

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O USO DO BIM PARA O RETROFIT SUSTENTÁVEL¹

LARIVOIR, Laura C. B. P. (1)

(1) UFRJ, e-mail: lauracbpaula@poli.ufrj.br

RESUMO

A construção civil é responsável por grande parte dos impactos ambientais, os quais em sua maioria são decorrentes das fases de uso e manutenção. A reabilitação de edifícios no Brasil é uma oportunidade de solução para o grande número de edificações que possuem estruturas obsoletas e/ou equipamentos ultrapassados. Neste contexto, o BIM permite analisar várias dimensões do empreendimento, considerando simultaneamente diferentes parâmetros de sustentabilidade. Este trabalho tem como objetivo contribuir para a inserção do tema retrofit sustentável no cenário brasileiro, a fim de que haja maior conscientização da importância do tema, e possibilitar uma análise mais eco-eficiente com a utilização de sistemas BIM. Foi realizada revisão da literatura existente e relacionados os principais conceitos de construção sustentável, retrofit sustentável e green bim. Dentre as principais vantagens da utilização do BIM para o retrofit sustentável podemos citar: a criação de banco de dados do empreendimento para intervenções futuras/manutenção, a análise dos projetos ao longo da vida útil das edificações, e a modelagem consistente permitindo resultados próximos da realidade. Este trabalho pode contribuir com um maior entendimento do que é o retrofit sustentável e de como ele pode ser realizado utilizando o BIM, auxiliando as equipes de projeto na tomada de decisões.

Palavras-chave: Retrofit. Sustentabilidade. BIM.

ABSTRACT

The construction industry is responsible for a significant amount of environmental impacts, which mostly are due from the phases of use and maintenance. Rehabilitation of buildings in Brazil is an opportunity of solution for the large number of buildings that have obsolete structures and / or outdated equipment. In this context, BIM allows you to analyze various dimensions of the building, while considering different sustainability parameters. This work aims to contribute to the integration of sustainable retrofit theme in Brazilian society, so that there is greater awareness of the importance of the issue, and enable a more eco-efficient analysis with the use of BIM systems. A literature review was made and the main concepts of sustainability in construction, sustainable retrofit and green BIM were related. The main advantages of using BIM for green retrofit include: the establishment of enterprise database for future interventions and maintenance, analysis of projects over the life cycle of the buildings, and consistent modeling allowing results close to reality. This work can contribute to a greater understanding of what is sustainable retrofit and how it can be accomplished used BIM, helping project teams in decision-making.

Keywords: Retrofit. Sustainability. BIM.

¹ LARIVOIR, Laura C. B. P. O uso do BIM para o retrofit sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente mais da metade da população mundial vive nas cidades, a maioria em conurbações com mais de um milhão de habitantes. As pessoas passam 80% do seu tempo dentro de edificações e a maior parte do tempo restante em áreas urbanas poluídas. A população sedentária, distante da natureza, demanda cada vez mais espaço interno para seu conforto (EDWARDS, 2008). O processo de urbanização das cidades teve um reflexo importante no desenvolvimento econômico e no aumento da expectativa de vida da população. Por outro lado, as cidades que antes eram sinônimo de melhores condições de vida, hoje enfrentam graves problemas como a poluição, a deterioração do meio ambiente urbano, aumento da pobreza. Segundo Farr (2013, p 94):

A sociedade de consumo moderna (...) explora os recursos naturais em uma taxa que a Terra não tem como sustentar. Nosso apetite por petróleo, eletricidade, mobilidade, espaços internos e bens materiais é enorme e incessante. Um consenso científico internacional inequívoco confirma que, passadas poucas gerações desde a era do petróleo, o aumento populacional resultante e o crescente impacto per capita das atividades humanas mudaram o clima da Terra.

O Congresso Mundial da Construção Civil do CIB em 1998 elaborou a Agenda 21 em construção sustentável, e definiu a construção sustentável como *"o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica"* (MORETTINI, 2012).

Segundo Motta (2009), para encontrarmos o desenvolvimento sustentável devemos atuar em três dimensões: ambiental, sociocultural e econômica, através de ações *"ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis"*.

No intuito de tornar as cidades mais sustentáveis existem diversas escalas de intervenção: desde a redução do consumo de energia das edificações ao aumento da densidade urbana. Neste contexto, surge o retrofit de edificações como uma possibilidade de aplicação dos conceitos de sustentabilidade desenvolvidos, os quais muitas vezes ficam somente na teoria. Ao realizar o retrofit da edificação existente, ocorre a redução do impacto causado por novas edificações, sejam elas sustentáveis ou não. Evita-se a demolição, que gera uma quantidade enorme de resíduos, tem-se um melhor aproveitamento das instalações, redução do consumo de materiais e das emissões de carbono oriundas do transporte e construção, aumento da vida útil da edificação, manutenção da energia incorporada preexistente no edifício, economia de energia pela adequação dos edifícios aos novos parâmetros de desempenho energético, melhoria da qualidade do ambiente interno e redução do consumo de água. Vale ressaltar que para de fato termos uma edificação sustentável é imprescindível o fator social, os ocupantes devem ter consciência da sua importância perante à

degradação ao ambiente natural, e ter atitudes condizentes com os valores de sustentabilidades aplicados na fase de projeto e execução.

2 RETROFIT

De acordo com Barrientos (2004), o termo *retrofit* advém da conjunção das palavras “*retro*” (do latim, para trás) e “*fit*” (do inglês, adaptado). Logo, o retrofit pode ser definido como intervenções realizadas no edifício com o objetivo de adequá-lo tecnologicamente, o qual difere substancialmente da restauração, que consiste na restituição do imóvel à sua condição original ou da reforma, que visa a introdução de melhorias, sem compromisso com suas características anteriores (GUIMARÃES, 2014). O retrofit concilia certas características marcantes da edificação com a sua adequação tecnológica.

Recursos naturais limitados, custos elevados de espaços e da construção, falta de disponibilidade de terrenos tornaram necessárias intervenções em edifícios existentes, tornando-os mais eficientes energeticamente (CHUNDURI, 2014). Outro fator que têm levado ao retrofit ‘é a reabilitação de áreas centrais em cidades como Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, as quais têm sido degradadas como consequência de devido a dinâmica de mercado imobiliário.

Dentre as principais vantagens de um retrofit sustentável estão a redução dos impactos ambientais, maior rentabilidade e a minimização dos custos de operação. Segundo Wong (2015), os greenbuildings possuem uma redução no custo de operação de 14% e uma valorização de 11% no preço de mercado quando comparados aos prédios tradicionais.

Diversas pesquisas tem sido realizadas para investigar as melhores práticas de eficiência energética em edificações existentes. Dentre as tecnologias disponíveis no mercado, a decisão sobre qual tecnologia de retrofit deve ser usado para um projeto específico é um problema de otimização multiobjetivo sujeito a muitas restrições e limitações, como características específicas edifício, orçamento total disponível, alvo de projeto, tipo de construção e de serviços, eficiência, etc. O benefício financeiro não é o único critério para a seleção das tecnologias de retrofit. A solução ideal é um trade-off entre uma série de fatores energéticos, econômicos, técnicos, ambientais, regulamentos e sociais (MA, 2012).

3 BIM

O BIM (Building Information Modeling) é um modelo de informação do edifício, que trata a informação da construção desde a concepção até a utilização, manutenção e demolição. Uma vez que os sistemas BIM permitem considerar várias dimensões do empreendimento simultaneamente, introduzem coordenadamente no processo de projeto considerações de desempenho energético, de conforto, dos processos construtivos e dos custos, e podem oferecer diretrizes aos projetistas na escolha dos materiais. Podem ser considerados uma evolução dos sistemas

CAD, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção através de um banco de informações integrado à modelagem(WONG,2015).

O Green BIM pode ser considerado o processo baseado em modelo de geração e gerenciamento coordenado e consistente de dados de construção durante o ciclo de vida do projeto que aumentam o desempenho de eficiência energética e facilitam o cumprimento das metas de sustentabilidade estabelecidas. Trata-se do uso de ferramentas BIM para alcançar sustentabilidade e/ou melhoria na performance do projeto. É uma ferramenta que foi criada para auxiliar nos projetos de edificações a integração eficiente de componentes sustentáveis, especialmente aplicação de eficiência energética, no projeto do ciclo de vida do edifício. A aplicação do Green BIM não deve se limitar as análises na fase de concepção e construção, mas para o ciclo de vida da edificação, incluindo as fases de operação, reparo, manutenção e demolição (WONG,2015).

4 BIM E O RETROFIT SUSTENTÁVEL

Os edifícios existentes representam uma grande parte do consumo de energia e, devido a grande vida útil destes, é preciso pensar em soluções tecnológicas para melhorar a eficiência energética e a qualidade do ambiente interior. Dentre as inúmeras possibilidades, identificar as opções mais adequadas para o retrofit é um tema de grande importância devido aos custos e impactos potenciais envolvidos, tomando decisões baseadas em evidências concretas(ASSADI,2012). Embora a implementação do BIM, em edifícios novos e existentes, exija profundas mudanças de processos nas partes envolvidas, os benefícios são consideráveis(VOLK,2014).

Projetos ultrapassados ou inexistentes e dados incompletos de consumo de energia tornam difícil prever a performance futura ao longo de um projeto de renovação. Diferente do que aconteceu na crise de energia de 1970, a tecnologia hoje permite melhorar a performance dos edifícios e limitar o investimento de capitais em projetos que vão gerar o maior retorno econômico e ambiental (AUTODESK,2010). O uso ineficiente de materiais em termos de mitigação do carbono embutido é considerado um fator primordial na pegada de carbono da indústria da construção civil, melhorias nas ferramentas BIM ajudam a prover análises de opções de mitigação de emissões em termos de fabricação de materiais, transporte e métodos de instalação (WONG,2015).

Dentre as principais vantagens da utilização do Green BIM para o retrofit, podemos citar:

- Identificar formas de reduzir o consumo de recursos naturais.
- Aumento de oportunidades renováveis no local.
- Trabalho em equipe e busca de consenso.
- Aumentar a confiança dos investidores com a visualização do modelo.

- Atender aos requisitos para o projeto sustentável e eficiência energética.
- Atender as exigências das certificações ambientais.
- Embasar uma avaliação tanto do desempenho energético dos projetos de construção e da energia incorporada nos materiais e métodos utilizados na construção de edifício.
- Diminuir a pegada de carbono ao analisar o carbono embutido dos materiais utilizados e a energia embutida.
- Exploração e aprimoramento de análises do tipo lumínica, térmica e acústica nos projetos.
- Minimizar a geração de resíduos.
- Os elementos paramétricos podem ser alterados e atualizados em todo o projeto, estimulando as simulações, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade.
- Banco de dados armazena os atributos dos elementos construtivos, permitindo análise em projetos futuros, bem como comparações nas fase de uso-operação e manutenção da edificação (gestão de "facilities").

Segundo Hammond (2011) e Autodesk (2010), alguns exemplos de ferramentas de projeto que podem ser utilizadas para um retrofit sustentável utilizando o BIM são:

- Orientação – Orientação adequada do projeto, permitindo que o local a ser localizado por longitude e latitude, e otimize-se estratégias passivas solares.
- Estudo da Volumetria -Permite um bom acesso à luz natural, criando uma envolvente do edifício eficiente. BIM permite investigação com formas volumetria simples para comparar configurações.
- Envelope - A qualidade resistência, permeabilidade, e condução dos materiais, juntamente com o isolamento e a quantidade de vidro são alguns dos fatores que serão combinados para determinar a eficiência da massa e sistemas de construção. BIM permite montagens composição personalizados.
- A iluminação natural - A iluminação natural reduz sua necessidade de luz artificial dentro do espaço, reduzindo assim o ganho de calor interno e uso de energia. O modelo BIM pode ser utilizada para simulações de iluminação natural e opções de sombreamento para condições interiores e exteriores.
- Ventilação - Usando brisas prevalecentes quando possível para ventilação natural reduz a carga no equipamento mecânico.
- Energia: Uso de ferramentas de análise de BIM para ajudar a analisar os requisitos de aquecimento e ar condicionado, identificar oportunidades de iluminação natural, e selecione o equipamento principal edifício que

pode reduzir o uso de energia. Incorporar dados meteorológicos e da grade elétrica local para estimar a construção de consumo de energia e emissões de carbono.

- Água: retrofit dos edifícios para reduzir o uso de água ou utilizar fontes alternativas, como água cinza e água da chuva. Analisar opções de fornecimento de água potável e não potável para os ocupantes e processos de construção. Avaliar os sistemas de águas pluviais, e simular o desempenho dos sistemas de recolha, lagoas e bueiros.
- Materiais: Selecionar materiais ou acabamentos reciclados ou renováveis durante a construção de obras de renovação. Considerar os projetos integrados que reduzem o retrabalho e o conseqüente desperdício.

5 ESTUDO DE CASOS

Para exemplificar o potencial de utilização do BIM para o retrofit sustentável, serão demonstrados dois estudos de caso retirados da literatura.

5.1 Edifício comercial

No artigo “PLATAFORMA BIM, RETROFIT E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO de Silva(2015) é apresentado um estudo de caso de uma empresa, cujo projeto realizado nos anos 1960 possuía preceitos de arquitetura bioclimática: a valorização do convívio social em ambientes agradáveis e o desejo de se tornar um marco na arquitetura da cidade, destacando-se na paisagem, porém integrada com o seu entorno (Figura 1).

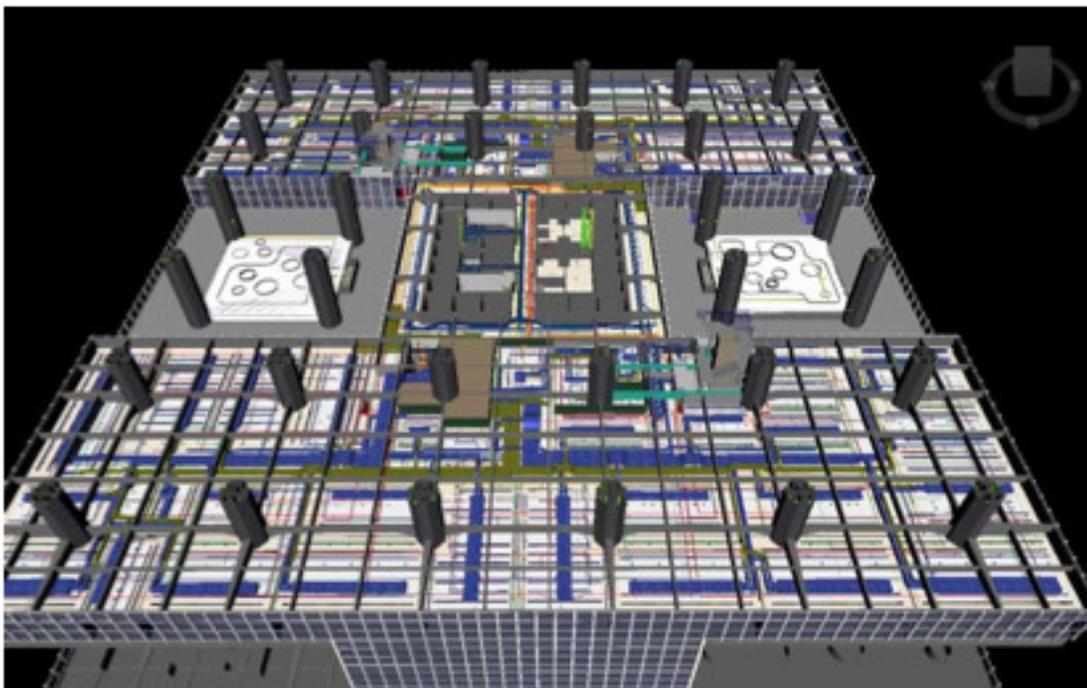
Figura 1 - Edificação em estudo



Fonte: Silva(2015)

Com base em obras previamente realizadas no 6º pavimento para aumentar a economia de energia, foi desenvolvido um projeto de atualização tecnológica visando a adequação às necessidades atuais e futuras da edificação. A pesquisa acompanhou a modelagem da edificação, iniciada com a obra previa e se estendeu para a criação do modelo digital de todo o conjunto. Com a modelagem foi possível criar um banco de dados com todas as informações sobre a edificação para auxiliar na gestão da manutenção. As simulações de desempenho ainda na fase de projeto e a possibilidade de escolha das melhores alternativas antes do início da execução, permitirão que a empresa possa obter a certificação ambiental AQUA e a etiquetagem energética através do selo PROCEL nível A, o que justifica uma vez mais a produção do modelo em BIM. Dentre as funcionalidades utilizadas do BIM estão a verificação das interferências, a utilização de sistemas de gerenciamento que permitem a fiscalização e aprovação de documentos pela equipe, a visualização do modelo 3D do edifício (Figura 2), a colaboração de uma equipe multidisciplinar com troca de informações para atendimento aos requisitos da certificação AQUA e o sistema de gestão do empreendimento na fase operação.

Figura 2 - Modelo Virtual do Edifício



Fonte: Silva(2015)

As principais conclusões encontradas desta pesquisa foram:

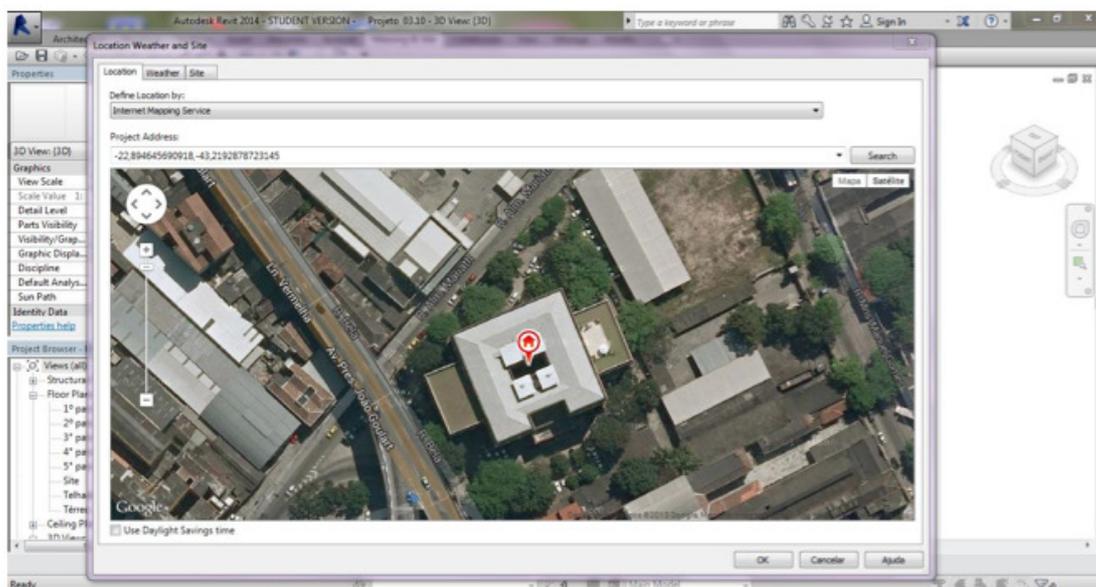
- A adoção da plataforma BIM deve ocorrer preferencialmente no início do processo e projeto para utilizar todas as funcionalidades ocorridas, o que não foi o caso já que o Projeto Básico das obras previas haviam sido realizados em 2D.

- Pela pouca familiarização dos funcionários com o BIM, o tempo de desenvolvimento do projeto foi mais longo que o habitual.
- Como nem todos os funcionários estão familiarizados com a plataforma BIM foi necessário converter as plantas de reforma para o AutoCad.
- Devido às vantagens encontradas, como a solução antecipada de interferências que só poderiam ser identificadas durante a obra, a empresa pretende utilizar a modelagem em projetos futuros.
- A equipe de projeto definiu um “bloco-piloto” a ser modelado em BIM, permitindo a familiarização dos profissionais com a nova tecnologia e, viabilizou a identificação dos gargalos técnicos nos trechos da edificação onde se percebe a maior quantidade de tubos e conexões em decorrência do cruzamento de diferentes sistemas prediais.
- Observou-se sobreposição de atribuições dos coordenadores externos, o que ocorreu pela falta de compreensão dos participantes às possibilidades oferecidas pelo uso da plataforma que não tiraram o máximo proveito da tecnologia, e repetiram os esquemas adotados no desenvolvimento de projetos em 2D.
- Criação de um banco de dados do empreendimento que facilitará as atividades de operação e manutenção do edifício bem como a realização de futuras reformas.
- Necessidade de que os profissionais que atuam na manutenção estejam habilitados e familiarizados com o uso desta ferramenta, de forma a manter o banco de dados sempre atualizado.
- Estabelecimento de um setor específico na empresa destinado exclusivamente à pesquisa e desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas à construção, que se dedicará à criação de um banco de dados que poderá acrescentar informações para complementar a modelagem paramétrica, tornando-se uma interessante estratégia a ser adotada em projetos futuros.

5.2 Prédio EMOP

O trabalho “O RETROFIT E A MODELAGEM DE INFORMAÇÕES COMO FERRAMENTA NA ANÁLISE DE PROJETOS” de Guimarães(2014) apresentou o projeto de retrofit para o 5º pavimento do edifício-sede da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP), localizado no Campo de São Cristóvão, no Rio de Janeiro. Além do objetivo de adequá-lo tecnologicamente, com a substituição de sistemas e a alteração do layout para sua adaptação as necessidades atuais, a preocupação em conciliar as modificações necessárias e certas características que remetem ao projeto original, o projeto visa incentivar o retrofit nos demais pavimentos.

Figura 3 - Localização do prédio em imagem aérea no Revit

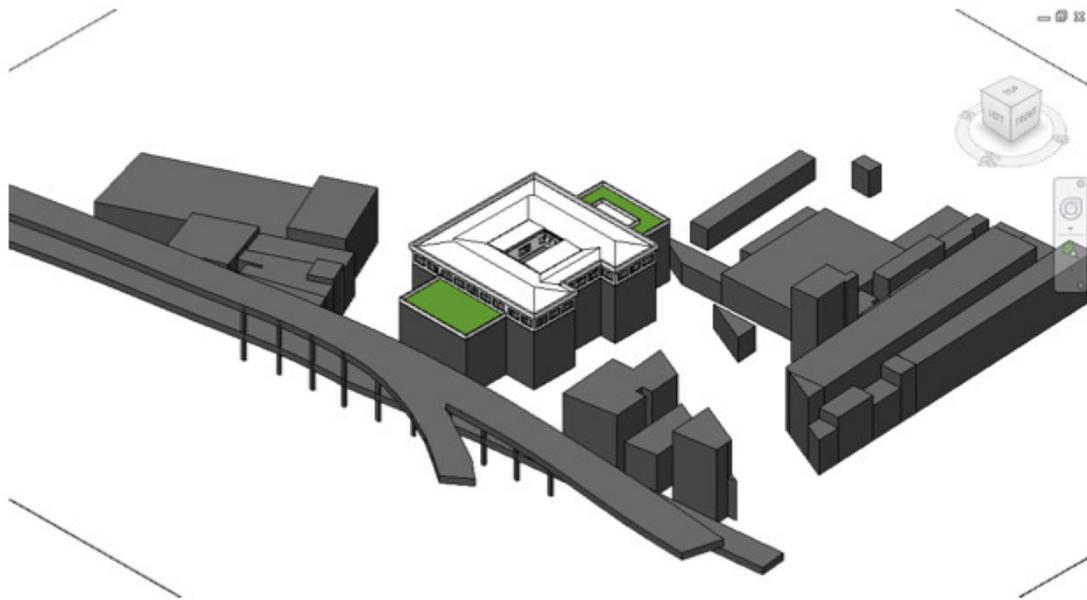


Fonte: Guimarães(2014)

Os principais recursos construtivos utilizados foram: divisórias internas painél-vidro revestidas com laminado melamínico e com miolo em lâ de vidro para obter transparência esperada no departamento; fachada de vidro temperado fumê com espessura de 8 mm e película de controle solar, com o objetivo de melhorar o desempenho térmico e lumínico da edificação; forro termoacústico em fibra mineral utilizado nos escritórios; no corredor o forro colmeia foi utilizado para dar leveza ao ambiente e para facilitar a dos sistemas embutidos, condicionadora de ar única instalada na laje superior que fornece ar frio para os fancoletes. Este último não funcionou corretamente, o que será substituído no projeto futuro para ar condicionado central com duto.

Com base no projeto de retrofit do 5º pavimento da EMOP desenvolvido em programas 2D e as informações referentes aos materiais utilizados na obra foi elaborado o modelo 3D em Revit, considerando também a localização, conforme mostra Figura 3, pois são necessários latitude e longitude para adequar o clima da região e o entorno da edificação nas análises de desempenho. Foi desenvolvida também a volumetria das edificações do entorno e da Linha Vermelha devido a influência que estas construções apresentam sobre a EMOP(Figura 4). Com isso, foi possível realizar análises de desempenho lumínico, térmico, energético (Figura 5) e acústico na edificação.

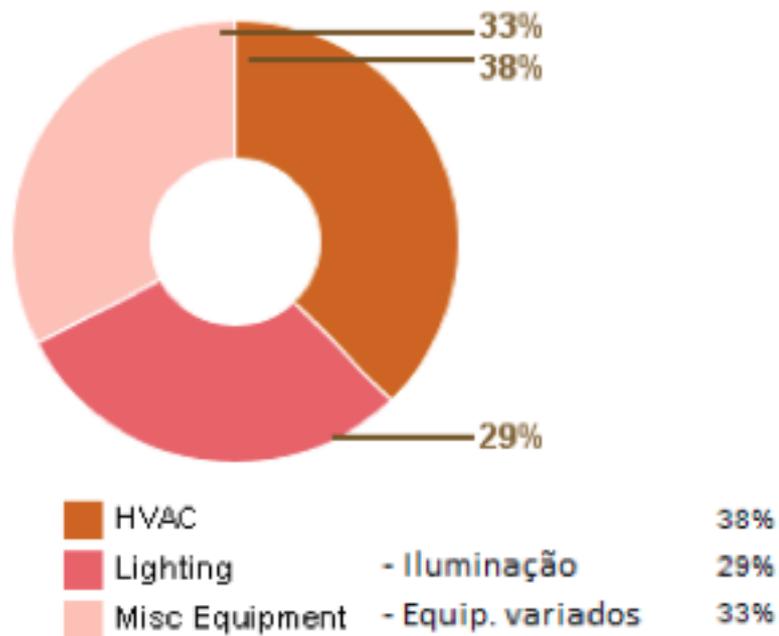
Figura 4 - Volumetria do entorno



Fonte: Guimarães(2014)

Figura 5- Simulação no Revit do uso de energia elétrica

Energy Use: Electricity



Fonte: Guimarães(2014)

As principais conclusões apontadas neste estudo foram:

- O Bim apresenta grande potencial, e com uma modelagem consistente, é possível obter resultados próximos da realidade e avaliar modificações que possam aprimorar a performance da edificação.
- O projeto foi inicialmente desenvolvido em 2D, ele não foi avaliado, através de simulações de desempenho, durante a sua concepção. A elaboração de um modelo com informações, como o demonstrado neste estudo, poderia ter indicado a possibilidade de substituir materiais por outros similares com uma melhor relação custo x benefício.
- Muitas empresas não disponibilizam dados referentes aos materiais, dificultando a obtenção de resultados confiáveis. A condição de consistência dos dados é um dos conceitos fundamentais para o uso do BIM.
- Foram encontradas dificuldades em encontrar dados que sejam completos e homogêneos de um mesmo material.
- Foi utilizado o software Revit que possui ferramentas de análises embutidas, porém exige uma modelagem com um maior grau de detalhamento. Caso fossem utilizados programas específicos para análise de desempenho de edificações, esse grau de detalhamento poderia ser menor.
- Não foram consideradas as análises econômicas nem detalhados o comportamento dos materiais ou as técnicas utilizadas, que poderiam ser abordados em estudos futuros.
- Sugere-se também como possibilidade de estudo futuro a integração de certificações ambientais aos projetos BIM.

5 CONCLUSÕES

O modelo BIM permite quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações ao longo do ciclo de vida da edificação. Neste estudo foi possível perceber que a natureza inerente de integração do BIM o torna uma ferramenta ideal para a aplicação de princípios de design sustentável, pois este facilita a colaboração entre profissionais de diversas áreas nos estágios iniciais das obras, permitindo discussões ao início das mesmas. Dentre as principais vantagens do BIM para o retrofit sustentável podemos citar: o aumento da eficiência energética, a redução do consumo de água e da geração de resíduos, a análise das interferências, possibilidades de testes das alternativas de projetos e ensaios sobre o comportamento do modelo.

Ao analisar os estudos de caso, foi possível perceber que como o Green BIM tem sido pouco utilizado, o processo ainda está imaturo e não sistematizado. Em ambos os estudos de caso, os projetos foram iniciados em 2D, somente passando para a plataforma BIM em fases posteriores, o que

prejudica a utilização das ferramentas disponíveis e as escolhas de projeto. Tanto Silva(2015) como Guimarães(2014) apontam que a principal limitação encontrada foi a falta de preparo dos profissionais e a pouca familiarização da equipe com as funcionalidades do sistema, ocasionando em perda de tempo no processo de projeto.

Outra limitação citada por Guimarães(2014) foi a dificuldade de obter dados confiáveis, completos e homogêneos referentes aos materiais, o que pode ser resolvido com o PBACV (Programa Brasileiro de Análise do Ciclo de Vida) que está criando uma base de dados brasileira.

Para Silva(2015) a criação de um banco de dados da edificação possibilitará melhor compreensão do edifício, bem como sua utilização em projetos futuros e manutenção.

Em relação as certificações ambientais, Silva(2015) procurou obter a AQUA e PROCEL nível A, enquanto Guimarães(2014) sugere como possibilidade de estudo futuro a integração de certificações ambientais aos projetos BIM.

Devido ao grande potencial do BIM e às vantagens encontradas em sua utilização, Guimarães(2014) e Silva(2015) recomendam sua utilização em estudos futuros.

Ressalta-se que os edifícios analisados possuem magnitudes diferentes. Assim, enquanto Guimarães (2014) trata de um pavimento do edifício sede da EMOP, Silva (2015) contempla os 26 pavimentos do edifício sede da Petrobras. Com base nestes dados, uma análise comparativa dos dois estudos de caso fica limitada pois as necessidades de projeto, as equipes de trabalho e a quantidade de informações obtidas são distintas.

Como sugestões para estudos futuros estão a aplicação prática e o aprimoramento das ferramentas para sua realização, buscando identificar as opções mais apropriadas de acordo com os potenciais custos, redução dos impactos ambientais envolvidos e a possibilidade de certificação ambiental.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. **São Paulo: Blucher**, 2011.

AUTODESK. The advantages of BIM-enabled sustainable design for improving commercial building performance, **Autodesk**, 2011.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. 2004. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004

CHUNDURI, S.; LEE, S.; MESSNER, J. I. An Integrative Process for Advanced Energy Retrofit Projects. In Proceedings of 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering **American Society of Civil Engineers**, p. 259-266, 2014.

EDWARDS, Brian. O guia básico para a sustentabilidade **Barcelona: Gustavo Gili**, 2008.

FARR, D. Urbanismo sustentável: Desenho urbano com a natureza. **Bookman Editora**, 2013.

GUIMARÃES, L. F. **O Retrofit e a modelagem de informações como ferramenta na análise de projetos** (Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro),2014.

HAMMOND, G.; Jones,C.. Embodied Carbon The Inventory of Carbon and Energy (ICE). **BSRIA** (University of Bath), Bath, 2011.

MA, Z.; COOPER, P.; DALY, D.; LEDO, L.. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. **Energy and buildings**, n. 55, p. 889-902, 2012.

MORETTINI, R. **Tecnologias construtivas para a reabilitação de edifícios: tomada de decisão para uma reabilitação sustentável** (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo),2012.

MOTTA, S.R.F.; AGUILAR, M.T.P. Sustentabilidade e processos de projeto de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo**, v.4, n.1, 2009. USP, São Paulo, 2009.

SILVA, F. D.; SALGADO, M. S.; DA SILVA, C. M. Plataforma BIM, retrofit e sustentabilidade ambiental: Estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro. **Blucher Engineering Proceedings**, n.2, p. 329-341,2015.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. **Automation in Construction**, n. 38,p. 109-127, 2014.

WONG, J. K. W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. **Automation in Construction**, n. 57,p. 156-165, 2015.