

MATERIAIS PARAMÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO

PARAMETRIC MATERIALS: A CASE STUDY

EDEYN MICHELE TENEDINI, M.Sc. | USJT

LUIS O. P. L DE FARIA E SILVA, Dr. | USJT

RESUMO

Desde de o início da década de 70 vem aumentando a preocupação da sociedade, governo e mercado, com os impactos ambientais que o planeta vem sofrendo ao longo do tempo. Como resultado desta preocupação várias entidades realizaram estudos, planejaram estratégias e criaram ações e regulamentos visando promover um desenvolvimento sustentável. A construção Civil é um setor de grande importância nos aspectos que envolvem esse desenvolvimento sustentável, principalmente por gerar grandes impactos ambientais negativos. A construção de edificações sustentáveis se tornou imprescindível para os empreendedores desse setor, sendo um fator determinante para o mercado. Nesse contexto análises feitas por simuladores (BIM) tem uma valiosa contribuição para o processo de projeto sustentável proporcionando assim estudos referentes aos materiais utilizados, aberturas e iluminação natural, facilitando o moroso trabalho de listar os materiais. O presente artigo expõe a importância e a necessidade de se definir indicadores, padrões e normas como uma forma de mensurar o desempenho das ações sustentáveis implementadas em um empreendimento, mostrando um estudo de caso no qual foram utilizadas as diretrizes de Certificação Ambiental das edificações, que através da definição de critérios, segue estratégias e regulamentos que apontam objetivamente os resultados obtidos a partir das ações implantadas, quantificando a eficiência da edificação.

PALAVRAS CHAVE: Eficiência energética; Materiais, Parametrização, BIM, Certificação.

ABSTRACT

Since the beginning of the 1970s, the concern of society, government and the market has increased with the environmental impacts that the planet has been suffering over time. As a result of this concern, several entities have carried out studies, planned strategies and created actions and regulations aimed at promoting sustainable development. Civil construction is a sector of great importance in the aspects that involve this sustainable development, mainly for generating great negative environmental impacts. The construction of sustainable buildings became essential for the entrepreneurs of this sector, being a determining factor for the market. In this context, analyzes made by simulators (BIM) have a valuable contribution to the sustainable design process, thus providing studies on the materials used, openings and natural lighting, facilitating the time-consuming work of listing the materials. This article presents the importance and necessity of defining indicators, standards and norms as a way of measuring the performance of the sustainable actions implemented in an enterprise, showing a case study in which the Environmental Certification guidelines of the buildings were used. through the definition of criteria, follows strategies and regulations that objectively point out the results obtained from the implemented actions, quantifying the efficiency of the building.

KEY WORDS: Energy efficiency; Materials; Parameterization; BIM; Certification.



1. INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil é uma área de grande importância na economia brasileira, que envolve a sociedade como um todo, sendo responsável por grande movimentação no mercado. Por um outro ângulo, esse setor é responsável pelo elevado consumo de recursos naturais, enorme geração de resíduos e desperdícios diversos, causando um imensurável impacto ambiental negativo.

Por este motivo, a Construção Civil está sempre envolvida nas discussões sobre desenvolvimento sustentável, principalmente no que diz respeito a diminuição desses impactos negativos gerados por esta disciplina.

No âmbito da Arquitetura, Engenharia e construção (AEC), a definição de “sustentabilidade” nem sempre foi prioridade na elaboração dos projetos e construções, porém, devido a essas questões ambientais, sociais e econômicas, nos dias atuais este conceito vem sendo utilizado com grande destaque, como referencial de projetos. Verifica-se que tanto as instituições públicas, quanto as privadas exigem cada vez mais que profissionais da construção projetem e construam edifícios com impacto ambiental (AZHAR et al., 2009a).

Dentro deste contexto, o desenvolvimento de projetos sustentáveis na construção civil está se tornando urgente e é um processo relevante. Mas é de grande importância que se garanta que as práticas, materiais e tecnologias utilizados nesses projetos sejam realmente eficientes e apresentem de fato os resultados almejados, qual sejam a redução eficaz dos impactos negativos ao meio ambiente, o bem-estar dos usuários do empreendimento e um desenvolvimento sustentável para a comunidade.

A garantia de que uma edificação é de fato sustentável pode ser dada através da obtenção de uma certificação ambiental. As certificações são definidas por critérios de avaliação que visam refletir as expectativas da sociedade e dos profissionais envolvidos na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (RÓMERO; REIS, 2012). Ao alcançarem um nível mínimo de desempenho, o edifício pode obter o certificado ambiental conforme parâmetros pré-determinados, além disso é importante observar os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Este trabalho vai destacar um dos aspectos utilizados nas análises de eficiência energética que é determinante para se alcançar um bom resultado: a definição, identificação e caracterização dos materiais envolvidos no projeto e a correta e precisa inserção dos dados e informações sobre esses materiais nos sistemas de simulação.

O BIM (Building Information Modeling) será apresentado como uma solução para auxiliar e facilitar a realização das simulações e análises da eficiência energética das edificações.

Por se tratar de uma tecnologia que possui a modelagem paramétrica como uma das suas características relevantes, o BIM pode oferecer ferramentas que contribuem significativamente na identificação, definição e parametrização dos materiais utilizados em um projeto sustentável.

Este artigo pretende demonstrar através do estudo sobre a parametrização dos materiais na execução de simulações computacionais a importância de se fornecer parâmetros corretos para os objetos da simulação, inserir dados de materiais que condizem exatamente com o que será utilizado, prover o software com as informações precisas. Quanto mais precisa for a parametrização dos objetos melhores serão as análises apresentadas e os resultados alcançados.

2. CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

O setor da construção civil, é um grande consumidor de recursos naturais e energia, assim como um grande gerador de resíduos. Ele utiliza, mundialmente, mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído (DIXON, 2010).

Por esse motivo esse setor passou a buscar a utilização de novas práticas e ações que visam melhorar o desempenho energético de seus projetos, reduzindo os impactos ambientais inerentes ao seu trabalho e proporcionando melhor qualidade de vida aos seus usuários. Para isso é importante que os profissionais desse setor tenham conhecimento dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

Existe na literatura várias definições sobre os temas sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, o conceito mais conhecido é o proposto pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (World Commission on Environment and Development – WCED, 1987), no Relatório Brundtland, que afirma que desenvolvimento sustentável é o processo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. O referido relatório não sugere uma parada no crescimento econômico, mas aponta para uma convivência desse com as questões ambientais e sociais. Da análise do documento acima descrito pode-se verificar que um de seus objetivos era definir estratégias de desenvolvimento sustentável nos aspectos econômicos, social, e em especial no aspecto ambiental.

Com a aplicação dos conceitos e princípios de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável a área de arquitetura, engenharia e construção passa a desenvolver projetos sustentáveis, não só com a preocupação de reduzir os impactos negativos do setor, mas também atender melhor aos anseios da sociedade e ganhar mais espaço no mercado

atual, que passam a procurar por edificações sustentáveis. O mercado vem exigindo da AEC o desenvolvimento de projetos sustentáveis, com a implantação de todos os conceitos da sustentabilidade, se comprometendo em projetar espaços saudáveis, confortáveis, economicamente viáveis e sensíveis às necessidades sociais.

Com o crescente custo da energia e crescentes preocupações ambientais, a demanda por instalações sustentáveis de construção com impacto ambiental mínimo está aumentando. (AZHAR at al., 2009).

Para atender a essa exigência do mercado, uma das soluções é buscar certificação de entidades respeitadas. Existem no mercado diversos certificados que confirmam consistência técnica ao empreendimento, distinguindo-o dos demais. A certificação é a principal garantia de sustentabilidade do empreendimento. (PINHEIRO, 2006). Essas certificações, avaliam as edificações do início ao fim do projeto, através de critérios, requisitos ou parâmetros e classificam os empreendimentos de acordo com o desempenho energético e o nível de sustentabilidade que tal edificação alcança.

É importante destacar, no entanto, que, no Brasil, essas certificações ambientais possuem caráter voluntário, sendo obrigatórias apenas em casos bem específicos e definidos pela legislação; além de poder apresentar um custo inicial bastante elevado. Por outro lado, esses fatores não impedem que vários empreendedores da área de arquitetura, engenharia e construção, também se preocupem com a realização de projetos sustentáveis, o que pode ser feito por profissionais em pequenas construtoras ou escritórios. Ações ou práticas de construção que abordam uma visão diferente de projetar podem trazer resultados positivos a uma edificação, mesmo que o principal objetivo dessa não seja obter uma certificação ambiental, como o BID na figura 1, seu principal objetivo nunca foi uma certificação.



Figura 1 – Fachada Edifício BID.
Fonte: Relatório - BID

Deve-se ressaltar que, é fundamental que ocorra a definição dessas ações ou práticas sustentáveis de construção desde o início do projeto.

As decisões mais efetivas relacionadas ao projeto sustentável de uma instalação de construção são feitas nos estágios iniciais de projeto e pré-construção (AZHAR at al., 2009).

Desta forma, pode-se destacar que uma das decisões iniciais mais relevantes a se tomar no desenvolvimento de um projeto sustentável é a definição, caracterização e parametrização dos materiais a serem utilizados.

3. A PARAMETRIZAÇÃO DOS MATERIAIS E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

A utilização racional de energia, chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético. Por sua vez, eficiência energética é uma atividade que procura aperfeiçoar o uso das fontes de energia.

Segundo Lamberts at al (2013) a eficiência energética na arquitetura representa a possibilidade de se alcançar conforto térmico, visual e acústico utilizando-se o mínimo de energia possível, sendo considerada um atributo inerente ao edifício; ou seja, um projeto é mais eficiente que o outro, quando promove as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

A figura 2 apresenta o modelo computacional desenvolvido no programa DesignBuilder, nessa simulação são observados os elementos que possuem influência direta no desempenho térmico da edificação.



Figura 2 – Simulação conforto térmico.
Fonte: Relatório – BID.

Diante disso, a primeira etapa de qualquer projeto de edificações que pretende ser energeticamente eficiente deve ser a obtenção de um bom conhecimento dos aspectos que

influenciam no consumo de energia do edifício. A integração de ações com o objetivo de reduzir o consumo de energia significa realizar um planejamento inteligente.

Para avaliar realisticamente o desempenho do edifício nas fases iniciais de projeto e pré-construção, é necessário ter acesso a um conjunto abrangente de conhecimentos sobre a forma, os materiais, o contexto e os sistemas técnicos de um edifício. (AZHAR et al., 2009).

A preocupação com a orientação do edifício em relação ao sol, o aproveitamento da luz natural e a correta utilização dos materiais podem ser ações que proporcionam um levado ganho no desempenho energético de uma edificação. A figura 3 mostra em amarelo a indicação da área do terreno e o estudo de sombreamento necessário para proteção da radiação solar direta por meio de cartas solares.

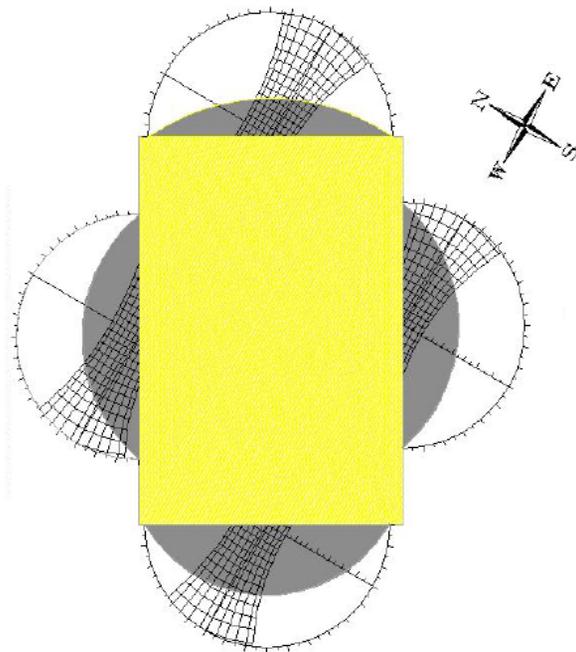


Figura 3 – Estudo dos ângulos de sombreamento
 Fonte: Relatório – BID.

A definição e a classificação do material em detrimento de outro devem ser feitas considerando sua capacidade de reduzir o consumo de energia. Segundo Souza (2004) os materiais e tecnologias utilizados em um projeto vão favorecer mais ou menos o aproveitamento dos recursos naturais e contribuir para a redução do consumo de energia na edificação (SOUZA, 2004).

Mais uma vez pode-se constatar a necessidade de se conhecer com precisão os materiais definidos para a construção de um edifício sustentável.

A determinação dos materiais para o projeto faz parte das diretrizes para a sustentabilidade sendo um critério que pode definir o nível de sustentabilidade de uma edificação. Do estudo realizado entre as várias certificações vigentes no Brasil, pode-se constatar que elas utilizam como um dos seus critérios de avaliação uma análise sobre os materiais utilizados no projeto.

Como parte da presente pesquisa, foi estudado o caso do Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, no qual foi solicitado pelo Grupo Justi, um relatório de sustentabilidade, realizado pela empresa Quali-A, um Organismo de Inspeção de Eficiência Energética de Edifícios acreditada pelo INMETRO. Para esse projeto foram considerados os requisitos e diretrizes necessárias, assim como as preocupações existentes para se alcançar a sustentabilidade do projeto, e foram definidas as principais metas, focando na satisfação e qualidade de vida dos usuários.

Segundo Lamberts (2008) a definição das diretrizes de sustentabilidade é feita buscando estabelecer para o projeto, desde sua concepção, as premissas de economia de energia e água, redução da produção de resíduos nos canteiros de obras, redução de custos ao longo da vida útil do empreendimento e bem-estar do usuário.

No caso do BID, objeto de estudo do presente trabalho, para o desenvolvimento desse projeto sustentável, foram utilizados além das diretrizes, critérios e regulamentos dos Programas PBE Edifica e AQUA, softwares específicos dessas certificações que promovem a simulação das condições bioclimáticas, de iluminação natural, conforto térmico, envoltória, condicionamento de ar, entre outros critérios.

O PBE Edifica é um sistema de Etiquetação que compõe o PBE (Programa Brasileiro de Etiquetação) e foi desenvolvido pela Eletrobrás/PROCEL em parceria com o Inmetro, que promove a avaliação da eficiência energética de edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, em parceria com o Inmetro. (PBE EDIFICA, 2018)

O Processo AQUA-HQE é uma certificação de construção sustentável baseada na certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale), e desde 2008, foi implementada no Brasil pela Fundação Vanzolini. Ao ser aplicada no Brasil essa certificação foi adaptada à realidade das normas e práticas brasileiras, visando uma Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento de Construção (VANZOLINI, 2018).

Os softwares utilizados no desenvolvimento do projeto do BID, com a finalidade de realizar as simulações dos critérios definidos pelas certificações foram o Revit

Architecture que segundo Justi (2008), é uma plataforma que pode ser utilizada em todas as fases do projeto, desde o design arquitetônico até a geração de documentação, ele está segmentado em Revit Architecture, para o arquitetônico, Revit Structure, para o estrutural e Revit MEP, para as instalações prediais; o EnergyPlus, que está embutido no Revit, analisa tanto o consumo de energia para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação e cargas de plug e processo, como também o uso da água em edifícios; o ENVI-met, que é um software gratuito, oferece um modelo microclimático tridimensional para simular as interações entre o solo, a superfície (vegetação, área urbana) e atmosfera na microescala urbana (BRUSE e FLEER, 1998), entre outros.

O projeto do BID foi realizado para a construção do edifício no município de Manaus, e alcançou as duas certificações ambientais, a saber PBE Edifica e AQUA-HQE. Para esse projeto verificou-se que as escolhas dos materiais corretos puderam garantir a durabilidade e a adaptabilidade, assim como podem facilitar a conservação e diminuir os impactos socioambientais da edificação.

Restou claro, dos estudos realizados nessa pesquisa, que o projeto de arquitetura é responsável por relacionar com o máximo de clareza o maior número de informações possível sobre a exigência do produto e do fornecedor. É importante enfatizar que deve haver atenção com relação a essas informações, pois uma especificação incompleta pode gerar erros de compras por parte da construtora, comprometendo a qualidade do empreendimento.

Foi possível constatar também que, inserir os parâmetros desejados de forma correta e precisa é determinante para o projeto; como exemplo pode-se citar que deve ser informada no memorial do projeto a previsão de vida útil do edifício desejada, de acordo com adaptabilidade dos materiais. O memorial deve demonstrar que a escolha dos materiais considerou a vida útil destes e a evolução do edifício ao longo do tempo.

No projeto do BID, uma edificação certificada, desenvolvida na Plataforma BIM, foram previstas possíveis adaptações do edifício para diferentes necessidades de uso. Foram realizadas reflexões e medidas para permitir uma mudança ou uma evolução do uso do edifício (estrutura, redes).

A empresa Quali-A, recomendou ainda, nesse projeto, a utilização do mesmo módulo de forro, piso, luminárias, portas, divisórias e esquadrias visando facilitar esta visão de adaptação do layout ao longo do tempo, destacando dessa forma como a parametrização dos materiais é uma ação determinante no projeto.

Nesse mesmo contexto, é importante destacar ainda que na especificação dos materiais (piso, tetos, paredes, esquadrias, vidros, fachadas, dispositivos de sombreamento, telhados e coberturas), o projeto deve deixar claro que a escolha é feita em função da conservação desses materiais, e que eles possuam um baixo impacto ambiental (energia, CO₂ ou resíduos). A precisão dessas informações é tão importante que, segundo a Quali-A, os fabricantes devem comprovar os dados e o arquiteto deve ter o catálogo ou laudo técnico de todos os produtos especificados, para comprovar e garantir respaldo em sua especificação.

Além de todos esses procedimentos com relação a correta e precisa parametrização dos materiais e produtos utilizados em um projeto sustentável, deve-se procurar sempre que possível, especificar produtos com certificados confiáveis, e no caso de não encontrar no mercado, buscar evidências (provas) da inviabilidade do uso do produto. Ressalta-se que é fundamental se ter conhecimento da procedência e rastreabilidade dos recursos naturais empregados.

Deve-se salientar também da análise do projeto do BID a existência de outras recomendações com relação a escolha dos materiais a serem utilizados na obra, reforçando mais uma vez a relevância da definição e identificação correta desses materiais, assim como sua caracterização e parametrização nos sistemas de simulação. Algumas dessas recomendações são: na especificação de matérias, deve-se buscar produtos que estejam mais próximos à obra, para diminuição de emissões de CO₂ com o transporte; especificar madeiras e produtos de madeira certificados, FSC, PEFC ou Cerflor; e conhecer o impacto sanitário dos produtos de construção na qualidade do ar interno, entre outras.

Outrossim, é importante salientar que não só a escolha dos produtos, sistemas e materiais são importantes, mas ao se processar uma simulação, uma análise ou um estudo é de suma importância a correta definição, caracterização e parametrização de todos os elementos que vão compor o processo, a ferramenta online Webprescritivo (figura 4), foi utilizada para uma avaliação preliminar da envoltória.

Figura 4 – Ferramenta Webprescritivo.
Fonte: Labee-UFSC

O objetivo dessa ferramenta é automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme as normas Brasileiras e neste contexto, o Building Information Modeling (BIM) pode auxiliar na realização de análises complexas de desempenho de edifícios para garantir um projeto de construção sustentável otimizado.” (AZHAR et al., 2009).

3.1. O BIM e a parametrização dos materiais em um projeto sustentável

O Building Information Modeling (BIM) representa o processo de desenvolvimento e uso de um modelo gerado por computador para simular o planejamento, projeto, construção e operação de uma instalação de construção. O modelo resultante, um Building Information Model, é uma representação digital inteligente, paramétrica e orientada a objetos, rica em dados, a partir da qual as visualizações e os dados apropriados às necessidades de vários usuários podem ser extraídos e analisados para gerar informações que possam ser usadas para tomar decisões e melhorar o processo de entrega da instalação (AZHAR et al., 2009).

O BIM fornece um ambiente virtual de todos os componentes da construção, incluindo conjuntos de dados específicos, como componentes geométricos e de material, para gerar um modelo de produto de construção (EASTMAN et al., 2008).

Como o BIM permite que informações multidisciplinares sejam sobrepostas em um modelo, ele cria uma oportunidade para que medidas de sustentabilidade e análise de desempenho sejam realizadas durante todo o processo de design (AUTODESK, Inc., 2008; SCHUETER e THESSLING, 2008).

Uma das características relevantes da plataforma BIM é a modelagem paramétrica, que é um conceito de desenvolvimento que trabalha com a orientação a objetos,

o que significa que cada objeto é definido individualmente pelos seus detalhes e, posteriormente, organizados e classificados de acordo com a similaridade ao modelo, nesta forma de desenvolvimento são definidos atributos fixos e variáveis aos objetos. Os atributos são informações relativas às diversas características destes objetos. Os atributos fixos são definidos a partir de propriedades como forma, custo, utilidade, entre outras; os atributos variáveis são estabelecidos a partir de parâmetros e regras de forma que os objetos possam ser automaticamente ajustados de acordo com as alterações do projeto efetuadas pelo usuário (EASTMAN et al., 2011).

Utilizando-se da parametrização dos objetos, atualiza-se automaticamente os modelos e o banco de dados do projeto através da variação dos parâmetros e regras definidas e alteradas pelo usuário. Esta característica pode ser considerada o divisor de águas entre os softwares de desenvolvimento de projetos CAD e os da plataforma BIM (EASTMAN, C. et al., 2011).

A capacidade de modelagem paramétrica do BIM permite a geração e gestão da informação do edifício (SACKS et al., 2004).

A modelagem paramétrica traz como um dos seus maiores benefícios a diminuição dos erros de desenho e a facilidade nas modificações de projeto, sendo que os profissionais da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) devem sempre estar atentos na precisão e correção das informações e dados inseridos no sistema.

Além disso, a capacidade de modelagem paramétrica do BIM ajuda os arquitetos a examinar várias alternativas de projeto (RAHMANI Asl et al., 2014).

O grau de precisão da modelagem paramétrica será determinado pela variedade e a qualidade das regras e parâmetros estabelecidos (RUSCHEL, ANDERY, et al., 2010).

Nessa medida, os métodos de projeto paramétrico baseados em BIM podem ser integrados à arquitetura cinética para sugerir um processo de decisão de projeto sistemático que permita que os edifícios respondam a mudanças climáticas sazonais específicas, incluindo as variações da radiação solar e direção do vento (WANG et al. 2010)

Diante de todo o exposto, constata-se que o BIM pode facilitar os processos muito complexos de design sustentável, tais como iluminação natural e acesso solar, bem como automatizar o trabalho penoso de atividades como inventários de materiais, estimativa de custos e cronogramas de construção durante a captura e coordenação de informações em um único modelo integrado (AZHAR et al., 2009).

Os softwares BIM possuem ferramentas que realizam de forma bastante precisa o estudo solar, de iluminação e apresentam soluções para se alcançar um nível de eficiência energética elevado, porém é de grande importância a correta entrada das informações e dados nos softwares, para que todas as simulações possam alcançar a solução mais precisa para o projeto. A inserção dos dados de materiais é uma ação fundamental no processo de simulação e análise da eficiência energética de uma edificação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente preocupação mundial com o meio ambiente e o aumento desgovernado nos impactos negativos causados pelas ações do homem durante as últimas décadas, começam a surgir movimentos no sentido de trazer soluções para promover o desenvolvimento sustentável do planeta.

O setor da Construção Civil, sendo uma parte de grande relevância econômica e social neste processo, deve ter uma participação ativa da adoção de ações sustentáveis visando promover uma melhor qualidade de vida e a preservação do meio ambiente.

Nesse contexto, surge a necessidade de se identificar um empreendimento realmente sustentável e de se definir qual o grau de sustentabilidade esse empreendimento possui.

Uma forma de se mensurar o nível de eficiência energética de uma edificação a definição de critérios, parâmetros e requisitos que devem ser atendidos por ela.

Constatou-se, na presente pesquisa, que um dos critérios fundamentais para se construir um edifício sustentável é a correta e precisa identificação, classificação e escolha dos produtos e materiais a serem utilizados.

Restou demonstrado, através da análise do relatório do BID, uma edificação certificada por duas entidades, que a definição e especificação de materiais e produtos constitui uma ação de grande importância para o projeto.

O presente trabalho demonstrou ainda que para que a escolha e definição dos materiais sejam realmente eficientes, deve-se utilizar ferramentas computacionais que auxiliam na correta parametrização dos materiais do projeto. Para isso foi apresentado o BIM como uma solução para realização da simulação computacional, que através de uma de suas principais características, a modelagem paramétrica, oferece estudos e memórias completos sobre o uso dos materiais.

Por fim, foi salientado pela autora que não apenas a escolha correta e precisa dos materiais é importante para um resultado eficiente de um projeto sustentável, mas também a inserção das informações, parâmetros, dados e características desses materiais deve ser precisa e correta.

REFERÊNCIAS

- Autodesk, Inc. (2008). **Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling**. White Paper, Disponível em: <https://www.autodesk.com/>
- AZHAR, S.; FAROOQUI, R. U.; BROWN, J. ASC Annual International Conference. **BIM-based sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software**, Florida, 2009.
- AZHAR, at al. (2009a). **BIM for sustainable design: Results of an industry survey**. Journal of Building Information Modeling. 4. 27-28.
- BRUNDTLAND, G. H. et al. **Nosso Futuro Comum - Relatório de Brundtland**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.
- BRUSE, M.; FLEER, H. **Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model**. Environmental Modelling & Software, v. 13, p. 373-384., 1998. ISSN 10.1016/S1364-8152(98)00042-5.
- CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. **Development of Envelope Efficiency Labels For Commercial Buildings: effect of different variables on electricity consumption**. Energy and Buildings, Oxford, v. 40, p. 2002-2008, 2008.
- DIXON, Willmott. **The Impacts of Construction and the Built Environment**. Briefing Note. [S.l.]: 2010. Disponível em: www.willmottdixon.co.uk/asset/download/9462
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2008.
- JUSTI, A. R. **Implantação da Plataforma Revit nos critérios Brasileiros**. Gestão e Tecnologia de Projetos, Rio de Janeiro, p. 140-152, 2008.
- LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2015. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L; PEREIRA, F.O.R.. **Eficiência energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro: Eletrobrás Procel, 2013.
- PBEEDIFICA. **Programa Brasileiro de Etiquetagem. PBE edifica**, 2005. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br> Acesso em: 6 setembros 2018.
- PINHEIRO, M. D. **Ambiente e Construção Sustentável**. 1 ed. Português: Instituto do Ambiente, 2006, 243 p. Portal VANZOLINI, 2018. **Processo AQUA – Construção Sustentável**. <https://vanzolini.org.br/aqua/> Acesso em: 15/05/2018.
- RAHMANI Asl, Mohammad & XU, Weili & SHANG, Jin

& Tsai, at al., 2014. **REGRESSION-BASED BUILDING ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT USING BUILDING INFORMATION MODEL (BIM)**.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência Energética em Edifícios**. [S.l.]: Manole, v. 1, 2012.

RUSCHEL, R. C.; ANDERY, P. R. P.; MOTTA, S. R. F.; VEIGA, A. C. N.R. **Building Information Modeling para projetistas**. In: FABRICIO, M.M.; ORNSTEIN, S.W. (org.). *Qualidade no projeto de edifícios*. São Carlos: Rima Editora, ANTAC, 2010.

SACKS, R, EASTMAN, C and LEE, G 2004, 'Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete', *Automation in Construction*, 12, pp. 291-312.

SCHUETER, A., and THESSLING, F. (2008). "Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages". *Automation In Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.07.003>

SOUZA, M. A. S. **Energia e arquitetura: a importância dos padrões de consumo e produção da sociedade frente ao desafio da sustentabilidade**. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1.; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, 2004.

Wang, J, Li, J and Chen, X 2010 'Parametric design based on building information modeling for sustainable buildings', **Challenges in Environmental Science and Computer Engineering (CESCE)**, 2010 International Conference on, pp. 236-239

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1412-6814>

LUIS OCTAVIO PEREIRA LODES DE FARIA E SILVA, Dr. | Universidade São Judas Tadeu - USJT | Mestrado em Arquitetura e Urbanismo | São Paulo - SP, Brasil | Email:

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2304-6701>

EDEYN MICHELE TENEDINI, M.Sc. | Universidade São Judas Tadeu - USJT | Mestrado Em Arquitetura E Urbanismo | São Paulo - SP | Brasil. Endereço - SQS 402 BL - L Apto 203 Brasília-DF, 70236-120 | Email: mtnedni@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Luis Octavio Pereira Lodes de Faria e; TENEDINI, Edeyn Michele. *Materiais Paramétricos: Um Estudo de Caso*. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 73-80, jul. 2019**. ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.73-80>

DATA DE ENVIO: 13/03/2019

DATA DE ACEITE: 29/07/2019