

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO COM BIM PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR: UMA ESTRUTURA CONCEITUAL

Construction waste management with BIM for a Circular Economy: a conceptual framework

Renata Degraf Miara
Universidade Federal do Paraná | Curitiba, PR | renatadmiara@gmail.com

Sergio Scheer
Universidade Federal do Paraná | Curitiba, PR | scheer@ufpr.br

RESUMO

O BIM (modelagem da informação da construção) vem sendo desenvolvido de diferentes maneiras para apoiar a construção de edifícios mais sustentáveis. No entanto, em relação a um dos principais aspectos da sustentabilidade das edificações: a geração de resíduos, o BIM vem sido tratado como uma ferramenta mágica capaz de resolver todos os problemas. Estimar o desperdício gerado é vital a fim de minimizá-lo na etapa de projeto. Este ponto de vista permite aos projetistas visualizar e explorar possíveis medidas corretivas, a fim de aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode permitir que os construtores identifiquem processos críticos e planejem estratégias de controle. Integrando diferentes projetos em um único modelo, o processo BIM pode ajudar na solução deste desafio. Com base em uma revisão sistemática da literatura e um questionário realizado com arquitetos e engenheiros de Curitiba – Brasil, este trabalho tem como objetivo propor uma estrutura conceitual para um sistema de gestão de resíduos de construção, integrando todas as etapas do ciclo de vida e visando a economia circular. A estrutura proposta garante a redução da utilização de novos materiais e a sua melhor utilização, e se implementada poderá impulsionar as práticas de gestão de resíduos no setor da construção.

Palavras-chave: BIM; Modelagem; Construção; Resíduos; Economia Circular.

ABSTRACT

Building information modeling (BIM) has been developed in different ways to support the construction of more sustainable buildings. However, regarding one of the main aspects related to sustainable buildings: waste management, BIM has been treated as a magical tool capable of solving all problems. Estimate the waste generated is vital in order to minimize then in the design stage. This point of view allows designers to visualize and explore possible corrective measures in order to increase the efficiency of construction. Furthermore, it can enable constructors to identify critical processes of waste generation and plan control strategies. By integrating different projects in one unique model, BIM process can assist the solution of this challenge. Based on a systematic review of literature and a questionnaire held with architects and civil engineers of Curitiba – Brazil, this work has the main goal to propose a conceptual framework for a BIM construction waste management system, integrating all the steps of a building's life cycle aiming a circular economy. The proposed framework guarantees the reduction of the use of new materials and the better use of them, and if implemented could drive waste management practices within the construction industry.

Keywords: BIM; Modeling; Construction; Waste; Circular Economy.

1 INTRODUÇÃO

O BIM (Modelagem da informação da construção) é um dos mais recentes desenvolvimentos na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Através do uso do BIM, um modelo digital acurado da edificação é construído (AZHAR, 2011). O BIM surgiu como uma solução para facilitar a integração do gerenciamento das informações durante todo o ciclo de vida das edificações (WONG; ZHOU, 2015) e sua utilidade já se encontra bem reconhecida no âmbito das construções e da indústria. Um modelo BIM proporciona a superposição de projetos de diferentes disciplinas em um único modelo criando oportunidades para incorporar a sustentabilidade dentro do processo de projeto.

Atualmente o conceito de economia circular vem sendo desenvolvido com o objetivo de integrar cada vez mais as etapas do ciclo de vida, reduzindo o desperdício e proporcionando uma maior reutilização dos materiais. É uma mudança de paradigma em relação ao modelo existente de economia linear (produzir-consumir-descartar) para um modelo mais sustentável que envolve produzir-consumir-reusar e reciclar (AKANBI et al., 2018).

MIARA, R. D.; SCHEER, S. Gerenciamento de resíduos da construção com BIM para uma economia circular: uma estrutura conceitual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/87

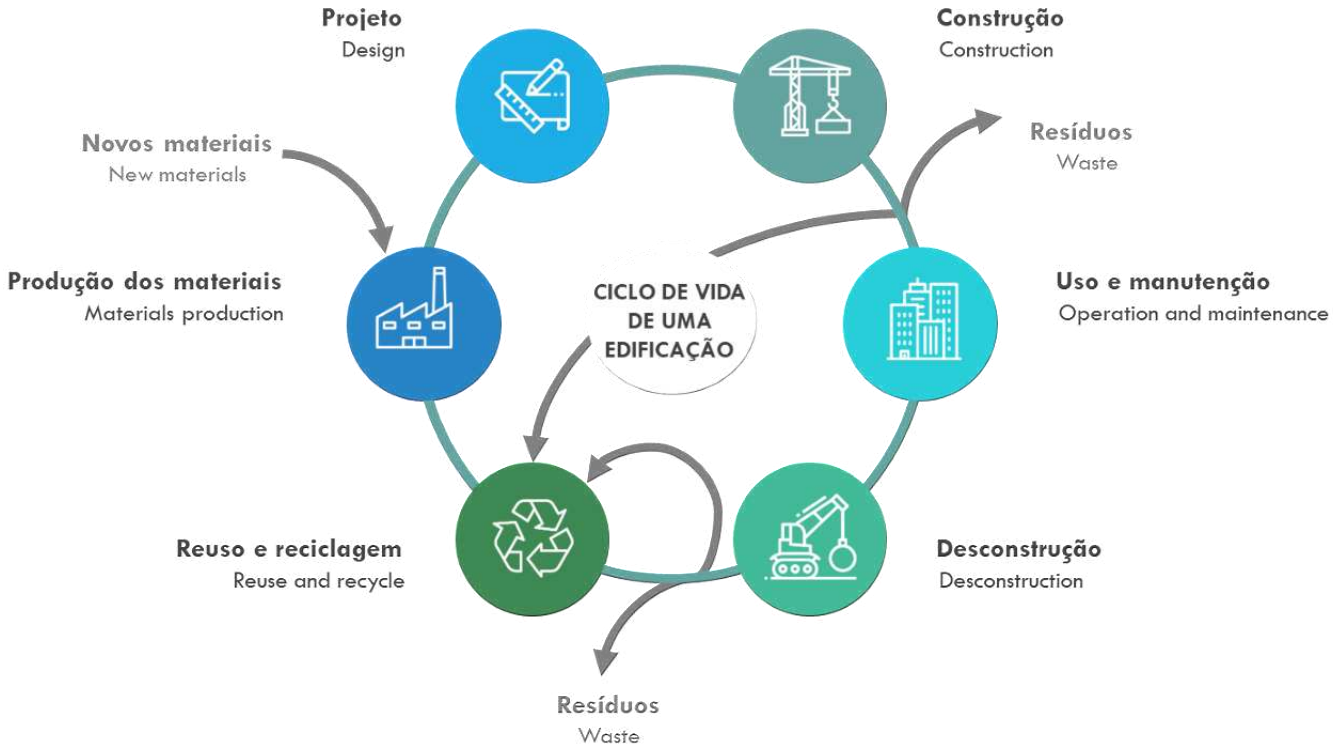
Os resíduos gerados durante as etapas de construção e demolição (C&D) representam grande parte do material destinado aos aterros. No Brasil foram coletados 45,1 milhões de toneladas de resíduos da C&D no ano de 2016 (ABRELPE, 2016).

Os resíduos podem ser produzidos em diversas etapas do ciclo de vida de uma edificação, sendo essas etapas: a produção dos materiais, a construção, o uso e a manutenção e o fim da vida – imposto por demolição e/ou desconstrução da edificação (AIA, 2010). O gerenciamento de resíduos deve ser baseado em: reduzir, reutilizar e reciclar. Sendo esta ordem a de relevância quanto ao critério de sustentabilidade.

O objetivo do gerenciamento de resíduos visando à economia circular é o de diminuir a geração de resíduos nas etapas de construção e desconstrução e diminuir a inserção de novas matérias primas na produção de materiais, conforme a Figura 1. Projetar a geração de resíduos desde o princípio, alinhando projeto, construção e demolição proporciona um fluxo de recursos circular entre as indústrias, os canteiros de obras e as edificações (ARUP, 2016).

Desta forma, este estudo tem como objetivo propor uma estrutura conceitual para um sistema de gerenciamento em BIM dos resíduos da construção integrado a todas as etapas de ciclo de vida da edificação visando à economia circular.

Figura 1: Ciclo de vida de uma edificação baseado na economia circular



Fonte: Elaborado pelos autores.

2 MÉTODO

Para atingir o objetivo desejado foi necessário explorar as ferramentas já desenvolvidas a respeito do tema e para tanto, a coleta de dados foi realizada através de: uma revisão sistemática da literatura e um questionário.

O objetivo da revisão sistemática foi determinar o estado da arte dos estudos sobre BIM e gerenciamento de resíduos da construção e demolição. Pretendeu-se também avaliar quais ferramentas foram desenvolvidas e para qual etapa do ciclo de vida das edificações elas foram aplicadas. As bases de dados consultadas foram: Scopus, ASCE Library e Compendex.

O questionário, por sua vez, teve como principal objetivo a determinação do nível de conhecimento e prática atual a respeito do gerenciamento de resíduos da construção civil e dos processos BIM.

Buscou-se também avaliar como esses profissionais acreditam que uma quantificação na fase de projeto refletirá na redução e mitigação desses resíduos.

Os dados levantados nas etapas de pesquisa bibliográfica e questionário foram analisados com técnicas para a pesquisa qualitativa.

2.1 Revisão sistemática da literatura

Com o objetivo de determinar a abrangência de pesquisas sobre o assunto primeiramente foram buscados separadamente os seguintes termos: "BIM" e "construction waste". A partir da Tabela 1, verifica-se a abrangência dos estudos a respeito de BIM, e ao mesmo tempo a limitação em relação aos estudos a respeito dos resíduos da construção civil. Apenas 0,45% do total de publicações encontradas refere-se à utilização do BIM sob o aspecto da geração de resíduos.

A revisão sistemática adotou dessa forma a combinação dos 2 (dois) termos estudados. Foram encontrados um total de 104 artigos nas 3 bases de dados pesquisadas.

Tabela 1: Resultados da busca por palavra-chave

Palavras-chave	Número de publicações		
	SCOPUS	ASCE Library	Compendex
BIM	13871	1781	7543
Bim and construction waste	29	54	21

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram selecionados para o estudo apenas artigos publicados em periódicos (42), e posteriormente, após eliminação por repetição nas bases (7) e leitura dos resumos (13), obteve-se um total de 22 artigos lidos de maneira integral, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2: Condução da revisão sistemática

Parâmetros de busca	Número de publicações		
Bases de Dados	SCOPUS	ASCE Library	Compendex
Termos de busca	"BIM" e "Construction Waste"		
Campo de busca	Título/Resumo/Palavras-Chave	Título	Todos os campos
Tipo de publicação	Artigo	Artigo	Artigo
Resultado	15	17	10
Total de publicações	42		
Eliminados por repetição entre as bases	7		
Publicações resultantes	35		
Eliminados após leitura dos resumos	13		
Total da amostra	22		

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Questionário

O questionário teve como público-alvo engenheiros e arquitetos atuantes nas fases de projeto, planejamento e execução de obras civis. Ele foi realizado de maneira online, a partir de formulário elaborado no Google Forms.

Sua estrutura foi baseada em O'Reilly (2012). Neste artigo o autor desenvolveu uma análise qualitativa através de questionário para arquitetos e engenheiros do Reino Unido com o mesmo objetivo proposto.

Com o objetivo de explorar a realidade regional, o questionário foi enviado por e-mail para 55 empresas da região de Curitiba, capital do Estado do Paraná. As empresas entrevistadas incluíram empresas de engenharia e arquitetura que realizam projetos e/ou acompanham a execução de obras. Este universo de pesquisa foi definido com o objetivo de abrangir o maior número de profissionais possíveis na cidade de Curitiba.

As empresas foram buscadas através do site Google, utilizando as palavras-chave: “empresa de engenharia” e “Curitiba”; “construtora” e “Curitiba”; “escritório de arquitetura” e “Curitiba”; “escritório de projetos” e “Curitiba”; “projetos em BIM” e “Curitiba”.

As perguntas dividiram-se entre aspectos como: utilização do BIM, quantificação dos resíduos da construção, noções a respeito da geração de resíduos e barreiras para implantação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Revisão sistemática da literatura

A partir da revisão sistemática da literatura pode-se avaliar o estágio de desenvolvimento de métodos e ferramentas aplicado ao gerenciamento de resíduos com BIM. O Gráfico 1 ilustra que a grande parte dos artigos publicados se remete ao desenvolvimento de métodos propriamente ditos o que demonstra a atualidade do tema. Conforme pode-se verificar no Gráfico 2 a maior parte do desenvolvimento se baseia na redução da geração de resíduos na fase de projeto.

Gráfico 1: Número de artigos por método

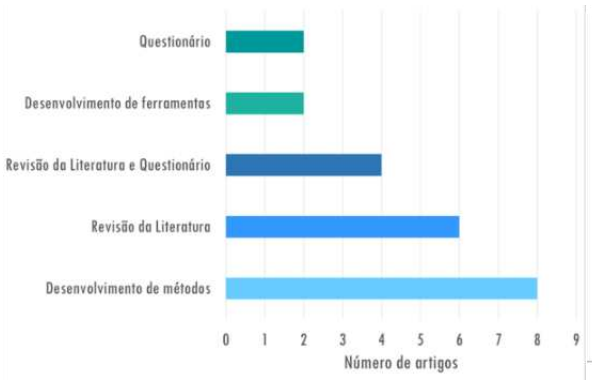
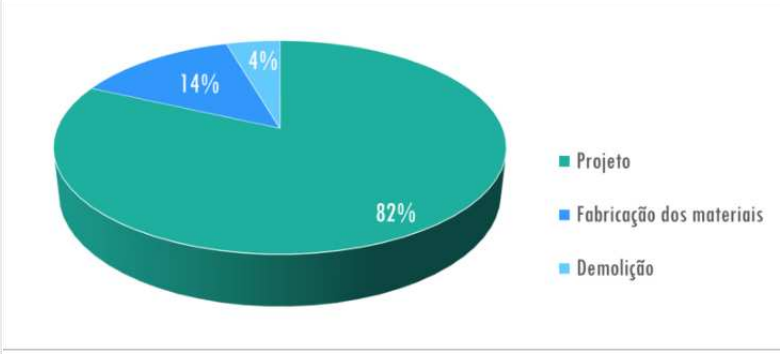


Gráfico 2: % artigos por etapa do ciclo de vida



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Questionário

O questionário aplicado teve um número total de 46 respostas. O questionário evidenciou a potencial aplicação do BIM como ferramenta para redução de geração de resíduos. A principal característica que determinou este resultado foi a possibilidade de se obter informações a respeito dos resíduos durante a etapa de projeto, proporcionando aos arquitetos e engenheiros a tomada de decisões com base em informações. Algumas das perguntas e respostas estão destacadas nos Gráficos 3, 4 e 5.

Gráfico 3: BIM como ferramenta para redução dos resíduos

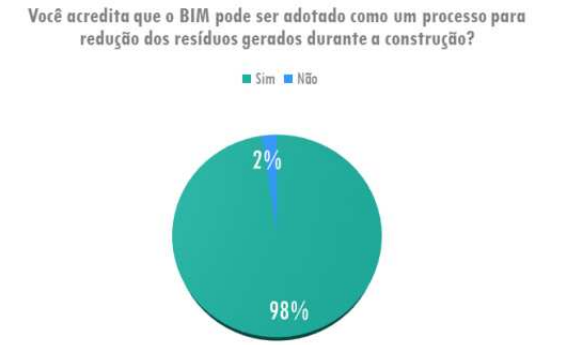
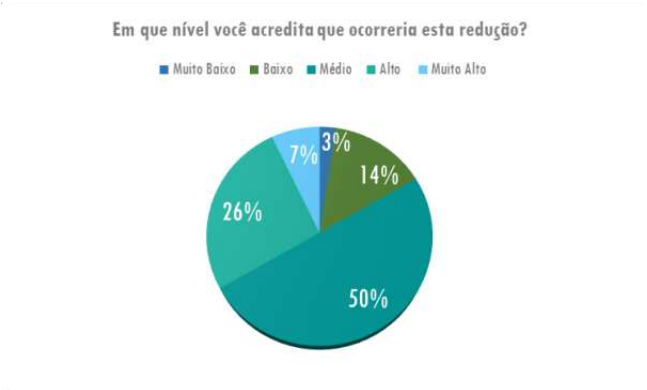


Gráfico 4: Nível de redução

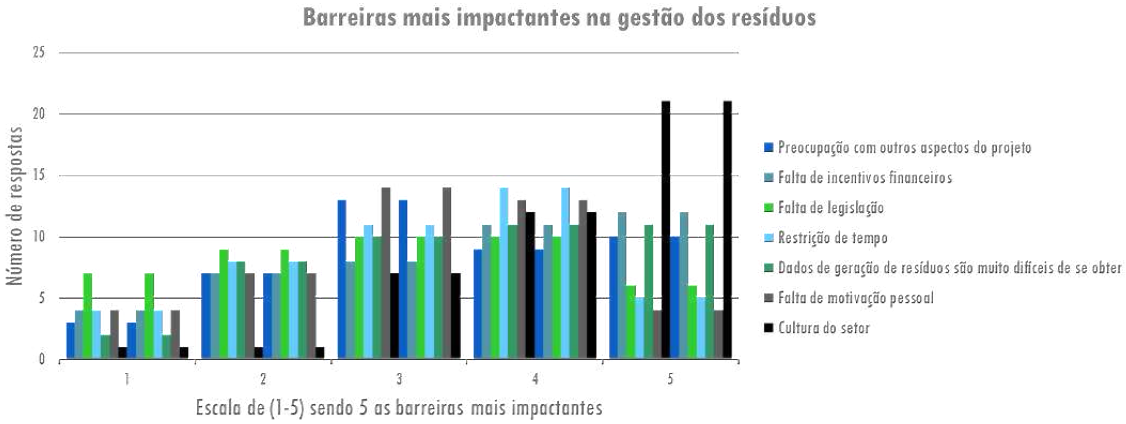


Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do estudo pode-se verificar que as estratégias de gerenciamento e minimização dos resíduos devem ser consideradas ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Verificou-se também que os arquitetos e engenheiros apresentam boa percepção em relação à geração de resíduos e entendem sua responsabilidade, no entanto, são outras as barreiras que restringem a capacidade de redução.

Uma das principais perguntas do questionário foi a identificação destas barreiras para a gestão dos resíduos na construção. Foi pedido que os entrevistados avaliassem em uma escala de 1 a 5 (sendo 5 as mais impactantes). As principais barreiras foram: falta de incentivos financeiros, dados de geração muito difíceis de se obter e barreira cultural do setor – conforme ilustrado no Gráfico 5. Estas barreiras poderiam ser minimizadas através do desenvolvimento de uma ferramenta capaz de quantificar a geração de resíduos na etapa de projeto.

Gráfico 5: Principais barreiras na gestão de resíduos



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Discussão

Um aplicativo, integrado ao modelo BIM, capaz de extrair por material o volume de resíduos gerados dando como resultado uma estimativa detalhada da geração de resíduos no projeto poderia reduzir significativamente o volume de resíduos gerados.

Dessa forma, um aplicativo BIM que tenha por objetivo o gerenciamento dos resíduos da construção e demolição durante todo o ciclo de vida de uma edificação deve ser capaz de:

- Quantificar os resíduos que serão gerados na construção e demolição, durante a etapa de projeto;
- Elaborar relatórios de geração de resíduos ao longo da construção e demolição da edificação com o objetivo de proporcionar mais recursos para separar e planejar o reuso e a reciclagem destes materiais.

A estrutura destas funções e aplicações pode ser explicada através do diagrama proposto na Figura 2, através de um plug-in. E pode ser dividida em três diferentes etapas:

- **Otimização do projeto**

Primeiramente o projeto em BIM é finalizado pelo arquiteto ou engenheiro projetista. A partir deste ponto, o aplicativo deve ser utilizado de forma a emitir resultados a respeito da geração de resíduos e da desconstrutibilidade do projeto. Dessa forma, pode-se verificar se o desempenho é igual, maior ou menor ao esperado e realizar as alterações necessárias para que o projeto seja otimizado.

- **Gerenciamento da obra**

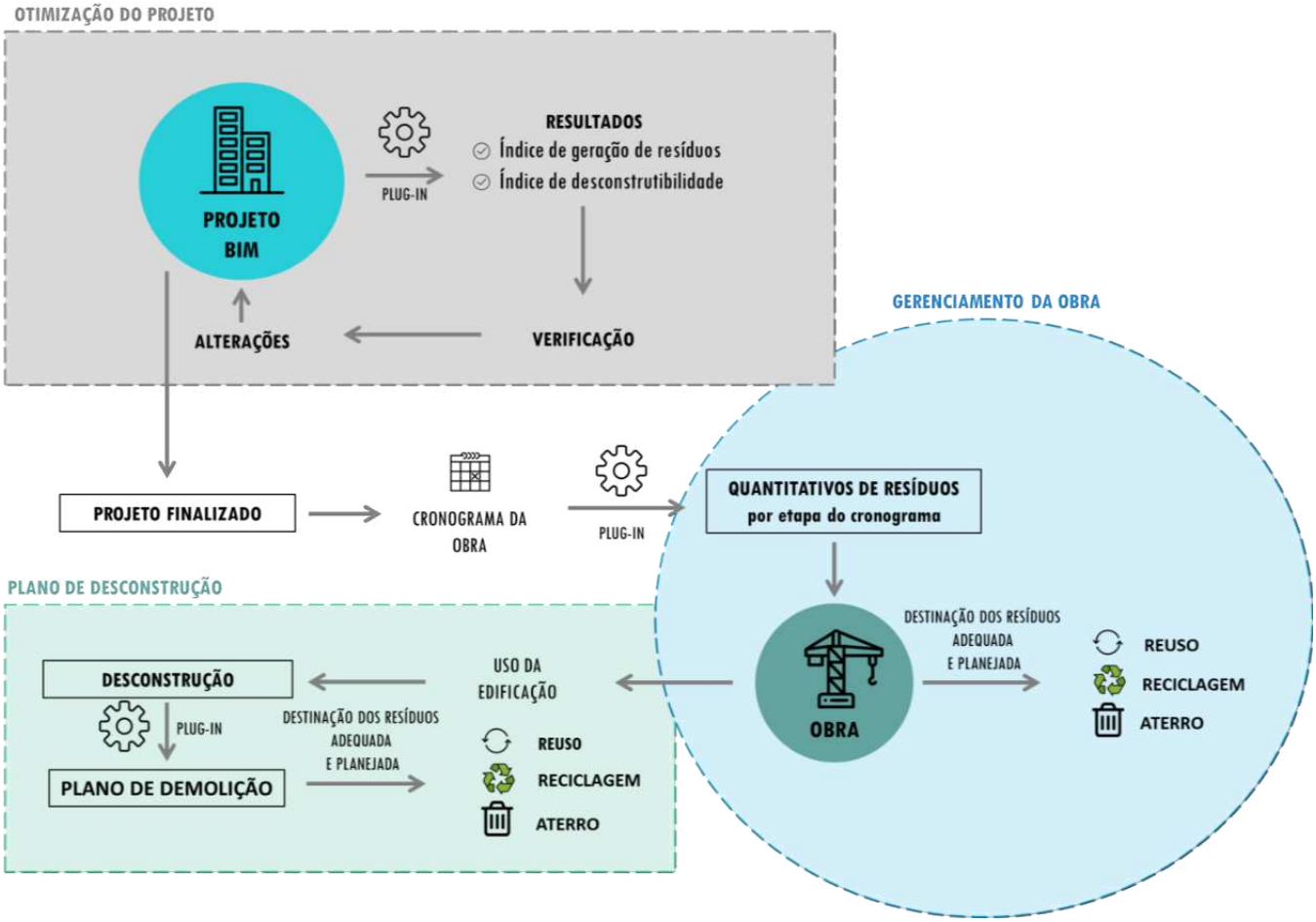
Uma vez que o projeto esteja finalizado, o cronograma de obra pode ser inserido, e o aplicativo deverá ser capaz de calcular o quantitativo de resíduos gerado por etapa do cronograma. Este quantitativo servirá de

forma a promover um relatório sobre os resíduos que serão reciclados e/ou reusados, garantindo um melhor planejamento para o construtor.

- **Plano de desconstrução**

Após o fim da vida útil do edifício sua desconstrução poderá ser programada. A partir dos resultados da 3ª etapa do aplicativo obtém-se um plano de demolição. Este plano garantirá uma destinação adequada para cada material (planejada na etapa de projeto).

Figura 2: Estrutura conceitual de um aplicativo BIM para o gerenciamento dos resíduos da construção e demolição



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONCLUSÃO

Estimar as perdas e desperdícios gerados na construção civil de forma acurada é vital para a minimização dos mesmos na etapa de projeto. Essa estratégia permite ao projetista visualizar e explorar as medidas corretivas possíveis de forma a aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode habilitar os empreiteiros a identificar processos críticos na geração de resíduos e planejar estratégias de controle.

A estrutura proposta garante a redução da utilização de novos materiais e o maior aproveitamento dos mesmos. Dessa forma ela se apoia no conceito de economia circular, pois visa cada vez mais a menor inserção de quantidades de materiais novos nos processos. A estrutura conceitual apresentada pode servir como base para futuros trabalhos que venham a desenvolver e implementar novos aplicativos BIM.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR) e à Universidade Federal do Paraná por proporcionarem a realização deste

trabalho e por fomentarem a pesquisa científica no Brasil. Agradecemos também aos professores, deste programa e desta Universidade, por orientarem e colaborarem na realização desse trabalho**.**

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016**. Brasília: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em: 03 maio 2018.

AIA (E.U.A.). The American Institute Of Architects. **A Guide to Life Cycle Assessment of Buildings**. Washington: Georgia Institute Of Technology, 2010.

AKANBI, Lukman A. et al. Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 129, p.175-186, fev. 2018. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026.

ARUP (Org.). **Circular Economy in the Built Environment.** London: Arup, 2016.

AZHAR, Salman. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership And Management In Engineering**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.241-252, jul. 2011. American Society of Civil Engineers (ASCE). http://dx.doi.org/10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000127.

O'REILLY, Alistair. Using BIM as a tool for cutting construction waste at source. **Construction Research And Innovation**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.28-31, mar. 2012. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/20450249.2012.11873828.

WONG, Johnny Kwok Wai; ZHOU, Jason. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 57, p.156-165, set. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.06.003.