de aquecimento global de 2 °C, as ondas de calor e secas devem ocorrer com maior frequência e simultaneamente, causando graves prejuízos à saúde, aos ecossistemas e à produção agrícola, estimam os cientistas.
- Em um cenário de aquecimento global de 2 °C, as ondas de calor e secas devem ocorrer com maior frequência e simultaneamente, causando graves prejuízos à saúde, aos ecossistemas e à produção agrícola, estimam os cientistas.
- Teremos cada vez mais eventos climáticos extremos simultâneos que tendem a intensificar os impactos, como ondas de calor combinadas com secas que, em regiões propícias a queimadas, os efeitos são exacerbados

Figura 7 - Emissões antropogênicas líquidas globais de GEE 1990-2019.



Fonte: IPCC, 2022.

No que diz respeito ao impacto dessas alterações no campo da construção civil, vale destacar que a cadeia produtiva da construção tem grande peso nas emissões de carbono na atmosfera. Segundo a UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022), as edificações respondem por 40% do consumo global de energia e por até 30% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEEs) relacionadas ao consumo de energia.

No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), há um déficit habitacional de 6,198 milhões de famílias vivendo em residências precárias ou improvisadas. Estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2019) estimam que são necessários investimentos da ordem de R\$76 bilhões ao ano para promover políticas públicas sérias que ofereçam moradias dignas para a população.

Dessa forma, a construção civil terá que colocar em sua agenda as mudanças tanto no processo de concepção e implementação de edifícios, bem como na operação desses empreendimentos. É preciso que os projetistas tenham em mente a necessidade urgente da evolução para construções mais limpas, que utilizem matérias-primas renováveis e materiais atóxicos e que, ao mesmo tempo, levem em consideração a gestão de resíduos e a eficiência no uso dos recursos naturais, água e energia, além da urgente redução de emissões de CO₂.

Destaca-se também que o governo brasileiro apresentou, em dezembro de 2008, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima - que visa incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil, colaborando com o esforço mundial de redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como a criação de condições internas para lidar com os impactos das mudanças climáticas globais.

2.3 - O USO DA PLATAFORMA BIM PARA CONSTRUÇÃO DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS

Como um método multifuncional, a Modelagem da Informação de Construção (BIM) faz contribuição para a indústria da Engenharia e Construção Arquitetônica (AEC). Segundo a *British Standards Institution* (BSI), o BIM utiliza representações digitais compartilhadas de edifícios promovendo a concepção, construção e processo operacional, formando uma base fiel para a tomada de decisões. É o processo de geração e gestão de dados sobre projetos a partir da fase de pré-construção para a fase pós-construção. Neste processo, o BIM que é tridimensional, utilizado em tempo real, e dinâmico é adotado para melhorar a produtividade e qualidade dos projetos no seu ciclo de vida. O BIM não é apenas uma ferramenta e *softwares* instalados num computador, é antes uma combinação de software e processo. Em resumo, o BIM é o método de múltiplas funções que integra processo empresarial, representação digital, organização, e controle do processo. Pode fornecer modelação tridimensional (3D) do projeto, gerir o calendário do projeto ao longo de todo o ciclo de vida, fornece uma plataforma de comunicação para todos os projetistas envolvidos no processo, estimar e calcular os custos do projeto, detectar confrontos e permitir aos intervenientes inspecionar e gerir os edifícios ao longo do seu ciclo de vida útil (CAO; KAMARUZZAMAN; AZIZ, 2022).

O BIM fez contribuições significativas para melhorar a qualidade do projeto no processo de construção de edifícios sustentáveis. Com um modelo 3D orientado a objetos, o BIM pode integrar o conhecimento de várias disciplinas para fornecer uma plataforma de qualidade para modelagem paramétrica, visualização espacial e simulação de processos. Com base nas funções acima mencionadas, os interações entre projetos complementares pode ser demonstrados por meio do BIM, o que pode facilitar a capacidade dos arquitetos e engenheiros de realizar a detecção de conflitos ainda na fase de projeto (MEYER; BRUNN; STILLA, 2022).

Na construção de edificações sustentáveis, a detecção de conflitos em BIM pode economizar até 10% do valor do contrato e reduzir o cronograma de construção em 7%. Além disso, a comparação entre diferentes esquemas de projeto pode ser realizada por ferramentas BIM. Ele auxilia as partes interessadas no desenvolvimento de esquemas de construção com melhor eficiência e sustentabilidade, fornecendo a demonstração 3D no estágio inicial da construção do edifício verde, para que possa se familiarizar com a

intenção do projeto em tempo hábil, auxiliando projetistas e engenheiros civis na tomada de decisões de projeto. Com base nas estatísticas, as contribuições mais eficientes do BIM são “melhor visualização em comparação com a tecnologia CAD tradicional”, “a capacidade do BIM na visualização” e “ajuda a garantir que as atividades relacionadas à qualidade sejam executadas de forma eficaz” (Noor et al., 2022).

O BIM pode melhorar o gerenciamento do cronograma de construção para as partes interessadas. Não apenas os requisitos de recursos, requisitos de equipamentos e despesas previstas para a próxima etapa podem ser obtidos por meio do BIM, mas também o percentual de progresso, o número de despesas e o desvio do orçamento também pode ser previsto pela plataforma. Além disso, atualizações em tempo real e desempenho de visualização de qualidade podem ser alcançadas pelo BIM, a fim de aprimorar as atividades de planejamento. Vale destacar também que o cronograma de obra e as despesas do projeto podem ser reduzidas com eficiência por meio do gerenciamento de projetos de BIM (PARSAMEHR, 2023).

De acordo com o resumo de Ghaffarianhoseini et al. (2023), no aspecto de gerenciamento de projetos, o BIM pode eliminar 40% das modificações imprevistas, fornecer estimativas de custos com um limite de erro de 3% e reduzir o tempo de geração de projeto em até 80%. O processo BIM pode facilitar a integração do conhecimento AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), o que tem uma vantagem significativa para os empreiteiros e subempreiteiros de projetos de construção de edifícios sustentáveis no aprimoramento do treinamento do pessoal de gerenciamento de processos e projetos.

2.4 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir da crise do petróleo, em 1970, seguida da racionalização do fornecimento, em 1973, a questão energética vem sendo discutida por todo mundo. Contudo, nesse mesmo período, o Brasil se manteve numa situação mais favorável em relação aos demais países, tendo em vista que a principal fonte de energia no país deriva de fontes renováveis (MME,2008).

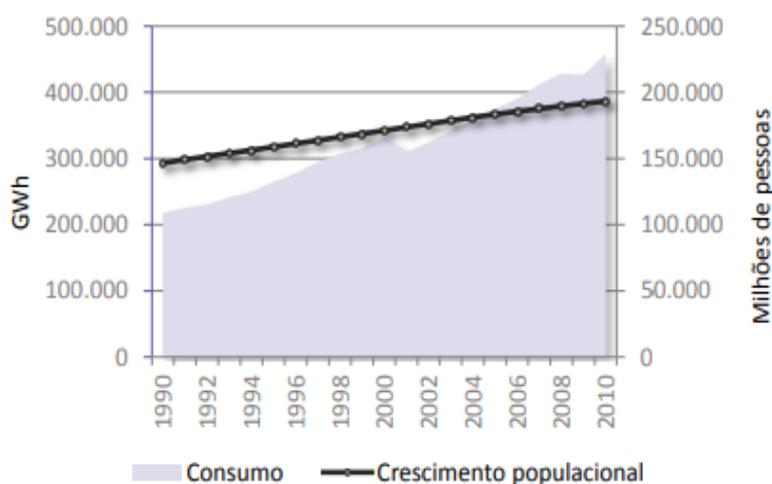
Em meados da década de 80, o Brasil passou por problemas relacionados à energia, principalmente quando a demanda superou a capacidade de produção, o que resultou no surgimento das primeiras ações relacionadas à eficiência energética. Como reflexo desse

consumo excessivo, destacou-se a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), instaurado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), em 1985, objetivando promover o aumento da produção e a racionalização do consumo energético de eletricidade, evitando o desperdício e reduzindo custos e investimentos setoriais. Desde sua criação, o programa veio trabalhando de forma abrangente em todo território, apoiando pesquisas e programas por todo país, sendo o principal órgão nacional a efetivar a eficiência energética (CARRIÈRES, 2007).

Em 2001, mesmo com esses esforços, seguido do mau planejamento do setor energético, o país enfrentou uma forte crise energética, impondo para quase toda população, o cumprimento do plano de racionamento de consumo, objetivando a diminuição do consumo elétrico em 20% (DIEESE, 2001). Nesse mesmo ano, também foi criada a Lei nº 10.295, que determinou níveis máximos de consumo para aparelhos elétricos fabricados ou comercializados no país (BRASIL, 2001b). Nesse mesmo período, diante das medidas adotadas, houve alteração nos hábitos dos usuários, seguido do incentivo e conscientização para o consumo e troca por equipamentos mais eficientes.

Entretanto, para países em desenvolvimentos como o Brasil, o aumento populacional, seguido do fluxo migratório de zonas rurais para zonas urbanizadas, acompanhado da expansão da rede elétrica pelo país, se mostram como possíveis causas para aumento na demanda de consumo, conforme apresentado no Gráfico 1 (LAMBERTS, TRIANA, 2007).

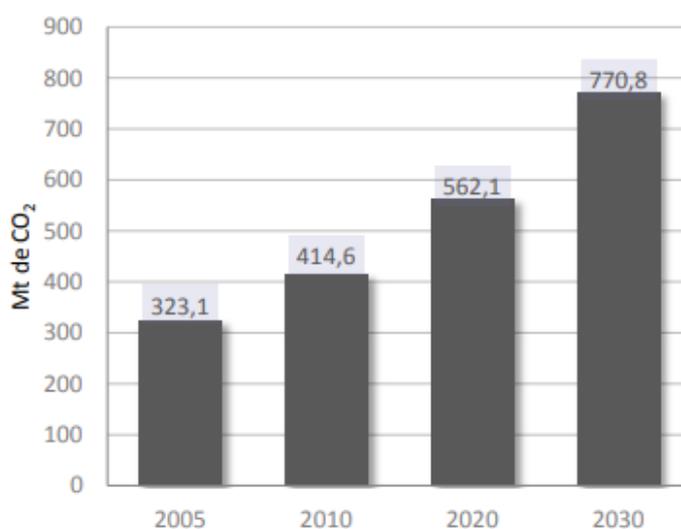
Gráfico 1 - Crescimento demográfico frente ao aumento de consumo energético no período de 1990 a 2010.



Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2010); MME (2011).

O crescente aumento populacional seguido do aumento no consumo energético, descrito anteriormente, tem participação significativa no crescente aumento nas emissões de CO₂ (Gráfico 2). Estima-se que o nível de emissões deverá se ampliar com taxas médias de crescimento abaixo da demanda interna de energia. Foi projetada a emissão de mais de 770 milhões de toneladas de CO₂ em 2030, tendo o petróleo como um dos principais emissores (MME, 2007).

Gráfico 2 - Estimativa de crescimento da emissão de CO₂.



Fonte: elaborado a partir de dados do MME (2011)

Mesmo que nos últimos anos as iniciativas adotadas pelo Procel tenham surtido resultados positivos, o contínuo aumento do PIB implica também na exigência do aumento dos níveis de conforto da população e, por consequência, na aquisição de novos equipamentos consumidores de energia elétrica. Essa constatação evidencia a necessidade de novas medidas mitigadoras, principalmente na fase projetual dos novos empreendimentos, considerando a sua forte influência na eficiência energética das futuras construções.

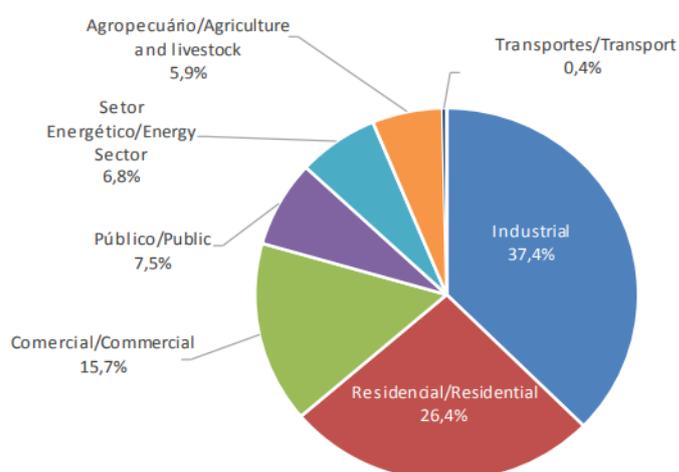
Buscar eficiência energética em edificações significa adquirir um determinado serviço com o baixo consumo energético, ou seja, uma edificação é mais eficiente quando comparada a outra expostas nas mesmas condições ambientais, proporciona conforto com menos consumo energético (LAMBERTS, et al., 2007). Para a diminuição do consumo energético, medidas devem ser adotadas desde a fase de concepção do projeto de arquitetura, adotando decisões projetuais conscientes e que influenciam diretamente e indiretamente no consumo energético.

O arquiteto, para alcançar resultados satisfatórios nesse meio, deve contemplar as decisões energéticas desde a fase inicial de projeto, afirma Goldind (*apud* PEDRINI; HYDE, 2001). Segundo Lamberts, Ghisi e Ramos (2006), o desempenho térmico do edifício depende essencialmente das decisões tomadas nas primeiras fases de projeto, como: volumetria, áreas, orientação das fachadas, posicionamento das aberturas, sistema construtivos de vedações verticais e coberturas, cores externas, entre outros. Sendo assim, a temperatura interna dependerá do efeito de todos esses fatores em conjunto, bem como o clima e características físicas do lugar.

Desde 1999, Signor apontou que um projeto adaptado à realidade a qual está inserido com base nos preceitos de eficiência energética, pode apresentar 30% de redução no consumo, quando comparado a outro que ofereça condições de conforto semelhante, porém não projetado levando em consideração as condicionantes externas do entorno imediato.

A pouca difusão dos conhecimentos que norteiam a eficiência energética de edifícios também é a causa da elevação no consumo energético. As elevadas taxas de emissões de CO₂, uma das causas do efeito estufa, não foram consideradas na promoção de iniciativas individuais para contenção de gastos energéticos, apesar do compromisso de ações governamentais voltadas para a redução desses indicadores. Grande parte da energia elétrica do país é consumida por edificações e dentre elas, as de uso comercial, público e residencial consomem cerca de 79,5% do total (Figura 8), sendo esses setores os principais focos para a medidas de contenção de gastos energéticos (BEN, 2022).

Figura 8 - Participação setorial no consumo de eletricidade.



Fonte: BEN, 2022.

2.4.1- NORMAS E REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS

No Brasil, as normas e regulamento seguem os preceitos e diretrizes estabelecidos pela ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. Fundada em 1894, é uma sociedade de caráter global que procura promover o bem-estar humano através da tecnologia sustentável para o ambiente construído. A organização e os respectivos membros desenvolvem sistemas construtivos relacionados à construção de sistemas, busca de eficiência energética, qualidade do ar interno, refrigeração e sustentabilidade dentro do setor industrial.

- ABNT – NBR 15.220

A ABNT – NBR 15.220, nomeada de Desempenho térmico das edificações, tendo a previsão de conter cinco partes descritas abaixo (ABNT, 2005c):

Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

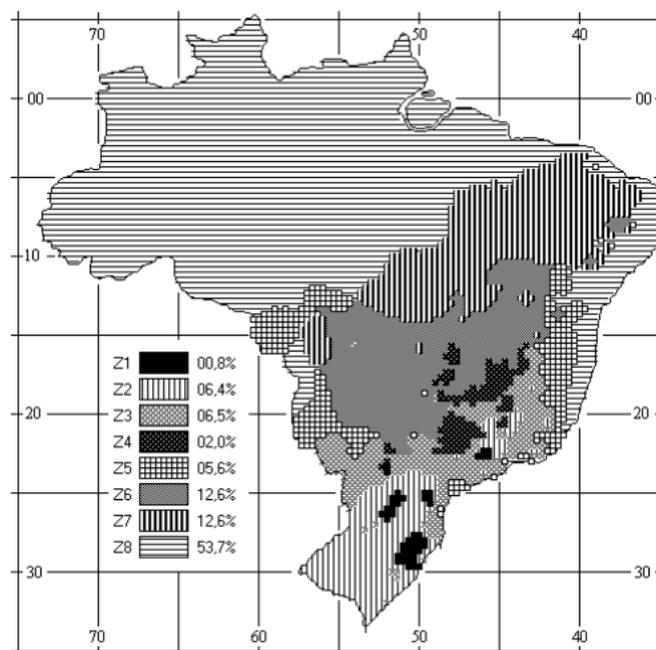
Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Com o objetivo de estabelecer as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações, a NBR 15.220, teve sua idealização formada em 1990, durante o I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído em Gramado (RS). Tal evento possibilitou o desenvolvimento e compatibilização de normas visando o uso de energia e conforto térmico em edificações (LAMBERTS, 1991 *apud* ROMAN; BONIN, 2003).

Chama-se atenção para Parte 3 da norma, Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, que destaca oito zonas bioclimáticas em todo território brasileiro (Figura 9), sendo que a RMGV se enquadra dentro da zona bioclimática 8. Também é exposto na norma a Carta Bioclimática de

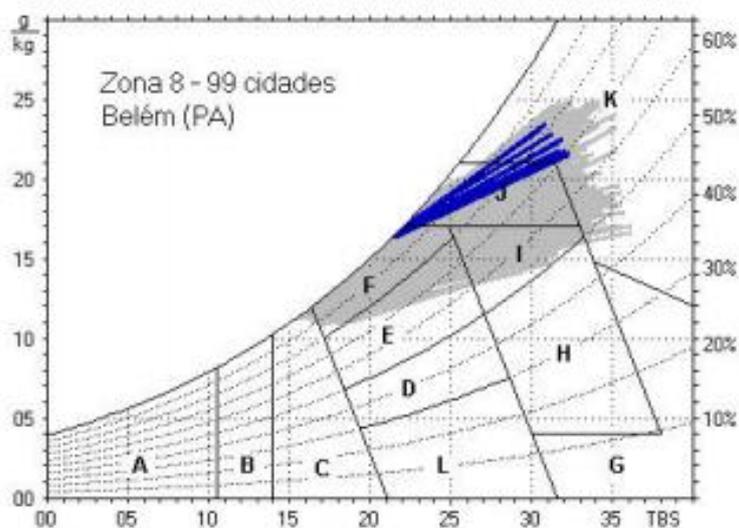
Givoni (GIVONI apud LAMBERTS, 2007a), onde a partir dela se produz uma para cada zona bioclimática (Figura 10). Com ela são apresentadas recomendações gerais para a realidade em que a região se insere. Para RMGV, com clima quente e úmido, são indicados uso de ventilação cruzada nos ambientes; desumidificação do ar ambiente; entre outros.

Figura 9 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro definido pela NBR 15.220, com destaque para a região



Fonte: ABNT, 2005c.

Figura 10 - Carta bioclimática para a Zona Bioclimática 8 da NBR 15.220, sendo a cidade selecionada para o exemplo (Figura 8) é Belém, no estado do Pará.

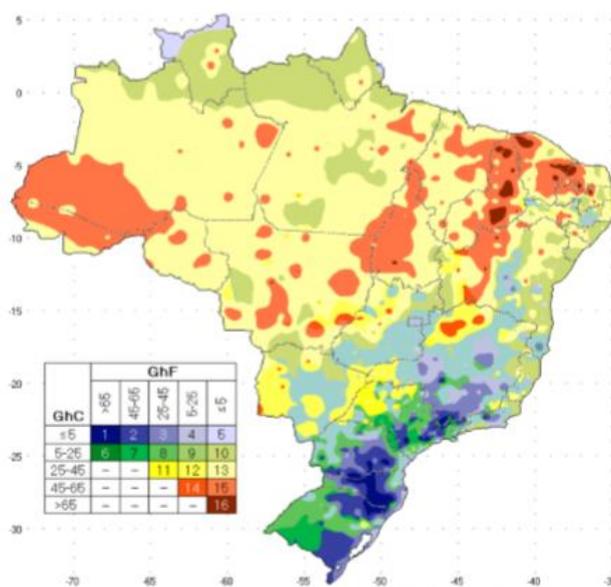


Fonte: ABNT, 2005c

É importante salientar que o zoneamento bioclimático foi proposto especificamente para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, mas, por ser o único disponível nas normas técnicas brasileiras, tem sido aplicado indistintamente para qualquer tipo de edificação, provocando análises equivocadas sobre a adequação climática destas edificações. Apesar desse fato, este zoneamento também é adotado por algumas normas posteriores à NBR 15520 (ABNT, 2005), e referentes a outras tipologias construtivas, como, por exemplo, a NBR 15575 - Desempenho Térmico de Edificações, que é dividida em seis partes, que tratam dos requisitos para o desempenho de sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas hidrossanitários e, sob o aspecto do desempenho térmico, de sistemas de coberturas e vedações verticais internas e externas, que influenciam diretamente no ambiente térmico de uma edificação habitacional (ABNT, 2013) e os Regulamentos Técnicos sobre Eficiência Energética, RTQ-R, onde visa-se estabelecer como metodologia de avaliação do desempenho térmico e energético os graus-hora de resfriamento (GHR), que consiste em um indicador para os ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional (INMETRO, 2010, 2010a) (RORIZ, 2012).

Está em andamento uma proposta de revisão referente ao zoneamento bioclimático brasileiro, que retrata de forma mais minuciosa os diferentes padrões climáticos de todo território brasileiro. A Figura 11 apresenta essa nova proposta, que aborda 16 zonas bioclimáticas definidas com base nos parâmetros anuais de graus-horas de calor (GhC) e graus horas de frio (GhF) (RORIZ, 2012).

Figura 11- Nova proposta de zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: Roriz (p.10), 2012.

- PROCEL EDIFICA

A etiquetagem de edificações, assim como os órgãos certificadores de sustentabilidade, tem se tornado uma ação cada vez mais recorrente. Em diversos países europeus, a etiquetagem de edificações já é obrigatória para todos os setores construtivos. No Brasil, a Eletrobrás é o órgão responsável pela aplicação do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

No de 2003, devido ao crescimento no consumo de energia nas edificações, foi proposto um subprograma do PROCEL conhecido como PROCEL EDIFICA, com o intuito de promover o uso consciente da energia elétrica nas edificações e incentivar a conservação e o uso racional dos recursos naturais (água, luz solar, ventilação natural, entre outros), a fim de reduzir os impactos causados ao meio ambiente.

O programa criou a ENCE, Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Figura 12), como forma de incentivo à construção e uso de produtos de forma eficiente. Baseados nos princípios da eficiência energética, a ENCE destaca práticas de eficiência energética na construção civil aliada ao conforto ambiental para profissionais de arquitetura, engenharia e pessoas envolvidas com planejamento urbano. Foram lançadas também regulamentações para o fortalecimento do programa, como a Lei da Eficiência Energética (Lei 10.295/2001), no que diz respeito às edificações brasileiras (ELETROBRÁS, 2009).

Figura 12 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.



Fonte: MME, 2014.

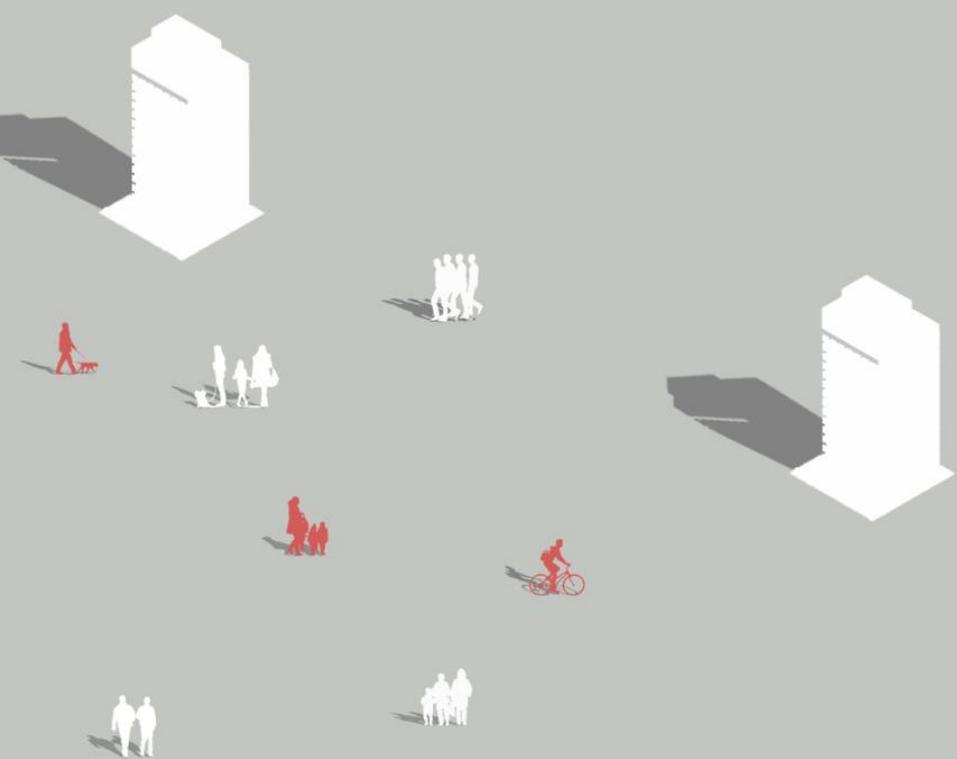
Após a crise do apagão em 2001, foi sancionada a lei federal 10.295 (BRASIL, 2001), que obrigou fabricantes de máquinas e aparelhos eletrônicos a obedecer e a comprovar níveis máximos de consumo elétrico e mínimo de eficiência energética. A lei também contribuiu para desenvolver mecanismos que promovessem a eficiência energética nas edificações.

É importante ressaltar que este processo não quantifica o consumo de eletricidade, mas sim, classifica o nível de eficiência energética das edificações. Essa classificação acontece de acordo com pontuações (Figura 13) obtidas no processo de etiquetagem. Tal processo avalia os níveis de consumo de eficiência energética com base em regulamentação específica (RTQ - R) e indicadores técnicos. Para o processo de certificação deve fazer parte um organismo de inspeção acreditado (OIA), cuja competência é reconhecida pelo Inmetro.

Figura 13 - Esquema simplificado do processo de etiquetagem das edificações.



Fonte: Giancomin e Calmon, 2016.



Processo metodológico

3.

3 - PROCESSOS METODOLÓGICO

Este capítulo apresenta a abordagem relacionada aos procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento desta pesquisa. Para elaboração deste processo metodológico foram definidas seis etapas para alcançar os objetivos pretendidos (Figura 14).

Na primeira etapa foram definidas as ferramentas nas quais o projeto de pesquisa abordaria, sendo um *software* BIM e uma ferramenta BSA.

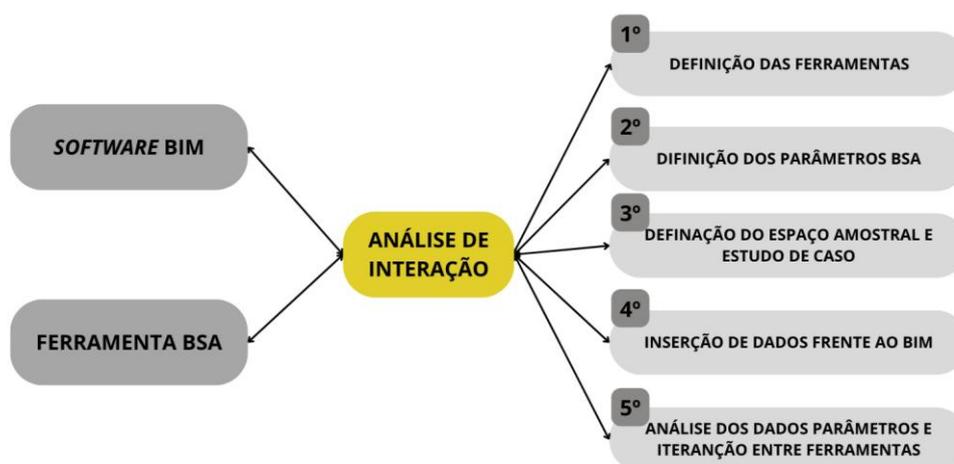
No segundo momento foram definidos os parâmetros dentro da ferramenta BSA aos quais seriam aplicados ao BIM, levando em consideração os fatores energéticos e climáticos.

Em terceiro foi definido um estudo de caso para análise da aplicabilidade dos parâmetros selecionados em frente ao sistema de modelagem e informação BIM.

Na quarta etapa foram definidos quais processos seriam necessários para inserção de dados no modelo BIM com a equivalência de informações da ferramenta BSA.

Na quinta e última etapa, o processo de interação entre as ferramentas, discriminado os parâmetros BSA frente ao BIM, juntamente com a análise por etapa de projeto de arquitetura e os pontos aos quais os usuários necessitam de informações externas ao BIM para certificação.

Figura 14 - Etapas do processo metodológico.



Fonte: O autor, 2022.

3.1- DEFINIÇÃO DAS FERRAMENTAS

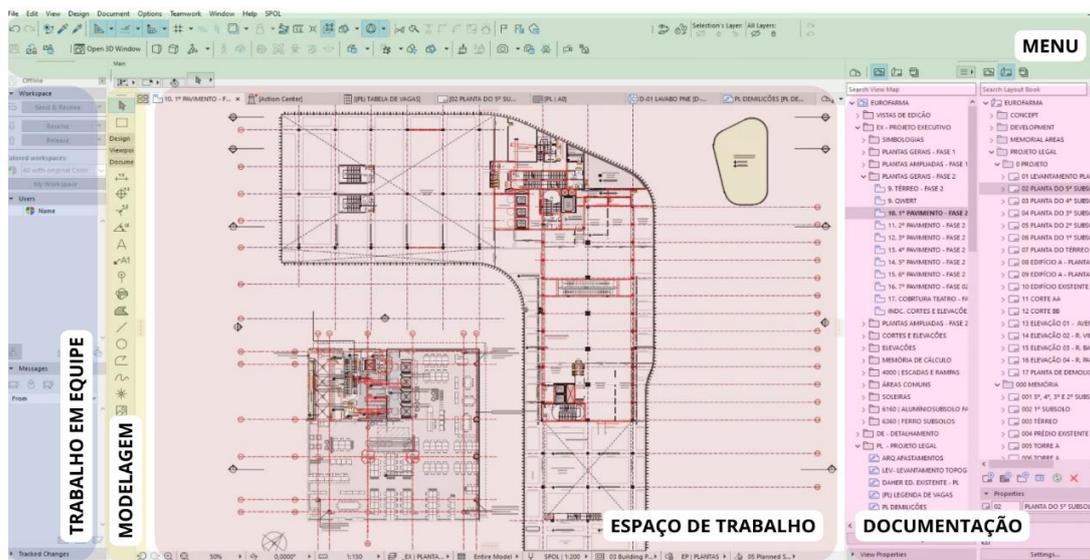
Para elaboração deste projeto de pesquisa, foram selecionadas duas ferramentas, sendo um *software* BIM - Archicad, e outra, uma ferramenta BSA - SBTool.

Para seleção de um *software* BIM, diante das disponíveis no mercado atualmente, foi definido o *Archicad* em sua versão 26.1 (mais atual durante o desenvolvimento da pesquisa) para estudo. O *Archicad* é um software desenvolvido por uma empresa húngara, *Graphisoft*. Foi concebido em 1982 e lançado em 1987, sendo considerado na época uma ferramenta revolucionária, devido a sua capacidade de armazenamento de informações dentro um modelo 3D (*GRAPHISOFT...*, 2023).

O *software* atualmente se baseia em quatro pontos principais durante seu uso, sendo eles:

- Modelagem: possibilita ao usuário modelagens carregadas de informações e definições. O *software* trabalha com uma ferramenta de modelagem em algoritmos, o que possibilita no desenvolvimento de projetos em diferentes escalas, desde habitação a projetos urbanos;
- Visualização: o software é capaz de traduzir por meio de pontos dentro do programa a visualização arquitetônica de diferentes formas, e todas de fácil interatividade entre usuários;
- Colaboração: ponto forte no processo BIM, a parte de colaboração do *Archicad* possibilita o acesso a mesma base de dados em diferentes pontos do Mundo, por meio do *TeamWork* (Figura 15). Também é possível estabelecer padrões de fluxo de trabalho aberto, o que possibilita, independentemente do software que outros membros estejam usando, a exportação e extração de dados em diferentes formatos, além da interoperabilidade com diversos softwares de análises e projetos.
- Documentação: a capacidade de elaborar documentações complexas e completas em diferentes locais BIM.

Figura 15 - Interface de trabalho colaborativo no Archicad 26.1



Fonte: O autor, 2022.

Quanto a ferramenta BSA para análise, como mencionado no capítulo 2 de referencial teórico, foi selecionado o SBTool versão 2022 (Figura 16), última versão disponível para download até o fechamento dos resultados da pesquisa, uma vez que é a ferramenta de avaliação de sustentabilidade utilizada no Laboratório de Planejamento e Projetos – LPP.

A ferramenta em questão é composta por uma “estrutura genérica” com intuito de avaliar o desempenho sustentável de edifícios e projetos urbanos. Para este trabalho, foi usado os critérios da ferramenta voltados para edificações. Diferente da ferramenta BIM, o Sbttool funciona por meio da inserção de dados em um arquivo de Excel, conforme demonstrado na Figura 16.

Figura 16 - Interface de inserção de dados no SBTool.

Projeto	Descrição	BaseB	EP	EPint	Critérios	Contexto	Inteligência	Detalhes	Embodied	ScoreA	ScoreB	ScoreC	ScoreD	ScoreE	ScoreF	ScoreG	ScoreH	ScoreI	ScoreJ	ScoreK	ScoreL	ScoreM	ScoreN	ScoreO	ScoreP	ScoreQ	ScoreR	ScoreS	ScoreT	ScoreU	ScoreV	ScoreW	ScoreX	ScoreY	ScoreZ	ScoreAA	ScoreAB	ScoreAC	ScoreAD	ScoreAE	ScoreAF	ScoreAG	ScoreAH	ScoreAI	ScoreAJ	ScoreAK	ScoreAL	ScoreAM	ScoreAN	ScoreAO	ScoreAP	ScoreAQ	ScoreAR	ScoreAS	ScoreAT	ScoreAU	ScoreAV	ScoreAW	ScoreAX	ScoreAY	ScoreAZ	ScoreBA	ScoreBB	ScoreBC	ScoreBD	ScoreBE	ScoreBF	ScoreBG	ScoreBH	ScoreBI	ScoreBJ	ScoreBK	ScoreBL	ScoreBM	ScoreBN	ScoreBO	ScoreBP	ScoreBQ	ScoreBR	ScoreBS	ScoreBT	ScoreBU	ScoreBV	ScoreBW	ScoreBX	ScoreBY	ScoreBZ	ScoreCA	ScoreCB	ScoreCC	ScoreCD	ScoreCE	ScoreCF	ScoreCG	ScoreCH	ScoreCI	ScoreCJ	ScoreCK	ScoreCL	ScoreCM	ScoreCN	ScoreCO	ScoreCP	ScoreCQ	ScoreCR	ScoreCS	ScoreCT	ScoreCU	ScoreCV	ScoreCW	ScoreCX	ScoreCY	ScoreCZ	ScoreDA	ScoreDB	ScoreDC	ScoreDD	ScoreDE	ScoreDF	ScoreDG	ScoreDH	ScoreDI	ScoreDJ	ScoreDK	ScoreDL	ScoreDM	ScoreDN	ScoreDO	ScoreDP	ScoreDQ	ScoreDR	ScoreDS	ScoreDT	ScoreDU	ScoreDV	ScoreDW	ScoreDX	ScoreDY	ScoreDZ	ScoreEA	ScoreEB	ScoreEC	ScoreED	ScoreEE	ScoreEF	ScoreEG	ScoreEH	ScoreEI	ScoreEJ	ScoreEK	ScoreEL	ScoreEM	ScoreEN	ScoreEO	ScoreEP	ScoreEQ	ScoreER	ScoreES	ScoreET	ScoreEU	ScoreEV	ScoreEW	ScoreEX	ScoreEY	ScoreEZ	ScoreFA	ScoreFB	ScoreFC	ScoreFD	ScoreFE	ScoreFF	ScoreFG	ScoreFH	ScoreFI	ScoreFJ	ScoreFK	ScoreFL	ScoreFM	ScoreFN	ScoreFO	ScoreFP	ScoreFQ	ScoreFR	ScoreFS	ScoreFT	ScoreFU	ScoreFV	ScoreFW	ScoreFX	ScoreFY	ScoreFZ	ScoreGA	ScoreGB	ScoreGC	ScoreGD	ScoreGE	ScoreGF	ScoreGG	ScoreGH	ScoreGI	ScoreGJ	ScoreGK	ScoreGL	ScoreGM	ScoreGN	ScoreGO	ScoreGP	ScoreGQ	ScoreGR	ScoreGS	ScoreGT	ScoreGU	ScoreGV	ScoreGW	ScoreGX	ScoreGY	ScoreGZ	ScoreHA	ScoreHB	ScoreHC	ScoreHD	ScoreHE	ScoreHF	ScoreHG	ScoreHH	ScoreHI	ScoreHJ	ScoreHK	ScoreHL	ScoreHM	ScoreHN	ScoreHO	ScoreHP	ScoreHQ	ScoreHR	ScoreHS	ScoreHT	ScoreHU	ScoreHV	ScoreHW	ScoreHX	ScoreHY	ScoreHZ	ScoreIA	ScoreIB	ScoreIC	ScoreID	ScoreIE	ScoreIF	ScoreIG	ScoreIH	ScoreII	ScoreIJ	ScoreIK	ScoreIL	ScoreIM	ScoreIN	ScoreIO	ScoreIP	ScoreIQ	ScoreIR	ScoreIS	ScoreIT	ScoreIU	ScoreIV	ScoreIW	ScoreIX	ScoreIY	ScoreIZ	ScoreJA	ScoreJB	ScoreJC	ScoreJD	ScoreJE	ScoreJF	ScoreJG	ScoreJH	ScoreJI	ScoreJJ	ScoreJK	ScoreJL	ScoreJM	ScoreJN	ScoreJO	ScoreJP	ScoreJQ	ScoreJR	ScoreJS	ScoreJT	ScoreJU	ScoreJV	ScoreJW	ScoreJX	ScoreJY	ScoreJZ	ScoreKA	ScoreKB	ScoreKC	ScoreKD	ScoreKE	ScoreKF	ScoreKG	ScoreKH	ScoreKI	ScoreKJ	ScoreKK	ScoreKL	ScoreKM	ScoreKN	ScoreKO	ScoreKP	ScoreKQ	ScoreKR	ScoreKS	ScoreKT	ScoreKU	ScoreKV	ScoreKW	ScoreKX	ScoreKY	ScoreKZ	ScoreLA	ScoreLB	ScoreLC	ScoreLD	ScoreLE	ScoreLF	ScoreLG	ScoreLH	ScoreLI	ScoreLJ	ScoreLK	ScoreLL	ScoreLM	ScoreLN	ScoreLO	ScoreLP	ScoreLQ	ScoreLR	ScoreLS	ScoreLT	ScoreLU	ScoreLV	ScoreLW	ScoreLX	ScoreLY	ScoreLZ	ScoreMA	ScoreMB	ScoreMC	ScoreMD	ScoreME	ScoreMF	ScoreMG	ScoreMH	ScoreMI	ScoreMJ	ScoreMK	ScoreML	ScoreMN	ScoreMO	ScoreMP	ScoreMQ	ScoreMR	ScoreMS	ScoreMT	ScoreMU	ScoreMV	ScoreMW	ScoreMX	ScoreMY	ScoreMZ	ScoreNA	ScoreNB	ScoreNC	ScoreND	ScoreNE	ScoreNF	ScoreNG	ScoreNH	ScoreNI	ScoreNJ	ScoreNK	ScoreNL	ScoreNM	ScoreNO	ScoreNP	ScoreNQ	ScoreNR	ScoreNS	ScoreNT	ScoreNU	ScoreNV	ScoreNW	ScoreNX	ScoreNY	ScoreNZ	ScoreOA	ScoreOB	ScoreOC	ScoreOD	ScoreOE	ScoreOF	ScoreOG	ScoreOH	ScoreOI	ScoreOJ	ScoreOK	ScoreOL	ScoreOM	ScoreON	ScoreOO	ScoreOP	ScoreOQ	ScoreOR	ScoreOS	ScoreOT	ScoreOU	ScoreOV	ScoreOW	ScoreOX	ScoreOY	ScoreOZ	ScorePA	ScorePB	ScorePC	ScorePD	ScorePE	ScorePF	ScorePG	ScorePH	ScorePI	ScorePJ	ScorePK	ScorePL	ScorePM	ScorePN	ScorePO	ScorePP	ScorePQ	ScorePR	ScorePS	ScorePT	ScorePU	ScorePV	ScorePW	ScorePX	ScorePY	ScorePZ	ScoreQA	ScoreQB	ScoreQC	ScoreQD	ScoreQE	ScoreQF	ScoreQG	ScoreQH	ScoreQI	ScoreQJ	ScoreQK	ScoreQL	ScoreQM	ScoreQN	ScoreQO	ScoreQP	ScoreQQ	ScoreQR	ScoreQS	ScoreQT	ScoreQU	ScoreQV	ScoreQW	ScoreQX	ScoreQY	ScoreQZ	ScoreRA	ScoreRB	ScoreRC	ScoreRD	ScoreRE	ScoreRF	ScoreRG	ScoreRH	ScoreRI	ScoreRJ	ScoreRK	ScoreRL	ScoreRM	ScoreRN	ScoreRO	ScoreRP	ScoreRQ	ScoreRR	ScoreRS	ScoreRT	ScoreRU	ScoreRV	ScoreRW	ScoreRX	ScoreRY	ScoreRZ	ScoreSA	ScoreSB	ScoreSC	ScoreSD	ScoreSE	ScoreSF	ScoreSG	ScoreSH	ScoreSI	ScoreSJ	ScoreSK	ScoreSL	ScoreSM	ScoreSN	ScoreSO	ScoreSP	ScoreSQ	ScoreSR	ScoreSS	ScoreST	ScoreSU	ScoreSV	ScoreSW	ScoreSX	ScoreSY	ScoreSZ	ScoreTA	ScoreTB	ScoreTC	ScoreTD	ScoreTE	ScoreTF	ScoreTG	ScoreTH	ScoreTI	ScoreTJ	ScoreTK	ScoreTL	ScoreTM	ScoreTN	ScoreTO	ScoreTP	ScoreTQ	ScoreTR	ScoreTS	ScoreTT	ScoreTU	ScoreTV	ScoreTW	ScoreTX	ScoreTY	ScoreTZ	ScoreUA	ScoreUB	ScoreUC	ScoreUD	ScoreUE	ScoreUF	ScoreUG	ScoreUH	ScoreUI	ScoreUJ	ScoreUK	ScoreUL	ScoreUM	ScoreUN	ScoreUO	ScoreUP	ScoreUQ	ScoreUR	ScoreUS	ScoreUT	ScoreUU	ScoreUV	ScoreUW	ScoreUX	ScoreUY	ScoreUZ	ScoreVA	ScoreVB	ScoreVC	ScoreVD	ScoreVE	ScoreVF	ScoreVG	ScoreVH	ScoreVI	ScoreVJ	ScoreVK	ScoreVL	ScoreVM	ScoreVN	ScoreVO	ScoreVP	ScoreVQ	ScoreVR	ScoreVS	ScoreVT	ScoreVU	ScoreVV	ScoreVW	ScoreVX	ScoreVY	ScoreVZ	ScoreWA	ScoreWB	ScoreWC	ScoreWD	ScoreWE	ScoreWF	ScoreWG	ScoreWH	ScoreWI	ScoreWJ	ScoreWK	ScoreWL	ScoreWM	ScoreWN	ScoreWO	ScoreWP	ScoreWQ	ScoreWR	ScoreWS	ScoreWT	ScoreWU	ScoreWV	ScoreWW	ScoreWX	ScoreWY	ScoreWZ	ScoreXA	ScoreXB	ScoreXC	ScoreXD	ScoreXE	ScoreXF	ScoreXG	ScoreXH	ScoreXI	ScoreXJ	ScoreXK	ScoreXL	ScoreXM	ScoreXN	ScoreXO	ScoreXP	ScoreXQ	ScoreXR	ScoreXS	ScoreXT	ScoreXU	ScoreXV	ScoreXW	ScoreXX	ScoreXY	ScoreXZ	ScoreYA	ScoreYB	ScoreYC	ScoreYD	ScoreYE	ScoreYF	ScoreYG	ScoreYH	ScoreYI	ScoreYJ	ScoreYK	ScoreYL	ScoreYM	ScoreYN	ScoreYO	ScoreYP	ScoreYQ	ScoreYR	ScoreYS	ScoreYT	ScoreYU	ScoreYV	ScoreYW	ScoreYX	ScoreYY	ScoreYZ	ScoreZA	ScoreZB	ScoreZC	ScoreZD	ScoreZE	ScoreZF	ScoreZG	ScoreZH	ScoreZI	ScoreZJ	ScoreZK	ScoreZL	ScoreZM	ScoreZN	ScoreZO	ScoreZP	ScoreZQ	ScoreZR	ScoreZS	ScoreZT	ScoreZU	ScoreZV	ScoreZW	ScoreZX	ScoreZY	ScoreZZ
Project name	ProjectX	The project name designates the project that is being assessed using this file. The information relevant to the project is to be entered in designated cells.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
City and country location for weights and benchmarks	NewBurg, Europe	The location and the parameter values relevant for that location have been set in File A, and cannot be altered by the user of this file.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Select base scope or whole building or provided individual occupancy rooms	Whole building	Both Target and assessment evaluations can be made at the level of a single room for whole project or by using the parameter set of individual occupancies, where this is applicable.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Phase	Design Phase	Building assessment may be carried out in Design or Construction or Operation phases. Go to Criteria tab to see how phase settings affect which criteria are active.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Version of system selected (scope)	Maximum	In File A.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Issue focus	All Criteria	The Issue Focus indicates the degree to which active criteria are focused on a particular issue area, such as Energy and Environment, CO2, Service Quality, etc. Having a small number of active criteria facilitates a narrower focus.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Content type	Generic	The default content used in File A for benchmark and other information is based on generic conditions (more or less Danish, expressed in English). This can also be set to allow a local content and/or language to be used.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
The eligible occupancy types (hour of light were established in the BSA Region file)	Multi-residential	OK	Green OK means at least indicate the two active occupancies that have been analyzed in the initial content. From the potential occupancy list established in File A. Note that Assessment is carried out on this. The same can be done for other active occupancies. If there are no green-OK marks, go to Intelligence to establish actual occupancies in the project.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
New construction or renovation	Academic	OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Threshold for building, floors above ground	New Construction	OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Threshold for building, floors above ground	50	Buildings below this height indicate certain criteria that are relevant to tall buildings.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Fonte: O autor, 2022.

3.2- DEFINIÇÃO DOS ASPECTOS, CRITÉRIOS E PARÂMETROS PARA ANÁLISE NA FERRAMENTA SBTool

Após a definição das ferramentas nas quais este projeto de pesquisa abordaria, foram selecionados os parâmetros frente ao sistema de certificação SBTool. Para seleção dos mesmos, foram levados em consideração os parâmetros que melhor atendiam os temas de eficiência energética e questões climáticas, por já ser de entendimento que os mesmos teriam uma melhor performance dentro do sistema de informação BIM.

Dentro dos cinco aspectos que abrangem a sustentabilidade: sociais, econômicos, ambientais, políticos e culturais, foram selecionados, tendo em vista os objetivos estabelecidos para pesquisas, é abordado neste projeto, os aspectos sociais, econômicos e ambientais (Quadro 11, 12, 13 e 14), uma vez que os mesmos afetam diretamente o setor da construção civil e se fazem passíveis de análises frente ao BIM para elaboração de projetos sustentáveis.

Quadro 11 - Critérios analisados durante o processo de interação entre ferramentas dentre os aspectos selecionados.

ASPECTO AMBIENTAL	ASPECTO SOCIAL	ASPECTO ECONÔMICO
CRITÉRIOS	CRITÉRIOS	CRITÉRIOS
ENERGIA	ACESSIBILIDADE	CUSTO DO CICLO DE VIDA
MATERIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS	SENSIBILIDADE A EDUCAÇÃO SUSTENTÁVEL	
ÁGUA	CONFORTO AO USUÁRIO	
ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E QUALIDADE DO AR EXTERNO		
USO DO SOLO E BIODIVERSIDADE		

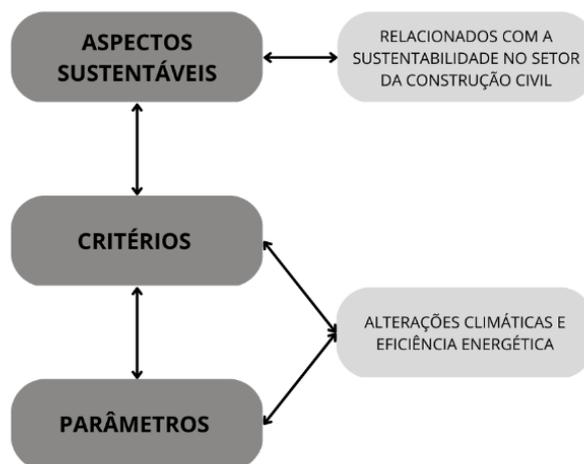
Fonte: O autor, 2022

Para seleção dos parâmetros após a definição dos critérios, foi definido dois pontos iniciais, o primeiro que os parâmetros abrangem os temas de alterações climáticas e em segundo a eficiência energética, uma vez que essas características se relacionam melhor com o BIM.

Sendo assim, foi possível exemplificar o sistema de definições de parâmetros com a Figura 17. A seleção de critérios e parâmetros se fez a partir da análise ao qual se

selecionou os que melhores responderam aos *outputs* de informações do BIM para a certificação pela ferramenta BSA.

Figura 17 - Fluxograma de seleção de parâmetros para análise.



Fonte: O autor, 2023.

Quadro 12 - Parâmetros de aspecto ambiental.

ASPECTO AMBIENTAL	
CRITÉRIOS	PARÂMETROS
Energia	Consumo de energia não renovável na fase de utilização do empreendimento.
	Quantidade de energia do empreendimento que é produzida por meio de fontes renováveis.
Materiais e resíduos sólidos	Custo de materiais utilizados (%).
	Quantidade de produtos ambientalmente certificados (%).
	Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos.
	Porcentagem em massa de materiais substitutos do concreto
	Porcentagem do conteúdo reciclado do edifício (kg).
Água	Consumo anual de água no interior do empreendimento.
	Porcentagem de redução do consumo de água potável.
Alterações climáticas e qualidade do ar externo	Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida do edifício por m ³ .
Uso do solo e biodiversidade	Porcentagem de consumo de líquidos do empreendimento.
	Índice de impermeabilização.

	Porcentagem de terreno previamente contaminado ou edificado.
	Porcentagem de área verde.
	Índice de área com refletância igual ou superior a 60%.

Fonte: O autor, 2023.

Quadro 13 - Parâmetros de aspecto social.

ASPECTO SOCIAL	
CRITÉRIOS	PARÂMETROS
Acessibilidade	Acesso ao transporte público.
	Índice de acessibilidade.
Sensibilização e educação sustentável	Elaboração do manual do proprietário.
Conforto ao usuário	Quantidade de VOC (%) em materiais de acabamento.
	Ventilação natural.
	Conforto térmico anual.
	Fator de luz no dia médio.
	Isolamento acústico.

Fonte: O autor, 2023.

Quadro 14 - Parâmetros de aspecto econômico.

ASPECTO ECONÔMICOS	
CRITÉRIOS	PARÂMETROS
Custo e ciclo de vida	Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil
	Valor anual dos custos de utilização por m ² de área útil

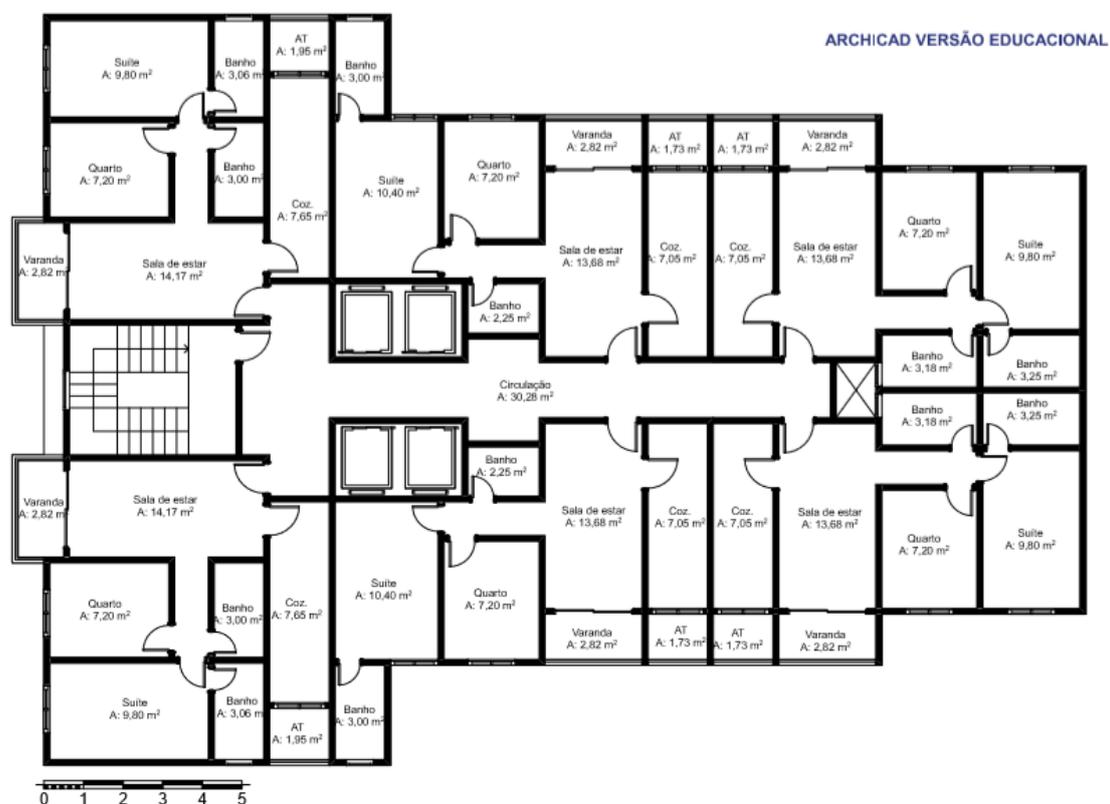
Fonte: O autor, 2023.

3.3- DEFINIÇÃO DO ESPAÇO AMOSTRAL E ESTUDO DE CASO

Para alcançar os resultados pretendidos com este projeto de pesquisa, foi necessário a realização da seleção de um espaço amostral e um estudo de caso. O modelo utilizado para pesquisa se trata de uma edificação genérica multifamiliar, localizada no bairro de Jardim Camburi, na cidade de Vitória – ES. Se fez escolha de uma edificação residencial, tendo em vista que para uma análise completa, seriam necessários informações de todas as disciplinas para compatibilização, como exemplo as instalações elétricas, hidrossanitários, sistemas de ar condicionado e exaustão, entre outras, para eventuais preenchimentos de informações e extração de dados, seja por meio do modelo IFC compatibilizado, ou por *plugins* dentro da própria ferramenta BIM.

Conforme apresentado por Brunelli e Nico-Rodrigues (2021), a tipologia arquitetônica escolhida para avaliação foi uma edificação residencial multifamiliar, composta por 10 pavimentos e 54 unidades habitacionais. O pavimento tipo da edificação (Figura xx) é composto por seis unidades com dois dormitórios cada, sendo uma suíte. Possui uma circulação horizontal que divide o plano em dois lados. Todas as unidades internas são compostas de sala, cozinha, área de serviço, área técnica, varanda, dois banheiros e dois quartos.

Figura 18 - Planta baixa do pavimento tipo residencial usado para estudo de caso



Fonte: Brunelli e Nico-Rodrigues, 2021.

Quanto à envoltória da edificação (Figuras 19 e 20), suas aberturas e fechamentos translúcidos foram dispostos em três fachadas diferentes. Nos ambientes de longa permanência como salas e dormitórios, as janelas foram padronizadas em 1,2m x 1,2m x 1,1m (largura x altura x peitoril), compostas por quadros em alumínio e panos de vidro incolor, e nenhuma das aberturas nas fachadas possuem elementos sombreadores para proteção solar. Quanto ao revestimento externo, sua composição é basicamente reboco e pintura clara, e para cobertura foram usadas telhas de fibrocimento embutidas entre platibandas. As lajes dos pavimentos foram executadas em concreto protendido. Os pavimentos tipo apresentam três variações de planta e todas possuem a mesma quantidade

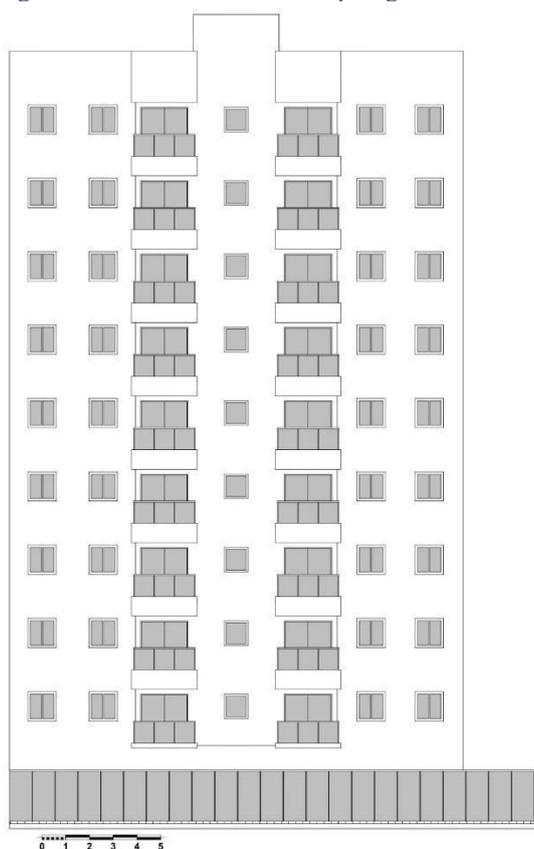
de divisões internas. As paredes são compostas de bloco estrutural, seu acabamento interno é em reboco com gesso e externo reboco paulista e pintura, conforme Quadro 15.

Figura 19 - Fachada frontal da tipologia em estudo.



Fonte: Brunelli e Nico-Rodrigues, 2021.

Figura 20 - Fachada lateral da tipologia em estudo



Fonte: Brunelli e Nico-Rodrigues, 2021.

Quadro 15 - Características da envoltória do estudo de caso.

ENVOLTÓRIA	CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS
JANELAS	Dimensões de 120cm x 120cm x 110cm (largura x altura x peitoril), compostas em alumínio natural e vidro incolor.
REVESTIMENTO DE FACHADA	Pintura de cor clara sobre reboco.
GUARDA CORPO	Mureta de 10cm + 100cm de moldura em alumínio natural e painéis em vidro incolor.
PAREDES INTERNAS	Bloco estrutural com acabamento de reboco, gesso e pintura.
LAJES ENTRE PAVIMENTOS	Executadas em concreto protendido, acabamento em porcelanato sobre contra piso de nivelamento.

Fonte: Adaptado de Brunelli e Nico-Rodrigues, 2021.

3.4- INSERÇÃO DE DADOS FRENTE AO BIM

Nesta etapa da pesquisa, foram levantados os dados necessários para que a análise de sustentabilidade pudesse ser realizada dentro da plataforma de projeto BIM. O processo de inserção de dados seguiu como referência o fluxograma apresentado na Figura 21. Todo o processo para checagem da relação entre as ferramentas BSA e BIM, seguindo os itens descritos abaixo.

- **Dimensão sustentável:** conforme abordado no item 3.2, foram analisados os aspectos ambientais, sociais e econômicos;
- **Categoria:** conforme apresentado no mesmo item 3.2, foram analisadas as seguintes categorias, do aspecto ambiental: energia, materiais e resíduos sólidos, água, alterações climáticas e qualidade do ar externo e uso do solo e biodiversidade; para os aspectos sociais, os critérios foram: acessibilidade, sensibilidade a educação sustentável e conforto ao usuário; e para o aspecto econômico, os critérios foram: custo e ciclo de vida.
- **Parâmetro:** seguindo o mesmo item 3.2, foram levantados vinte e cinco parâmetros para análise;
- **Interfaces:** etapa de demonstração de ambas as interfaces (quando possível), os locais de extração de informações para análise de ambas ferramentas BIM e BSA;
- **Observações:** neste ponto da análise, foram levantados os caminhos dentro do BIM ao qual seriam plausíveis a extração de dados para checagem da certificação ambiental;
- **Dados externos a plataforma BIM:** momento em que se fez a checagem da necessidade de buscar dados para análise, dados os quais não era possível a extração dentro da ferramenta escolhida;
- **Fase projeto:** também é analisado na pesquisa, a fase de processo projetual ao qual se fariam as inserções de informações no modelo BIM;
- **Nível de relação entre ferramentas:** por fim, foi estabelecido um nível de relação cromática para análise da interação entre as ferramentas.

Figura 21- Ficha de análise dos parâmetros BSA frente ao BIM.

DIMENSÃO	
CATEGORIA	
PARÂMETRO / CRITÉRIO	
INTERFACE	
 ARCHICAD	 IFC
 SBTool	
OBSERVAÇÕES	
DADOS EXTERNOS AO BIM	
FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM	
NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA	
	

Fonte: O autor, 2023.

3.5- ANÁLISE DE DADOS E INTERAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS

Na última etapa desta pesquisa, foram analisados individualmente os parâmetros da ferramenta de avaliação de sustentabilidade BSA e a sua capacidade de interação com a

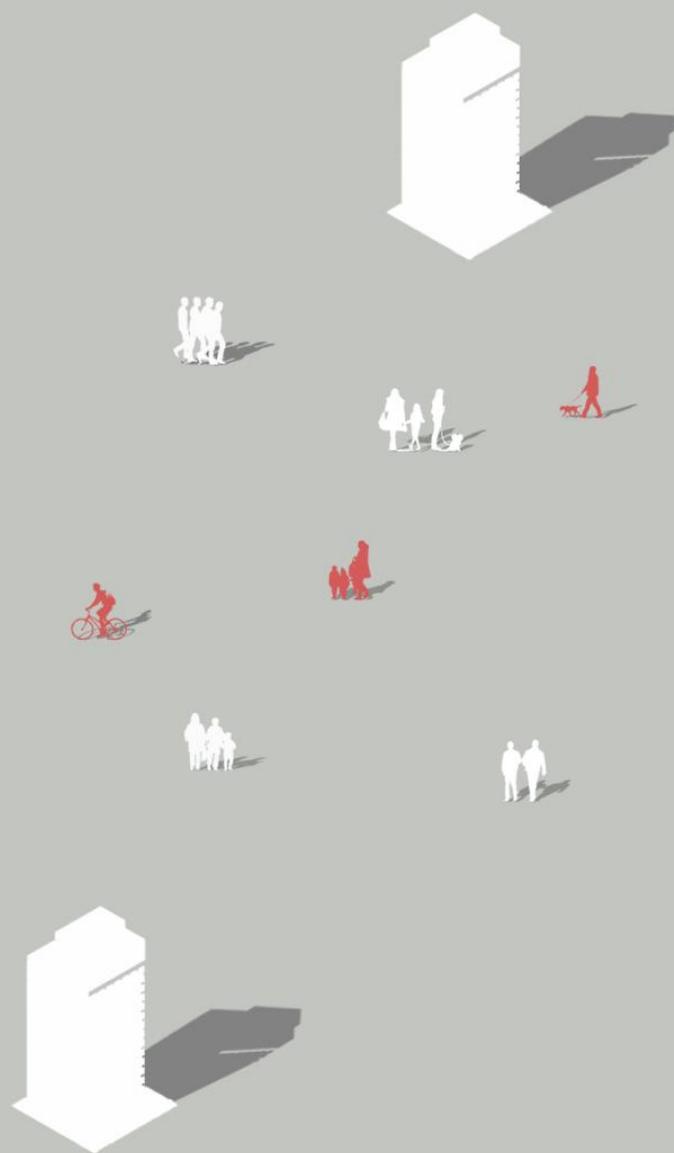
ferramenta de projeto BIM. Definiu-se a partir de Nico-Rodrigues, 2008, um sistema de cores e uma tabela policromática (Tabela 16), sendo elas: verde, amarelo e vermelho. A definição de cores teve como princípio a sensação que elas transmitem ao observador através da fisiologia, onde o olho, por meio da luz, permite percepções distintas.

As cores utilizadas no Quadro 16, resultam do grau de sensação de temperatura que a mesma transmite ao observador, a cor verde, considerada uma cor fria, transmite sensação de aprovação, certeza, de que está correto, enquanto cores quentes como amarela e vermelho emitem sensação de alerta, estranheza e perigo. As tonalidades foram definidas no intuito de demonstrar maior relação entre as ferramentas analisadas, ou a falhas e deficiências de interação entre ambas ferramentas.

Quadro 16 - Conceitos de avaliação correlacionados às ferramentas BIM e BSA.

COR	CONDIÇÃO	CORRELAÇÕES COM AS FERRAMENTAS
	Interação total	Quanto à análise do modelo BIM, é possível extrair os parâmetros necessários para análise BSA.
	Interação Mediana	Quanto além dos dados extraídos no BIM, o usuário necessita buscar dados complementares em outras ferramentas ou informações específicas.
	Sem interação	Quando não é possível coletar os parâmetros dentro da plataforma BIM.

Fonte: Adaptado de Nico-Rodrigues, 2008.



Aplicações e resultados

4.

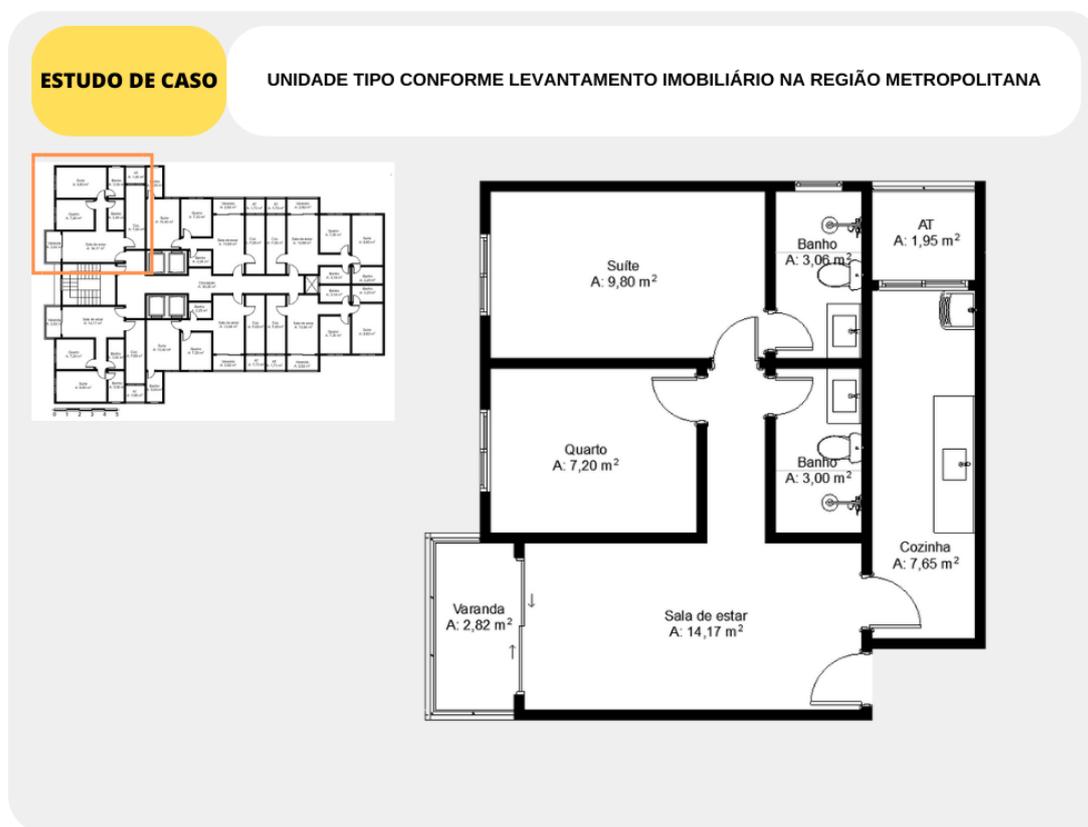
4- APLICAÇÕES E RESULTADOS

Para melhor representar os resultados obtidos com este projeto de pesquisa, a análise do mesmo foi dividida em duas etapas. A primeira consiste em apresentar os resultados em quadros onde foram abordados a aplicabilidades dos critérios BSA frente a modelagem e o sistema de informações BIM, posteriormente, foram levantados quais as fases de projeto seriam passíveis de extração de dados, destacando os critérios que atendem ou não toda demanda de informações necessárias para certificação ambiental do edifício.

De forma a verificar a aplicabilidade do BIM na metodologia de avaliação da sustentabilidade SBTool, cada parâmetro da mesma teve de ser analisada para que fosse possível perceber como é que a utilização do BIM poderia ser útil.

Para efeito de resultados e dados necessários para acessar as abas e realizar análises iniciais, foram levados em consideração os dados obtidos no levantamento imobiliário apresentados nos processos metodológicos, representado pela planta de apenas uma unidade (Figura 22) para efeito de retirada de informações.

Figura 22 - Apresentação do estudo de caso: unidade tipo residencial.



Fonte: O autor, 2023.

Nas tabelas a seguir foram apresentadas uma breve explicação sobre qual o método BIM a utilizar para avaliar completamente, parcialmente ou auxiliar a avaliação de cada parâmetro de sustentabilidade.

Foram analisadas as três dimensões da sustentabilidade selecionadas anteriormente: ambiental, econômica e social, objetivando demonstrar a validade da integração de ambas ferramentas.

4.1- DIMENSÃO AMBIENTAL

A dimensão ambiental da sustentabilidade abordada no SBtool considera os aspectos concretos das limitações dos recursos naturais do planeta. Nesta dimensão foram analisadas as categorias: energia, materiais e resíduos sólidos, água, alterações climáticas, qualidade do ar externo e uso do solo e biodiversidade.

4.1.1- ENERGIA

Referente à categoria de energia, foram analisadas as potencialidades do uso BIM para extração de informação para avaliação do SBTool, com maior enfoque que as demais categorias, uma vez que o *software* BIM escolhido para análise – *Archicad* – apresentou-se melhor desenvolvido para extração os dados necessários.

Na Quadro 17 e Figuras 23 e 24, ressalta-se que mesmo com a aba de avaliação energética dentro do modelo, ainda se fez necessário a busca de informações em ferramentas, normas e legislações vigentes. Os programas *DesignBuilder*, *Energy Plus* e *Green Building Studio*, quando atrelados ao sistema de modelagem do *Archicad* e do *Energy Evaluation*, apresentam todas as informações necessárias para análise completa da categoria frente a ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

Quadro 17 - Análise dos parâmetros energéticos.

Categoria	Critérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Energia	Consumo de energia não renovável na fase de utilização do empreendimento	É possível realizar análises de desempenho térmico quando se detalha o modelo com as propriedades térmicas dos materiais e características dos sistemas construtivos. Dentro do	01

		<p><i>Archicad</i>, essas informações podem ser inseridas no plugin desenvolvido pela própria <i>Graphisoft (Energy Evaluation)</i>. Os valores necessários para checagem geral dos dados de energia primária também podem ser inseridos no modelo, com auxílio de normas e informações regionais, sendo necessário a busca dessas informações fora do modelo BIM.</p>	
	<p>Quantidade de energia do empreendimento que é produzida por meio de fontes renováveis</p>	<p>É possível levantar inicialmente a quantidade de energia renovável produzida pelo edifício. Porém, o termo fonte de energia renovável, o <i>Archicad</i> só consegue analisar as fontes de energia solar, para outro tipo de fonte, seria necessário buscar <i>plug-ins</i> que atrelados a modelagem BIM, fosse capaz de extrair os dados para avaliação, um exemplo dessa ferramenta <i>plug-in</i> é o <i>Energy Plus</i>.</p>	<p>02</p>

Fonte: O autor, 2023.

Figura 23 - Ficha de análise BIM x BSA: Energia.

1

DIMENSÃO

Ambiental

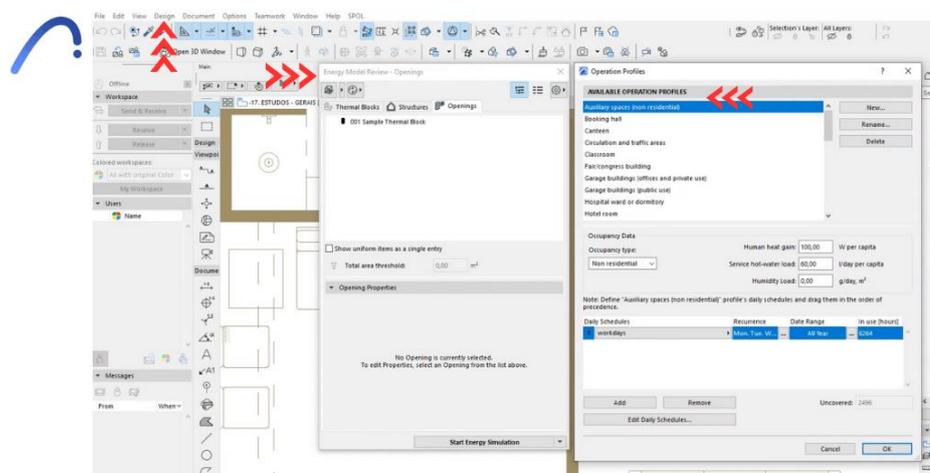
CATEGORIA

Energia

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Consumo de energia não renovável na fase de utilização do empreendimento

INTERFACE



Energy and Resource Consumption	Value	Weight	Category	Description
Energy and Resource Consumption	26,3%	B		
Energy and Resource Consumption	22,7%	B1		
Embodied non-renewable energy in original construction materials.	6,5%	B1.1		
Embodied non-renewable energy in construction materials for maintenance or replacements.	3,2%	B1.2		
Consumption of non-renewable energy for all building operations.	6,5%	B1.3		
Consumption of renewable energy for all building operations.	6,5%	B1.4		
Consumption of non-renewable energy for project-related transport.	0,0%	B1.5		
Consumption of non-renewable energy for demolition or dismantling process.	0,0%	B1.6		

OBSERVAÇÕES

O *Archicad 26* trás dentro da sua própria plataforma uma ferramenta capaz de fazer análise do consumo energético a partir da modelagem dotada de informações (caminho dentro da ferramenta: *Energy Evaluation*).

DADOS EXTERNOS AO BIM

Inicialmente não se fez necessário a extração de dados fora da plataforma de modelagem. O que pode necessitar de interferência do usuário, são inserção de valores da *RTQ*, ponderados pelo Inmetro para região.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Estes dados são inseridos no projeto pelo usuário durante a fase de modelagem ou compatibilização com a disciplina de instalações.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA



Fonte: O autor, 2023.

Figura 24 - Ficha de análise BIM x BSA: Energia.

2

DIMENSÃO
Ambiental

CATEGORIA
Energia

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Quantidade de energia do empreendimento que é produzida por meio de fontes renováveis

INTERFACE

The image displays the Archicad software interface for energy analysis. On the left, the 'Energy Source Factors' dialog box is open, showing a list of energy sources with their primary energy and CO2 emission values. On the right, the BSA assessment interface is shown, displaying target and assessment scores for various criteria. A table below the interface provides a summary of the assessment results.

Score	Category	Parameter / Criterion	Description	Status
26,3%	B	Energy and Resource Consumption		Go to start of Project Assessment
22,7%	B1	Energy and Resource Consumption		
6,5%	B1.1	Embodied non-renewable energy in original construction materials.		
3,2%	B1.2	Embodied non-renewable energy in construction materials for maintenance or replacement(s).		
6,5%	B1.3	Consumption of non-renewable energy for all building operations.		
6,5%	B1.4	Consumption of renewable energy for all building operations.		
0,0%	B1.5	Consumption of non-renewable energy for project-related transport.		This is a large project; see BasicC C19 To be developed
0,0%	B1.6	Consumption of non-renewable energy for demolition or dismantling process.		To be developed

OBSERVAÇÕES

É possível levantar inicialmente com o BIM a quantidade de energia renovável produzida pelo edifício, porém o Archicad 26, faz apenas uma análise proveniente de fonte solar.

DADOS EXTERNOS AO BIM

No que diz sobre fonte de energia renovável, o Archicad só consegue analisar as fontes de energia solar, para outro tipo de fonte, seria necessário buscas plug-ins que atrelados a modelagem BIM, fosse capaz extrair os dados para avaliação, um exemplo dessa ferramenta plug-in é o Energy Plus.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Quanto a parte que o Archicad consegue analisar, o melhor momento para inserção de dados é na modelagem de arquitetura e no início das simulações, com a inserção de arquivos climático.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

4.1.2- MATERIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS

Dentro desta categoria foram analisados os custos de materiais, quantidade de produtos certificados, potencialidades para separação de resíduos, percentual de materiais substitutos de concreto e porcentagem de conteúdo reciclável da edificação. Vale destacar que a inserção correta no início da modelagem nos materiais que compõe a edificação, contribui com a extração, por meio do modelo IFC (*Industry Foundation Classes*), ou pela própria plataforma BIM, os quantitativos requeridos para análise e certificação ambiental. As análises obtidas foram apresentadas no Quadro 18 e Figuras de 25 a 29.

Quadro 18 - Análise dos parâmetros de materiais e resíduos sólidos.

Categoria	Crítérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Materiais e resíduos sólidos	Custo de materiais utilizados (%)	Com a extração dos mapas quantitativos por meio do modelo IFC dotado de informações sobre os objetos que compõem o edifício, é possível estimar o custo de materiais utilizados por meio das características como densidade e volume. É possível criar também dentro da plataforma BIM, uma base de dados dos materiais utilizados que contenham todas as informações sobre o mesmo, até mesmo o percentual de produtos recicláveis, com a criação de atributos personalizados.	03
	Quantidade de produtos ambientalmente certificados (%)	Na tabela de atributos do modelo BIM, é possível identificar os produtos dotados de informação que são produzidos com madeira de base orgânica, como exemplo. Uma vez que o objeto utilizado está dotado desta informação, é possível filtrá-lo buscando algum tipo de material.	04
	Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	É possível extrair esta informação da modelagem BIM, uma vez que o modelo se encontra com todo o mobiliário modelado. Além disso, se faz necessário a coleta de dados externos, como exemplo, o sistema de coleta de resíduos da região em que insere o projeto.	05

	Porcentagem em massa de materiais substitutos do concreto	Pode ser analisado conforme os parâmetros anteriores, com ressalva que a criação de uma base de dados se faz necessária ainda na fase de modelagem dos elementos.	06
	Porcentagem do conteúdo reciclado do edifício (kg)	Este é um parâmetro que também pode ser extraído do mapa de quantitativos, semelhante aos anteriores, com a criação de parâmetros específicos ainda na fase de projeto.	07

Fonte: O autor, 2023

Figura 25 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.

3

DIMENSÃO

Ambiental

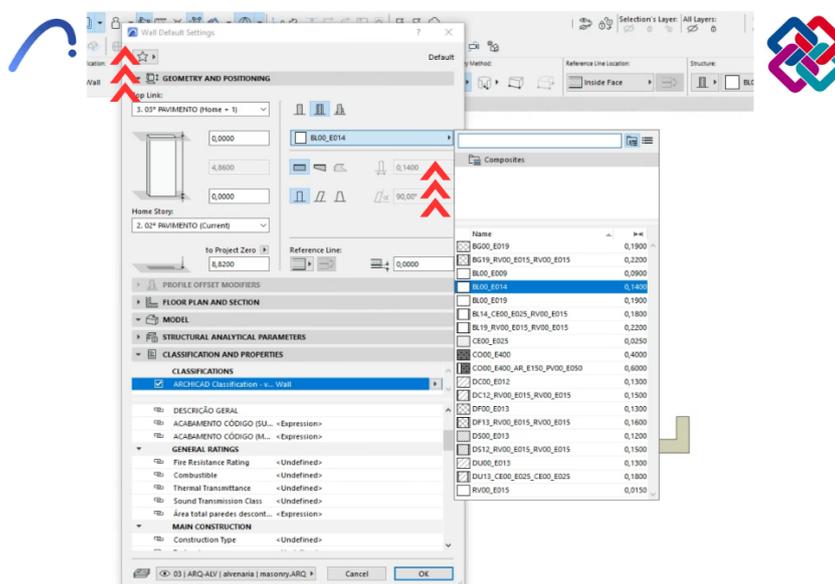
CATEGORIA

Materiais e resíduos sólidos

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Custo de materiais utilizados (%)

INTERFACE



OBSERVAÇÕES

Com a extração dos mapas de quantitativos através do modelo IFC dotado de informações sobre os objetos que compõe o edifício, é possível estimar o custo de materiais utilizados através de características como densidade e volume. É possível criar também dentro da plataforma BIM, uma base de dados dos objetos utilizados que contenham todas as informações sobre o mesmo, até mesmo o percentual de produtos recicláveis, com a criação de atributos personalizados.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 26 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.

4

DIMENSÃO

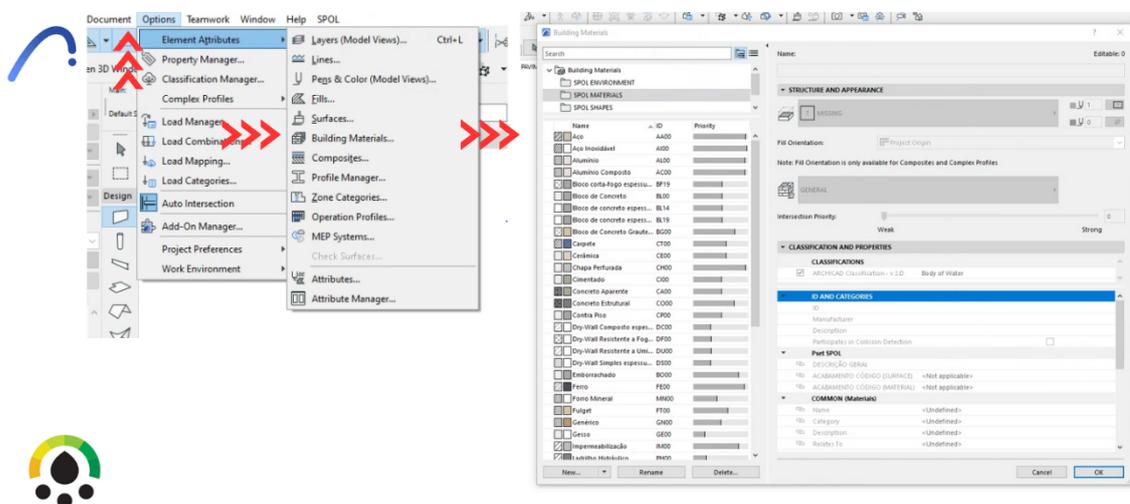
Ambiental

CATEGORIA

Materiais e resíduos sólidos

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Quantidade de produtos ambientalmente certificados (%)

INTERFACE**OBSERVAÇÕES**

Através da tabela de atributos do modelo BIM, é possível identificar os produtos dotados de informação que são produzidos com madeira de base orgânica. Uma vez que o objeto utilizado está dotado desta informação, é possível filtra-lo buscando por tipo de material.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Figura 27 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.

5

DIMENSÃO

Ambiental

CATEGORIA

Materiais e resíduos sólidos

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos

INTERFACE

Final weights taking into account specific site and project features	Active %	Criteria	Description
100,0%	█		There are 107 active Project criteria
0,8%	█	C2.2	Emissions of acidifying emissions during facility operations.
2,4%	█	C2.3	Emissions leading to photo-oxidants during facility operations.
1,6%	█	C3	Solid and Liquid Wastes
0,0%		C3.1	Solid waste from the construction and demolition process retained on the site.
0,8%	█	C3.2	Solid non-hazardous waste from facility operations sent off the site.
0,0%		C3.3	Risk of non-radioactive hazardous waste resulting from facility operations.
0,0%		C3.4	Radioactive waste resulting from facility operations.
0,8%	█	C3.5	Liquid effluents from building operations that are sent off the site.
0,3%	█	C4	Impacts on Project Site
0,0%		C4.1	Impact of construction process on natural features of the site.
0,0%		C4.2	Impact of construction process or landscaping on soil stability or erosion.
0,3%	█	C4.3	Recharge of groundwater through permeable paving or landscaping.
0,0%		C4.4	Changes in biodiversity on the site.
0,0%		C4.5	Adverse wind conditions at grade around tall buildings.
4,0%	█	C5	Other Local and Regional Impacts
0,8%	█	C5.1	Impact on access to daylight or solar energy potential of adjacent property

The interface also shows a 3D model of a trash container with various settings and a list of materials (LIBRERA 01, LIBRERA 02, LIBRERA 03, LIBRERA 04) with their respective weights.



OBSERVAÇÕES

É possível extrair esta informação da modelagem BIM, uma vez que o modelo se encontra com todo o mobiliário modelado. Além disso, as informações que necessitam de informações de modelagem do bairro e condições externas, são necessários buscas externas, como exemplo o sistema de coleta de resíduo da região em que insere o projeto.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*, com complementos de dados externos, como em sites da prefeitura ou do governo.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA



Fonte: O autor, 2023.

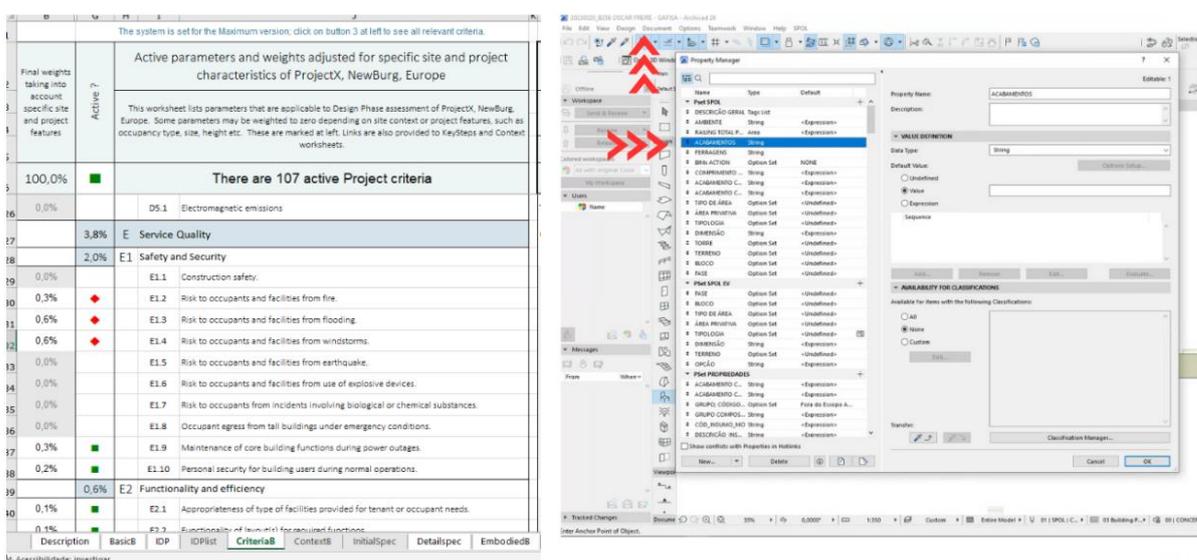
Figura 28 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos

6 **DIMENSÃO**
Ambiental

CATEGORIA
Materiais e resíduos sólidos

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Porcentagem em massa de materiais substitutos do concreto

INTERFACE



The figure displays two screenshots from the Archicad software interface. The left screenshot shows a table of project criteria with columns for 'Final weights taking into account specific site and project features', 'Active?', 'Description', and 'CriteriaB'. The table lists various criteria such as 'Service Quality', 'Safety and Security', and 'Functionality and efficiency' with their respective weights. The right screenshot shows the 'Property Manager' window, which is used to define and manage properties for elements in the BIM model. It includes a list of properties and their values, along with options for classification and availability.

Final weights taking into account specific site and project features	Active?	Description	CriteriaB
100,0%	■	There are 107 active Project criteria	
0,0%		D5.1	Electromagnetic emissions
3,8%	■	E	Service Quality
2,0%	■	E1	Safety and Security
0,0%		E1.1	Construction safety.
0,3%	◆	E1.2	Risk to occupants and facilities from fire.
0,6%	◆	E1.3	Risk to occupants and facilities from flooding.
0,6%	◆	E1.4	Risk to occupants and facilities from windstorms.
0,0%		E1.5	Risk to occupants and facilities from earthquake.
0,0%		E1.6	Risk to occupants and facilities from use of explosive devices.
0,0%		E1.7	Risk to occupants from incidents involving biological or chemical substances.
0,0%		E1.8	Occupant egress from tall buildings under emergency conditions.
0,3%	■	E1.9	Maintenance of core building functions during power outages.
0,2%	■	E1.10	Personal security for building users during normal operations.
0,6%	■	E2	Functionality and efficiency
0,1%	■	E2.1	Appropriateness of type of facilities provided for tenant or occupant needs.
0,1%	■	E3.7	Functionality of built-in facilities for required functions.



OBSERVAÇÕES

Pode ser analisado conforme os parâmetros anteriores, com ressalva que a criação de uma base de dados se faz necessária ainda na fase de modelagem dos elementos, criando parâmetros personalizados dentro da plataforma BIM.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Figura 29 - Ficha de análise BIM x BSA: Materiais e resíduos sólidos.

7

DIMENSÃO

Ambiental

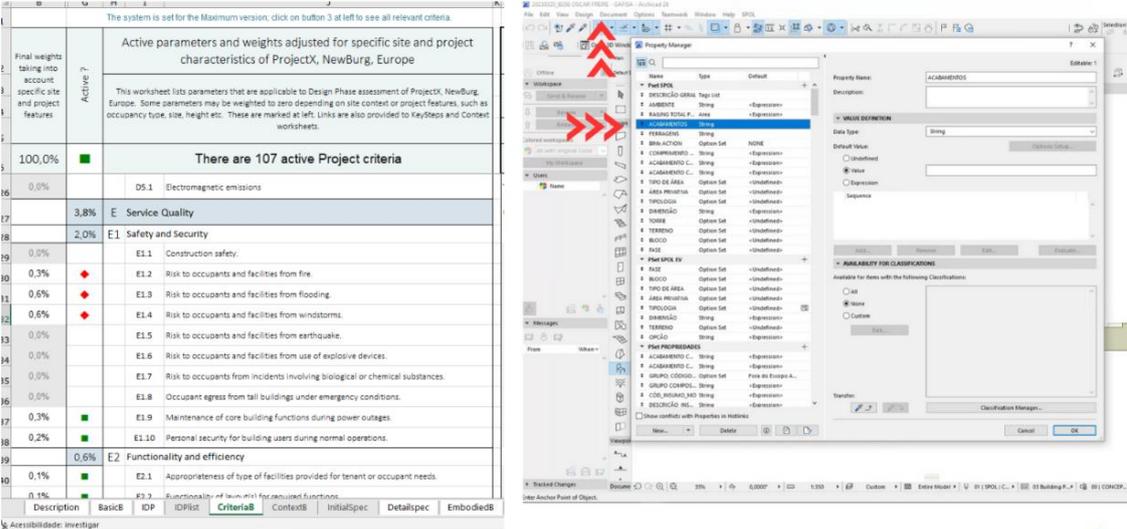
CATEGORIA

Materiais e resíduos sólidos

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Porcentagem do conteúdo reciclado do edifício (kg)

INTERFACE



The screenshot shows two parts of the software interface. On the left is a table titled 'Active parameters and weights adjusted for specific site and project characteristics of ProjectX, NewBurg, Europe'. It lists 107 active project criteria with columns for weight, category, and description. On the right is a 'Property Manager' window showing a list of properties for 'ACABAMENTOS' with various values and units.

Final weights taking into account specific site and project features	ACTIVE	Description
100,0%	■	There are 107 active Project criteria
0,6%		D5.1 Electromagnetic emissions
3,8%	■	E Service Quality
2,0%	■	E1 Safety and Security
0,0%		E1.1 Construction safety
0,3%	◆	E1.2 Risk to occupants and facilities from fire
0,6%	◆	E1.3 Risk to occupants and facilities from flooding
0,6%	◆	E1.4 Risk to occupants and facilities from windstorms
0,0%		E1.5 Risk to occupants and facilities from earthquake
0,0%		E1.6 Risk to occupants and facilities from use of explosive devices
0,0%		E1.7 Risk to occupants from incidents involving biological or chemical substances
0,0%		E1.8 Occupant egress from tall buildings under emergency conditions
0,3%	■	E1.9 Maintenance of core building functions during power outages
0,2%	■	E1.10 Personal security for building users during normal operations
0,6%	■	E2 Functionality and efficiency
0,1%	■	E2.1 Appropriateness of type of facilities provided for tenant or occupant needs
0,1%	■	E2.2 Appropriateness of use-mix for assigned functions



OBSERVAÇÕES

Este é um parâmetro que também pode ser extraído do mapa de quantitativos, semelhante aos anteriores, com a criação de parâmetros específicos ainda na fase de projeto.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

4.1.3- ÁGUA

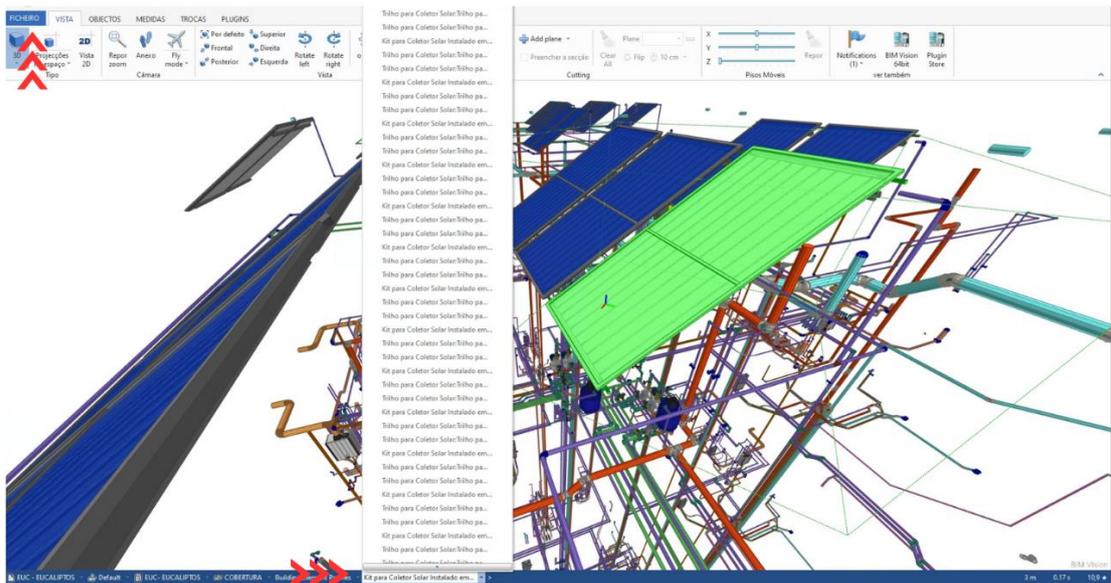
Na categoria água foram analisados os pontos de consumo anual e percentual de redução de consumo anual (Quadro 19 e Figuras 30 e 31). A modelagem completa e detalhada dos sistemas hidrossanitários dentro da ferramenta BIM são suficientes para extração dos dados necessários, sem precisar de auxílio de ferramentas ou informações externas ao programa.

Quadro 19 - Análise dos parâmetros de água.

Categoria	Critérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Água	Consumo anual de água no interior do empreendimento	Com a modelagem de todos os componentes que fazem parte do sistema hidrossanitário, permite que o projetista tenha conhecimento do consumo de água. Nesse ponto, é possível com essas informações completar a tabela de avaliação no SBTool.	08
	Percentagem de redução do consumo de água potável	Opções dentro da ferramenta BIM permitem estimar o consumo de água e os custos, por meio do preenchimento de campos específicos dentro do programa, e da modelagem do sistema.	09

Fonte: O autor, 2023.

Figura 30 - Ficha de análise BIM x BSA: Água.

8	DIMENSÃO
	Ambiental
	CATEGORIA
	Água
	PARÂMETRO / CRITÉRIO
	Consumo anual de água no interior do empreendimento
	INTERFACE
	
	OBSERVAÇÕES
<p>Com a modelagem de todos os componentes que fazem parte do sistema hidrossanitário, permite que o projetista tenha conhecimento do consumo de água do empreendimento. Nesse ponto, é possível com essas informações, completar a tabela de avaliação desse quesito dentro do <i>SBTool</i>.</p>	
	DADOS EXTERNOS AO BIM
<p>É possível extrair os dados com o <i>Archicad</i>.</p>	
	FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM
<p>Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.</p>	
	NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

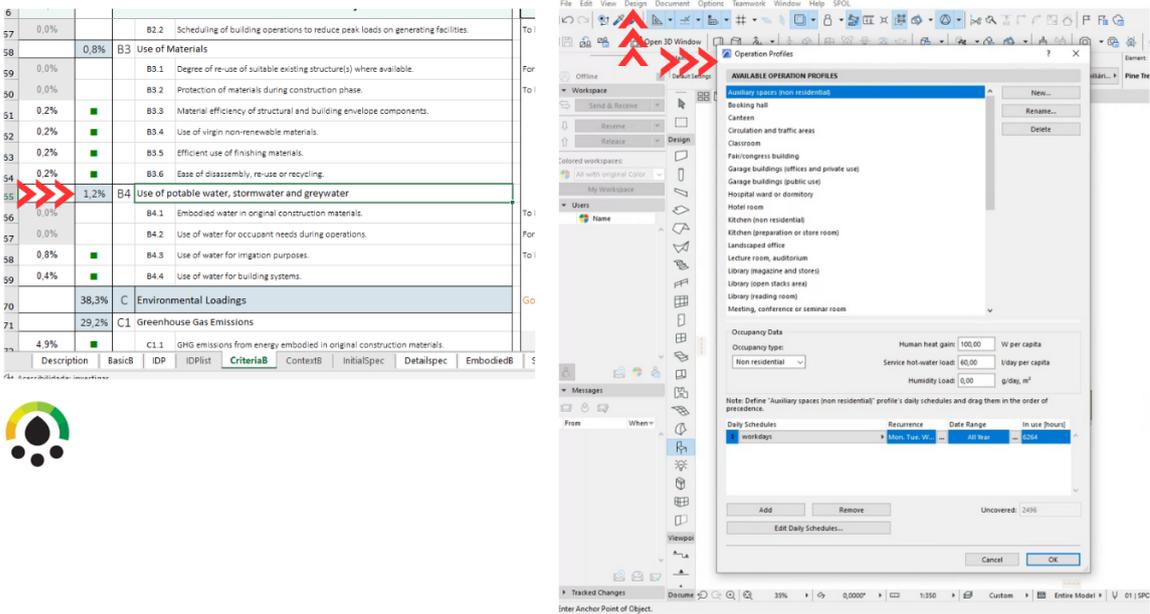
Figura 31- Ficha de análise BIM x BSA: Água.

9 **DIMENSÃO**
Ambiental

CATEGORIA
Água

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Porcentagem de redução do consumo de água potável

INTERFACE



Description	BasicB	IDP	IDPIS1	CriteriaB	ContextB	InitialSpec	Detailspec	EmbodiedB
B2.2 Scheduling of building operations to reduce peak loads on generating facilities.	0,0%							
B3 Use of Materials	0,8%							
B3.1 Degree of re-use of suitable existing structure(s) where available.	0,0%							
B3.2 Protection of materials during construction phase.	0,0%							
B3.3 Material efficiency of structural and building envelope components.	0,2%							
B3.4 Use of virgin non-renewable materials.	0,2%							
B3.5 Efficient use of finishing materials.	0,2%							
B3.6 Ease of disassembly, re-use or recycling.	0,2%							
B4 Use of potable water, stormwater and greywater	1,2%							
B4.1 Embodied water in original construction materials.	0,0%							
B4.2 Use of water for occupant needs during operations.	0,0%							
B4.3 Use of water for irrigation purposes.	0,8%							
B4.4 Use of water for building systems.	0,4%							
C Environmental Loadings	38,3%							
C1 Greenhouse Gas Emissions	29,2%							
C1.1 GHG emissions from energy embodied in original construction materials.	4,9%							

The interface also shows a dialog box for defining 'Auxiliary spaces (non residential)' profiles, including occupancy type (Non residential), human heat gain (100,00 W per capita), service hot-water load (60,00 l/day per capita), and humidity load (0,00 g/day, m³). It also displays a table of daily schedules with recurrence (Mon, Tue, W, etc.) and date range (All year).

OBSERVAÇÕES

Opções dentro da ferramenta BIM permitem estimar o consumo de água e os custos, através do preenchimento de campos específicos dentro do programa, e da modelagem do sistema. É necessário também, dentro do BIM, informar os padrões de ocupação, para chegar a números mais precisos.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o Archicad.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

4.1.4- ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS A QUALIDADE DO AR EXTERNO

Quanto a essa categoria (Quadro 20 e Figura 32), foi analisado o valor do impacto ambiental do ciclo de vida do edifício. Notou-se que se faz necessário o uso de consulta à programa externo, o BIM não contempla tal avaliação.

Quadro 20 - Análise dos parâmetros de alterações climáticas e qualidade do ar externo.

Categoria	Critérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Alterações climáticas e qualidade do ar externo	Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida do edifício por m ³	Para esta avaliação é necessário utilizar software específico. Contudo, com a utilização do BIM no processo ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), é possível abranger todas as fases do ciclo de vida da edificação.	10

Fonte: O autor, 2023.

Figura 32 - Ficha de análise BIM x BSA: Alterações Climáticas.

10	DIMENSÃO
	Ambiental
	CATEGORIA
	Alterações climáticas e qualidade do ar externo
	PARÂMETRO / CRITÉRIO
	Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida do edifício por m ³
	INTERFACE
	-
	OBSERVAÇÕES
	Para esta avaliação é necessário utilizar software externo para análise. Contudo, a utilização do BIM no processo ACV é possível abranger todas as fases do ciclo de vida da edificação.
	DADOS EXTERNOS AO BIM
	Todas as avaliações dessa categoria necessitam de informações fora do BIM, um <i>software</i> como exemplo é o <i>ATHENA Impact Estimator</i> .
	FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM
	Nas fases finais de análises para certificação.
	NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

4.1.5- USO DO SOLO E BIODIVERSIDADE

Foram analisados nesta categoria (Quadro 21 e Figuras do 33 ao 37) os critérios de utilização do índice de líquidos disponíveis, índice de impermeabilização, porcentagem de terreno previamente contaminado, porcentagem de área verde e áreas com refletância maior ou igual a 60%. Vale ressaltar que 60% dos critérios analisados nesta categoria foram passíveis de serem extraídos com apenas as informações contidas na modelagem BIM.

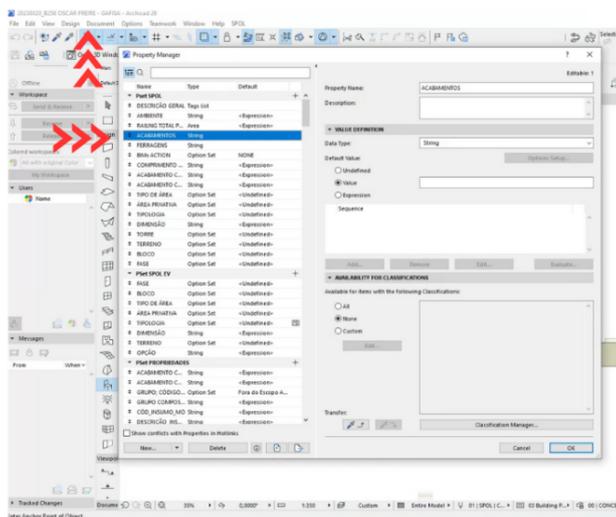
Quadro 21 - Análise dos parâmetros de uso do solo e biodiversidade.

Categoria	Crítérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Uso do solo e biodiversidade	Porcentagem de utilização do índice de líquidos disponíveis	O mapa de quantitativos obtém-se das áreas necessárias ao cálculo do índice de utilização de líquidos do edifício. A identificação do índice de utilização de líquidos máximos permitido pelo PDM (Plano Diretor Municipal) local requer a interferência do utilizador.	11
	Índice de impermeabilização	Para extração desse critério é necessário definir sub-regiões da área de implementação do modelo BIM e atribuir a propriedade “impermeabilização” às referidas regiões.	12
	Porcentagem de terreno previamente contaminado ou edificado	Processo semelhante ao parâmetro anterior. A área de implementação é facilmente obtida pelo modelo BIM. É possível também gerar modelos de áreas contaminadas com a modelagem correta das informações do terreno inserindo o edifício, e se necessário, é possível criar parâmetros dentro do <i>Archicad</i> para analisar as situações específicas.	13
	Porcentagem de área verde	Para obter esse parâmetro é necessário identificar sub-regiões como “áreas verdes”, para obter a área verde total do edifício é por meio de mapas topográficos e	14

		mapas de quantidades por famílias/classes no <i>Archicad</i> . A ferramenta <i>zone</i> pode auxiliar na extração dessas informações.	
	Índice de área com refletância igual ou superior a 60%	Mesmo modelo de extração de dados que os parâmetros anteriores, é necessário definir as regiões no modelo e dotá-las com as características corretas – área verde e área de refletância.	15

Fonte: O autor, 2023.

Figura 33- Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.



OBSERVAÇÕES

Através do mapa de quantitativos pode-se obter as áreas necessárias ao cálculo do índice de utilização líquido do edifício, uma vez que essa propriedade é criada e personalizada dentro do BIM.

DADOS EXTERNOS AO BIM

A identificação do índice de utilização líquido máximo permitido pelo PDM local requer interferência do utilizador.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

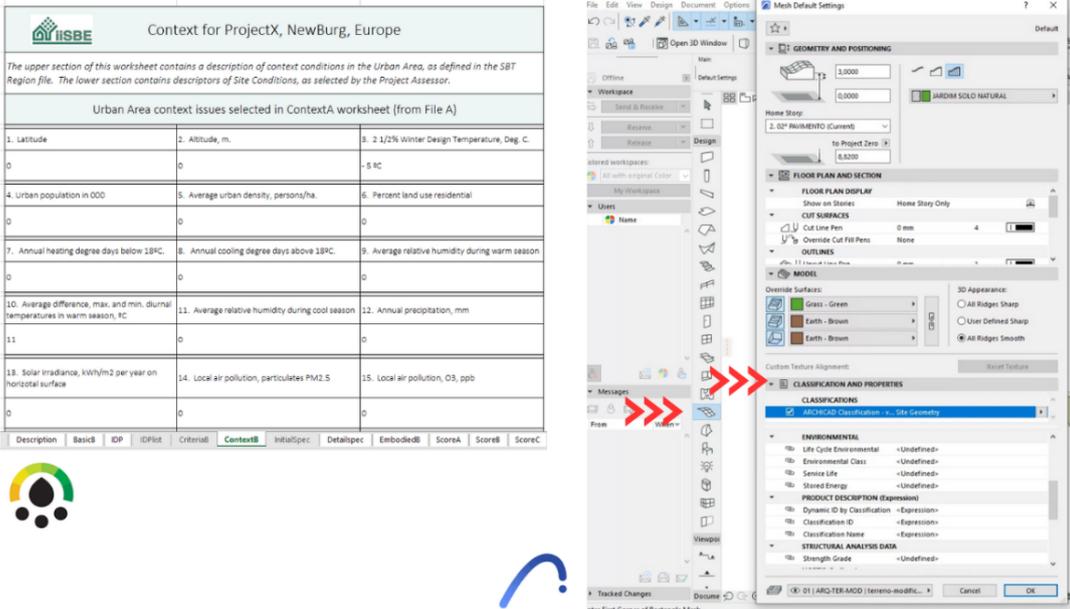
Figura 34 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.

12 **DIMENSÃO**
Ambiental

CATEGORIA
Uso do solo e biodiversidade

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Índice de impermeabilização

INTERFACE



Context for ProjectX, NewBurg, Europe			
The upper section of this worksheet contains a description of context conditions in the Urban Area, as defined in the SBT Region file. The lower section contains descriptors of Site Conditions, as selected by the Project Assessor.			
Urban Area context issues selected in ContextA worksheet (from File A)			
1. Latitude	2. Altitude, m.	3. 2 1/2% Winter Design Temperature, Deg. C.	
0	0	-5 °C	
4. Urban population in 000	5. Average urban density, persons/ha	6. Percent land use residential	
0	0	0	
7. Annual heating degree days below 18°C.	8. Annual cooling degree days above 18°C.	9. Average relative humidity during warm season	
0	0	0	
10. Average difference, max. and min. diurnal temperatures in warm season, °C	11. Average relative humidity during cool season	12. Annual precipitation, mm	
11	0	0	
13. Solar irradiance, kWh/m2 per year on horizontal surface	14. Local air pollution, particulates PM2.5	15. Local air pollution, O3, ppb	
0	0	0	

OBSERVAÇÕES

Para extração desse critério é necessário definir sub-regiões da área de implementação do modelo BIM e atribuir a propriedade “impermeabilização” às referidas regiões.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Seguidamente é possível obter um mapa de quantidades topográficas por sub-região com as áreas impermeabilizadas discriminadas.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Figura 35 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.

13

DIMENSÃO

Ambiental

CATEGORIA

Uso do solo e biodiversidade

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Porcentagem de terreno previamente contaminado ou edificado

INTERFACE

The image shows two screenshots from a BIM software interface. The left screenshot is a 'Context for ProjectX, NewBurg, Europe' worksheet. The right screenshot is the 'Mesh Default Settings' dialog box.

Context for ProjectX, NewBurg, Europe

The upper section of this worksheet contains a description of context conditions in the Urban Area, as defined in the SBT Region file. The lower section contains descriptors of Site Conditions, as selected by the Project Assessor.

Urban Area context issues selected in ContextA worksheet (from File A)

1. Latitude	2. Altitude, m.	3. 2 1/2% Winter Design Temperature, Deg. C.
0	0	-5 °C
4. Urban population in 000	5. Average urban density, persons/ha.	6. Percent land use residential
0	0	0
7. Annual heating degree days below 18PC.	8. Annual cooling degree days above 18PC.	9. Average relative humidity during warm season
0	0	0
10. Average difference, max. and min. diurnal temperatures in warm season, °C	11. Average relative humidity during cool season	12. Annual precipitation, mm
11	0	0
13. Solar irradiation, kWh/m2 per year on horizontal surface	14. Local air pollution, particulates PM2.5	15. Local air pollution, O3, ppb
0	0	0

Mesh Default Settings

GEOMETRY AND POSITIONING

Home Story: 2.02º RUMIMENTO (Current)

FLOOR PLAN AND SECTION

CUT SURFACES

MODEL

CLASSIFICATION AND PROPERTIES

ENVIRONMENTAL

PRODUCT DESCRIPTION (Expression)

STRUCTURAL ANALYSIS DATA

OBSERVAÇÕES

Processo semelhante ao parâmetro anterior. A área de implementação é facilmente obtida através de um modelo BIM. É possível também gerar modelos de áreas contaminadas com a modelagem correta das informações do terreno onde está inserido o edifício, e se necessário, é possível criar parâmetros dentro do Archicad para analisar situações específicas.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Processo semelhante ao parâmetro anterior. A área de implementação é facilmente obtida através de um modelo BIM.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem de terreno e informações de entorno.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 36 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.

14

DIMENSÃO

Ambiental

CATEGORIA

Uso do solo e biodiversidade

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Porcentagem de área verde

INTERFACE

Urban Area context issues selected in ContextA worksheet (from File A)		
1. Latitude	2. Altitude, m.	3. 2 1/2% Winter Design Temperature, Deg. C.
0	0	-5 °C
4. Urban population in ODD	5. Average urban density, persons/ha	6. Percent land use residential
0	0	0
7. Annual heating degree days below 18°C.	8. Annual cooling degree days above 18°C.	9. Average relative humidity during warm season
0	0	0
10. Average difference, max. and min. diurnal temperatures in warm season, °C	11. Average relative humidity during cool season	12. Annual precipitation, mm
11	0	0
13. Solar irradiance, kWh/m2 per year on horizontal surface	14. Local air pollution, particulates PM2.5	15. Local air pollution, O3, ppb
0	0	0

OBSERVAÇÕES

Para obter-se esse parâmetro é necessário identificar sub-regiões como “áreas verdes” para obter a área verde total do edifício através de mapas topográficos e obtenção de mapas de quantidades por famílias/classes. A ferramenta zone pode auxiliar na extração dessas informações, uma vez que dotada das informações que requer preenchimento pelo usuário na plataforma.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Processo semelhante ao parâmetro anterior. A área de implementação é facilmente obtida através de um modelo BIM.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem de terreno e informações de entorno.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 37 - Ficha de análise BIM x BSA: Uso do solo e Biodiversidade.

15

DIMENSÃO

Ambiental

CATEGORIA

Uso do solo e biodiversidade

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Índice de área com refletância igual ou superior a 60%

INTERFACE

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is a worksheet titled 'Context for ProjectX, NewBurg, Europe' with a table of context issues. The right screenshot is a software interface window titled 'Mesh Default Settings' showing various configuration options for a mesh model.

Urban Area context issues selected in ContextA worksheet (from File A)		
1. Latitude	2. Altitude, m.	3. 2 1/2% Winter Design Temperature, Deg. C.
0	0	-5.9C
4. Urban population in ODD	5. Average urban density, persons/ha.	6. Percent land use residential
0	0	0
7. Annual heating degree days below 18°C.	8. Annual cooling-degree days above 18°C.	9. Average relative humidity during warm season
0	0	0
10. Average difference, max. and min. diurnal temperatures in warm season, °C	11. Average relative humidity during cool season	12. Annual precipitation, mm
11	0	0
13. Solar irradiance, kWh/m2 per year on horizontal surface	14. Local air pollution, particulates PM2.5	15. Local air pollution, O3, ppb
0	0	0

The right screenshot shows the 'Mesh Default Settings' window with the following visible settings:

- GEOMETRY AND POSITIONING:** Home Storey: 2, 02º PAVIMENTO (Current); to Project Zero: 0, 0000; 6,8200
- FLOOR PLAN AND SECTION:** Show on Storey: Home Storey Only; CUT SURFACES: Cut Line Pen: 0 mm; Override Cut Fill Pen: None
- MODELS:** Override Surfaces: Green - Green, Earth - Brown, Earth - Brown; 3D Appearance: All Ridges Sharp, User Defined Sharp, All Ridges Smooth
- CLASSIFICATIONS AND PROPERTIES:** ARX/CAD Classification: Site Category; ENVIRONMENTAL: Life Cycle Environmental, Environmental Class, Service Life, Stored Energy; PRODUCT DESCRIPTION (Expressions): Dynamic ID by Classification, Classification ID, Classification Name; STRUCTURAL ANALYSIS DATA: Strength Grade

OBSERVAÇÕES

Mesmo modelo de extração de dados que os parâmetros anteriores, é necessário definir as regiões no modelo e dota-las com as características corretas – área verde e área de refletância. Feito assim, é possível extrair os dados necessários.

DADOS EXTERNOS AO BIM

A área de implementação é facilmente obtida através de um modelo BIM.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem de terreno e informações de entorno.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

4.2- DIMENSÃO SOCIAL

A dimensão social da sustentabilidade aborda a satisfação das pessoas frente às necessidades básicas, a valorização da cultura local, as melhorias no bem estar atual e futuro, o nível de qualidade de vida pela redução da iniquidade social de modo geral. Portanto, essa dimensão caminha para construção de uma sociedade sustentável, e que seja justa, democrática e inclusiva.

Os parâmetros de dimensão econômica analisados frente ao potencial de uso com a ferramenta BIM foram: acessibilidade, sensibilização e educação sustentável e conforto ao usuário.

4.2.1 ACESSIBILIDADE

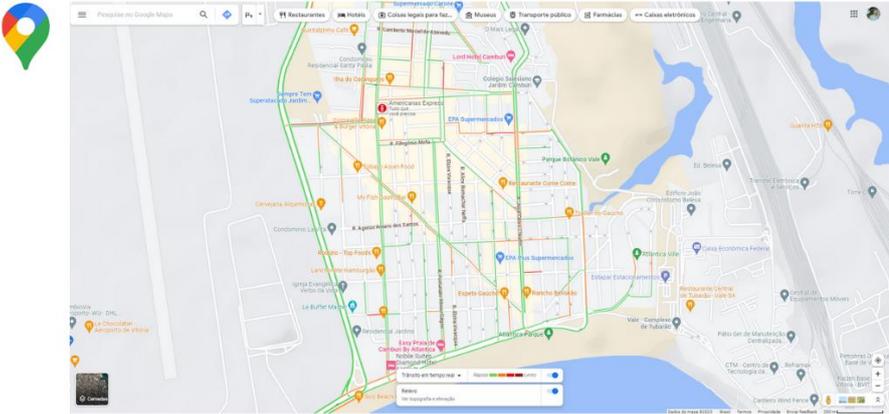
Dentro da categoria de acessibilidade foram analisados os critérios de acesso ao transporte público e o índice de acessibilidade. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 22 e Figuras 38 e 39. Vale destacar que na análise destes critérios não foi possível extrair todas as informações do sistema de modelagem BIM, sendo necessário informações externas. Para algumas análises, softwares de geoprocessamento podem auxiliar na extração de dados, como exemplo o QGIS (*Quantum GIS*).

Quadro 22 - Análise dos parâmetros de acessibilidade.

Categoria	Crítérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Acessibilidade	Acesso ao transporte público	A ferramenta BIM para análise deste critério se faz pouco usual, uma vez que o máximo que o projetista consegue extrair são as informações de modelagem do terreno e entorno, frente a dados do Google Maps.	16
	Índice de acessibilidade	À semelhança do parâmetro anterior, a metodologia BIM, atualmente, apenas poderá auxiliar na obtenção das distâncias do edifício às respectivas urbanidades.	17

Fonte: O autor, 2023

Figura 38 - Ficha de análise BIM x BSA: Acessibilidade.

16	DIMENSÃO
	Social
	CATEGORIA
	Acessibilidade
	PARÂMETRO / CRITÉRIO
	Acesso ao transporte público
	INTERFACE
	
	-
	
	OBSERVAÇÕES
	A ferramenta BIM para análise deste critério se faz pouco usual, uma vez que o máximo que o projetista consegue extrair são as informações de modelagem do terreno e entorno, frente a dados do Google Maps.
	DADOS EXTERNOS AO BIM
	O projetista consegue extrair são as informações de modelagem do terreno e entorno, frente a dados do Google Maps.
	FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM
	Por ser uma análise realizada fora do BIM, pode-se considerar como sendo feita após a modelagem de todos os itens de arquitetura e complementares.
	NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA



Fonte: O autor, 2023..

Figura 39 - Ficha de análise BIM x BSA: Acessibilidade.

17 DIMENSÃO

Social

CATEGORIA

Acessibilidade

PARÂMETRO / CRITÉRIO

Índice de acessibilidade

INTERFACE



GENISBE		Target and assessment scores for assessment of ProjectX in NewBurg, Europe		Whole Building	
Generic					Multi-residential
New Construction					Academic
Keysteps links to come	Design Phase, Maximum scope			Context Links to come	
F	Social, Cultural and Perceptual Aspects			Weighted Target Score	0,07
				Weighted Issue score	0,08
F1	Social Aspects			Weighted Target Score	0,02
				Weighted Category score	0,04
F1.1	Universal access on site and within the building.	♦	0,61%	Dsn.	
Intent	To assess the relative ease of access and use of facilities for persons with mobility or perceptual disabilities.				
Indicator	The scope and quality of design measures planned to facilitate access and use of building facilities by persons with with mobility or perceptual disabilities.				
Applicable project type	Excludes Apartments with stair access and Hotel/Motel with ground access and Office with stair access, except for ground floor.				
Information sources	Design and contract documentation, local regulatory authorities.				
Relevant information	Design features that impair or support the use of the building and its systems by persons with physical impairments, including mobility, visual or auditory types.				
Assessment method	Review of construction documents by a specialist in universal access design.				
Applicable standards	D: O: E:				

OBSERVAÇÕES

À semelhança do parâmetro anterior, a metodologia BIM, atualmente, apenas poderá auxiliar na obtenção das distancias do edificio às respetivas urbanidades.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Segundo pesquisas, existem plugins que são capazes de extrair esse tipo de informação e quantificar.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Por ser uma análise realizada fora do BIM, pode-se considerar como ser sendo feita após a modelagem de todos os itens de arquitetura e complementares.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

4.2.2- SENSIBILIDADE E EDUCAÇÃO SUSTENTÁVEL

Nesta categoria foram analisadas informações BIM que contribuam para a elaboração do manual do usuário e promoção de práticas sustentáveis. Assim como, na categoria anterior, o BIM contribuiu parcialmente para análise de integração com as informações da ferramenta BSA (Quadro 23 e Figura 40).

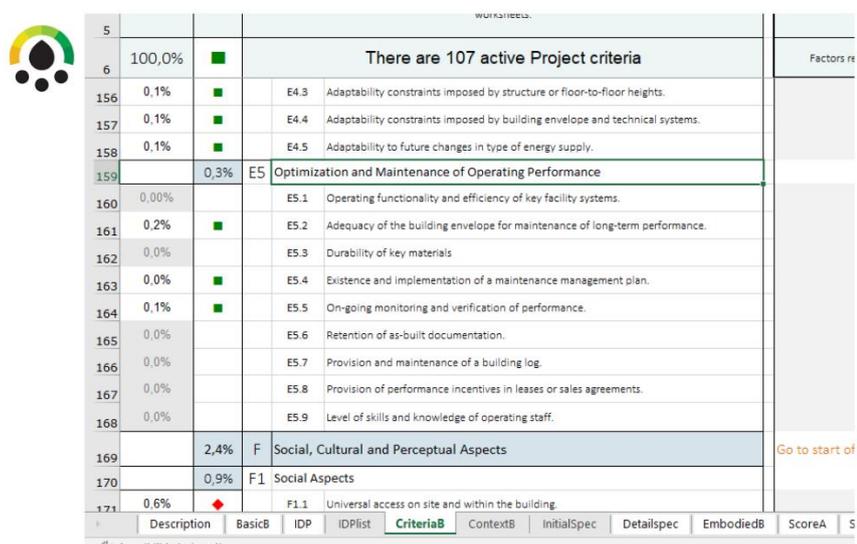
Quadro 23 - Análise dos parâmetros de sensibilização para educação sustentável.

Categoria	Crítérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Sensibilização e educação para sustentabilidade	Elaboração do manual do proprietário	De modo geral, o modelo BIM se faz bem útil na análise de dados presentes no item em questão, com a análise do mapa de quantitativos, equipamentos, instalações e o próprio projeto de arquitetura. Contudo, alguns parâmetros, o projetista precisa buscar fora da plataforma, como informações de ciclovias, parquímetros, locais de interesse, entre outros.	18

Fonte: O autor, 2023

Figura 40 - Ficha de análise BIM x BSA: Sensibilização e Educação Sustentável.

18	DIMENSÃO
	Social
	CATEGORIA
	Sensibilização e educação para sustentabilidade
	PARÂMETRO / CRITÉRIO
	Elaboração do manual do proprietário
	INTERFACE



Item	Score	Criteria	Description
5			worksheets.
6	100,0%		There are 107 active Project criteria
156	0,1%	E4.3	Adaptability constraints imposed by structure or floor-to-floor heights.
157	0,1%	E4.4	Adaptability constraints imposed by building envelope and technical systems.
158	0,1%	E4.5	Adaptability to future changes in type of energy supply.
159	0,3%	E5	Optimization and Maintenance of Operating Performance
160	0,00%	E5.1	Operating functionality and efficiency of key facility systems.
161	0,2%	E5.2	Adequacy of the building envelope for maintenance of long-term performance.
162	0,0%	E5.3	Durability of key materials
163	0,0%	E5.4	Existence and implementation of a maintenance management plan.
164	0,1%	E5.5	On-going monitoring and verification of performance.
165	0,0%	E5.6	Retention of as-built documentation.
166	0,0%	E5.7	Provision and maintenance of a building log.
167	0,0%	E5.8	Provision of performance incentives in leases or sales agreements.
168	0,0%	E5.9	Level of skills and knowledge of operating staff.
169	2,4%	F	Social, Cultural and Perceptual Aspects
170	0,9%	F1	Social Aspects
171	0,6%	F1.1	Universal access on site and within the building.

OBSERVAÇÕES

De modo geral, o modelo BIM se faz bem útil na análise de dados presentes no item em questão com a análise do mapa de quantitativos, equipamentos, instalações e o próprio projeto de arquitetura.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Contudo, alguns parâmetros o projetista precisa buscar fora da plataforma, como informações de ciclovias, parquímetros, locais de interesse, entre outros.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Deve ser analisado nas últimas etapas de projeto.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

4.2.3- CONFORTO AO USUÁRIO

Foram analisados nessa categoria os critérios que dizem respeito a quantidade de VOC (*Volatile Organic Compound gases*) dos materiais, índices de ventilação natural, índices de conforto térmico, fator de luz do dia e questões de isolamento acústico. Conforme apresentado no Quadro 24 e nas Figuras 41 a 45, em alguns critérios se faz necessário o uso de outras metodologias além do BIM, para extração de dados necessários para certificação frente a plataforma BSA.

Quadro 24 - Análise dos parâmetros para conforto do usuário.

Categoria	Crítérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Conforto do usuário	Quantidade de VOC (%) em materiais de acabamento	É possível extrair os dados necessários a partir da exportação dos mapas de quantitativos e das características atribuídas aos materiais. Com isso, é possível criar e analisar a propriedade, chegando na massa total de materiais de acabamento utilizados no projeto.	19
	Ventilação natural	Quanto a esse critério, a ferramenta BIM auxilia apenas na obtenção das áreas dos espaços habitáveis e nas áreas de aberturas para o exterior.	20
	Conforto térmico anual	É possível extrair da ferramenta resultados de simulações energéticas com a obtenção das temperaturas internas no edifício. Contudo, para analisar por completo este parâmetro, são necessárias informações externas ao BIM.	21
	Fator de luz no dia médio	É possível, por meio do Archicad, analisar índices de iluminação natural e artificial do edifício, uma vez que no modelo sistemas estejam modelados e dotados de informações.	22
	Isolamento acústico	É possível dotar de informações referente a escolha de materiais e técnicas para acústica dentro do modelo, porém para extração de todos os dados, se faz necessário o uso de outras ferramentas,	23

Fonte: O autor, 2023.

Figura 41 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.

19 **DIMENSÃO**
Social

CATEGORIA
Conforto ao usuário

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Quantidade de VOC (%) em materiais de acabamento

INTERFACE

Category	Weighted Target Score	Weighted Actual Score
C Environmental Loadings	1,11	0,43
C1 Greenhouse Gas Emissions	0,88	0,19
C1.1 GHG emissions from energy embodied in original construction materials.	4,85%	Dsr.
Applicable project type	All occupancies	lg CO2 / kWh embodied 0,17
Information sources	Benchmarks for GWh/m2 are the same as those selected for Benchmark B1.1. Values in BREDEM range from about 1000 to 300 kgCO2/m2 for Residential, and 100 to 300 kgCO2/m2 for offices (not annualized). Based on embodied energy required (see B1.1 for various key materials), and the emissions related to those energy inputs.	Assumed lifespan in years, from Basic workshed 75

OBSERVAÇÕES

É possível extrair os dados necessários a partir da exportação dos mapas de quantitativos e das características atribuídas aos materiais. Com isso, é possível criar e analisar a propriedades, chegando na massa total de materiais de acabamento utilizados no projeto.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos elementos que compõe a arquitetura do edifício.

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

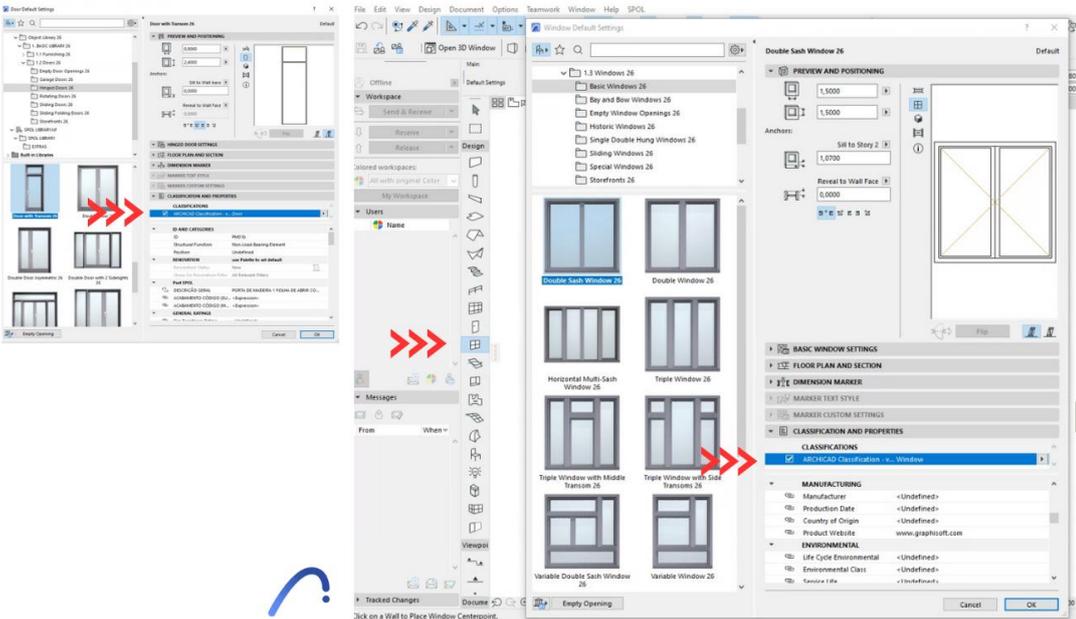
Figura 42 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.

20 **DIMENSÃO**
Social

CATEGORIA
Conforto ao usuário

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Ventilação natural

INTERFACE


OBSERVAÇÕES

Quanto a esse critério, a ferramenta BIM auxilia apenas na obtenção das áreas dos espaços habitáveis e nas áreas de aberturas para o exterior.

DADOS EXTERNOS AO BIM

O usuário conseguiu mapear as dimensões das aberturas dentro do própria ferramenta BIM, com a criação de tabelas de atributos.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 43 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.



Weight	Status	Criteria ID	Description	Notes
100,0%	Active	There are 107 active Project criteria		Factors related to activity status of specific criteria
1,2%	Active	CS.7	Contribution to Heat Island Effect from roofing, landscaping and paved areas.	
1,2%	Active	CS.8	Degree of atmospheric light pollution caused by project exterior lighting systems.	To be developed
1,7%	Active	D	Indoor Environmental Quality	Go to start of Project Assessment
1,0%	Active	D1	Indoor Air Quality and Ventilation	
0,1%	Active	D1.1	Pollutant migration between occupancies.	For operations phase
0,0%	Active	D1.2	Pollutants generated by facility maintenance.	For operations phase
0,0%	Active	D1.3	Mold concentration in indoor air.	To be developed
0,0%	Active	D1.4	Volatile organic compounds concentration in indoor air.	To be developed
0,2%	Active	D1.5	CO2 concentrations in indoor air.	
0,2%	Active	D1.6	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during cooling seasons.	There is natural ventilation
0,2%	Active	D1.7	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during intermediate seasons.	There is natural ventilation
0,1%	Active	D1.8	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during heating seasons.	There is natural ventilation
0,1%	Active	D1.9	Air movement in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation
0,1%	Active	D1.10	Effectiveness of ventilation in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation
0,1%	Active	D2	Air Temperature and Relative Humidity	

OBSERVAÇÕES

É possível extrair da ferramenta resultados de simulações energéticas com a obtenção das temperaturas internas no edifício. Contudo, para analisar por completo este parâmetro, são necessárias informações externas ao BIM.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Programas como *Green Building Studio*, *DesignBuilder* e *Virtual Environment*, podem auxiliar junto ao BIM para análise completa das informações necessárias.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 44 - Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.



Weight	Status	Criteria ID	Description	Notes
100,0%	Active	There are 107 active Project criteria		
1,2%	Active	CS.7	Contribution to Heat Island Effect from roofing, landscaping and paved areas.	
1,2%	Active	CS.8	Degree of atmospheric light pollution caused by project exterior lighting systems.	To be developed
1,7%	Active	D	Indoor Environmental Quality	Go to start of Project Assessment
1,0%	Active	D1	Indoor Air Quality and Ventilation	
0,1%	Active	D1.1	Pollutant migration between occupancies.	For operations phase
0,0%	Active	D1.2	Pollutants generated by facility maintenance.	For operations phase
0,0%	Active	D1.3	Mold concentration in indoor air.	To be developed
0,0%	Active	D1.4	Volatile organic compounds concentration in indoor air.	To be developed
0,2%	Active	D1.5	CO2 concentrations in indoor air.	
0,2%	Active	D1.6	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during cooling seasons.	There is natural ventilation
0,2%	Active	D1.7	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during intermediate seasons.	There is natural ventilation
0,1%	Active	D1.8	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during heating seasons.	There is natural ventilation
0,1%	Active	D1.9	Air movement in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation
0,1%	Active	D1.10	Effectiveness of ventilation in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation To be developed
0,1%	Active	D2	Air Temperature and Relative Humidity	

OBSERVAÇÕES

É possível, por meio do *Archicad* analisar índices de iluminação natural e artificial do edifício, uma vez que no modelo os sistemas estejam modelados e dotado de informações. Contudo, para uma melhor análise, se faz necessário recorrer a dados em outros *softwares*.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Programas como *Daysim* e *Radiance*, podem auxiliar junto ao BIM para análise completa das informações necessárias.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Figura 45 -Ficha de análise BIM x BSA: Conforto ao usuário.



Weight	Status	Criteria ID	Description	Notes
100,0%	■		There are 107 active Project criteria	Factors related to activity status of specific criteria.
1,2%	■	CS.7	Contribution to Heat Island Effect from roofing, landscaping and paved areas.	
1,2%	■	CS.8	Degree of atmospheric light pollution caused by project exterior lighting systems.	To be developed
1,7%	■	D	Indoor Environmental Quality	Go to start of Project Assessment
1,0%	■	D1	Indoor Air Quality and Ventilation	
0,1%	■	D1.1	Pollutant migration between occupancies.	For operations phase
0,0%	■	D1.2	Pollutants generated by facility maintenance.	For operations phase
0,0%	■	D1.3	Mold concentration in indoor air.	To be developed
0,0%	■	D1.4	Volatile organic compounds concentration in indoor air.	To be developed
0,2%	■	D1.5	CO2 concentrations in indoor air.	
0,2%	■	D1.6	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during cooling seasons.	There is natural ventilation
0,2%	■	D1.7	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during intermediate seasons.	There is natural ventilation
0,1%	■	D1.8	Effectiveness of ventilation in naturally ventilated occupancies during heating seasons.	There is natural ventilation
0,1%	■	D1.9	Air movement in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation
0,1%	■	D1.10	Effectiveness of ventilation in mechanically ventilated occupancies.	There is mechanical ventilation To be developed
0,1%	■	D2	Air Temperature and Relative Humidity	

OBSERVAÇÕES

É possível dotar de informações referente a escolha de matérias e técnicas para acústica dentro do modelo, porém para extração de todos os dados, se faz necessário o uso de outras ferramentas, além do BIM.

DADOS EXTERNOS AO BIM

Programas como o *EASE*, podem auxiliar junto ao BIM para análise completa das informações necessárias.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

4.3- DIMENSÃO ECONÔMICA

No quesito econômico, a sustentabilidade aborda o crescimento econômico de forma ética e justa, promovendo harmonia entre as demais dimensões. Desse modo, é possível garantir a satisfação das necessidades humanas, boas condições à comunidade e a resiliência no uso de recursos naturais.

4.3.1- CUSTO DO CICLO DE VIDA

Nesta categoria foram analisados os parâmetros de valor de custo do investimento inicial e valor anual dos custos de utilização do empreendimento. Assim como, em outros casos, para ambos critérios, o uso de ferramentas e meios fora da plataforma BIM serão necessários. As análises foram apresentadas no Quadro 25 e Figuras 46 e 47.

Quadro 25 - Análise dos parâmetros de custo de ciclo de vida.

Categoria	Critérios SBTool	Potencialidades frente ao BIM	COD.
Custo e ciclo de vida	Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	A metodologia BIM, atualmente, permite estimar os custos totais da obra, auxiliando assim a estimativa do preço de venda ao público. O usuário deve ter acesso ao valor do m ² de venda para obter o custo de investimento.	24
	Valor anual dos custos de utilização por m ² de área útil	A utilização de metodologias BIM permite obter de forma automatizada a energia elétrica necessária à utilização do edifício e as necessidades de água potável.	25

Fonte: o autor, 2023.

Figura 46 - Ficha de análise BIM x BSA: Custo e Ciclo de vida.



	B	G	H	I	J	K	L	S	T
1		The system is set for the Maximum version; click on button 3 at left to see all relevant criteria.							
2	Final weights taking into account specific site and project features	Active ?	Active parameters and weights adjusted for specific site and project characteristics of ProjectX, NewBurg, Europe			Project criteria are applicable because the phase selected in File A is either Design, Construction or Operations. To see the active Project criteria, click on the link below.		Important ! Enter text or data only in yellow fields. All other text and numeric values in this worksheet are determined by formulas and must not be changed directly.	
3			This worksheet lists parameters that are applicable to Design Phase assessment of ProjectX, NewBurg, Europe. Some parameters may be weighted to zero depending on site context or project features, such as occupancy type, size, height etc. These are marked at left. Links are also provided to KeySteps and Context worksheets.						
4			There are 107 active Project criteria			Factors related to activity status of specific criteria.			
5	100,0%	■							
6	0,0%		F3.6	Aesthetic quality of facility interior.		To be developed			
89	0,1%	■	F3.7	Access to exterior views from interior.					
90			G Cost and Economic Aspects			Go to start of Project Assessment			
91		0,7%	G	Cost and Economics					
92			G1	Cost and Economics					
93	0,1%	■	G1.1	Construction cost.		Active in Design & Construction phase			
94	0,1%	■	G1.2	Operating and maintenance cost.		Active in Operations phase.			
95	0,1%	■	G1.3	Life-cycle cost.					
96	0,2%	■	G1.4	Investment risk.					
97	0,0%		G1.5	Affordability of residential rental or cost levels.		Active for Residential occupancy.			
98	0,1%	■	G1.6	Impact of project on land values of adjacent properties.		Not applicable to this phase			
99	0,0%	■	G1.7	Impact of construction and operations on the local economy.		Not applicable to this phase			
100	0,1%	■	G1.8	Economic viability of commercial occupancies.		Not applicable to this phase			
101									
102									



OBSERVAÇÕES

A metodologia BIM, atualmente, permite estimar os custos totais da obra, auxiliando assim a estimativa do preço de venda ao público. O usuário deve ter acesso ao valor do m² de venda para obter o custo de investimento.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA



Fonte: O autor, 2023.

Figura 47 - Ficha de análise BIM x BSA: Custo e Ciclo de vida.

25 **DIMENSÃO**
Econômica

CATEGORIA
Custo e ciclo de vida

PARÂMETRO / CRITÉRIO
Valor anual dos custos de utilização por m2 de área útil

INTERFACE

	B	G	H	I	J	K	L	S	T
1					The system is set for the Maximum version, click on button 3 at left to see all relevant criteria.				
2	Final weights taking into account specific site and project features	Active ?			Active parameters and weights adjusted for specific site and project characteristics of ProjectX, Newburg, Europe				Project criteria are applicable because the phase selected in File A is either Design, Construction or Operations. To see the active Project criteria, click on the link below.
3					This worksheet lists parameters that are applicable to Design Phase assessment of ProjectX, Newburg, Europe. Some parameters may be weighted to zero depending on site context or project features, such as occupancy type, size, height etc. These are marked as left. Links are also provided to KeySteps and Context worksheets.				Important ! Enter text or data only in yellow fields. All other text and numeric values in this worksheet are determined by formulas and must not be changed directly.
4									
5					There are 107 active Project criteria				Factors related to activity status of specific criteria.
6	100,0%	■							
89	0,0%	■			F3.6 Aesthetic quality of facility interior.				To be developed
90	0,1%	■			F3.7 Access to exterior views from interior.				
91	0,7%	■	G		Cost and Economic Aspects				Go to start of Project Assessment
92	0,7%	■	G1		Cost and Economics				
93	0,1%	■			G1.1 Construction cost.				Active in Design & Construction phase
94	0,1%	■			G1.2 Operating and maintenance cost.				Active in Operations phase.
95	0,1%	■			G1.3 Life-cycle cost.				
96	0,2%	■			G1.4 Investment risk				
97	0,0%	■			G1.5 Affordability of residential rental or cost levels.				Active for Residential occupancy.
98	0,1%	■			G1.6 Impact of project on land values of adjacent properties.				Not applicable to this phase
99	0,0%	■			G1.7 Impact of construction and operations on the local economy.				Not applicable to this phase
100	0,1%	■			G1.8 Economic viability of commercial occupancies.				Not applicable to this phase
101									
102									



OBSERVAÇÕES

A utilização de metodologias BIM, permite obter de forma automatizada a energia elétrica necessária à utilização do edifício e as necessidades de água potável.

DADOS EXTERNOS AO BIM

É possível extrair os dados com o *Archicad*.

FASE DE PROJETO PARA INSERÇÃO DE DADOS NO MODELO BIM

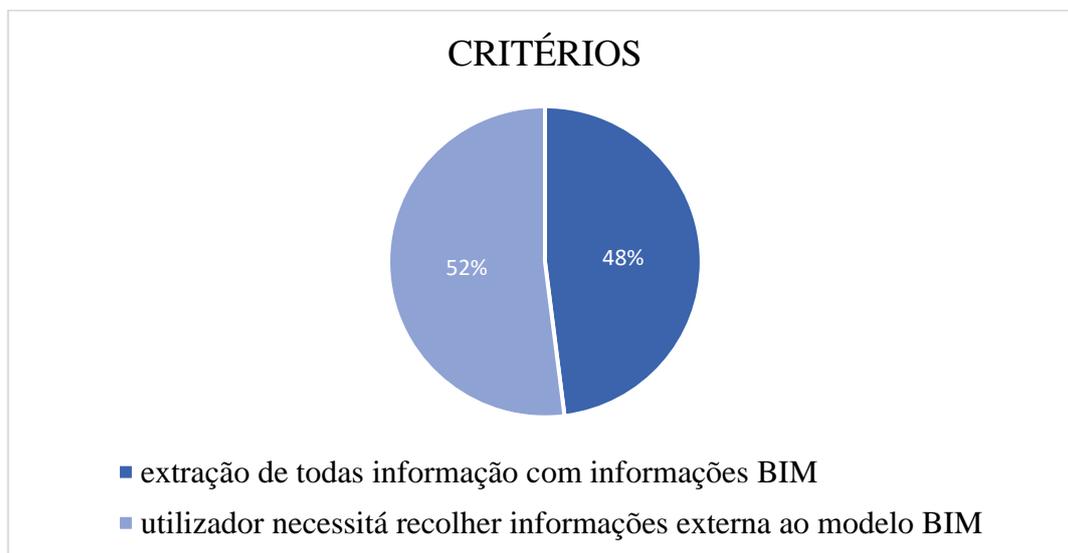
Na fase de modelagem dos complementos de arquitetura da edificação

NÍVEL DE RELAÇÃO BIM X BSA

Fonte: O autor, 2023.

Diante das análises dos vinte e cinco critérios, nota-se que em doze critérios a extração de dados é passível de realizar apenas com a modelagem e sistema de informações BIM (Gráfico 3). Já para os outros treze critérios, se faz necessário o uso de parâmetros externos, como por exemplo, normas vigentes, legislações, valores, recursos, entre outros.

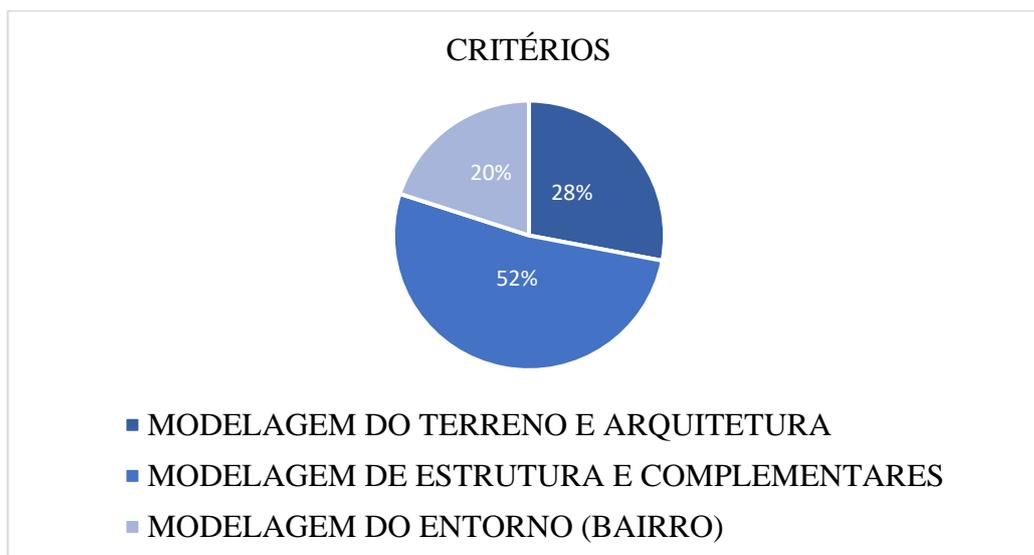
Gráfico 3 - Análise das informações entre BIM e informações externas à ferramenta.



Fonte: O autor, 2023.

Além das avaliações dos critérios do *SBTool* foram checados também as fases de projeto ao qual o projetista adotaria o modelo com informações necessárias para obtenção de resultados mais precisos (Gráfico 4). Destaca-se também que quanto maior o número de critérios que o projetista consiga atender ainda na fase de projeto, a eficácia na otimização de questões sustentáveis é de maior sucesso. Com a integração dos critérios com a modelagem BIM, o projetista pode simular resultados prévios e analisar diferentes cenários de projeto em um curto espaço de tempo. O Gráfico xx mostra que 80% dos critérios podem ser analisados no BIM ainda na fase inicial de projeto.

Gráfico 4 - Exposição dos critérios durante as fases de projeto.

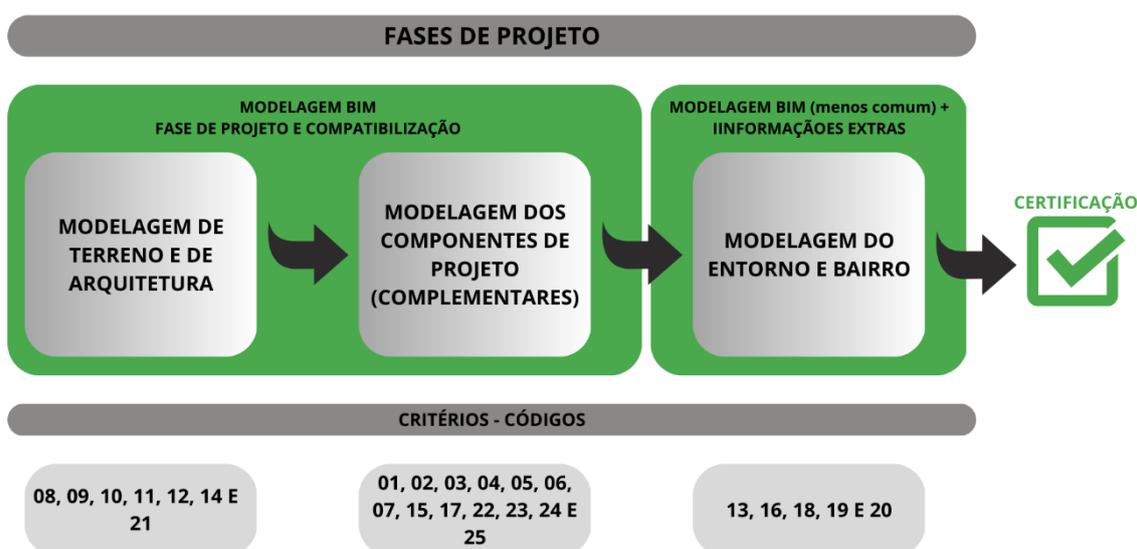


Fonte: O autor, 2023.

Vale ressaltar a necessidade da realização de uma avaliação mais completa antes da execução do projeto, alguns parâmetros são estimados tendo em conta o tipo de utilização do edifício e número de pessoas, reforçando que a análise foi feita para um edifício residencial.

Assim sendo, a Figura 48, apresenta esquematicamente a fase em que os vários parâmetros da metodologia SBTool devem ser avaliados de acordo com a sequência de um projeto realizado por meio de um modelo BIM.

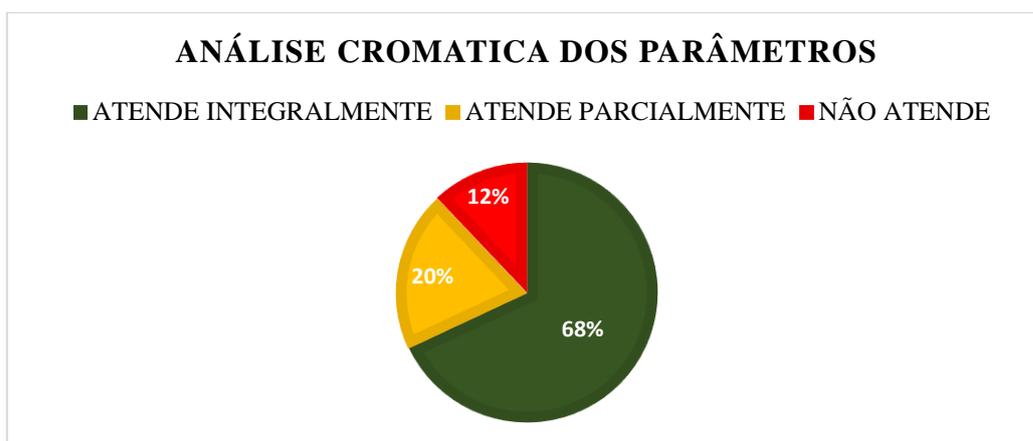
Figura 48 - Análise de critérios por fases de projeto dentro da plataforma BIM.



Fonte: o autor, 2023.

No que se diz respeito a análise cromática (Gráfico 5 e Quadro 26) quanto ao atendimento ao não dos parâmetros BSA, vale destacar que com o *Archicad* foram possíveis analisar 68% dos parâmetros sem auxílio de ferramentas externas para extração de dados, 20% se fizeram capazes de serem analisados parcialmente dentro do BIM, e 12% dos parâmetros necessitam de análises ao qual o BIM ainda não contempla, sendo assim, pode-se considerar que de modo geral, foi possível analisar dentro do software, 88% dos critérios analisados.

Gráfico 5 - Análise cromática dos parâmetros.



Fonte: O autor, 2023.

Quadro 26 - Síntese da análise cromática entre ferramentas.

DIMENSÃO	CATEGORIA	CRITÉRIOS	ATENDIMENTO À ANÁLISE BSA X BIM
Ambiental	Energia	Consumo de energia não renovável na fase de utilização do empreendimento	●
		Quantidade de energia do empreendimento que é produzida por meio de fontes renováveis	●
	Materiais e resíduos sólidos	Custo de materiais utilizados (%)	●
		Quantidade de produtos ambientalmente certificados (%)	●
		Potencial das condições do edifício para	●
			●

		a promoção da separação de resíduos sólidos		
		Porcentagem em massa de materiais substitutos do concreto		
		Porcentagem do conteúdo reciclado do edifício (kg)		
		Porcentagem em massa de materiais substitutos do concreto		
	Água	Consumo anual de água no interior do empreendimento		
		Porcentagem de redução do consumo de água potável		
	Alterações climáticas e qualidade do ar externo	Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida do edifício por m ³		
	Uso do solo e biodiversidade	Porcentagem de utilização do índice de líquidos disponíveis		
		Índice de impermeabilização		
		Porcentagem de terreno previamente contaminado ou edificado		
		Porcentagem de área verde		
		Índice de área com refletância igual ou superior a 60%		
	Social	Acessibilidade	Acesso ao transporte público	
			Índice de acessibilidade	
		Sensibilização e educação para sustentabilidade	Elaboração do manual do proprietário	
Conforto do usuário		Quantidade de VOC (%) em materiais de acabamento		

		Ventilação natural	
		Conforto térmico anual	
		Fator de luz no dia médio	
		Isolamento acústico	
Econômica	Custo e ciclo de vida	Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	
		Valor anual dos custos de utilização por m ² de área útil	

Fonte: O autor, 2023.

Quanto a fase de projeto a qual deve ser realizada a avaliação de sustentabilidade, acredita-se ser essencial que a mesma seja realizada ainda na fase de projeto, a fim de que os projetistas possam realizar alterações que otimizem o desempenho do edifício ainda na tomada de decisões projetuais. Vale ressaltar também, que diferentes parâmetros devem ser analisados em fases distintas de projeto, de acordo com a informação necessária para sua avaliação, para que os mesmos apresentem resultados mais precisos na sua avaliação.

Quando analisado por dimensão, é possível obter os seguintes resultados: 1- dimensão ambiental - dos quinze critérios abordados, 93% foram possíveis de terem suas análises realizadas por meio do *software* em estudo; 2- dimensão social - 87,5% dos oito critérios analisados, atenderam aos *inputs* necessários para checagem frente ao BIM; e 3- aspectos econômicos - todos os dois aspectos foram passíveis de serem analisados dentro do *software*. Com esse resultado, pode-se afirmar que, do total de critérios analisados, quase 90% atenderam às expectativas e objetivos lançados com a pesquisa.

Os aspectos ambientais, quando analisada as categorias de materiais e resíduos sólidos, água, energia e uso do solo e biodiversidade, apresentaram 100% de interação com o *software* BIM. Já a categoria de alterações climáticas e qualidade do ar externo não

realizou nenhuma análise dentro do BIM, se mostrando necessário o uso de softwares específicos.

Os aspectos sociais, as categorias de conforto ao usuário e sensibilização e educação para sustentabilidade, seus critérios são passíveis de serem analisados dentro do software, por outro lado, os critérios da categoria de acessibilidade não apresentou nenhuma interação, uma vez que para análise desses critérios, o SBTool requer parâmetros ao qual o *software* não abrange, sendo assim, se faz necessário o uso de *softwares* externo, como exemplo itens do Plano Diretor Municipal e o uso do QGis para extração de análise viária.

Por fim, os aspectos econômicos, quanto à categoria de custo e ciclo de vida, todos os critérios selecionados para análise foram atendidos, mostrando válida a futura interação em software BIM e ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

Conclusão

5.



5- CONCLUSÃO

A crescente necessidade de alcançar a sustentabilidade ambiental no habitat urbano ganhou popularidade entre os atores do setor de arquitetura, engenharia e construção. Isso se deve à crescente necessidade de reduzir a poluição ambiental e mitigar as mudanças climáticas.

A construção de edifícios tem um alto nível de impactos ambientais. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) tem se configurado como uma ferramenta eficaz para prever, avaliar e otimizar esses impactos. A aplicação convencional desta metodologia na área da construção civil envolve o consumo de uma grande quantidade de tempo e recursos. O recente desenvolvimento e progresso na integração de ferramentas digitais como o *Building Information Modeling* (BIM) está gerando importantes avanços no processo de otimização de impactos ambientais no setor de edifícios.

No que se refere ao modelo metodológico empírico adotado para realização deste projeto de pesquisa, vale salientar que para análise realizada, os aspectos ambientais e econômicos se apresentaram melhor durante a análise de pontos levantados na ficha de interferências entre as ferramentas, já os aspectos sociais, os dados necessário para serem imputados na certificação ambiental, com a metodologia aplicada, não alcançaram os resultados esperados, sendo assim, se faz necessário extrair os valores por meio de outro processo metodológico.

A integração de metodologias BIM e BSA, tendo como princípio aprimorar os processos de sustentabilidade do edifício, pode revelar-se fundamental para a otimização de desempenho e redução dos impactos ambientais do edifício no futuro. Sendo assim, torna-se essencial salientar novas formas para que seja possível a integração e automatização do processo de avaliação de sustentabilidade, quando enquadrados no contexto do BIM, tornando possível o trabalho comparativo entre equipes de projeto e a comparação de diferentes medidas sustentáveis, ainda nas fases iniciais de projeto.

No que diz respeito ao SBTool, quando analisado frente ao *Archicad*, notou-se que ainda não há uma integração total dessa ferramenta ao método de avaliação BSA, mas grande parte das informações necessárias, que resultam da aplicação de métodos e modelagem no BIM, permite a avaliação de grande parte dos parâmetros da metodologia de avaliação SBTool de forma automática e rápida.

Após a realização da pesquisa, constatou-se a importância de dotar o modelo BIM e seus respectivos objetos com determinadas informações essenciais para correta extração de dados, como, quantidades, áreas e materiais. A utilização do “mapa de quantitativos” e “criação de parâmetros personalizados”, revelaram ser um dos principais aspectos para a simplificação do processo de avaliação de sustentabilidade, uma vez que muitas das informações para avaliação dos parâmetros podem ser obtidas por meio dessas funções. Contudo, vale reforçar a necessidade da inserção correta de informações sobre os materiais, a região do projeto, as áreas, para que se possa extrair corretamente esses dados, organizando-os nos filtros e campos corretos. Caso contrário, se tornará difícil para o usuário identificar as informações das quais necessita para realização da avaliação.

A integração do BIM frente a metodologia de avaliação BSA pode ainda ser otimizada com a criação de uma *Application Programming Interface* (API), permitindo a extração automática de informações necessárias para avaliação SBTTool, para uma folha de cálculo. Contudo, para criação desse sistema de aplicação é necessário o conhecimento aprofundado em questões de programação, parametrização e modelagem.

Diante do exposto, após a aplicação da metodologia e análise dos resultados obtidos, a interação entre as ferramentas se apresentou válida frente aos critérios analisados, constando que 80% dos dados para certificação ambiental podem ser extraídos ainda nas fases iniciais de projeto, e que quase 70% dos dados necessários para análise interna a ferramenta BSA, se mostraram passíveis de serem extraídos com o próprio sistema de modelagem de informação da ferramenta BIM.

Portanto, diante dos temas abordados neste projeto de pesquisa, a busca por soluções sustentáveis durante a fase de projeto é um dos meios para mitigação dos danos ambientais causados pela indústria da construção civil. Projetos dotados de informações referente ao sistema construtivo adotado, materiais utilizados, soluções de *design* bem desenvolvidas, projetos de demais disciplinas compatibilizados dentro da plataforma BIM, além da extração de um modelo IFC completo, é uma prática de projeto que se mostra eficiente frente a extração de dados para uma realização em paralelo com uma ferramenta de certificação ambiental. Neste cenário vale ressaltar a importância dessa análise, não apenas para fins comerciais, mas que de fato as pautas ambientais sejam efetivamente abordadas de forma responsável pelos profissionais envolvidos no processo da construção civil.

5.1 – LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa, foram observados alguns fatores que por vez acabaram limitando o alcance dos objetivos estabelecidos:

- A necessidade de não atendimento a todos os critérios analisados frente ao BIM, afirmando que as versões de ambas ferramentas usadas para análise, com seu sistema de informação atual, não é passível de realizar a interoperabilidade atendendo 100% dos itens analisados;
- Foi realizado a análise de apenas um modelo de tipologia residencial, assim, edificações comerciais e públicas, com outros tipos de técnicas construtivas, não foram abordadas neste projeto de pesquisa, e poderiam ter sido incluídas; e
- O domínio da parametrização de informações no BIM poderia de certa forma ter auxiliado na extração de dados mais precisos para uma posterior análise de sustentabilidade ambiental em uma ferramenta BSA.

5.2 - PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Com base nas limitações do projeto de pesquisa e por observações relacionadas ao tema durante o seu desenvolvimento, foi possível elencar algumas sugestões para trabalhos futuros, destacadas a seguir:

- Realizar a interação entre outras plataformas BIM e BSA disponíveis no mercado;
- Avaliar a possibilidade de elaborar objetos paramétricos junto ao BIM que contenham as informações necessárias para certificação ambiental dos edifícios;
- Avaliar a possível interoperabilidade entre ambas ferramentas, ou a criação de plugins internos ao BIM que possibilitem a análise por completo.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, outros assuntos foram questionados, como a interatividade entre os arquitetos e ambas as ferramentas apresentadas na pesquisa, a relação do mercado frente a certificação ambiental e o interesse em difundir tal tema no meio da construção civil, além dos diversos desafios que os profissionais tendem a enfrentar na busca por construções que mitiguem os danos a Terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acessado 10/05/2021.

ABNT. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

ANDRADE, L.; LEMOS, N. Qualidade de projeto urbanístico – sustentabilidade e qualidade da forma urbana. In: BLUMENSCHNEIN, R. N.; PEIXOTO, E.; GUINANCIO, C. (Orgs.). Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanístico e arquitetônico e qualidade construtiva. 1. ed. Brasília: FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília, 2015. v. 1. 208p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AQUILA, G., E. O.; PAMPLONA, A. R. Q.; ROTELA JUNIOR, P; FONSECA, M. N. An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1090-1098, 2017.

BAKER-BROWN, Duncan. Painel de Discussão da COP 27 no Pavilhão de Edifícios do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, organizado pela Aliança Global de Edifícios e Construção. 2022.

Balanco Energético Nacional (BEN), 2022. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:< <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022> >. Acesso em: 10 setembro de 2022.

BERNABÉ, A. C. **A influência da envoltória no consumo energético em edifícios comerciais artificialmente climatizados na cidade de Vitória-ES**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2012.

BRASIL. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 18 out. 2001b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/lei200110295.pdf>> Acessado em 01/11/2021.

CAO, Yu; KAMARUZZAMAN, Syahrul Nizam; AZIZ, Nur Mardhiyah. Construção de Edifícios Verdes: Uma Revisão Sistemática da Utilização do BIM. **Edifícios**, v. 12, n. 8, pág. 1205, 2022.

CARLSEN, Lars; BRUGGEMANN, Rainer. Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas: um status até 2020. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 29, n. 3, pág. 219-229, 2022.

CORRÊA, Lásaro Roberto. Sustentabilidade na construção civil. **Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais**, 2009.

FLORES-LARSEN, Silvana; FILIPPÍN, Celina; BAREA, Gustavo. Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina. **Energy and Buildings**, v. 184, p. 216-229, 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação AQUA-HQE em detalhes. Vanzolini, 2015. Disponível em: Acesso em: 02 fev. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate change 2022:**

Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **AR6 Synthesis Report:**

Climate Change 2022.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Energy Efficiency: analysis and outlooks to 2040. Paris. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 37101: Sustainable development in communities - Management system for sustainable development - Requirements with guidance for use. Genebra, 2016.

ITFORUM – Aplicação do método BIM. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/tecnologia-bimeconomiza-tempo-e-dinheiro-na-construcao-civil/> > Acesso em: (28/12/2022).

KAMMEN, Daniel M.; SUNTER, Deborah A. Energia renovável integrada à cidade para sustentabilidade urbana. **Ciência**, v. 352, n. 6288, pág. 922-928, 2016.

KOČÍ, J.; KOČÍ, V.; MADĚRA, J.; ČERNÝ, R. Effect of applied weather data sets in simulation of building energy demands: Comparison of design years with recent weather data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 100, p. 22-32. 2019.

LAMBERTS, Roberto.; DUTRA, Luciano.; PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. 2ª ed. ProLivros, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana L. Desempenho térmico de edificações. **Universidade Federal**, 2000.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange; CARLO, Joyce; WESTPHAL, Fernando; PONTES, Rebeca. Regulamentação de Etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. Anais.... Ouro Preto: Antac, 2007b. p. 1019 – 1028.

LAMBERTS, Roberto e cols. Conforto e stress térmico. **LabEEE, UFSC**, 2011.

LARSSON, N. SBTool for 2015. International Initiative for a Sustainable Built Environment. 2015;

LOPES, Almerinda da Silva. **Arte no Espírito Santo: do século XIX à primeira república**. Vitória: Ed. do Autor, 1997.

MARENGO, José A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31-44, 2015.

MEYER, Theresa; BRUNN, Ansgar; STILLA, Uwe. Detecção de alterações para monitoramento do progresso da construção interna com base em BIM, nuvens de pontos e incertezas. **Automação na Construção**, v. 141, p. 104442, 2022. **MATEUS, R.; BRAGANÇA, L.** Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H, *Building and Environment*, n. 10, v. 46, 2020;

MATEUS, R. F. M. da S. Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil / Processos de Construção), 2020;

MICHAEL, M.; ZHANG, L.; XIA, X. An optimal model for a building retrofit with LEED standard as reference protocol. *Energy and Buildings*, v. 139, p.22-30, 2017.

MORISHITA, Claudia et al. Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis**, 2011.

MORISHITA, Claudia et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2011.

MOTTA, Juliana Costa; SCOPEL, Vanessa Guerini. Aspectos da tipologia na arquitetura, 2015.

MUNCK, Luciano et al. Em busca da sustentabilidade organizacional: a proposição de um framework. **Revista Alcance** , v. 20, n. 4 (Out-Dez), p. 460-477, 2013.

Murta, Luciana Mello, *Arquitetura Moderna Capixaba*, 2000. Disponível em <http://arquiteturamodernacapixaba.lucianamurta.com/?page_id=52> Acessado em 22/09/2021.

NEMA, Pragma; NEMA, Sameer; ROY, Priyanka. Uma visão geral das mudanças climáticas globais no cenário atual e ações de mitigação. **Revisões sobre Energias Renováveis e Sustentáveis** , v. 16, n. 4, pág. 2329-2336, 2012.

NICO-RODRIGUES, E. A. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambiente ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. 2015. 201 f. **Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)**. Programa de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Construção e Desenho, da Universidade de Bío Bío, Concepción, 2015.

PARSAMEHR, Mohammadsaeid et al. Uma revisão dos desafios da gestão da construção e soluções baseadas em BIM: perspectivas da gestão de cronograma, custo, qualidade e segurança. **Jornal Asiático de Engenharia Civil**, v. 24, n. 1, pág. 353-389, 2023.

ROMAN, Humberto; BONIN, Luis Carlos (Ed.). *Normalização e Certificação na Construção Habitacional*. Porto Alegre: Antac, 2003. 222 p. (Coletânea Habitare).

RORIZ, Maurício. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. São Carlos, SP. Agosto de 2012. Disponível em:<<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Zoneamento.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2019.

ROSSI, Aldo. *A arquitetura da cidade* (1966). 2001.

SANTAMOURIS, Mat. Resfriando os edifícios – passado, presente e futuro. **Energia e Edifícios**, v. 128, p. 617-638, 2016.

SB Method. *iiSBE ITÁLIA*, 2015;

SILVA, Rutelly Marques da. *Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios*. 2015.

SANTOS, Edson Pereira; DAS NEVES CONTI, Thadeu. Mercado profissional para a área de energia e eficiência energética no Brasil. **Revista Internacional de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 142-178, 2017.

SEDEC, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, <<http://vitoria.es.gov.br/sedec>>. Acessado em 30/10/2021.

SUZER, Ozge. A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. **Journal of environmental management**, v. 154, p. 266-283, 2015.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Disponível em: < <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf> >. Acessado em: 05 jan 2019.

U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM. Our changing Planet: The U.S. Global Research Program for Fiscal Year 2017. Washington, DC, 2016.

VENÂNCIO, R. Manual de Treinamento para o programa Design Builder versão 2.0. Laboratório de Conforto Ambiental (Labcon) - UFRN. Natal: 2009.

VILDÅSEN, Sigurd Sagen; KEITSCH, Martina; FET, Annik Magerholm. Clarifying the epistemology of corporate sustainability. **Ecological economics**, v. 138, p. 40-46, 2017.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Technology Environment Policy**, v. 15, p. 81–91, 2013.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). **Energy efficiency in buildings – Transforming the market**. Geneva, 2009. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/transformingthemarketeeb.aspx>>. Acessado em 23 de maio 2019.

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. Annual report 2015/2016;

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. World Green Building Council Rating Tools Task Group: Quality Assurance Guide for Green Building Rating Tools. Versão 1.1. 2015;

ZUO, J.; ZHAO, Z.-Y. Green building research—current status and future agenda: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 271–281, 1 fev. 2014.